



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESPE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN INSTRUMENTACIÓN

“Estudio de Factibilidad Técnico Económico para la Implementación del Sistema de Alerta Temprana (S.A.T.) para las Poblaciones Afectadas por los Flujos de Lodo del Volcán Cotopaxi en la Cuenca Sur - Oeste (Latacunga)”.

Corrales Bastidas Juan C.
Lozada Sanguil Juan C.
Rivas Lalaleo David R.

Latacunga-Ecuador

2005

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente documento fue elaborado por los señores:

Juan C. Corrales Bastidas
Juan C. Lozada Sanguil
David R. Rivas Lalaleo

Bajo nuestra dirección, como un requisito para la obtención del título en Ingeniero Electrónica en Instrumentación

Ing. Wilson Yépez
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Augusto Bourgeat
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Nuestro más profundo agradecimiento a Dios, nuestros padres, hermanos y familiares que nos han apoyado a lo largo de nuestra carrera

A nuestro director Ing. Wilson Yépez, codirector Ing. Augusto Bourgeat, Ing. Eduardo Aguilera, Ing. Nancy Guerrón, Ing. Miguel Guevara por brindarnos su amistad, confianza y valiosos consejos, en el desarrollo del presente proyecto de grado.

Juan C. Corrales Bastidas

Juan C. Lozada Sanguil

David R. Rivas Lalaleo

DEDICATORIA

El presente trabajo esta dedicado a David y Gloria mis padres, por su apoyo y confianza.

David R. Rivas Lalaleo

DEDICATORIA

La vida nos presenta obstáculos aparentemente difíciles, pero cuando los superamos, nos abre un maravilloso mundo de oportunidades.

El presente trabajo es dedicado a los seres que representan el pilar fundamental en la formación de mi persona, me refiero a mis padres Carlos y Gladys, quienes con su esfuerzo tesonero, trabajo abnegado y sabias enseñanzas, han inculcado en mí los valores de responsabilidad, sencillez, constancia, los cuales han servido para vencer las dificultades que en el camino se me han presentado; a mis hermanos Paúl y Eddy, con quienes he compartido agradables experiencias permitiéndome liberar y superar aquellas molestias que en el transcurso de los años estudiantiles iban apareciendo.

A ustedes mi familia, reitero mi sentimiento de gratitud, pues con su contingente y apoyo decidido han contribuido a que se cristalice la meta que juntos nos hemos propuesto.

Juan C. Corrales Bastidas

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres y hermana, quienes siempre me han brindado su total respaldo y confianza en todas las actividades emprendidas. A mi querida madre Margarita, por ser el apoyo en los momentos difíciles, ejemplo de trabajo, honestidad, por sus invaluable consejos demostrándome su amor incondicional. A mi querido padre Jaime, quien supo ser el mejor amigo, mi ideal de humildad, honradez y desde el lugar que Dios lo tenga, me ha bendecido siempre. A mi hermana quien a compartido inmejorables experiencias conmigo convirtiéndose en mi mejor amiga. Gracias a ustedes, porque constituyen la parte fundamental de mi vida.

Juan C. Lozada Sanguil

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA

1.1 Introducción.	1
1.2 Sistemas de Prevención de Desastres Naturales.	3
1.2.1 Características del SAT.	5
1.3 Descripción General del Proyecto.	7

CAPITULO II

ESTUDIO PRELIMINAR

2.1. Introducción.	9
2.2. El Evento Volcánico.	9
2.3. Situación Actual del Área de Interés.	13
2.4. Descripción de los Problemas a Resolverse.	16
2.5. Análisis de Variables.	17
2.5.1. Sismicidad del Terreno.	18
2.5.2. Temperatura del Fluido.	19
2.5.3. Deformaciones del Suelo.	19
2.5.4. Nivel del Fluido.	20
2.5.5. Presión de la Columna del Fluido.	21

CAPITULO III

SOLUCIÓN AL PROBLEMA Y ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA

3.1. Introducción.	24
3.2. Sistema de Alerta Temprana.	24
3.2.1. Operación del SAT.	24
3.2.2. Conformación del SAT.	25
3.3. Sistemas de Adquisición de Datos y Control.	30
3.3.1 El Sistema SCADA.	30
3.3.1.1. Flujo de Información.	30
3.3.1.2. Funciones del SCADA-SAT.	31
3.3.1.3. Componentes del SCADA-SAT.	32
3.4. Estaciones PT–C Y PT–S.	33
3.4.1. Instrumentación de Campo.	34
3.4.2. Sistema de Sensores y Transductores.	34
3.4.2.1. Descripción.	34
3.4.2.2. Sensor de Presión de la Columna del Fluido.	36
3.4.2.3. Sensor de Nivel On-Off (1).	39
3.4.2.4. Sensor de Nivel On-Off (2).	40
3.4.2.5. Sensor de Nivel Analógico.	41
3.4.3. Sistema de Adquisición y Transmisión.	45
3.4.4. Unidad Terminal Remota.	45
3.4.4.1. Controlador de la RTU.	46
3.4.4.1.1. Protocolo de Comunicación.	48
3.4.4.2. Sistema de Comunicación.	51
3.4.4.2.1. Requerimientos.	51
3.4.4.2.2. Medios de Transmisión.	52
3.4.4.2.3. Red WLAN.	56
3.4.4.2.4. Sistema de Red Celular – GPRS.	57
3.5. Estación de Control.	58
3.6. Estación de Alerta.	61
3.7. Sistemas de Respaldo de Energía.	64

CAPITULO IV

4. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1. Introducción.	65
4.2. Estaciones PT – C Y PT – S.	65
4.2.1. Sistema de Energía.	65
4.2.1.1. Funciones.	67
4.2.1.2. Dimensionamiento.	67
4.2.1.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Energía.	68
4.2.1.4. Análisis de las Características Técnicas.	
de los Equipos del Sistema.	69
4.2.1.4.1. Acumulador.	69
4.2.1.4.2. Panel Fotovoltaico.	70
4.2.1.4.3. Regulador de Tensión.	71
4.2.1.4.4. Protecciones.	72
4.2.1.5. Características Técnicas de los	
Componentes del Sistema.	72
4.2.1.5.1. Acumulador.	72
4.2.1.5.2. Panel Fotovoltaico.	72
4.2.1.5.3. Regulador de Tensión.	73
4.2.1.5.4. Protecciones.	74
4.2.1.5.5. Varios.	74
4.2.1.6. Figura del Sistema Proyectado.	75
4.2.2. Sistema de Sensores y Transductores.	75
4.2.2.1. Funciones.	75
4.2.2.2. Dimensionamiento.	76
4.2.2.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Sensores.	77
4.2.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los	
Equipos del Sistema.	77
4.2.2.4.1. Sensor de Presión.	78
4.2.2.4.2. Sensor de Nivel Analógico.	78

4.2.2.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	79
4.2.2.5.1. Sensor de Presión.	79
4.2.2.5.1.1. Celda de Carga.	79
4.2.2.5.1.2. Bloque de Concreto.	80
4.2.2.5.2. Sensor de Nivel On-Off (1).	80
4.2.2.5.3. Sensor de Nivel On-Off (2).	81
4.2.2.5.4. Sensor de Nivel Analógico.	81
4.2.2.5.5. Caja de Inspección (NEMA-1).	82
4.2.2.5.6. Varios.	82
4.2.2.6. Figura del Sistema Proyectado.	83
4.2.3. Sistema de Adquisición y Transmisión.	83
4.2.3.1. Funciones.	83
4.2.3.2. Dimensionamiento del Sistema de Adquisición y Transmisión.	84
4.2.3.3. Diagrama de Bloques Sistema de Adquisición.	85
4.2.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos Del Sistema.	85
4.2.3.4.1. Controlador Lógico Programable.	85
4.2.3.4.2. Equipo de Comunicación.	86
4.2.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	87
4.2.3.5.1. Controlador Lógico Programable.	87
4.2.3.5.2. Equipo de Comunicación (Modem Celular).	88
4.2.3.5.3. Rack para Equipos.	89
4.2.3.5.4. Caseta de Equipos.	90
4.2.3.5.5. Varios.	90
4.2.3.6. Figura del Sistema de Adquisición y Transmisión Proyectado.	91
4.3. Estación de Control.	92
4.3.1. Sistema de Procesamiento Automático de Datos	93
4.3.1.1. Funciones.	93

4.3.1.2. Dimensionamiento del Equipo MTU.	93
4.3.1.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Procesamiento de Datos.	94
4.3.1.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	95
4.3.1.4.1. Equipo de Comunicación.	95
4.3.1.4.2. Computador Personal.	95
4.3.1.4.3. Software HMI.	95
4.3.1.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	96
4.3.1.5.1. Equipo de Comunicación.	96
4.3.1.5.2. Computador Personal.	96
4.3.1.5.3. Equipo de Impresión.	96
4.3.1.5.4. Software HMI.	97
4.3.1.5.5. Cuarto de Equipos.	97
4.3.1.5.6. Varios.	97
4.3.1.6. Figura del Sistema Proyectado.	98
4.3.2. Sistema Emisor de Alerta.	98
4.3.2.1. Funciones.	98
4.3.2.2. Dimensionamiento.	99
4.3.2.3. Diagrama de Bloques del Sistema Emisor de Alerta.	99
4.3.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	99
4.3.2.4.1. Equipo de Comunicación.	99
4.3.2.4.2. Parlantes de Alerta Local.	100
4.3.2.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	100
4.3.2.5.1. Equipo de Comunicación.	100
4.3.2.5.2. Parlantes de Alerta Local.	100
4.3.2.6. Figura del Sistema Emisor de Alerta Proyectado.	101
4.3.3. Sistema de Respaldo de Energía.	102
4.3.3.1. Funciones.	102

4.3.3.2. Dimensionamiento de los Dispositivos.	102
4.3.3.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Respaldo de Energía.	102
4.3.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	103
4.3.3.4.1. Sistema de Energía Ininterrumpida.	103
4.3.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	104
4.3.3.5.1. Sistema de Energía Ininterrumpida.	104
4.3.3.6. Figura del Sistema de Respaldo de Energía Proyectado.	105
4.4. Estación de Alerta.	105
4.4.1. Sistema Receptor – Transmisor – Controlador (RTC)	106
4.4.1.1. Funciones.	106
4.4.1.2. Dimensionamiento del Sistema (RTC).	106
4.4.1.3. Diagrama de Bloques del Sistema (RTC).	107
4.4.1.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	107
4.4.1.4.1. Equipo de Comunicación y Controlador de Sirenas.	107
4.4.1.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	108
4.4.1.5.1. Equipo de Comunicación y Controlador de Sirenas.	108
4.4.1.6. Figura del Equipo Controlador de Sirenas Proyectado .	109
4.4.2. Sistema de Audio.	109
4.4.2.1. Funciones.	109
4.4.2.2. Dimensionamiento del Sistema de Audio.	109
4.4.2.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Audio.	110
4.4.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	110
4.4.2.4.1. Sirenas.	110
4.5.2.5. Características Técnicas de los	

Componentes del Sistema.	111
4.5.2.5.1. Sirenas.	111
4.5.2.6. Figura del Sistema Proyectado.	112
4.5.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía.	112
4.5.3.1. Funciones.	112
4.5.3.2. Dimensionamiento.	112
4.5.3.3. Diagrama de Bloques.	113
4.5.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.	113
4.5.3.4.1. Acumulador.	113
4.5.3.4.2. Fuente de Alimentación AC/DC.	115
4.5.3.4.3. Inversor DC/AC.	115
4.5.3.4.4. Protecciones.	115
4.5.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.	116
4.5.3.5.1. Acumulador.	116
4.5.3.5.2. Fuente de Alimentación AC/DC.	116
4.5.3.5.3. Inversor DC/AC.	116
4.5.3.5.4. Protecciones.	117
4.5.3.5.5. Varios.	117
4.5.3.6. Figura de la Fuente Proyectada.	117
4.5.3.7. Conclusión del Capítulo.	118

CAPITULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Introducción.	119
5.2. Presupuesto de Componentes e Instalación para el Sistema de Alerta Temprana.	119
5.2.1. Estación PT- C.	119
5.2.1.1. Sistema de Energía.	119
5.2.1.2. Sistema de Sensores y Transductores.	119

5.2.1.3. Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos.	120
5.2.2. Estación PT- S.	120
5.2.2.1. Sistema de Energía.	120
5.2.2.2. Sistema de Sensores y Transductores.	121
5.2.2.3. Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos.	121
5.2.3. Estación de Control.	121
5.2.3.1. Sistema de Procesamiento Automático de Datos.	121
5.2.3.2. Sistema Emisor de Alerta.	122
5.2.3.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía.	122
5.2.4. Estación de Alerta.	122
5.2.4.1. Sistema Receptor-Transmisor Controlador.	122
5.2.4.2. Sistema de Audio.	123
5.2.4.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía.	123
5.2.5. Resumen.	123
5.2.6. Costo de Transmisión de Información y Alquiler de Equipos.	124
5.3. Presupuesto de Instalación del Sistema de Alerta Temprana.	124
5.3.1. Ingeniería e Integración de la Red Instrumental.	124
5.3.1. Otros.	124
5.3.2. Resumen.	125
5.4. Presupuesto de Operación y Mantenimiento del Sistema por un Año y Capacitación de Líderes de la Comunidad.	125
5.4.1. Ingeniería y Administración.	125
5.4.1.1. Personal Técnico Administrativo.	125
5.4.1.2. Profesionales de Planta.	125
5.4.1.3. Profesionales en Contratación Temporal.	125
5.4.1.4. Personal de Apoyo.	125
5.4.1.5. Personal de Mano de Obra y Estudiantes.	126

5.4.1.6. Viáticos y Subsistencias.	126
5.4.1.7. Total 1.	126
5.4.2. Costos Directos.	126
5.4.2.1. Materia Prima e Insumos Materiales.	126
5.4.2.2. Apoyo Logístico y Misceláneos.	126
5.4.2.3. Otros Costos Directos.	126
5.4.2.4. Total 2.	126
5.4.3. Imprevistos.	127
5.4.4. Escalamiento de Costos.	127
5.4.5. Costos Financieros.	127
5.4.6. Gastos Generales.	127
5.4.7. Resumen.	128
5.5. Resumen del Presupuesto.	128
5.6. Conclusión del Capítulo.	128
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	131
GLOSARIO	133
ANEXOS	134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

PRÓLOGO

El conocimiento sobre los distintos tipos de desastres naturales, como los deslizamientos, erupciones volcánicas, sismos, avalanchas, inundaciones y otros, que traen consigo destrucción de amplias zonas geográficas, inclusive densamente pobladas lo que ocasiona cuantiosas pérdidas materiales y humanas totalmente irreparables obliga a tomar precauciones que minimicen este tipo de impactos negativos.

Ecuador por ser parte del Cinturón de Fuego del Pacífico y estar atravesado de Norte a Sur por la Cordillera de los Andes, coexiste con volcanes en actividad, uno de ellos, el Volcán Cotopaxi, que ha tenido a lo largo de su historia un sinnúmero de eventos eruptivos, registrando sus últimas erupciones en 1906, 1944 y 1975.

El Cotopaxi es el volcán activo más alto del mundo, sus erupciones en épocas pasadas han destruido pueblos y haciendas, con una secuela de muertos y heridos. Entonces constituye uno de los volcanes más peligrosos del Ecuador debido a su notable predisposición para originar flujos de lodo, cuando, en forma súbita, se liberan enormes volúmenes de agua líquida, por fusión de los glaciares, “que han recorrido doce veces por el cauce de los **Ríos Cutuchi y Saquimala** y por el Río Pita tres veces”¹. Estos lahares, en épocas pasadas han sepultado parte de los valles de los Chillos y Tumbaco, así como amplias zonas de la provincia del Cotopaxi. “Este tipo de eventos tiene, desafortunadamente, una elevada probabilidad de repetirse en el lapso de los próximos 50 años”².

Concientes de la magnitud de los eventos antes mencionados, se propone de alerta temprana para las poblaciones ubicada en la cuenca sur-oeste del volcán

¹ www.ecuadorciencia.com/volcanes

² Modelización Numérica de los Flujos de Lodo del Volcán Cotopaxi

Cotopaxi basados en la tecnología electrónica, mismo que pretende prevenir a sus habitantes de las zonas afectadas por los flujos de lodo y minimizar la pérdida de vidas humanas, si los premonitores fuesen suficientes. El sistema que se propone utilizará tecnología de punta, altamente flexible.

La importancia del presente proyecto radica en que al implementar el proyecto piloto y se demuestre su confiabilidad, se lo presentará como un aporte investigativo y de desarrollo de la ESPE hacia la comunidad, confirmando la misión de Universidad de alto nivel académico; siendo este sistema complementario al estudio propuesto para la cuenca norte del volcán Cotopaxi, titulado : Estudio de Factibilidad Técnico Económico para la Implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para las Poblaciones Afectadas por el Flujo de Lodo del Volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos, Guevara M.

El sistema monitorea en tiempo real las variables físicas: presión de la columna y nivel del fluido de los ríos Cutuchi y Saquimala, en los puntos denominados “PT-C” y “PT-S”, ubicados en sitios remotos, la información obtenida se envía mediante un sistema de comunicación seguro hacia el “Centro de Control”, situado en la Escuela Politécnica del Ejército – Latacunga, donde se receipta, almacena, procesa, analiza, visualiza y cuando en el punto de control se detecta niveles identificados previamente como de peligro, genera automáticamente señales alarma en los centros poblados, para prevenir a sus habitantes sobre la necesidad inmediata de ejecutar acciones de prevención.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

La Tierra al encontrarse en constante cambio para mantener su equilibrio, sufre distintas transformaciones a las que en la actualidad se las conoce como “fenómenos naturales”. A lo largo de la historia estos eventos han despertado el interés del hombre por conocer sus causas y efectos, preparando cada día a la humanidad ante estas eventualidades para minimizar su impacto.

Los fenómenos naturales al sobrepasar ciertos rangos de intensidad y al afectar directamente sobre la vida y el entorno de los seres humanos se convierte en un desastre natural. Existen diferentes tipos de desastres naturales que pueden ser de origen telúrico, tectónico o hidrometeorológico, todos estos relacionados a la Tierra tanto a su estructura, a sus características y a su comportamiento evolutivo³ (figura 1.1).

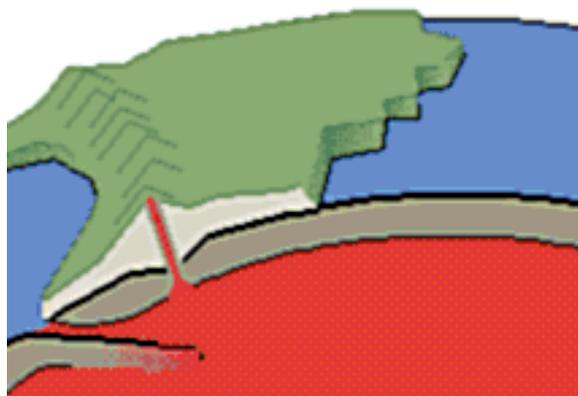


Figura 1.1. Placas Tectónicas.

Con la información obtenida mediante el estudio de cada uno de estos fenómenos naturales se ha concluido que no es posible determinar con exactitud en qué momento dichos eventos ocurrirán, ni tampoco el grado de intensidad con que éstos se harán presentes; sin embargo, mediante cambios anómalos en el entorno se puede vaticinar su suceso.

³ Defensa Civil del Ecuador

El territorio ecuatoriano por formar parte del Cinturón de Fuego del Pacífico (figura 1.2) y estar atravesado de Norte a Sur por la Cordillera de los Andes, coexiste con volcanes en actividad, uno de ellos, el Cotopaxi, que ha tenido a lo largo de su historia varios eventos eruptivos, registrando sus últimos eventos de importancia en 1877 y 1906.



Figura 1.2. Cinturón de Fuego del Pacífico.

El Cotopaxi es uno de los volcanes más activos del mundo, sus erupciones en épocas pasadas han destruido pueblos y haciendas, con una secuela de muertos y heridos. Entonces constituye uno de los volcanes más peligrosos del Ecuador debido a su notable predisposición para originar flujos de lodo, cuando, en forma repentina, se liberan enormes volúmenes de agua líquida, al fundirse los glaciares por efecto del magma.

Estos flujos de lodo, también llamados lahares, tienen alta energía cinética y densidad, suficientes para destruir cualquier edificación u obra de infraestructura, pueden ser estudiados y su comportamiento es susceptible de ser modelado, obteniendo con ello valiosa información científica, misma que será utilizada para el desarrollo de la seguridad ciudadana frente a estos eventos. Los flujos resultantes

de las erupciones del volcán Cotopaxi han causado grandes destrozos en el valle de Latacunga, sepultando amplias zonas pobladas, y desafortunadamente, tienen “una elevada probabilidad de repetirse en el lapso de los próximos 20 años”⁴.

El científico F. Barberi, a partir de una reconstrucción muy precisa de la historia eruptiva de los últimos dos mil años del Cotopaxi, han determinado que, en promedio, el tiempo que transcurre entre dos erupciones sucesivas es 117 ± 70 años. Si se toma en cuenta que la última erupción ocurrió en 1877, la duración de tal intervalo de reposo de la actividad volcánica coincide justamente con ese promedio y, por lo tanto, es alta la probabilidad de que el volcán se reactive.⁵

1.2 SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES

Un desastre es un suceso, en la mayoría de casos inesperado, que causa alteraciones intensas en personas, bienes, servicios y/o el medio ambiente, excediendo la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

Cada año los desastres naturales (figura 1.3) han causado innumerables pérdidas tanto materiales como humanas, debido a la falta de preparación y concientización de la población además de sistemas confiables que minimicen el impacto devastador del evento.



Figura 1.3. Desastres Naturales

⁴ Modelización Numérica de los Flujos de Lodo del Volcán Cotopaxi, Aguilera E.

⁵ El Riesgo Volcánico del Cotopaxi, Aguilera E.

Los grandes avances tecnológicos junto a los nuevos conceptos y técnicas de monitoreo y prevención de desastres naturales han dado como fruto los denominados “Sistemas de Alerta Temprana” (SAT’s), como un medio eficaz que permite a la población actuar de una manera inmediata ante la presencia de un evento, salvaguardando de esta manera la integridad de los habitantes del sector afectado.

Los Sistemas de Alerta Temprana están basados y pueden desarrollarse mediante el conocimiento de los diversos factores de riesgo, por lo que se considera como punto de partida programas de definición de riesgos y evaluación de vulnerabilidades. Adicionalmente los SAT’s deben permitir a nivel nacional y local, la mayor participación ciudadana posible y una activa colaboración de los medios de información.

Se considera importante la inserción de los Sistemas de Alerta Temprana en los sistemas responsables de la planificación, coordinación y gestión de riesgo en el país. Además “los SAT’s se deben estructurar de tal forma que puedan involucrar múltiples instituciones, sectores y representantes de las comunidades locales”⁶. Por lo tanto, las instituciones responsables deberán establecer responsabilidades y promover esta participación.

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SAT

1.2.1.1 Claridad del mensaje

Mensaje de fácil interpretación y oportuno

Especificar como y donde actuar

Recursos con los que se cuenta

Quienes son las entidades responsables de cada paso

Quienes son usuarios y beneficiarios de las acciones de respuesta

⁶ Estudio de Factibilidad Técnico Económico para la Implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para las Poblaciones Afectadas por el Flujo de Lodo del Volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos, Guevara M.

Conceptualización manejable y entendible: sequía

1.2.1.2 Estructura

Monitoreo

Valoración del riesgo

Mitigación o respuesta

Evaluación o retroalimentación de la efectividad del SAT

1.2.1.3 Sostenibilidad

Financiamiento estable y participativo - Sostenido en el tiempo

Marco político y legal que asegure continuidad

Debe ser dinámico, evolutivo

Para cada sistema de alerta, es necesario establecer métodos que permitan analizar y acomodar las experiencias locales y regionales sucedidas en tiempos y épocas pasadas, con lo que se podrá desarrollar modelos teóricos y numéricos, mediante tecnologías sustentadas en aplicaciones de sensores remotos y sistemas de comunicación, para la obtención de datos que se traducirán en simulaciones de los eventos máximos probables en la ocurrencia de Desastres Naturales.

En definitiva un sistema de alerta temprana tiene como objetivo primordial precautelar la vida de los pobladores de un sector afectado por un desastre natural, constituyéndose de esta manera indispensable su estudio e implementación con el respaldo de instituciones públicas, privadas y por la sociedad.

Actualmente, no existen sistemas de alerta temprana implementados en el Ecuador; sin embargo, se cuenta con un estudio y prototipo desarrollado por la Escuela Politécnica del Ejército que abarca la cuenca norte del volcán Cotopaxi que brinda su protección a las poblaciones asentadas en el Valle de los Chillos; motivados por este antecedente y conocedores de la peligrosidad que representa

una erupción, tomamos la responsabilidad de realizar el estudio de un sistema electrónico de alerta temprana para el Valle de Latacunga (figura 1.4), el mismo que prevendrá a sus habitantes y evitará desgracias personales, al producirse un flujo de lodo, provocado por el volcán Cotopaxi como evento irreversible.

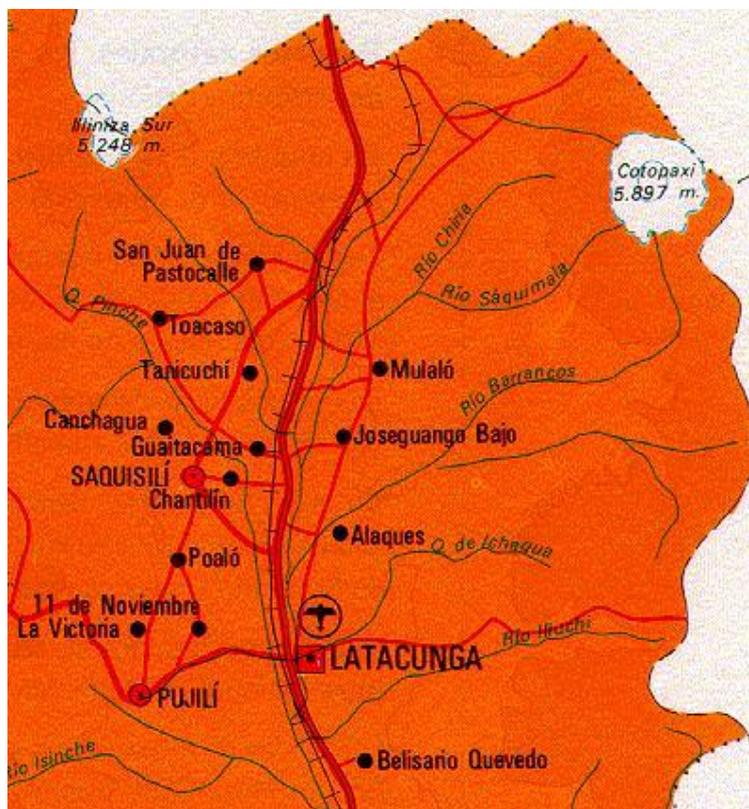


Figura 1.4 Valle de Latacunga

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Al proyecto se lo ha denominado “SAT” por sus siglas en español “**S**istema de **A**lerta **T**emprana”, que tiene como finalidad prevenir a la población asentada en los valles circundantes al volcán, sobre el paso de un flujo de lodo que producido en el volcán de forma irreversible e irrumpirá en las áreas pobladas. Con dicha alerta la población podrá ejecutar las acciones preestablecidas para salvaguardar su vida.

El proyecto SAT aprovechará el desarrollo tecnológico de los últimos años, además de la experiencia ganada en el estudio realizado para la cuenca norte del volcán, como una herramienta de ingeniería de base, para su ejecución, constituirá un sistema eficaz en su funcionamiento, con una lógica redundante en

sus distintas etapas, sin opción a errores, pues las alarmas se activarán solo cuando las variables sensadas así lo determinen.

Para desarrollar este proyecto, se ha planteado los siguientes objetivos:

General:

- El proyecto tiene como objetivo realizar el estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de alerta temprana para las poblaciones afectadas por el volcán Cotopaxi, en la cuenca sur-oeste.

Específicos:

- Definir las especificaciones técnicas de los dispositivos eléctricos y electrónicos que intervendrán en el sistema.
- Especificar la infraestructura requerida por el sistema para la instalación de los equipos.
- Presentar un presupuesto referencial para el equipamiento instalación y operación de un sistema de escala real
- Adaptación de las tecnologías existentes y aplicación específica para el sector

El SAT, está constituido por un conjunto de estaciones divididas en sistemas, que trabajarán en forma coordinada. Estas estaciones se encuentran distribuidas físicamente en diferentes lugares. La responsabilidad del sistema de alerta temprana es el monitoreo de variables físicas y el control de equipos de alerta, mediante una interfaz de usuario HMI.

Este sistema de colección de información variada, mediante el monitoreo constante, permitirá advertir situaciones amenazantes a la seguridad civil, el SAT debe de ser tan efectivo como para vaticinar a tiempo probables situaciones de crisis y permitir respuestas apropiadas.

La arquitectura física del SAT consistirá en una serie de equipos electrónicos, sensores y actuadores interconectados hacia un sistema de procesamiento

centralizado, que serán responsables directos del funcionamiento de los diferentes sistemas de cada estación.

Además consta de una arquitectura de software abierta, flexible, distribuida y orientada a objetos, que será utilizada con el fin de proveer acceso independiente a las diferentes estaciones.

CAPITULO II

ESTUDIO PRELIMINAR

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se aborda las características del evento volcánico, el sitio donde se colocará la estación de monitoreo, las variables físicas afectadas; para de esta manera poder desarrollar el sistema electrónico y elegir las variables físicas a monitorearse.

2.2. EL EVENTO VOLCÁNICO

Las erupciones volcánicas parecen no presentar peligros potencialmente catastróficos graves, al menos desde la perspectiva de la frecuencia en la producción de víctimas, tanto mortales como heridos. Sin embargo, a pesar de esta poca frecuencia, existen varios casos que han derivado en cuantiosas pérdidas de miles de vidas humanas. Según Wijkman y Timberlake (1984), en 1902, la erupción del Monte Pelée, en la isla de Martinico de las Antillas Menores, causó la muerte de unas 26 mil personas. Un evento suscitado en Sudamérica en el año 1985, la erupción del volcán Nevado del Ruiz, situado en la Cordillera Central de Colombia, significó la devastación total de la ciudad de Armero por la avalancha en la que perecieron entre 20 mil y 24 mil personas.⁷

⁷ <http://desastres.ceprode.org.sv>

Las erupciones volcánicas no pueden ser previstas con exactitud el instante en que van a ocurrir, sin embargo con el estudio de los cambios físicos y químicos que ocurren al acercarse un evento proporcionan la pauta para tomar las previsiones del caso; las anomalías presentadas, entre otras son:

1. Sismicidad.
2. Aumento de Azufre en Fumarolas y Aguas Termales.
3. Deformaciones del Suelo
4. Propiedades Electromagnéticas del Volcán.
5. Campo Gravimétrico.
6. Temperatura del Volcán.

Estos cambios son claramente evidentes en volcanes del tipo efusivos (figura 2.1), cuya erupción es de baja peligrosidad para las personas, debido a que las coladas de lava se desplazan con baja velocidad y, por lo tanto, existe el tiempo suficiente para las áreas de posible afectación y, más aun, desarrollar acciones orientadas a desviar su trayectoria y conducir las hacia zonas despobladas o de menor desarrollo, como por ejemplo el volcán Etna. Mucho más peligrosas son las erupciones explosivas que originan flujos piroclásticos que constituyen los fenómenos de más alta peligrosidad relacionados con una erupción volcánica. Esto se debe a que los flujos piroclásticos son dispersiones (nube de gases y partículas) de alta temperatura que, por tener una densidad mayor a la del aire y una componente horizontal de movimiento, se desplazan por los flancos del cono volcánico a altas velocidades en forma de corrientes de alta turbulencia. Esta dinámica particular origina una gran capacidad para fundir el agua sólida de los glaciales debido a que favorece el intercambio térmico entre las dispersiones y el piso helado. Así se forman los peligrosísimos flujos de lodo, que caracterizan a los volcanes explosivos (figura 2.2) recubiertos por un casquete glacial como por ejemplo el volcán Cotopaxi⁸. Por este motivo los datos obtenidos en erupciones anteriores son mínimos “razón por la cual los éxitos registrados en la predicción de las erupciones volcánicas se debe concebir en términos probabilísticos.”⁹.

⁸ El Riesgo Volcánico del Cotopaxi. Aguilera, E.

⁹ http://www.espe.edu.ec/investigaciones/proyectos/lodos_cotopaxi.htm, Explicación del mapa de riesgo.



Figura 2.1 Volcán Efusivo



Figura 2.2 Volcán Explosivo

Explosivo

La importancia del sistema de alerta en el momento de una erupción radica en su total confiabilidad pues sólo de esta manera las poblaciones estarán plenamente protegidas e informadas y los Planes de Contingencia podrán desarrollarse con mayor fluidez.

En los últimos años se ha tenido un repunte dentro de la actividad volcánica del país, por lo que se ha vuelto una necesidad inminente la implementación de sistemas de alerta sin opción a falla, ya que una erupción durante una Alerta Amarilla ocasionaría grandes pérdidas humanas.

Por las características propias del volcán Cotopaxi, al producirse la erupción, su mayor peligro es el deshielo de su casquete por efecto de los flujos piroclásticos que desencadenarán grandes lahares, arrastrando velozmente partículas sólidas de gran tamaño hacia los valles circundantes del volcán, provocando la destrucción de los mismos por sumergimientos e inundaciones.

En eventos anteriores los sectores que resultaron más perjudicados fueron el Valle de los Chillos al Norte, mientras que al Sur las poblaciones de Latacunga y sus alrededores; al tomar en cuenta que estos sectores

tienen una mayor densidad poblacional, se torna una necesidad imperiosa, salvaguardar la integridad de estas poblaciones.

El volcán Cotopaxi al producir flujos de lodo, los descarga por medio de drenajes naturales hacia los ríos que se forman cerca del volcán y que fluyen en distintas direcciones hacia los valles poblados. Las principales fuentes fluviales que nacen de los deshielos del Cotopaxi son el río Cutuchi que atraviesa el valle en el que se asienta la ciudad de Latacunga, el río Napo que se dirige hacia la región Amazónica y el río Pita cuyas aguas recorren de Sur a Norte el valle de los Chillos (figura 2.3).¹⁰



10 Estudio de Factibilidad Técnico Económico para la Implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para las Poblaciones Afectadas por el Flujo de Lodo del Volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos, Guevara M.

Figura 2.3. Principales Fuentes Fluviales que Nacen del Cotopaxi

Es de gran importancia el conocimiento de la hidrología de los ríos Cutuchi y Saquimala que son los desfogues naturales hacia el Sur de los posibles lahares que se producirían, pues junto a sus riberas se encuentran varias poblaciones que serían afectadas.

2.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE INTERÉS

La población del Cantón Latacunga, según el último censo poblacional realizado en el 2001, representa el 41.2% del total de la población de la Provincia del Cotopaxi; y ha tenido un crecimiento del 1.8% promedio anual durante la década del 90.¹¹ Los asentamientos humanos más importantes dentro de este cantón son los que se registran en las parroquias de:¹²

- Aláquez.
- Belisario Quevedo.
- Guaytacama.
- Joséguango Bajo.
- Latacunga
- Mulaló.
- San Juan de Pastocalle.
- Tanicuchí.

Todas estas poblaciones tienen gran participación en el área industrial, agrícola, florícola y ganadero de la región central, constituyéndose en un importante aporte para el desarrollo económico del país.

¹¹ Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (VI Censo de Población y V de Vivienda 2001).

¹² Figura 1.4 Valle de Latacunga (Capítulo I)

La mayor parte de estas poblaciones tienen una alta probabilidad de verse afectadas por los lahares resultantes ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi. Tomando en cuenta el peligro que esto representa para las personas asentadas en esta región, las autoridades así como varios organismos de socorro mantienen una constante información y preparación, mediante conferencias, talleres, simulacros y publicaciones.

Con los antecedentes obtenidos en el Cantón Baños, Provincia del Tungurahua ante la reactivación del volcán del mismo nombre, se determinó que al evacuar a la población por tiempos muy prolongados producen un sentimiento de malestar y desconfianza ante los sistemas de alerta tradicionales, por esta razón se puede anticipar que la población estará dispuesta a aceptar solo una evacuación temprana; es decir, al ocurrir el evento, en el tiempo previo a la llegada del flujo a las zonas pobladas, tiempo que se resume a solo minutos.

Se han realizado varios estudios sobre los cauces de los ríos que atraviesan el valle de Latacunga, que proporciona datos reales sobre nivel, velocidad y tiempos de llegada de la onda primera y máxima del lahar, para distintos lugares del valle. La tabla 2.1. muestra datos del estudio.

RÍOS CUTUCHI Y SAQUIMALA			
Sector	Altura máx. (m)	Tiempo de arribo (mín)	Velocidad (Km/h)
San Agustín de Callo	25	25 - 30	25
Mulaló	20	30 -35	33
Latacunga Norte	16	60	40
Latacunga Sur	16	65	50
Salcedo	10	80	55

Tabla. 2.1. Alturas y Tiempos de arribo de la onda de crecida máxima¹³

¹³ Fuente: Defensa Civil del Ecuador .Programa de Prevención de desastres Naturales Cotopaxi

Al analizar los datos que muestra la tabla 2.1, se puede determinar que los flujos de lodo arribarán a las poblaciones ubicadas en los sectores de peligro, en un tiempo muy corto, por esta razón, es de vital importancia la implementación de un Sistema de Alerta Temprana denominada “SAT”, el mismo que se encargará de monitorear los flujos existentes en los ríos Cutuchi y Saquimala, mediante sensores electrónicos y un control redundante para tener una seguridad sobre el sistema.

Las variables se adquieren en el lecho de los ríos Cutuchi y Saquimala. En el río Cutuchi la ubicación de la estación está dada por las coordenadas $25,20^{\circ}$ S y $71,80^{\circ}$ O, que se encuentra a una altura de 3225 m.s.n.m. y una distancia de línea recta hasta la estación de control de 28.40 Km. (figura 2.1) y en el río Saquimala la ubicación de la estación está dada por las coordenadas $20,20^{\circ}$ S, $73,60^{\circ}$ O, que se encuentra a una altura de 3210 m.s.n.m. y una distancia de línea recta hasta la estación de control de 25.85 Km.(figura 2.2).

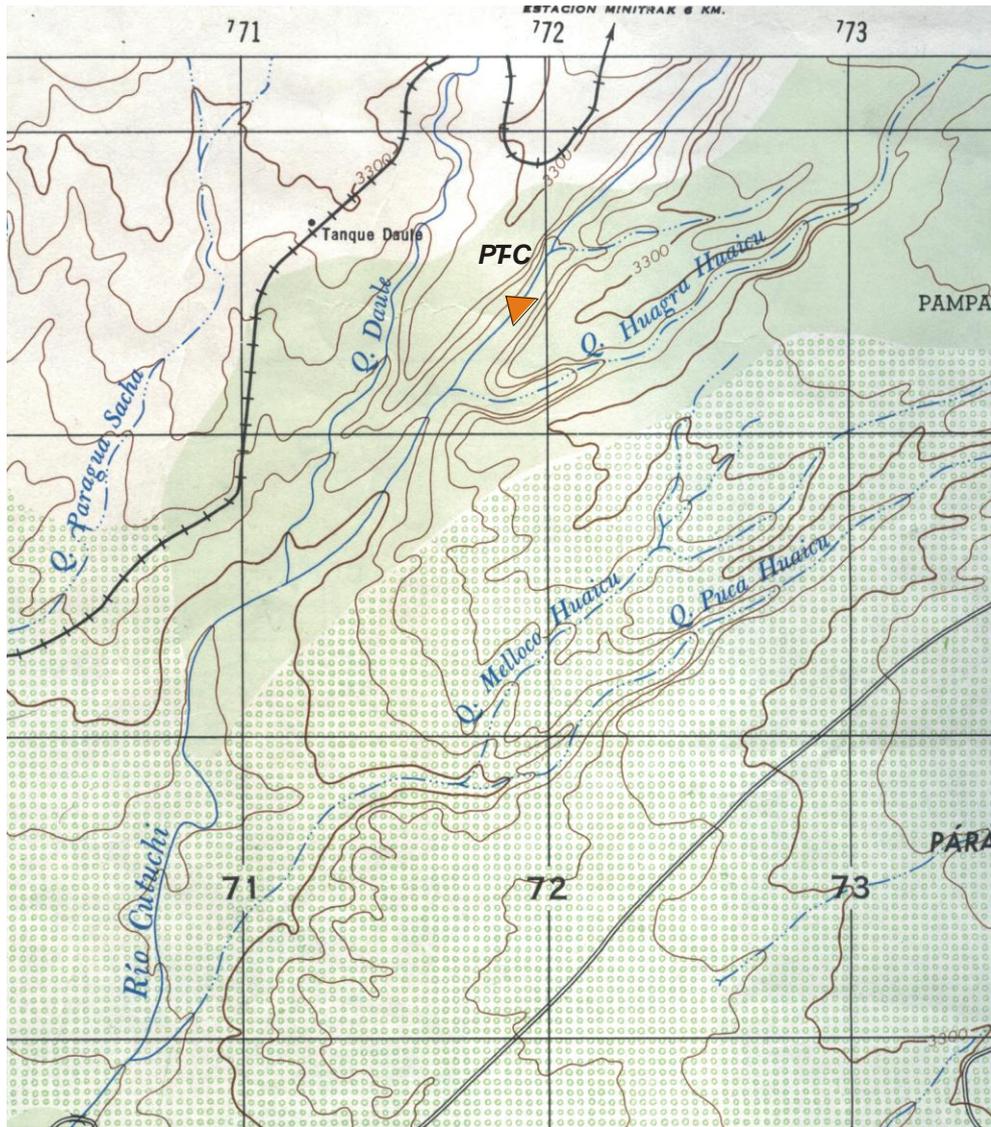


Figura. 2.1. Carta Río Cutuchi ubicación del punto PT-C.

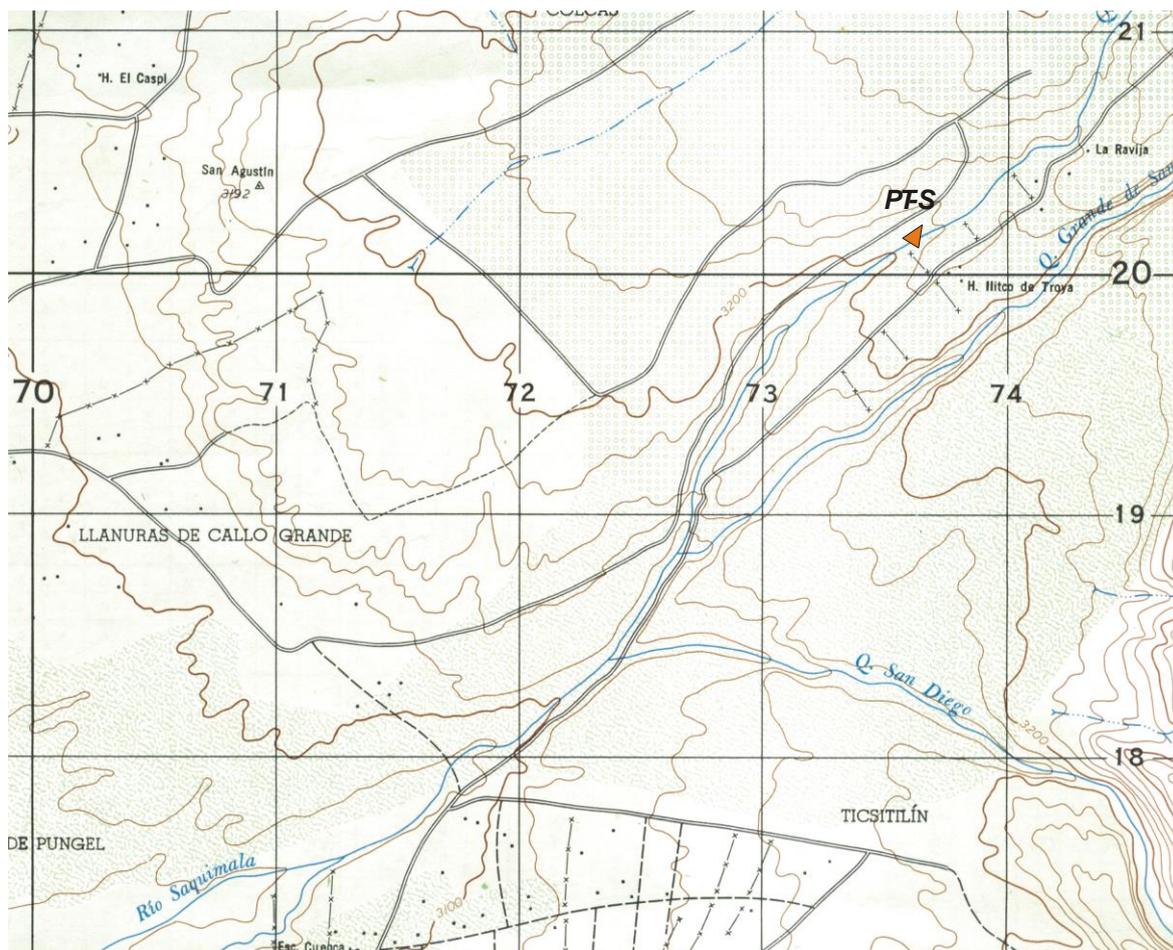


Figura. 2.2. Carta Río Saquimala ubicación del punto PT-S.

Estos puntos se determinaron por medio de visitas de campo y por la factibilidad del medio de transmisión de datos, Los puntos seleccionados son vulnerables a ser destruidos y variar sus características físicas en el momento de una erupción, particular que se debe tomar en cuenta para la definición e instalación de la estación de adquisición de datos.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS A RESOLVERSE

El problema surge de la necesidad de prevenir a 200.000 habitantes del cantón Latacunga que son afectados directamente ante un fenómeno eruptivo del volcán Cotopaxi, debido a los flujos de lodo que se generan en el evento, los que alcanzarán alturas de 30 metros en las zonas encañonadas y cercanas al volcán, mientras que en los valles se tendrá una altura de 6 a 10 metros¹⁴.

¹⁴ Fuente: Defensa Civil del Ecuador .Programa de Prevención de desastres Naturales Cotopaxi.

La adquisición de los datos en los ríos se realizará en lugares remotos ubicados en las estribaciones del volcán Cotopaxi, donde se medirá el nivel de los ríos Cutuchi y Saquimala, utilizando la redundancia como técnica a fin de garantizar la confiabilidad del sistema.

Los datos adquiridos serán enviados a una estación de control empleando un sistema de comunicación autónomo apropiado para este propósito, dichos datos serán procesados para su posterior análisis de acuerdo a los niveles presentados en los ríos monitoreados. En el centro de control existirá un usuario quien se encargará de operar el sistema.

Se instalará un sistema de alarmas en las distintas parroquias afectadas, así como también en la ciudad de Latacunga, de esta manera se alertará a los habitantes en el instante en que se reciba la señal respectiva del centro de control indicando que el evento se ha suscitado para que evacuen hacia los sitios previamente establecidos.

Una vez planteado el problema se realizará un análisis de las variables principales a ser monitoreadas, de entre las cuales se elegirán las que resulten técnicamente favorables con las características del sistema.

2.5. ANÁLISIS DE VARIABLES

Luego de conocer el evento volcánico y las zonas afectadas, se ha identificado el problema, determinando los lugares donde deberán instalarse las estaciones de monitoreo, así como también el análisis de los ríos Cutuchi y Saquimala en el “Punto Cero” del modelo numérico, resultando ser las variables físicas que intervienen en el análisis de los flujos en los ríos indicados las siguientes:

- Sismicidad del terreno.
- Temperatura del fluido.
- Deformaciones del suelo.
- Nivel del fluido.

- Presión de la columna del fluido.

2.5.1. Sismicidad del Terreno.

El área cercana a los cauces de los ríos Cutuchi y Saquimala en los respectivos puntos referenciales del modelo numérico, tienen un nivel de sismicidad propio por efecto del paso del agua por los mismos. Esta medida variará al producirse un evento extraño, en el caso de un flujo de lodo que trae consigo gran cantidad de escombros, en especial material pétreo, que al desplazarse a gran velocidad y por su energía cinética incrementarán la sismicidad del suelo.

2.5.1.1. Ventajas:

- La variación entre el estado normal y el de alerta posee un amplio rango por lo cual se facilita la medición.
- Por ser un sistema de análisis vibratorio, no debe estar en contacto directo con los fluidos del río, razón por la cual no será destruido por acción del lahar.
- Por ser una variable sencilla de monitorear, existen varios sistemas ya implementados en el país para la detección de sismos y micro sismos.
- Tiene una instrumentación sencilla y una fácil adquisición y transmisión de datos.
- Se cuenta con sistemas auto configurables que nos entregan salidas tratadas, además estos elementos se auto calibran y pueden entregar señales de información que se encuentran en falla.

2.5.1.2. Desventajas:

- Al encontrarse el volcán Cotopaxi junto a las fallas geológicas de Pujilí y Pisayambo, está dentro de una zona de alta sismicidad por lo cual esta variable podría activarse erróneamente.

- El volcán por su propia actividad produce sismos que podría activar el sistema.

2.5.2. Temperatura del fluido.

El lahar por ser producido por la combinación de los flujos piroclásticos y el glaciar va a tener una temperatura mayor a la del agua del río que circula en condiciones normales, de esta manera se identifica la presencia de un lahar al constatar la variación de temperatura.

2.5.2.1. Ventajas:

- Al presentarse una variación excesiva de temperatura durante un evento, resulta ser una variable idónea para su monitoreo.
- Existen varios sensores que se podrían utilizar para alcanzar este objetivo.

2.5.2.2. Desventajas:

- La mayoría de sensores deben estar en contacto con el medio físico para realizar la medición, por esta razón el sensor tiene una gran probabilidad de ser destruido durante un evento.
- No se tienen datos precisos sobre la temperatura del flujo de lodo con la que llegará al punto cero, por lo que no se puede definir un sensor apto para la adquisición de datos.

2.5.3. Deformaciones del Suelo.

Al producirse un fenómeno de estas características, el terreno afectado va a tener una deformación pues ciertos sectores tenderán a erosionarse y las depresiones serán rellenadas por el lodo que ha descendido, por estas razones se puede tomar a esta variación como un posible punto de verificación de existencia de un lahar.

2.5.3.1. Desventajas:

- Por estar en contacto con el flujo del lahar, la destrucción de este sensor será eminente en el suceso del evento.
- En el punto cero no se ha determinado las condiciones al paso del lahar con respecto a la deformación del suelo.

2.5.4. Nivel del fluido

Esta variable nos permite medir las distintas alturas que alcanza el espejo del río en distintas circunstancias como podría ser estación climática; y por medio de ésta, determinar la presencia de un lahar.

Los niveles del ríos Cutuchi y Saquimala se presentan en las tablas 2.2 y 2.3 respectivamente.

Ord.	Fluido	Evento	Altura (m)
1	Agua	Verano	0.8
2	Agua	Invierno	1.15
3	Agua	Crecida del río	5
4	Lahar	Primera onda	10
		Onda máxima	20

Tabla. 2.2. Niveles de fluido del Río Cutuchi*.

Ord.	Fluido	Evento	Altura (m)
1	Agua	Verano	0.8
2	Agua	Invierno	1.15
3	Agua	Crecida del río	5
4	Lahar	Primera onda	10
		Onda máxima	20

Tabla. 2.3. Niveles de fluido del Río Saquimala*.

*** Los valores presentados en las tablas anteriores, son similares a los obtenidos en el río Pita a partir del estudio realizado de la simulación del flujo de lodos, debido a que no se cuenta con los datos para los ríos Cutuchi y Saquimala**

2.5.4.1. Ventajas:

- El nivel es una variable física de gran aplicabilidad en la automatización de procesos, por lo que la industria de la instrumentación ha desarrollado una diversidad de sensores en este campo.
- Debido a los distintos rangos del nivel de los ríos analizados, en los distintos eventos climáticos, se aprecia que existe una amplia escala entre los niveles de normalidad con relación a la altura del nivel producido por un lahar.
- Al ser una variable de muy amplio uso, existen tecnologías que ocupan principios básicos y de la misma manera tecnologías avanzadas, lo que resulta una amplia gama de posibilidades para satisfacer las características del sistema.

2.5.4.2. Desventajas:

- Por lo general se trata de un transductor que está en contacto con el fluido del río, lo que representa que necesariamente deba ser colocado con las protecciones adecuadas.

2.5.5. **Presión de la columna del fluido.**

Con el uso del principio físico de la presión hidrostática, se puede medir la columna del flujo, si se considera que el peso ejercido por la columna de agua es mucho menor al peso de la columna de lodo a una misma altura, debido a que los dos fluidos presentan densidades distintas. A continuación se ve la relación volumen peso de los dos fluidos:

$$d_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$d_{\text{lahar}} = 11.52 \text{ g/cm}^3 = 11520 \text{ kg/m}^3$$

Las presiones ejercidas por la columna del fluido en un área de 0.25m^2 en relación a las tablas 2.4 y 2.5 son las siguientes:

Ord.	Fluido	Evento	Peso (lbs.)
1	Agua	Verano	440.9
2	Agua	Invierno	633.8
3	Agua	Crecida del río	2755.6
4	Lahar	Primera onda	63475.2
		Onda máxima	126950.4

Tabla. 2.4. Peso que soportará el bloque de concreto debido a la columna del fluido en el río Cutuchi *

Ord.	Fluido	Evento	Peso (lbs.)
1	Agua	Verano	275.5
2	Agua	Invierno	396.12
3	Agua	Crecida del río	1722.3
4	Lahar	Primera onda	63475.2
		Onda máxima	126950.4

Tabla. 2.5. Peso que soportará el bloque de concreto debido a la columna del fluido en el río Saquimala*

* Los valores de presión presentados en las tablas anteriores, son similares a los obtenidos en el río Pita a partir del estudio realizado de la simulación del flujo de lodos, debido a que no se cuenta con los datos para los ríos Cutuchi y Saquimala

2.5.5.1. Ventajas:

- Utilizando un principio físico diferente, como es la presión hidrostática, es posible realizar la medición de la columna de la altura del fluido.

- La presión, al ser una variable física muy utilizada en el campo industrial, existen gran cantidad de transductores que permiten monitorearla, por este motivo es posible escoger el que más se adapta a las características del sistema.

2.5.5.2. Desventajas:

- El transductor al estar en contacto directo con el río puede ser destruido el momento que se produzca un lahar, si éste no tiene las adecuadas protecciones.

Luego de producido un evento, esta variable tendrá un cambio radical, lo que permitirá identificar la presencia de un lahar en el punto de monitoreo.

Luego de realizar el análisis de cada variable, determinando sus ventajas y desventajas dentro del sistema, se ha determinado que las variables idóneas para ser evaluadas en los cauces de los ríos Cutuchi y Saquimala, son las siguientes:

- Nivel del fluido de los ríos.
- Presión de las columnas del fluido

Con las variables definidas, se analizarán las alternativas de medición existentes en el mercado, para garantizar de esta manera la confiabilidad del sistema.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA Y ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA

3.1. INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo detalla la operación de cada elemento que conforma el SAT, se examina las opciones que ofrece la tecnología para de esta forma poder determinar los elementos que se ajusten de mejor manera a los requerimientos del sistema, dando como resultado la solución del problema planteado.

3.2. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

3.2.1. Operación del SAT.

Iniciando con el estudio para alcanzar la solución del problema planteado, se especificará el funcionamiento de los elementos del Sistema de Alerta Temprana en el instante que un evento de flujo de lodo aparezca. (diagrama 3.1.)

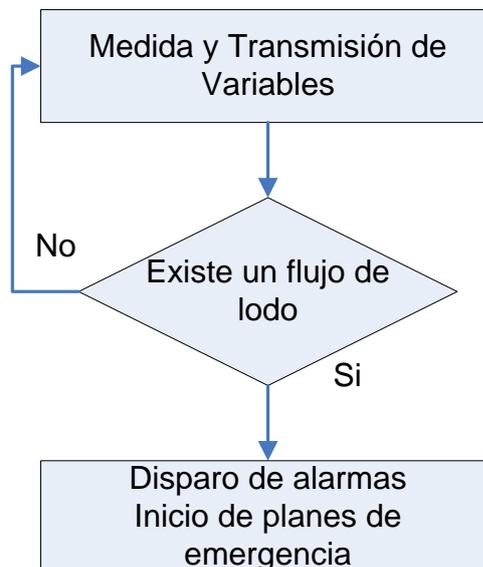


Diagrama. 3.1. Esquema operativo del SAT

3.2.2. Conformación del SAT.

El Sistema de Alerta Temprana se encuentra dividido en cuatro estaciones (diagrama 3.2), las cuales cumplen funciones específicas y están localizadas en distintas zonas geográficas, que se comunican entre sí mediante dos sistemas de

transmisión de datos.

1. Estación PT-C (Estación remota ubicada en el río Cutuchi).
2. Estación PT-S (Estación remota localizada en el río Saquimala).
3. Estación de Control
4. Estación de Alerta



Diagrama. 3.2. División del Sistema de Alerta Temprana

La ubicación geográfica de cada estación se representa en la figura 3.1; de esta manera las estaciones PT-C y PT-S se encuentran en las estribaciones del volcán Cotopaxi.

La Estación de Control se ubicará dentro de la ciudad de Latacunga, pues esta estación será operada y dirigida por las persona u organismos que financien el proyecto.

La Estación de Alerta se ubicará en las poblaciones afectadas a lo largo de las riveras de los ríos Cutuchi y Saquimala según el “mapa de riesgos debido a los flujos del volcán Cotopaxi”.

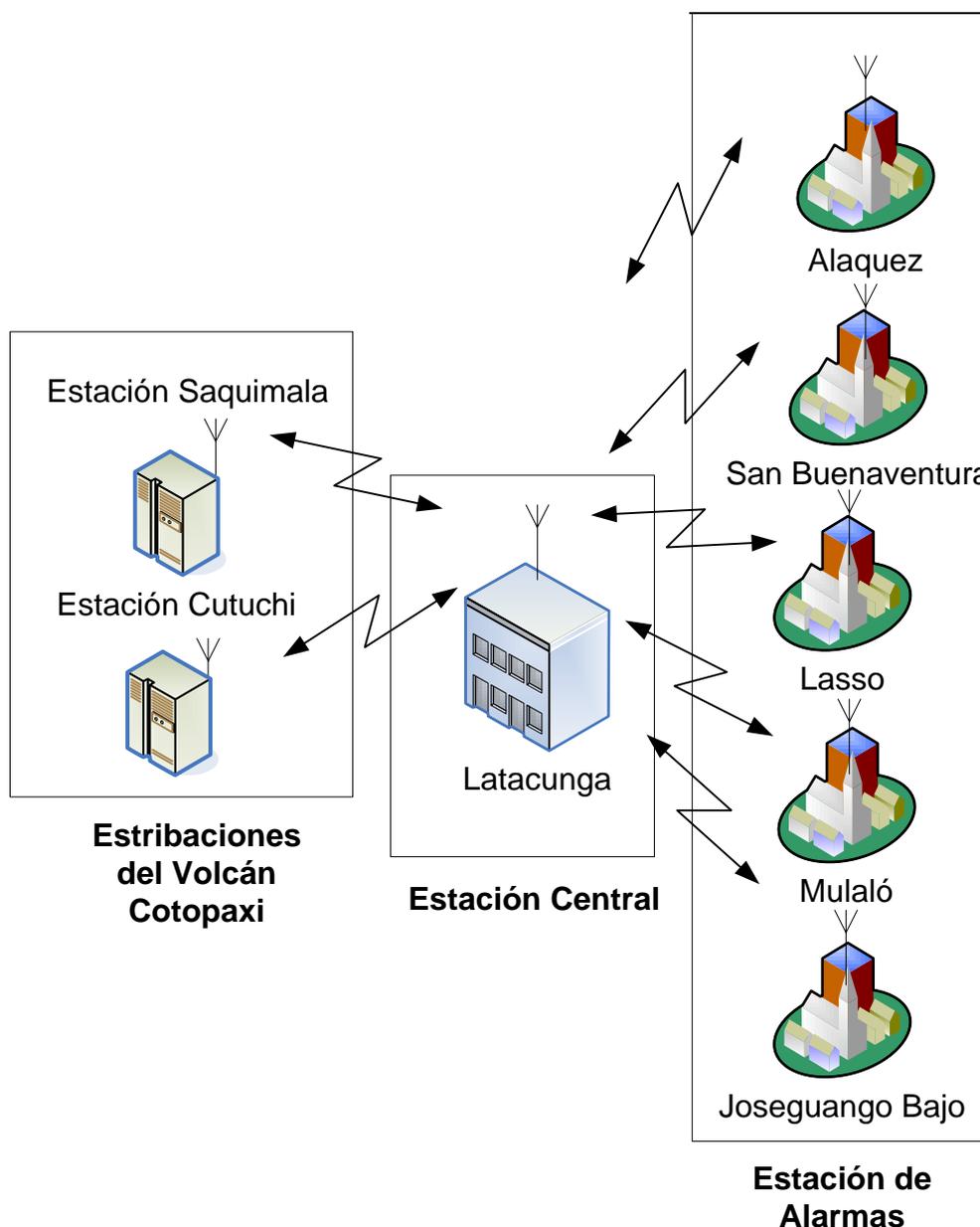


Figura. 3.1. División del Sistema de Alerta Temprana.

Dentro de cada estación que conforma el SAT existen distintos dispositivos que se detallan a continuación.

1. Sistema de Sensores y Transductores.
2. Sistema de Adquisición de datos.
3. Sistema de Comunicación de datos .
4. Sistema de Energía.
5. Sistema de Procesamiento Automático de datos.

6. Sistema de Comunicación de Alerta.
7. Sistema de Respaldo de Energía.
8. Sistema de Audio.

Las mismas que se detallan en el diagrama 3.3

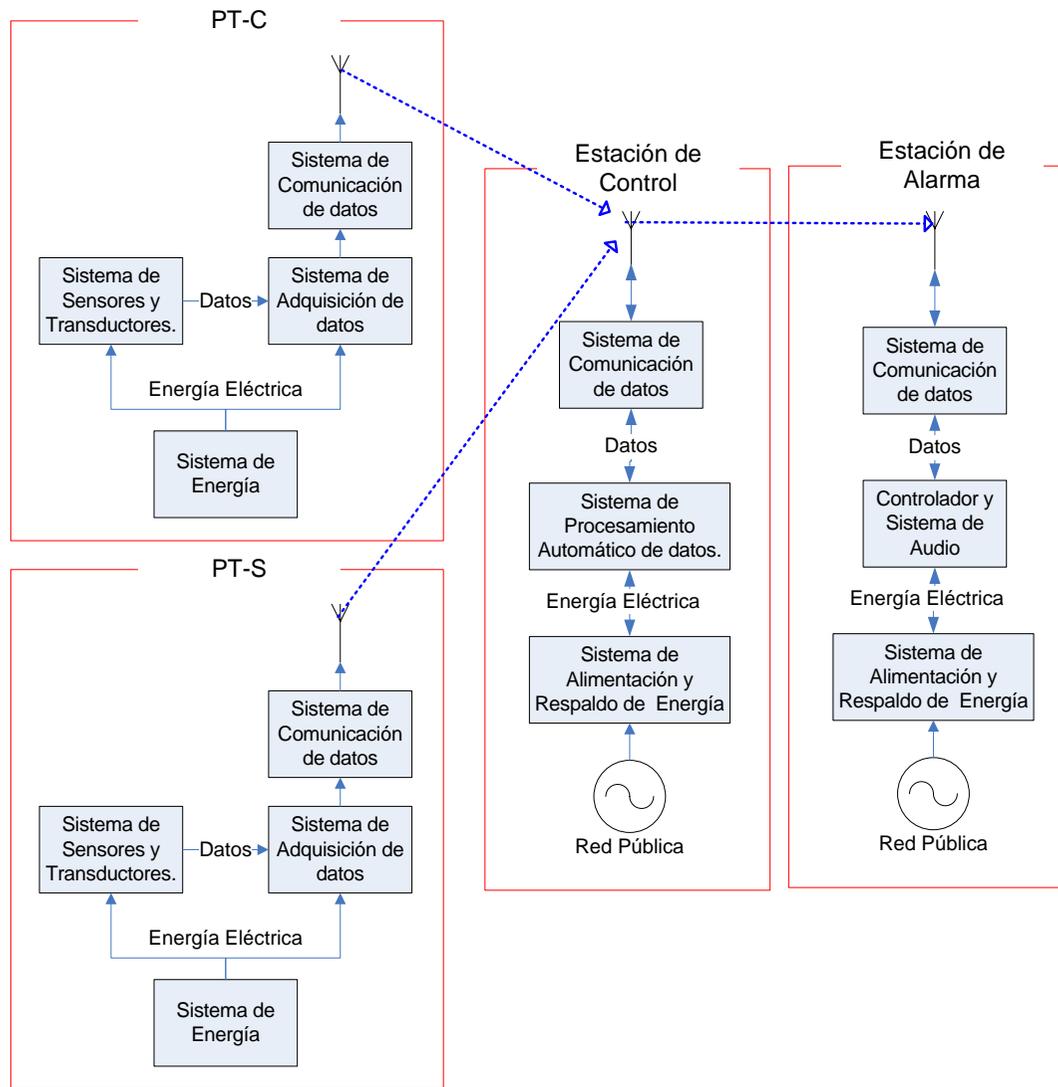


Diagrama 3.3. Sistemas constitutivos de cada estación del SAT.

Para el eficiente funcionamiento del SAT se requiere las siguientes características de operación que se detallan a continuación:

- Sistema **Centralizado** y **Automático**.
- Los instrumentos sensores se instalarán en los lugar remotos PT-C y PT-S.
- Se monitoreará los **Niveles** y las **Presiones** correspondientes al fluido de los ríos Cutuchi y Saquimala en los puntos PT-C y PT-S.
- La **Redundancia** es una de las principales características del sistema para garantizar su confiabilidad.
- La transmisión de datos es de forma continua, por esta razón toma el nombre de operación en **Tiempo Real**.
- La red de alarmas se situará en las zonas de mayor concentración poblacional que se encuentran en las zonas de riesgo.
- La operación y toma de decisiones por parte del sistema debe ser eficiente y flexible.
- No es necesario la intervención de un operador para el disparo de alarmas pues el sistema es completamente automático.
- El SAT estará en operación de forma continua durante las 24 horas, los 365 días del año.
- Para garantizar su operación cada estación contará con un sistema de respaldo de energía.
- Los niveles de los ríos, el estado de energía de las estaciones, la visualización de las alarmas, el almacenamiento de datos, el registro de eventos producidos; será ejecutado por una interfaz HMI.
- Este sistema tendrá la capacidad de administrar la información de alerta.

Tomando en cuenta las características que se mencionaron anteriormente, se ha efectuado el análisis de distintos tipos de equipos, tecnologías y sistemas que darán una solución eficaz al problema propuesto.

Cada elemento que conforma el SAT se analizará de forma técnica, de esta manera se escogerá el elemento que más se ajuste a sus características de operación.

3.3. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL

Una característica principal del SAT es mantener una **Arquitectura Centralizada**, es decir todos los elementos que conforman la red se deben comunicar con la estación central, para su control y supervisión. Los sistemas **SCADA** son parte de este tipo de arquitectura, siendo uno de los principios que se tomarán en cuenta para el desarrollo del SAT.

3.3.1 El Sistema SCADA.

La palabra **SCADA** está compuesta por las iniciales de la denominación inglesa “Supervisory Control And Data Acquisition” cuya traducción al idioma castellano sería: Control Supervisorio y Adquisición de Datos.

El sistema SCADA es la tecnología que permite la captura y control de variables de diferentes puntos de medición en lugares remotos, inaccesibles o inconvenientes, siendo formado por elementos de hardware y software.

La información capturada es transmitida a un lugar conveniente (normalmente en una sala de control) y presentada de una manera comprensible y utilizable.

3.3.1.1. Flujo de Información.

La estructura de la información manejada en el SAT tiene la siguiente constitución.

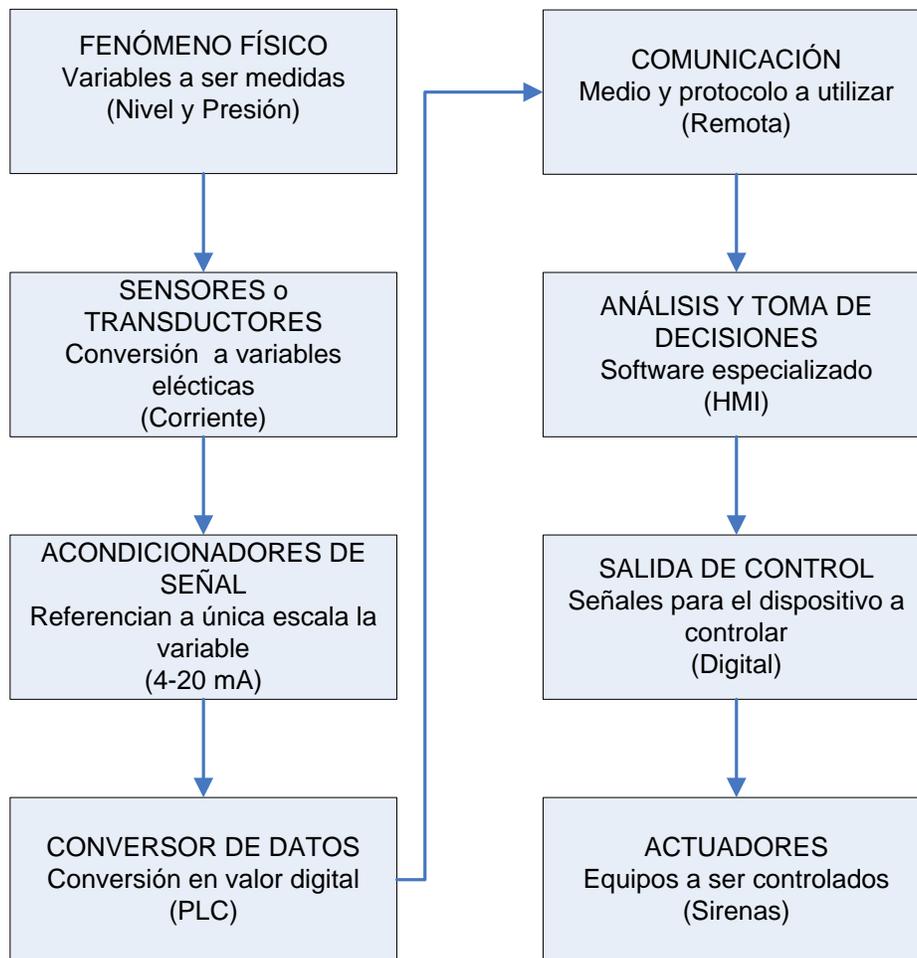


Diagrama. 3.4. Flujo de información en el SAT.

3.3.1.2. Funciones del SCADA-SAT.

- Recopilar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente al estado de las variables monitoreadas.
- Realiza las acciones de control de forma automática.
- Alertar al operador de cambios que se consideren anormales (**alarmas**) y los que se produzcan en la acción diaria del sistema (**eventos**).
- Aplicaciones basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, históricos de variables, cálculos.
- Enlace con otros programas como: bases de datos, publicaciones Web, entre otros.

3.3.1.3. Componentes del SCADA-SAT.

- Instrumentación de Campo.
- Unidad Terminal Remota (RTU).
- Unidad Terminal Maestra (MTU).
 - Hardware.
 - Software.
- Sistema de comunicación.
- Actuadores.

Para el desarrollo de proyecto se toman como base dos fundamentos:

- La división del SAT.
- Los componentes del sistema SCADA.

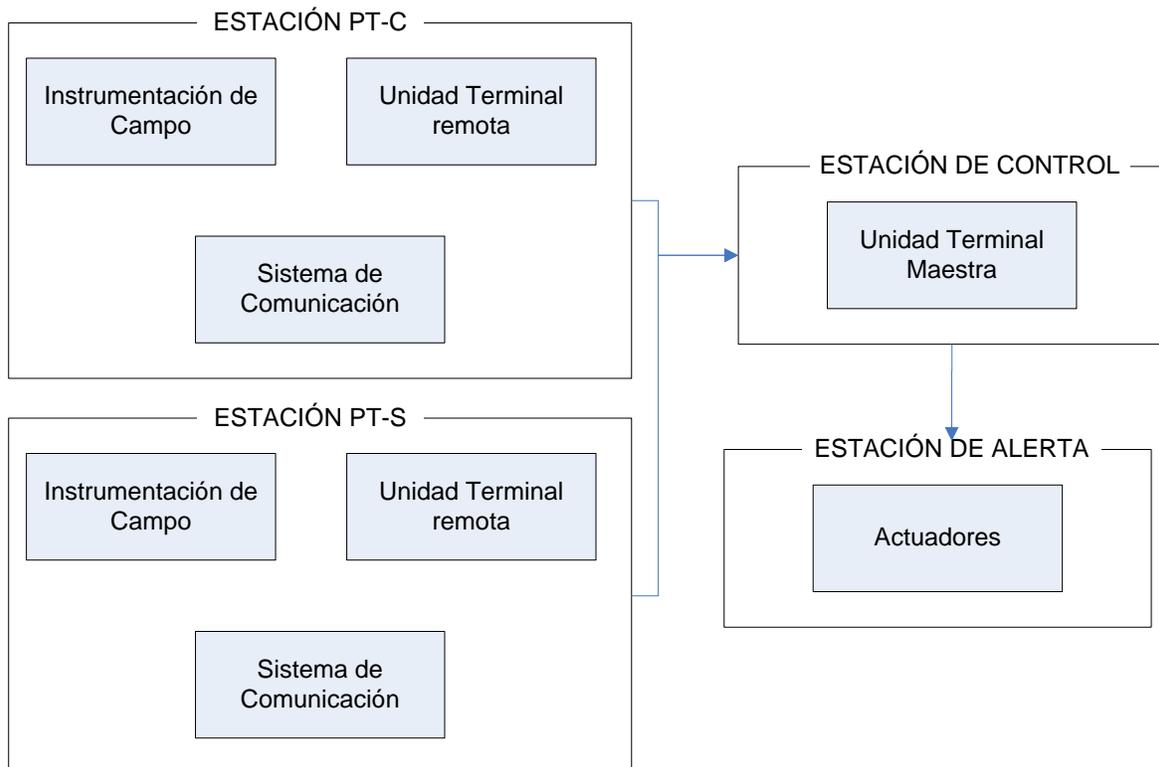


Diagrama. 3.5. Componentes de un SCADA en la división del SAT.

3.4. ESTACIONES PT-C Y PT-S

En las estaciones remotas se han instalado dos elementos que conforman el sistema SCADA, siendo la instrumentación de campo y la unidad terminal remota descritas a continuación. (figuras 3.2 y 3.3)

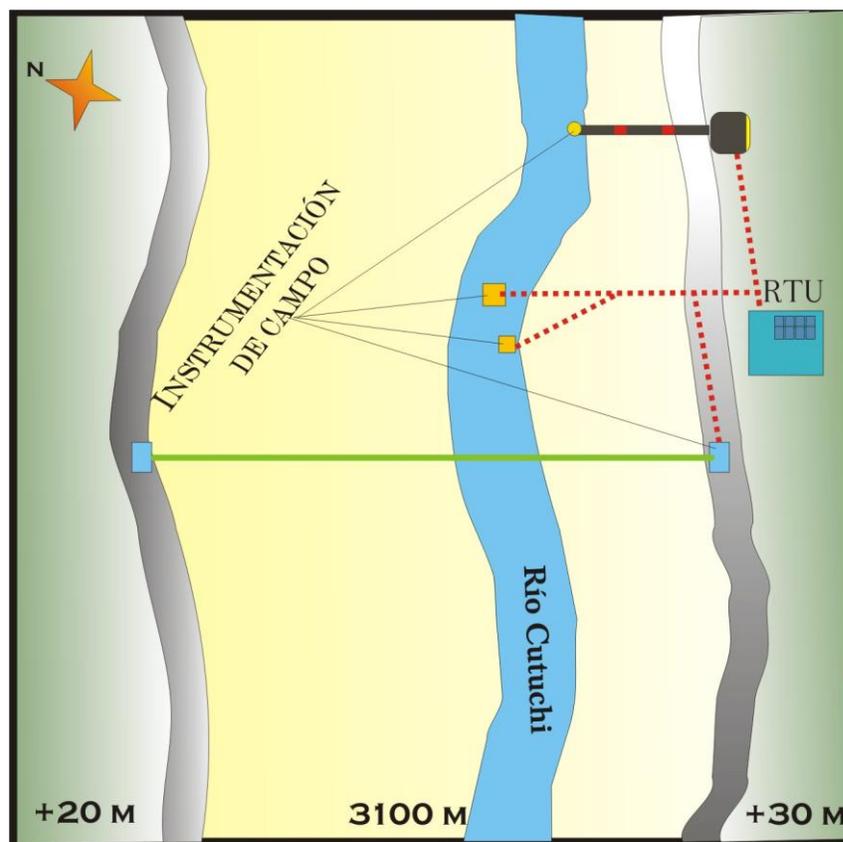


Figura. 3.2. Vista superior de la Estación PT-C.

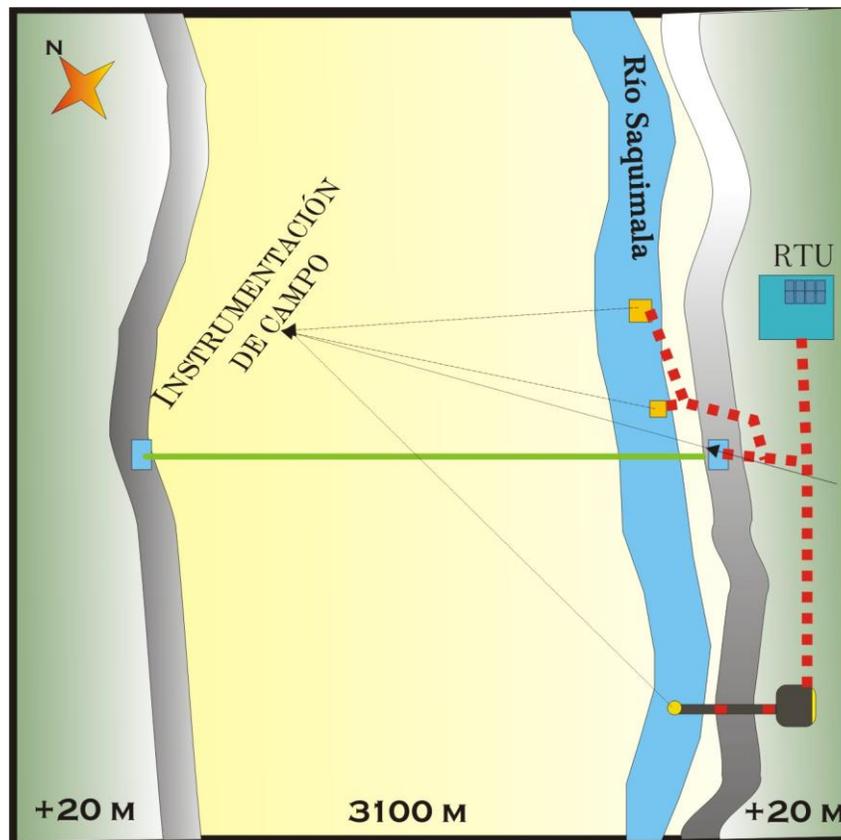


Figura. 3.3. Vista superior de la Estación PT-S.

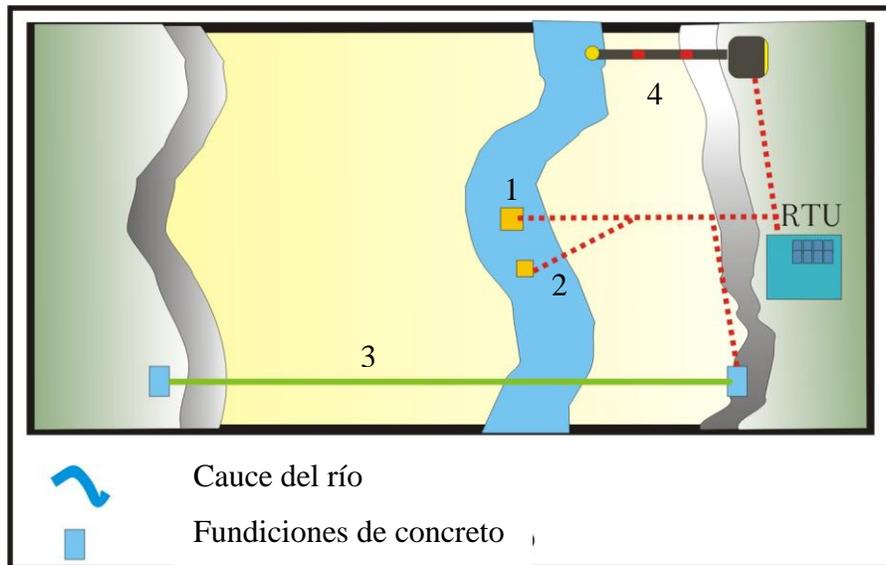
3.4.1. Instrumentación de Campo.

La instrumentación de campo está formada por los transductores, los cuales se encargan de transformar las variaciones de los fenómenos físicos en señales proporcionales de carácter eléctrico, pues estas variaciones determina la presencia de un lahar; siendo estos elementos de mucha importancia dentro del sistema SCADA del SAT.

3.4.2. Sistema de Sensores y Transductores.

3.4.2.1. Descripción .

El sistema de instrumentación de campo está constituido por cuatro sensores, los mismos que se encuentran ubicados en las riveras de los ríos, dentro de una área de aproximadamente 80m² (figuras 3.4, 3.5). El sistema está constituido por un transductor de presión que sensa la columna del flujo y tres transductores que sensan el nivel del fluido.



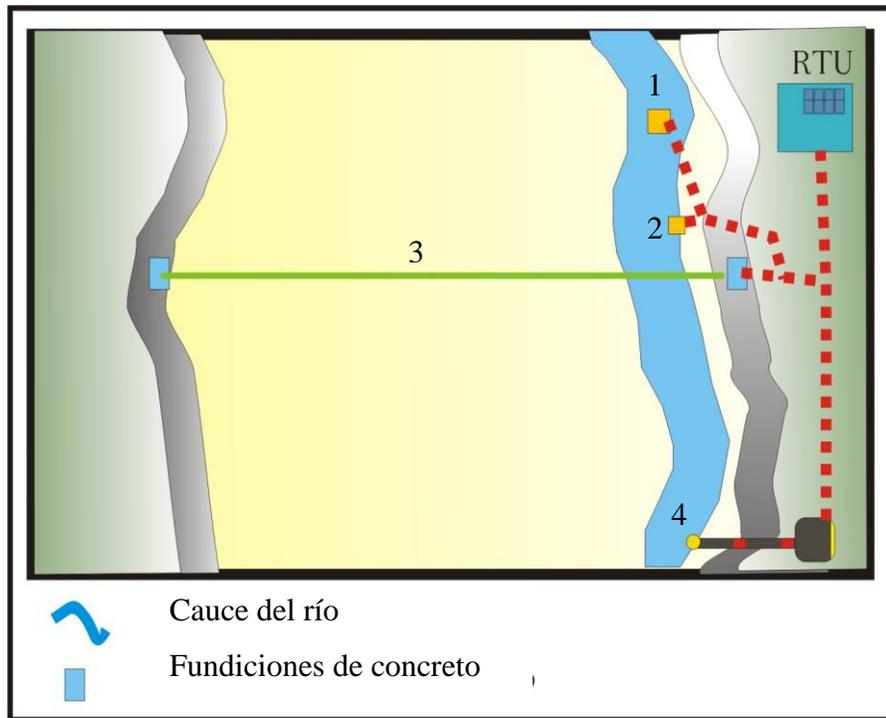


Figura 3.5. Área de distribución de los sensores estación PT-S.

Al ser la redundancia del sistema la principal característica, se ha seleccionado la posición de los sensores, principios de funcionamiento y tecnologías, para garantizar la confiabilidad del sistema. En las figuras 3.4 – 3.5, se indica la configuración de los sensores en el siguiente orden:

1. Sensor de presión de la columna de agua.
2. Sensor de nivel on-off (1).
3. Sensor de nivel on-off (2).
4. Sensor de nivel analógico.

Los transductores que se seleccionen deben tener las siguientes características:

	Sensor
--	--------

		Presión	nivel on-off (1)	nivel on-off (2)	nivel analógico
Exactitud		95%	100%	100%	95%
Rango de operación		0.4-200 Klbs	-----	-----	0.2-20m
Alturas de instalación		0 m	10 m	8 m	30m
Linealidad		Si	-----	-----	Si
Estabilidad	Humedad	50%-95%	50%-95%	50%-95%	50%-95%
	Temperatura	-20 a +80 °C	-20 a +80 °C	-20 a +80 °C	-20 a +80 °C
Tiempo de respuesta		< 500 ms	< 500 ms	< 500 ms	< 500 ms
Precisión		+/-5%	-----	-----	+/-5%

Tabla. 3.1. Requerimientos del SAT para los sensores.

Al ser este proyecto complementario del Sistema de Alerta Temprana del Valle de los Chillos, los sensores a utilizarse deben tener las mismas características que su predecesor, pues deben mantener una estandarización dentro del sistema.

3.4.2.2. Sensor de Presión de la Columna del Fluido.

La presión hidrostática que se ejerce por la presencia de la columna de un fluido, es medida con elementos mecánicos en cuya área se presenta dicha presión; como transductores a ser empleados para este fin se analizan los siguientes:

	Características	Ventajas	Desventajas
Medidor Manométrico	- Manómetro que mide la presión por medio de un fuelle.	- Mantenimiento ocasional - El nivel está influido por la variación de densidad del líquido.	- Utilizado para medir presiones bajas. - Sólo sirve para líquidos sin impurezas.
Medidor de	- Determina la presión	- Aplicado a todo tipo de	- Útil para sistemas de

tipo burbujeo	requerida para que un flujo de aire venza la presión hidrostática.	líquidos.	variación de nivel lento.
Medidor de tipo diferencial	- Tiene un diafragma que mide la presión hidrostática en un punto del fondo.	- Todo tipo de fluidos - Tecnología electrónica - Una sola pieza - Precisos y confiables.	

Tabla. 3.2. Tecnologías para el sensor de presión de la columna de fluido.

Del análisis de las propiedades de funcionamiento de los transductores, se han eliminado los siguientes por cuanto no cumplen con las características operativas del sistema SAT.

- Medidor Manométrico: Por estar constituido por un manómetro es necesario que sea instalado en un lugar sin contacto con el fluido, generalmente es utilizado en los exteriores de recipientes cerrados, además no permiten la medición de líquidos con impurezas como los que se tendrán en el río, y generalmente no tienen señales de salida electrónicas.
- Medidor de tipo burbujeo: Este tipo de sensor no fue tomado en cuenta para el sistema SAT, por ser un instrumento para variaciones de nivel lenta, además utiliza un tubo y un rotámetro para la generación de aire necesario para el burbujeo y, la medición la realiza mediante un manómetro por lo que recaeríamos en el caso anterior.

El dispositivo transductor que se acoge a las exigencias del sistema SAT, además de las características propias del lugar a ser empleado, es el que se menciona a continuación:

- Medidor de tipo diferencial: Este sensor ha sido escogido por no tener partes móviles lo que lo hace más resistente ante el evento máximo probable, es de fácil limpieza, preciso y confiable, admiten temperaturas del fluido hasta 120° C

Una clase de sensor de tipo diferencial es la celda de carga, dotada de extensómetros de tipo resistivo al cual se le mide su deformación en forma electrónica.

Ha sido adoptada en la construcción del primer sensor del SAT, que tiene como función medir la presión de la columna de agua mediante el peso detectado sobre la sección superior de un bloque de concreto que se encarga de proteger y aislar a la celda de carga del fluido del río, el bloque está fundido en el cauce del río atravesado por un ducto para cables que llega hasta tierra para luego dirigirse a la caseta de conexiones, la figura 3.6, detalla la constitución del sensor.

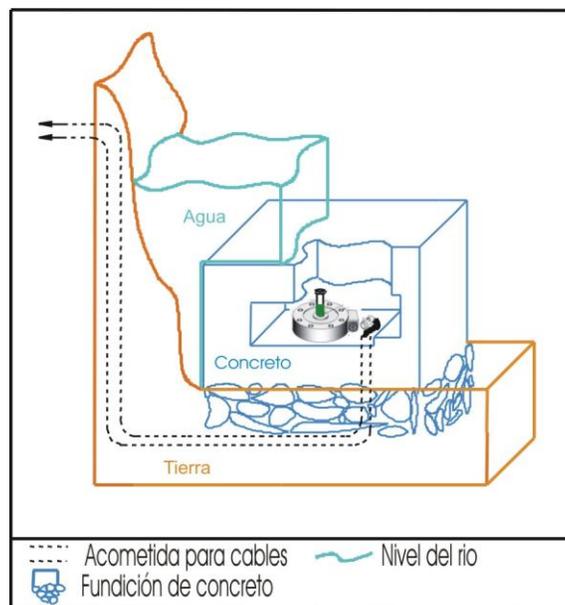


Figura 3.6. Sensor de presión.

La celda de carga y el bloque de concreto se encuentran acoplados mediante un tornillo central ajustable, el cual sirve como elemento de calibración

permitiendo que el sensor se acople a la superficie del bloque, y así detectar los cambios que se ocasionarán debido a un cambio de nivel.

3.4.2.3. Sensor de Nivel On-Off (1).

Este sensor de característica digital, actúa como un interruptor que activa su contacto una vez que la altura del fluido ha superado el nivel de referencia previamente establecido. Cuando esto sucede, se envía una señal a la RTU y ésta a su vez utiliza dicha señal para su posterior procesamiento; mientras esta condición no se cumpla, el contacto deberá permanecer abierto. Entre las opciones de esta clase de sensores tenemos las indicadas en la tabla 3.3.

	Características	Ventajas	Desventajas
Medidor RF	- Emiten señales RF desde la parte superior del sensor hacia la punta de prueba (P.P.).	- Solo la P.P. entra en contacto con el fluido para realizar la medida.	- Necesitan fuente de alimentación para generar la señal RF.
Medidor de flotador	- Instrumento mecánico de contacto.	- Útil en recipientes cerrados y sin caudal.	- Todo el sensor estará en contacto con el fluido.

Tabla. 3.3. Tecnologías para el switch de nivel.

Por las características de los switches, el sensor descartado fue el siguiente:

- Medidor de flotador: A pesar de adaptarse como solución al requerimiento del problema, presenta una desventaja frente al instrumento RF, se trata del flotador, que cierra el contacto cuando el fluido sobrepasa el punto de referencia, pero al presentarse un lahar, por su dinámica, el flotador puede ser destruido focalmente, haciendo que el contacto se abra y no se considere una alarma.

Por sus características el sensor recomendado como switch de nivel on-off es el siguiente:

- **Medidor de nivel RF:** Por su principal característica de emitir (en la parte superior) una señal de radiofrecuencia constante; cuando la punta de prueba del sensor entra en contacto con el fluido que está siendo sentido, la frecuencia receptada (en la punta de prueba) es modificada, esto provoca que la salida del sensor cambie de estado.

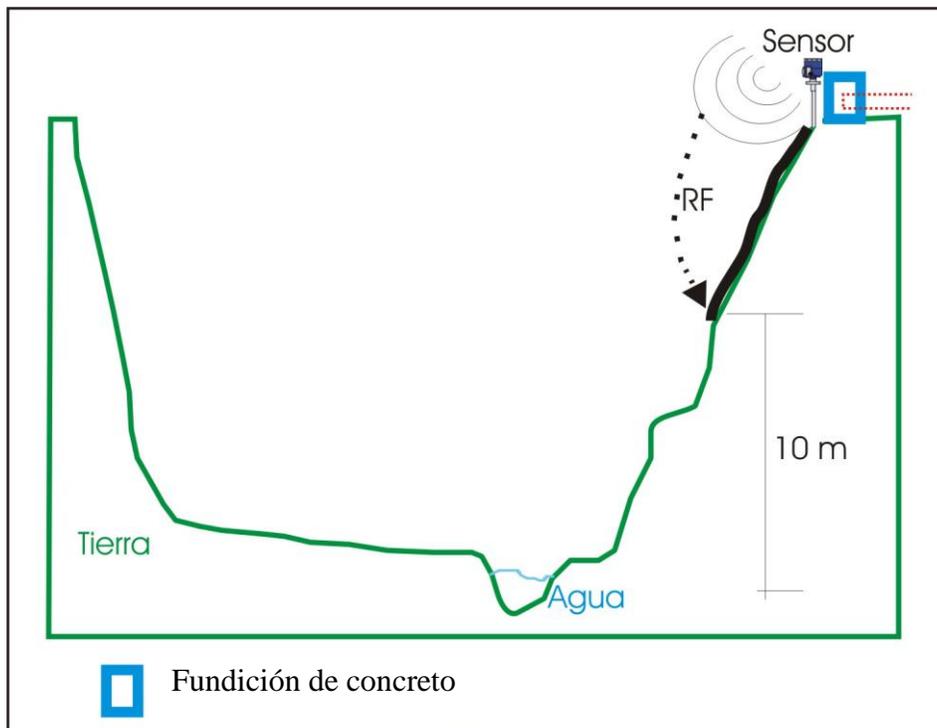


Figura 3.7. Switch de nivel on-off.

3.4.2.4. Sensor de Nivel On-Off (2).

El segundo sensor on-off, es mucho más sencillo que el anterior, pues está constituido por un dispositivo que atraviesa el cauce del río, manteniendo la comunicación con la RTU de alguna variable; este elemento al ser cortado determinará la presencia de un lahar. Este elemento será ubicado en el punto de referencia (figura 3.8).

	Características	Ventajas	Desventajas
Conductor	- Bucle de conductor 10AWG entre las orillas del río.	- Actuará al cortarse totalmente el conductor - Coste reducido.	- Mantenimiento periódico.
Haz de Luz	- Desde una orilla se emite una señal lumínica (láser) hacia la otra orilla.	- Mantenimiento mínimo. - Tecnología probada.	- Fuente de alimentación. - Se puede activar con eventos ajenos a un lahar p.e. un pájaro.

Tabla. 3.4. Tecnologías para el sensor de corte.

Para el sensor de corte se pueden acoger ambas tecnologías, debido a que representan soluciones prácticas, en estos dos casos se incluirá la infraestructura de montaje necesaria para los dispositivos; se deberán construir dos pilares de concreto, uno en cada orilla del río, en el primer caso sujetarán el conductor de cobre y en el segundo caso actuarán como elementos de soporte de los componentes del sensor.

Ambos sistemas cierran un bucle de corriente que llega hasta la RTU y cuando el flujo de lodo cruce por este punto, arrancará el cable y cortará la señal de luz a la vez, con lo que se abrirá el bucle y se detectará una alarma en el sistema.

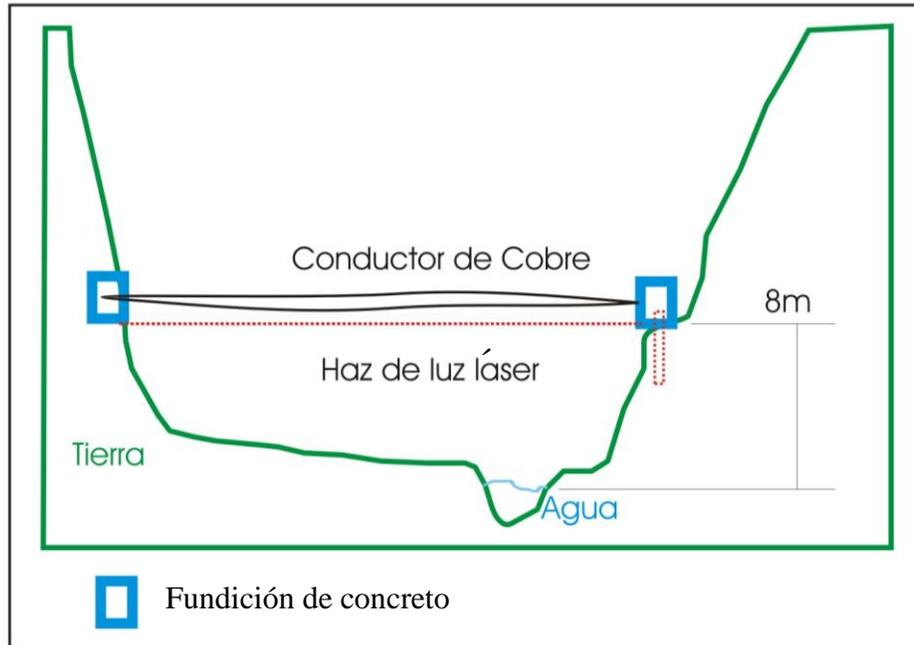


Figura 3.8. Switch de corte on-off.

3.4.2.5. Sensor de Nivel Analógico.

El transductor analógico a utilizarse para adquirir el nivel del espejo de los ríos, será instalado a una altura sobre el lecho de los mismos, pues éste no deberá ser destruido el momento que exista un lahar. Los transductores analizados para que cumplan este objetivo fueron los siguientes:

	Características	Ventajas	Desventajas
Capacitivo	<ul style="list-style-type: none"> - Condensador formado por una barra metálica y una sonda aislada. - Varía debido a los cambios dieléctricos, (aire y el fluido al subir el nivel). 	<ul style="list-style-type: none"> - La capacitancia del sensor es lineal respecto al nivel. - No tienen partes móviles. - Presentan una buena resistencia a la corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al bajar el nivel el electrodo puede quedar recubierto de líquido y la capacidad adicional que ello representa da lugar a un error considerable. - Sistemas poco

			comunes.
Ultrasónico	<ul style="list-style-type: none"> - Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie del liquido y la recepción del eco del mismo en el receptor. - Trabajan a una frecuencia de 20 Khz. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuados para todos los tipos de líquidos o fangos. - Pueden ser construidos a prueba de explosión y resistentes a la corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son sensibles a la densidad de los fluidos. - Pueden dar medidas erróneas cuando la superficie del nivel del líquido forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos
Radiación	<ul style="list-style-type: none"> - Consiste de un emisor de rayos gamma y de un receptor montados verticalmente (arriba y abajo). - La radiación captada es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el fluido absorbe parte de la energía emitida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuados para todos los tipos de líquidos. - No está en contacto con los líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - El blindaje de la fuente. - El cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación fuente radiactiva.
Láser	<ul style="list-style-type: none"> - Consiste de la emisión-recepción de un rayo láser reflejado en la superficie del fluido, donde se mide el tiempo que transcurre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuados para todos los tipos de líquidos o fangos. - No tiene contacto con el fluido sensado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza una fuente láser lo que lo hace un sistema caro.

Tabla. 3.5. Tecnologías para el sensor analógico.

Los siguientes sensores fueron excluidos del sistema por las razones que a continuación se detallan:

- Capacitivo: Debido a que su principal inconveniente es el cambio de las constantes dieléctricas ocasionado por factores externos (temperatura, contaminantes del río) que pueden adherirse al electrodo variando su capacidad y entregando lecturas erróneas, además se debería montar una barra metálica de 20m que representa el rango de medida.
- Radiación: La instalación de este sistema representará un alto costo para el proyecto, por tener equipos radioactivos diseñados para medir niveles en lugares de acceso difícil o peligroso; además la instalación no debe ofrecer peligro alguno de contaminación radiactiva, siendo necesario señalar debidamente las áreas donde están instalados los instrumentos y realizar inspecciones periódicas de seguridad.

La principal característica que se analizó para escoger este tipo de sensores, fue el hecho de que éstos no están en contacto con el fluido, por este principio, el momento que exista un lahar, el sensor no será destruido. Los sensores escogidos fueron los siguientes:

- Láser: Útil en aplicaciones donde las condiciones son muy duras, y donde los instrumentos de nivel convencionales fallan, el sistema consiste en un rayo láser enviado a través de un tubo de acero y dirigido por reflexión en un espejo sobre la superficie del fluido. El aparato mide el tiempo que transcurre entre el impulso emitido y el impulso de retorno, el mismo que es directamente proporcional a la distancia del aparato emisor y la superficie sensada.
- Ultrasónico: La emisión de un impulso ultrasónico hacia la superficie reflectante lo hace un sistema más económico respecto a los sistemas similares, el retardo en la captación del eco es el que evalúa el nivel del tanque, estos sensores trabajan a una frecuencia aproximada de 20 Khz. Las ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión del

medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

Nota: De los dispositivos escogidos como solución para que actúen como sensor analógico, se ha concluido que ambos cumplen con la función requerida bajo el mismo principio de funcionamiento, entonces la elección se ha direccionado hacia el enfoque económico, por esta razón se ha preferido el medidor ultrasónico frente al medidor láser.

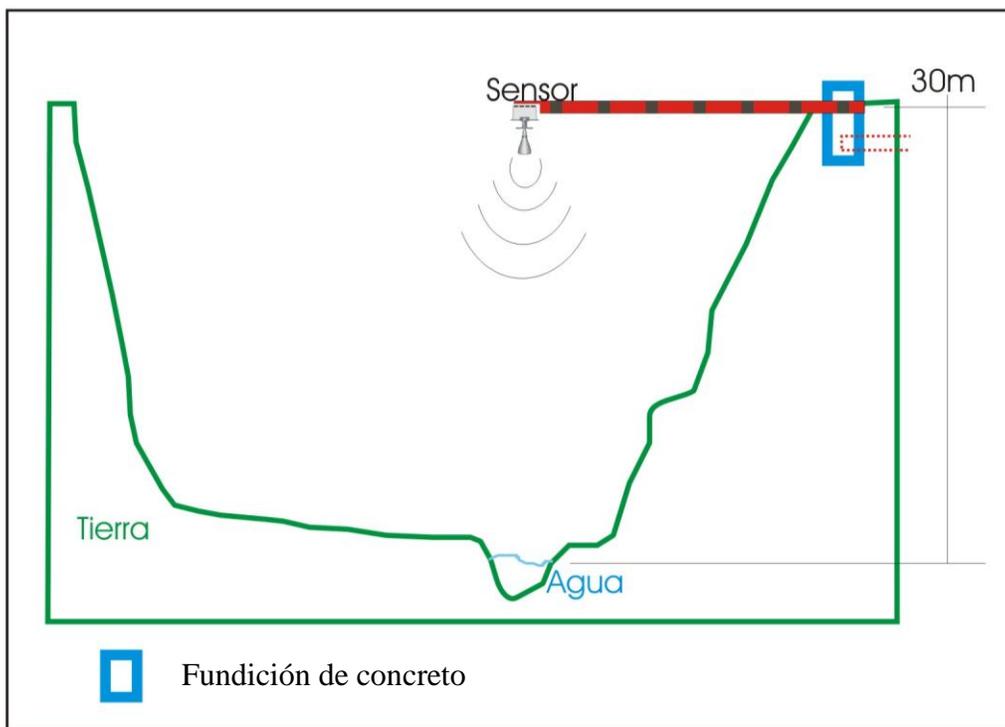


Figura 3.9. Sensor de Nivel Ultrasónico.

Todos los sensores elegidos, deberán tener las señales de salida correspondientes al estándar de corriente (4-20 mA), para evitar interferencias y atenuaciones de la señal, pues los sensores se encuentran (en promedio) a una distancia de 50m desde la instrumentación de campo hacia la RTU; las señales de corriente se enviarán mediante un medio físico (conductor de cobre), el mismo que estará guiado y protegido por un conducto resistente a la humedad, esta

protección deberá estar instalada en forma subterránea a un nivel recomendado de por lo menos 0.5 m.

Se instalará una caja de revisión (figura 3.10), a la cual llegarán los sensores de forma individual y se convertirán en un bus de datos para transmitir las señales hacia el equipo de transmisión de datos, es decir, se realiza una interfase entre la instrumentación de campo y la RTU.

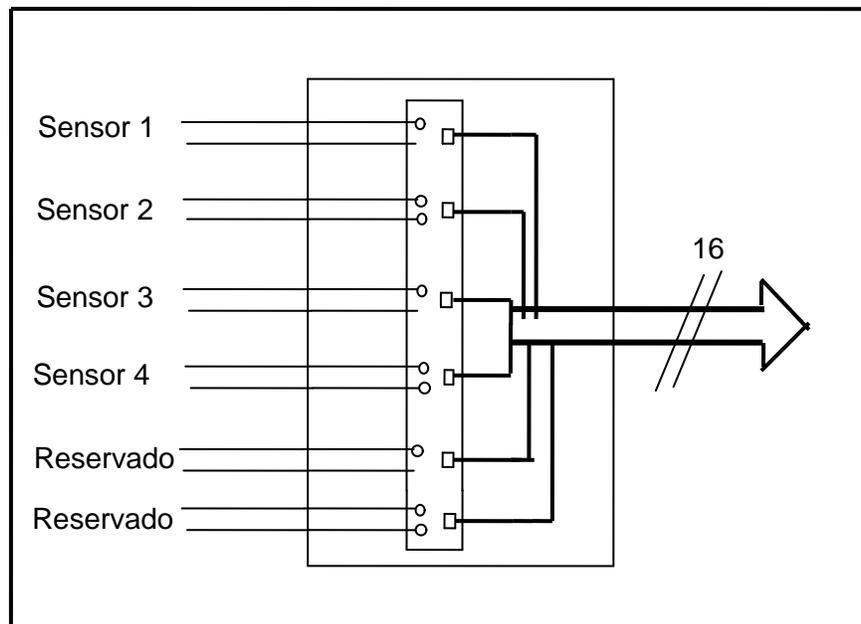


Figura 3.10. Caja de Inspección.

3.4.3. Sistema de Adquisición y Transmisión.

Siendo el segundo sistema dentro de las estaciones PT-C y PT-S, que se encarga de adquirir, procesar, codificar y transmitir las señales provenientes del sistema de instrumentación de campo; este sistema cumple las funciones de la Unidad Terminal Remota descritas a continuación.

3.4.4. Unidad Terminal Remota.

La Unidad Terminal Remota (RTU) del SAT, es el elemento encargado de adquirir, digitalizar y enviar la información recopilada al centro de control, siendo su característica principal actuar como una interfaz entre el sistema de instrumentación y el sistema SCADA, los requerimientos de este sistema en su totalidad son cuatro entradas para cada uno de los sensores, adicionalmente una entrada para constatar los niveles de energía.

En el mercado existen muchos equipos de RTU que integran todas sus funciones en un equipo de arquitectura cerrada, estos sistemas son muy costosos porque mantienen una alta funcionalidad. Para el sistema que se desarrolla se puede implementar una RTU con elementos de distintos fabricantes y características, adaptándose de mejor manera a los requerimientos del sistema.

Los elementos que conforman la RTU del SAT son:

- Dispositivo controlador.
- Dispositivo de comunicación.

En el diagrama 3.6 se especifica la posición de cada uno de estos elementos.

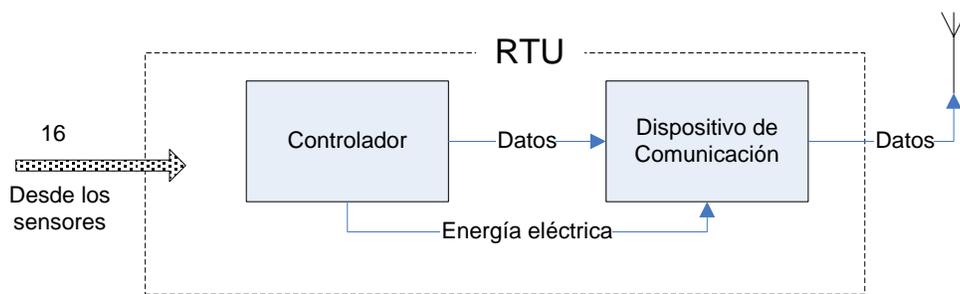


Diagrama. 3.6. Componentes de la RTU.

3.4.4.1. Controlador de la RTU.

El primer elemento que constituye la RTU es el controlador, que es el encargado de monitorear las entradas-salidas de un proceso, análisis de datos en tiempo real y ejecutar los programas o algoritmos de control realizados por el usuario; el controlador que se utilizará en el SAT, cumplirá las siguientes características:

- Adquirir y digitalizar los datos de los sensores.
- Flexibilidad en la programación y reprogramación.
- Permitir la comunicación con otros dispositivos.
- Mantenimiento mínimo.

	Características	Ventajas	Desventajas
FieldPoint	- Sistema modular de adquisición de datos distribuido.	- Fácil Instalación. - Flexibilidad al momento de diseñar el sistema. - Acondicionamiento de señal con conectividad directa a los sensores.	- Se requiere de un Módulo para cada aplicación.
Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ	- El sistema cuenta con una tarjeta controladora que adquiere y procesa datos en tiempo real	- Evita la duplicidad de diferentes bloques en el instrumento y en el ordenador. - Facilidad de instalación y puesta en marcha. - Flexibilidad.	- Se conectan directamente al bus de un ordenador.
Controlador Lógico Programable	- Dispositivo digital, que utiliza técnicas de programación para	- Gran capacidad de memoria. - Fácil instalación y	- Necesario adiestrar en la programación a los usuarios.

PLC	realizar las acciones requeridas.	espacio reducido. - Mantenimiento mínimo. - Capacidad de comunicación.	
-----	-----------------------------------	--	--

Tabla. 3.6. Dispositivos de control para la RTU.

Del análisis de características de los diferentes tipos de controladores a ser empleados en el sistema SAT, se han eliminado los siguientes:

- FieldPoint: Es una opción efectiva y moderna en el campo de la automatización, con características de flexibilidad e instalación, representa una tecnología de mayor costo respecto a sus similares, pues se debe adquirir cada módulo a ser utilizado por separado, siendo que el precio final del dispositivo es demasiado alto.
- Tarjeta de Adquisición de Datos: Este sistema de hardware para la adquisición de datos ha sido descartado, debido a que debe actuar conjuntamente con un ordenador, lo que hace que el precio final se encarezca, además un PC instalado en el punto remoto, no tendrá mayor utilidad, siendo que estarán desperdiciadas las funciones propias del computador y un dispositivo de estas características se verá afectado por las condiciones adversas del entorno (bajas temperaturas).

Como controlador que se adapta a las características del sistema SCADA, tenemos al siguiente:

- PLC: es un “dispositivo electrónico digital, que utiliza técnicas de programación de instrucciones almacenadas internamente, para implementar funciones específicas tales como lógicas secuenciales, de temporización, de conteo y aritméticas para el control de máquinas y

procesos¹⁵, está compuesto por una base donde se conectan los distintos elementos que forman el sistema (fuente, CPU y tarjetas de I/O o especiales) y tiene la capacidad de comunicación con otros equipos electrónicos. Existen dos tipos de formato, los compactos y los modulares. El sistema de programación puede ser por diagramas de bloques, lista de instrucciones o texto estructurado. Ha sido elegido como dispositivo controlador porque constituye un elemento que proporciona al SAT alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad, en la etapa de adquisición de datos, además por su característica de red ethernet, se puede comunicar con los dispositivos de enlace que representan el segundo componente de la RTU.

3.4.4.1.1. Protocolo de Comunicación del Controlador.

Para poder establecer la comunicación entre dos equipos, en este caso el PLC y el módulo de comunicación, se requiere de un protocolo de comunicación que se define como: “Un conjunto de reglas y procedimientos que permite a las unidades remotas y maestra el intercambio de información.”¹⁶

Para poder comunicarse entre los distintos equipos, los fabricantes han desarrollado protocolos de comunicación que satisfacen cada una de las características que éstos necesitan. Por esta razón no existe un estándar en los protocolos de comunicación lo que dificulta la conjunción de varias tecnologías; a continuación analizamos los protocolos más usados en la actualidad.

- Bristol Standard Asynchronous Protocol (BSAP): Es un protocolo propietario orientado a bit en el cual la estación central siempre interroga a la RTU, y ésta puede contestar según el estado de sus variables.

¹⁵ Definición de la “National Equipment Manufacturer’s Association, (NEMA)

¹⁶ http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/6495/canales_o_medios_de_comunicacion.htm

- IEC 870-5: Es un protocolo que se aplica para equipos y sistemas de Telecontrol con transmisión de datos, con codificación serial de bit. Este es orientado por bytes y se basa en un modelo de referencia de tres capas.
- Distributed Network Protocol (DNP): Permite la implementación de sistemas Maestro – Esclavo que posean una o más estaciones Maestras, así como la operación en diversos modos que permiten la transmisión de datos desde la Unidades Terminales Remotas (RTU) a petición de la Unidad Maestra, o exclusivamente cuando se presenten estados de alarma.
- MODBUS: Trabaja bajo la filosofía Maestro – Esclavo, donde el maestro controla toda la actividad de transmisión de datos, preguntando en un instante de tiempo distinto a cada unidad esclava (*polling*). Debido a su naturaleza, facilita el uso de PLC en las RTU. Puede direccionar hasta 254 esclavos.
- ASCII: Es un protocolo relativamente simple, utilizado en sistemas donde se requiere comunicación punto – punto entre dos instrumentos, permitiendo la comunicación entre sensores, dispositivos de control y dispositivos de transmisión que se comuniquen con los estándares EIA 232 o EIA 485.
- TCP/IP (Transmission Control Protocol)/(Internet Protocol): Es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados ordenadores de clases muy diferentes y con hardware – software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de

conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware. La arquitectura del TCP/IP consta de cinco niveles o capas en las que se agrupan los protocolos.

La tarea de IP es llevar los datos a granel (los paquetes) de un sitio a otro. Las computadoras que encuentran las vías para llevar los datos de una red a otra (denominadas enrutadores) utilizan IP para trasladar los datos. En resumen IP mueve los paquetes de datos a granel, mientras TCP se encarga del flujo y asegura que los datos estén correctos.

Las líneas de comunicación se pueden compartir entre varios usuarios. Cualquier tipo de paquete puede transmitirse al mismo tiempo, y se ordenará y combinará cuando llegue a su destino, los datos no tienen que enviarse directamente entre dos computadoras. Cada paquete pasa de computadora en computadora hasta llegar a su destino. Éste, claro está, es el secreto de cómo se pueden enviar datos y mensajes entre dos computadoras aunque no estén conectadas directamente entre sí. Una de las razones de la rapidez es que, cuando algo anda mal, sólo es necesario volver a transmitir un paquete, no todo el mensaje.

Los paquetes no necesitan seguir la misma trayectoria. La red puede llevar cada paquete de un lugar a otro y usar la conexión más idónea que esté disponible en ese instante. No todos los paquetes de los mensajes tienen que viajar, necesariamente, por la misma ruta, ni necesariamente tienen que llegar todos al mismo tiempo.

Cuando se envía un mensaje, el TCP divide los datos en paquetes, ordena éstos en secuencia, agrega cierta información para control de errores y después los lanza hacia fuera, y los distribuye. En el otro extremo, el TCP recibe los paquetes, verifica si hay errores y los vuelve a combinar para convertirlos en los datos originales.

Del análisis de los diferentes protocolos existentes en la actualidad, el protocolo TCP/IP es el adecuado para el sistema por las siguientes razones:

- Las características del protocolo demuestran que son la solución adecuada para el requerimiento del SAT (maestro – esclavo, fácil uso de PLC en una unidad remota),
- Constituye un protocolo de comunicación abierto y estandarizado, no propietario, por lo que puede establecer comunicación entre equipos de diferentes fabricantes.
- Es el protocolo de aplicación general y es el más usado en las comunicaciones con módems celulares.

El dispositivo de comunicación se constituye como el segundo elemento de la RTU, el cual cumple la función de transmisión – recepción de datos, desde y hacia la unidad de control. Para poder especificar los dispositivos encargados de la transmisión de datos, se debe definir en primer lugar el sistema por el cual se va a transmitir la información, pues el sistema estará limitado a la elección del sistema de comunicación.

3.4.4.2. Sistema de Comunicación.

Un sistema SCADA confiable es aquel cuyo sistema de transmisión de datos entre la estación remota y la estación de control posee un alto grado de efectividad, puesto que el intercambio de la información es de vital importancia para el desarrollo y funcionamiento del sistema; por esta razón, el tipo de comunicación utilizado debe garantizar dicho propósito.

3.4.4.2.1. Requerimientos.

Como características operativas, el sistema de transmisión requerido en el proyecto, cuenta con los siguientes aspectos a ser considerados :

- Establecer la transmisión de los datos adquiridos desde cada una de las unidades terminales remotas ubicadas en los puntos PTS y PTC respectivamente, hacia el centro de control.
- Considerando el perfil topográfico 1 (enlace entre las estaciones: PTS y control), el perfil topográfico 2 (enlace entre las estaciones: PTC y control) y el perfil de terreno 3 (enlace entre las estaciones PTS y PTC); se establece la ausencia de línea de vista entre dichas estaciones (Anexo 1).
- La forma de comunicación que se empleará es punto a punto, para cada caso.
- Las distancias en línea recta de los enlaces a ser cubiertos entre las estaciones son las siguientes:
 - Estación PTS hasta la estación de control : 25.85 Km
 - Estación PTC hasta la estación de control : 28,4 Km
 - Estación PTS hasta la estación PTC : 5,7 Km

3.4.4.2.2. Medios de Transmisión.

El medio de transmisión constituye la interfase entre el equipo transmisor y el equipo receptor, es decir, es el medio por el cual fluye la información; en este caso se establece la comunicación entre las estaciones remotas y el centro de control. Actualmente, se cuenta con los siguientes medios de transmisión que resultan ser adecuados para establecer la comunicación entre dispositivos.

Guiados

- Línea telefónica
- Cable coaxial
- Fibra óptica

Conexiones inalámbricas

- Sistemas de Enlaces de Radio
 - Radio enlace (VHF, UHF)
 - Spread Spectrum
 - Microondas.
- Sistemas basados en Redes Satelitales (VSAT)
- Sistemas basados en Redes Celulares (CDPD, GPRS)
- WLAN

Debido a las características especificadas en el sistema de transmisión, un enlace físico entre las estaciones, resulta ser muy difícil principalmente porque las distancias a cubrir son extensas, por esta razón, dicho medio de transmisión ha sido desechado.

Los medios de transmisión de datos del tipo inalámbrico cuentan con las características que se detallan en la tabla 3.7.

	Características	Ventajas	Desventajas
Radio Enlace VHF – UHF	<ul style="list-style-type: none"> - Operan en 450 Mhz. o 900 Mhz. - Requieren línea de vista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de Instalación, mantenimiento bajos. - La señal se expande sobre áreas amplias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interferencias bandas cercanas utilizadas. - Permisos de la Suptel¹⁷ para el uso de frecuencias
Radio Enlace Spread Spectrum	<ul style="list-style-type: none"> - Operan en frecuencias libres. - Utiliza equipos de baja potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios de RF son innecesarios. - Gran velocidad de transmisión de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rango corto debido a la baja potencia. - Requieren línea de vista directa.
Radio Enlace Microondas	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema no dedicado. - Línea de vista curva por refracción atmosférica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplio ancho de banda. - Confiable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculos precisos para direccional las antenas. - Permisos de la Suptel para el uso de frecuencias

¹⁷ Superintendencia de Telecomunicaciones, ente regulador de las comunicaciones en el Ecuador.

Sistemas de Redes Satelitales	- Utilizan satélites geosincrónicos como repetidores.	- Gran ancho de banda y sistema confiable. - Rápida instalación.	- Alto costo en la adquisición de equipos e instalación.
Sistemas de Redes Celulares	- Utiliza los sistemas de telefonía móvil. - Velocidad aproximada de 19,2 Kbps.	- Instalación inmediata. - Permite cambios de ubicación del usuario. - Seguro y disponible.	- El servicio existe sólo en lugares donde la red celular los cubre.
WLAN	- Utilizan ondas de radio o infrarrojos. - Las portadoras existen en el mismo tiempo y espacio sin interferir.	- Simplicidad y rapidez en la instalación. - Gran tiempo de vida y bajo costo de operación.	- Mayor desarrollo para sistema de redes locales.

Tabla. 3.7. Sistemas de transmisión de datos.

Con las características expuestas de los principales medios de comunicación existentes para este fin, a continuación se especifican los sistemas que han sido excluidos como medios necesarios para cubrir el requerimiento en lo que a comunicaciones se trata.

- **Sistemas Basados en Redes Satelitales:**

Es una opción técnicamente aceptable por el alcance o cobertura de su señal, pero el costo tanto de la compra de los equipos, el arrendamiento de servicio, es un gran limitante. Además se estaría subutilizado esta tecnología pues el ancho de banda necesario para el sistema es reducido en comparación con el disponible.

- **Radio Enlace Microondas:**

Este sistema de comunicación representa una opción costosa pues la adquisición de equipos así lo demuestra, además se necesita licencias para el alquiler de las frecuencias. Si consideramos que son dos estaciones remotas y una estación central, los costos por instalación de dichos equipos se incrementan.

- **Radio enlace VHF-UHF**

Es un sistema común en el medio, de un costo reducido, que ha sido suprimido como opción de comunicación por el inconveniente de no existir línea de vista entre las estaciones, a no ser de que se utilice estaciones repetidoras teniendo en cuenta los inconvenientes que esta opción trae consigo, en especial costos de adquisición como de mantenimiento.

- **Radio Enlace Spread Spectrum**

Al ser un sistema que necesariamente requiere de línea de vista entre las estaciones y además el no poseer como filosofía de ejecución el establecimiento de estaciones repetidoras, esta opción es descartada a pesar de ser una tecnología efectiva y segura, razón por la cual ha sido acogida en el proyecto predecesor al presente.

El Anexo 1, contiene los gráficos correspondientes al perfil topográfico de los enlaces entre las estaciones remotas y la estación de control, además la apreciación de las zonas de Fresnel obstruidas de dichos enlaces. Con estas referencias, se determina la ausencia de línea de vista directa entre los puntos referenciales de las estaciones, así como también la obstrucción de la zona de Fresnel en los tres enlaces analizados.

Se ha utilizado la versión demostrativa del software HERALD PROFESIONAL 2.1.01 como instrumento para la determinación de los radios de la primera zona de Fresnel, tan importante dentro del análisis de un enlace por radio frecuencia.

A continuación se detallan los sistemas que han sido seleccionados como una alternativa a la utilización del medio de comunicación.

- **Sistemas Basados en Redes Celulares:**

Resulta ser una opción viable tanto técnica como económicamente hablando, pues la cobertura de la red celular en las estaciones remotas (PTS y PTC) es factible en este caso por las dos operadoras que ofrecen su servicio en la provincia del Cotopaxi. De esta manera el costo por mantenimiento es mínimo ya que de este detalle se ocuparían las empresas proveedoras del servicio celular.

Otro punto a favor constituye el hecho de suplir la característica de **Sistema Redundante**, que es de vital importancia en el funcionamiento del presente proyecto; esta redundancia es posible gracias a las dos operadoras de telefonía móvil en lo que respecta a sus sistemas de transmisión de datos.

- **WLAN:**

La mayoría de equipos empleados en la automatización, control y comunicación de manera general, cuentan en su hardware con accesos TCP/IP útiles para el establecimiento de redes de datos y conectividad con Internet, de manera que la información pueda estar al alcance de los usuarios de la gran red, claro está, con sus debidas seguridades. De esta forma los datos de las estaciones remotas podrán ser leídas (no modificadas) por medio de un punto de acceso al Internet.

En vista de las prestaciones que estos sistemas presentan, a continuación se realiza un análisis detallado sobre sus características y ventajas.

3.4.4.2.3. WLAN.

De las siglas “Wireless Local Area Network”, corresponde a un sistema de comunicación de datos inalámbrica utilizado como alternativa de las redes locales cableadas. Utiliza tecnología RF, lo que permite mayor movilidad a los usuarios.

Características

- Utilizan ondas de radio o infrarrojos para el enlace.
- Varias portadoras pueden existir en igual tiempo y espacio sin interferir entre ellas.
- Un único punto de acceso (Access Point) soportará un pequeño grupo de usuarios y funcionará en un rango de varios cientos de metros.
- Transmite y recibe voz, datos y video, a velocidades de hasta 11 Mbps

Ventajas

- Simplicidad y rapidez en la instalación.
- Información en tiempo real para cada usuario de la red y en todo lugar.
- Reducción de costes en la instalación y gran tiempo de vida.
- Flexibilidad: Permite llegar a donde otros sistemas no llegan.

3.4.4.2.4. Sistema de Red Celular – GPRS.

GPRS (Global Packet Radio Service) es una tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

Características

- Los canales se comparten entre los diferentes usuarios.
- Obtiene mayor velocidad y mejor eficiencia de la red.
- La tecnología GPRS permite proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a como se venía haciendo hasta el momento.

- En la red GPRS, la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada desde un mínimo 40 Kbps hasta un máximo de 115 Kbps.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml
- Utiliza la tarjeta SIM.

Ventajas

- Dispone de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión.
- El sistema GPRS es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.
- GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el terminal GPRS como módem.

Desventajas

- Es una tecnología que está restringida a la cobertura de la red, pues ésta no llega a todos los sectores.
- No es posible la transmisión de gran cantidad de datos de manera simultánea.
- Por ser una tecnología moderna, no está al alcance de todos los usuarios.

Solución

- Detallar el equipo de comunicación para el enlace.
- Cotizar el servicio en las empresas correspondientes.
- Verificar la potencia de la red en los lugares que se ubicarán las estaciones remotas.

- Detallar el protocolo de comunicación que utilizan los módems celulares.

3.5. ESTACIÓN DE CONTROL

La unidad terminal maestra MTU es considerada el elemento central del sistema SCADA – SAT; pues la estación central es la encargada de designar el sistema electrónico de cómputo que adquiere y gestiona la información que proviene desde las RTU's, y además ejecutar las acciones de control si son necesarias (disparo de alarmas).

La MTU está conformada por los siguientes elementos:

- Computador (Hardware)
- Programa específico HMI (Software)

Estos dos elementos se enlazan para producir una operación que interactúa entre la consola y el operador por medio de una interfaz gráfica, el cual se detalla en el diagrama 3.7

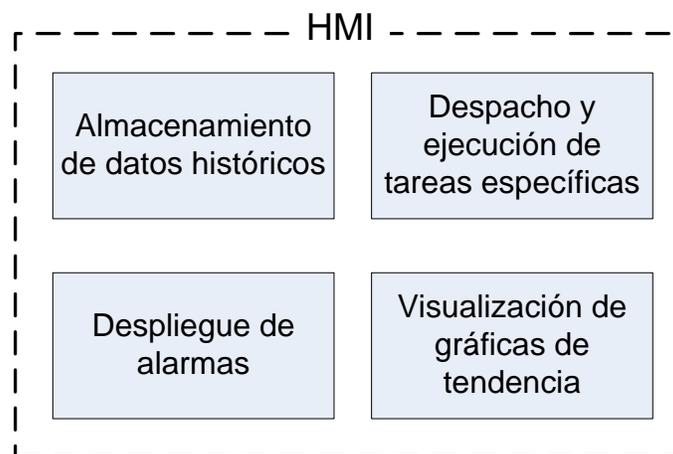


Diagrama. 3.7. Componentes del HMI del SAT.

El comportamiento de las variables analógicas es representada de una forma dinámica para una mejor visualización de su comportamiento en tiempo

real; de igual manera se lo hace con las variables digitales. Estas visualizaciones son representadas en el bloque **Gráfico de Tendencias**.

Es importante llevar una base de datos con la información suscitada en el transcurso del tiempo de ejecución para de esta manera establecer los respectivos análisis. A esta recopilación de la información de las variables, las llamamos como **Datos Históricos**.

Los distintos niveles de información son clasificados según el tipo de ocurrencia de eventos, en diferentes escalas de alarmas, de esta manera se visualizará en el sistema HMI, además un dispositivo audible será instalado en la estación. Este bloque corresponde al **Sistema de Alarmas**.

El sistema cumple distintas funciones, según el tipo de alarma existente; dependiendo de la prioridad de la alarma aparecerán distintas pantallas con mensajes para alertar al operador. El Sistema de Alerta Temprana, tiene tres niveles de alarma que se especifican en la tabla 3.8.

	Nivel del fluido (m) para el sensor de			
	Presión	nivel (on-off)	corte on-off	nivel analógico
Normal	< 2	-----	-----	< 2
Alerta	5	-----	-----	5
Crítica	10	10	8	10

Tabla. 3.8. Valores de prioridad de alarma del sistema según los niveles del fluido.

Las acciones que toma el SAT dependiendo del nivel de la alarma son:

Normal: (Prioridad Baja) Suministra información al operador sobre los

diferentes niveles de altura que se presentan en los cauces de los ríos y establecidos dentro de los límites normales.

Alerta: (Prioridad media) Se produce cuando ha ocurrido un evento fuera de lo normal pero no entra en los parámetros de alarma crítica por ejemplo una crecida del río, esto no requiere la activación de alarmas, pero sí se presenta en la pantalla de visualización caracterizada por el color amarillo, no es necesario realizar acciones ante este evento.

Crítica: (Prioridad alta) Indica peligro máximo, se despliega en la pantalla de visualización figuras de color rojo intermitentes, además se produce acompañada de una señal audible de la estación de trabajo. Cuando se confirma esta alarma el sistema automáticamente (sin intervención del operador) envía la señal de alerta hacia los centros poblados.

Además, con el fin de garantizar la confiabilidad en las operaciones del SCADA, se ha duplicado el procesamiento de los datos y sus periféricos más críticos, para que cumpla el requerimiento de redundancia. Así, la MTU constará de dos computadores dispuestos en una misma configuración, operan independientemente, con la ejecución del software HMI y estarán configurados en “Host-Stand by”, de tal manera que una unidad se considera principal o en línea, y la otra se define de respaldo. La de respaldo se mantiene energizada y debe contar con la información actualizada, esto le permitirá asumir el completo control del sistema al ocurrir una falla en la maestra principal.

En conclusión, este sistema de trabajo es la interfase entre el sistema y el operador; este software estará instalado en dos PC's soportado por un sistema operativo, el cual permitirá al operador verificar en el monitor los cambios que ocurran en los niveles de los ríos. Además permitirá almacenar las alarmas en el sistema e imprimirlas; esta operación de impresión se lo puede realizar como reportes diarios de alarmas o como reportes generales del sistema.

3.6. ESTACIÓN DE ALERTA

Debido a que existen varias poblaciones que son afectadas directamente por el flujo de lodos, el sistema de alerta estará distribuido en dichos sectores en los puntos de mayor concentración de habitantes. El sistema deberá cubrir en su totalidad los sitios especificados con la finalidad de conseguir una audición clara de los tonos de alarma.

Los dispositivos audibles que más usualmente se emplean en este tipos de sistemas son las sirenas de alerta, las cuales pueden ser de varios tipos y detallamos a continuación:

	Ventajas	Desventajas
Electromecánicas	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendadas para avisos breves - Sonido lineal (tono continuo). - Alcanzan la frecuencia de trabajo en poco tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> - No son apropiadas para servicio continuo.
Electrónicas	<ul style="list-style-type: none"> - Alta frecuencia . - Presenta bajo consumo. - Frecuencias del sonido variables. - Recomendadas para servicio continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil exponencial - Idóneas en señalizaciones de menor alcance
Electromagnéticas	<ul style="list-style-type: none"> - Emiten sonidos característicos, perceptibles y diferenciables de otros - Tienen bajas frecuencias. - Mayor alcance. - Sonido emitido, lineal. 	

Tabla. 3.9. Características de las sirenas de alerta.

De entre las sirenas analizadas, la sirena de tipo electromagnético es la idónea para ser usada en el sistema de alerta, pues fue concebida para avisos breves, su sonido es lineal y su frecuencia de irradiación alcanza amplias áreas.

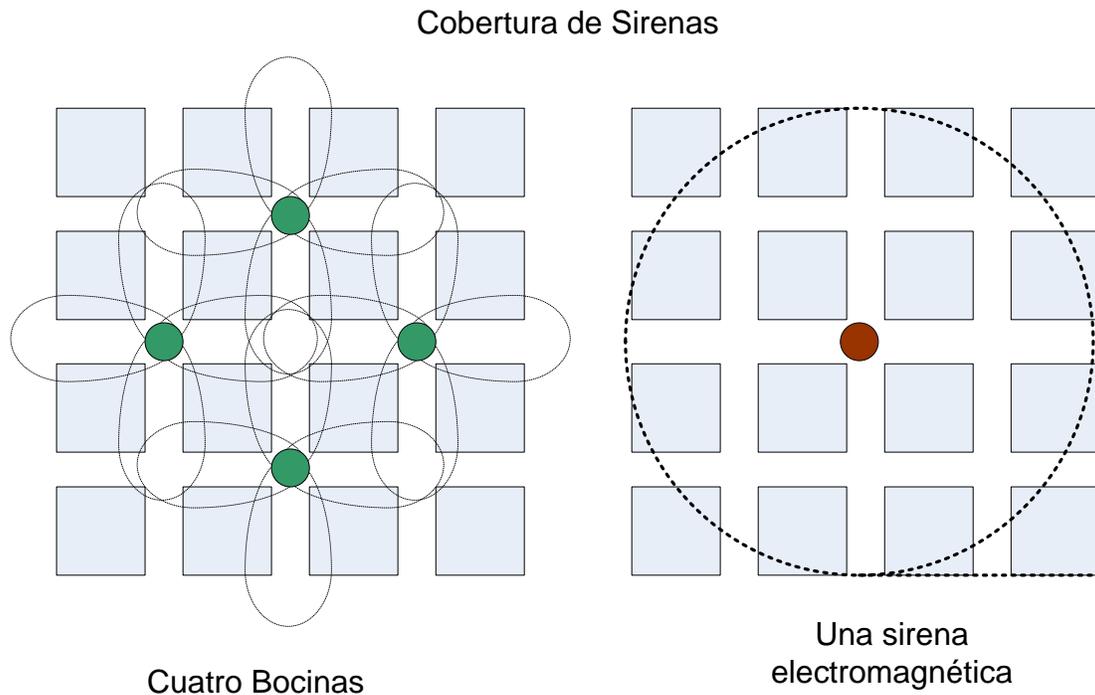


Figura 3.11. Áreas de cobertura de dos sirenas diferentes.

En resumen el ahorro de recursos al utilizar este tipo de alarmas se debe a que puede cubrir cuatro veces más que sirenas de otro tipo, se reduce el número de controladores pues sólo se utiliza uno por sirena.

La cobertura total de las sirenas será dirigida hacia las zonas de mayor riesgo, pues los habitantes de las mismas deberán escuchar los tonos de alerta en todo este sector.

La activación de cada sirena será realizado por un controlador, el cual cumple dos funciones: activar la sirena al recibir la señal que indique la presencia de un evento de lahar, y reportar los niveles de energía de cada una de las subestaciones, pues éstas se encuentran en lugares remotos.

El controlador debe cumplir ciertas características que serán definidas por el tipo de red que se instalará para la comunicación con las estaciones de alarma, las posibles soluciones son las siguientes:

3.6.1. Red cableada: Se formará desde el centro de control hacia cada punto donde se ha instalado una sirena de alerta, mediante el tendido de pares de cobre, lo que significaría altos costes en la instalación, se deberá tener una tasa de mantenimiento regular de los cables y se perfila como un sistema poco confiable debido a que si se rompe una etapa del cableado, incomunicará a los equipos subsiguientes. Además se necesitarán dos pares de conductor uno para el monitoreo de la señal de energía y otro diferente para la señal de alerta.

3.6.2. Red Inalámbrica: Estará constituida por equipos que realicen radio comunicación, que tengan la capacidad de recepción y retransmisión de datos, lo que acorta el rango clasificado de comunicación de los equipos, esto permitirá enviar la señal de alarma a un sólo radio para que se activen todas las sirenas, no se requiere demasiado trabajo para la instalación de las unidades, el mantenimiento a la red será mínimo y brinda mayor confiabilidad al sistema.

Además por el uso de la red GPRS, la comunicación de todo el sistema estará estandarizada, pues se cuenta con la cobertura celular en las poblaciones afectadas por el flujo de lahares.

Como se ha mencionado, cada sirena requiere de un controlador, el mismo que tiene la función de activar dicha sirena, poder monitorear el estado de energía de la estación, y además tener la facilidad de poder ingresar dentro de la red que se pretende implementar; el elemento idóneo para cumplir esta función es un micro PLC.

3.7. SISTEMAS DE RESPALDO DE ENERGIA

Los sistemas de respaldo de energía que se utilizarán en el SAT se deben adaptar a las condiciones de cada estación, es así que:

- En la estación PT-S y PT-C, como se ha dicho, no existe suministro de energía eléctrica, por lo que se debe instalar un medio de generación y reserva de energía; la mejor solución para este cometido es un sistema fotovoltaico, muy común en lugares de esas características.
- Tanto en la estación de control y en las estaciones de alerta, existe abastecimiento de electricidad por lo que cada estación únicamente deberá contar con sendos sistemas de reserva; los acumuladores proyectados se cargarán mientras exista energía, mas cuando se produzca un corte de la misma, éstos entrarán en acción proporcionando las corrientes y voltajes necesarios.

Nota: En todos los sistemas de respaldo de energía se instalarán las respectivas protecciones eléctricas y sistemas de puesta a tierra.

CAPITULO IV

4. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1. Introducción

En este capítulo se describirá de manera técnica los elementos que conformarán cada una de las estaciones y sus correspondientes sistemas, los que fueron definidos en el capítulo anterior, conjuntamente se indicará los accesorios adicionales y la infraestructura que se requerirá en la implementación del sistema.

4.2. ESTACIONES PT – C y PT – S

Los primeros elementos dentro del sistema SAT, están constituidas por las estaciones PT – C y PT – S, la razón por la cual tomamos las dos estaciones simultáneamente se debe a que sus sistemas son iguales, su única diferencia es que van a estar ubicados en lugares geográficos diferentes, estas estaciones se subdividen en tres sistemas:

1. Sistema de Energía
2. Sistema de Sensores y Transductores.

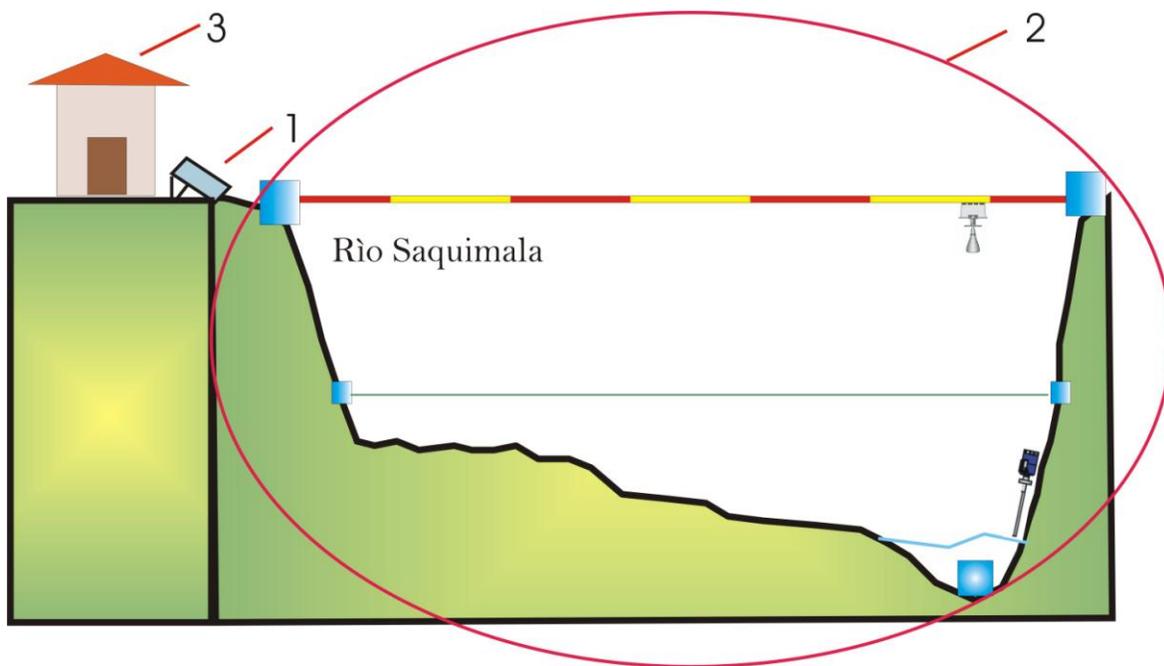


Figura. 4.1. b) Sistemas que componen la Estación PT-S.

4.2.1. Sistema de Energía

4.2.1.1. Funciones.

- Suministrar la energía eléctrica que servirá para la operación de los equipos que conforman el sistema de adquisición de datos de las estaciones PT – C y PT – S.
- Almacenar la energía eléctrica suficiente para que el sistema pueda funcionar como mínimo tres días de forma autónoma.

4.2.1.2. Dimensionamiento.

Las estaciones PT – C y PT – S, serán conformadas por los elementos que a continuación se enlistan según su voltaje de alimentación, corriente de operación y consumo de potencia.

Ord.	Parte	VDC	I _{max} (A)	Potencia (w)
1	PLC	24	0.8	20
2	MODEM celular	12	1.0	12
3	Transductores	12	1.0	10
4	Otros	12	1.6	20
Total(W)				62

Tabla. 4.1. Equipos y potencias que componen la estación PT – C y PT – S.

Se consideran las siguientes condiciones de operación:

- a) En la zona existe un nivel de radiación solar de: 5 horas día.
- b) Autonomía requerida: tres días.
- c) Tensión de alimentación: 12, 24 VDC.

4.2.1.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Energía.

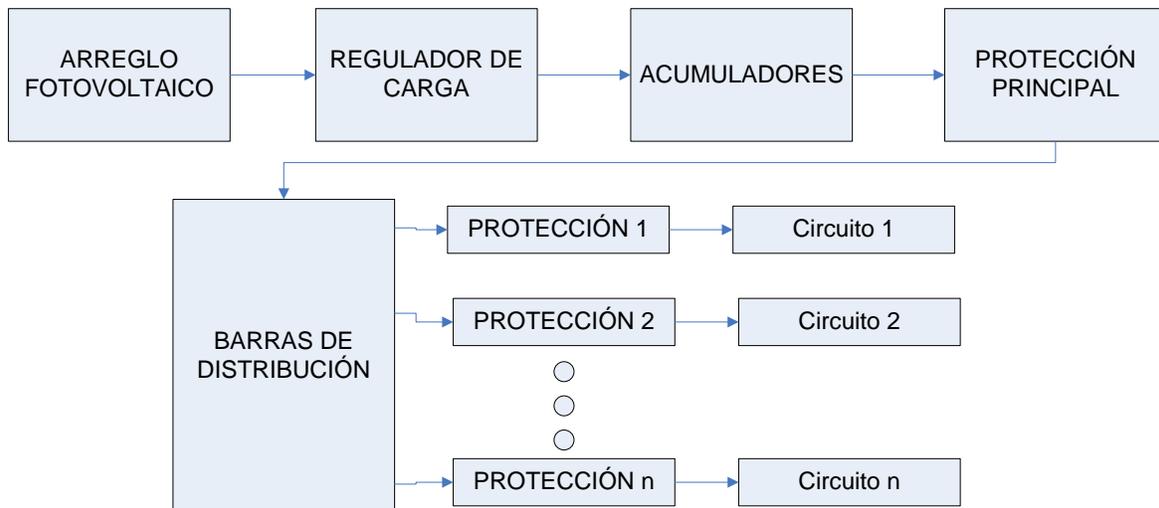


Diagrama. 4.2. Esquema del Sistema de Energía.

4.2.1.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.2.1.4.1. Acumulador.

En las estaciones remotas PT – C y PT – S, se utilizan voltajes de 24 y 12 VDC como alimentación al sistema de instrumentación. Para cumplir con este requerimiento, se utilizará un arreglo de dos acumuladores, los que suministrarán 12VDC cada uno; y mediante una conexión serie se obtienen los 24VDC. Los voltajes menores a éstos, se obtendrán a partir de reguladores de voltaje.

La autonomía y energía que requiere el sistema, son las variables que definen la capacidad de acumulación de energía del arreglo; está expresada por la siguiente fórmula:

$$CA = I_{max} * A$$

Donde:

CA = Capacidad del Acumulador (Ah)

I_{max} = Suma total de la corriente utilizada por los equipos (A)

A = Autonomía requerida (horas)

$$CA = 4.4A * 3días * 24 \frac{horas}{día}$$

$$CA = 316.8Ah \cong 317Ah$$

Luego de definir los valores, se concluye que la capacidad del arreglo deberá ser mayor a 317 Ah.

Las condiciones en las que van a estar expuestos los arreglos son: 3100msnm, temperaturas entre 20 y -5 °C aproximadamente. Del análisis de varias tecnologías, se llega a la conclusión que el acumulador que más se ajusta a estas condiciones es el de Níquel – Cadmio, por ser utilizada y probadas en sistemas similares.

4.2.1.4.2. Panel Fotovoltaico.

El panel fotovoltaico, debe cumplir las siguientes características:

- Cristal de alta resistencia a precipitaciones de alta densidad y al peso ejercido por el líquido condensado.
- Protección a la inversión de los acumuladores y a cortocircuitos.

El sistema de instrumentación existente en las estaciones PT-C y PT-S, tiene un consumo diario de:

$$62 W \times 24hr = 1488 Wh/d$$

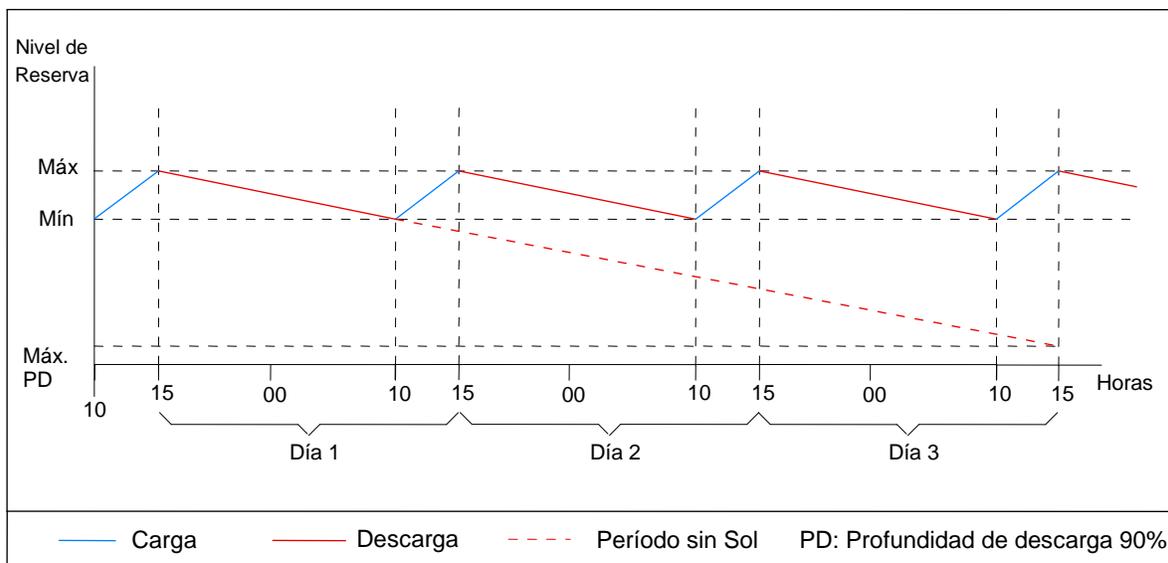
Las celdas fotovoltaicas generarán una potencia de 100W en las 5 horas de radiación solar al día, acumulando una energía de:

$$100 \text{ W} \times 5 \text{ hr} = 500 \text{ Wh/d}$$

Para cumplir con el requerimiento de energía mínimo diario mediante el uso de paneles solares de 100W, se requerirán :

$$\# \text{ Paneles} = \frac{1488 \text{ Wh/d}}{500 \text{ Wh/d}} = 2.976 \cong 3$$

Con un arreglo de tres paneles fotovoltaicos, la carga y descarga de los acumuladores, se ajusta a la gráfica 4.1.



Gráfica 4.1 Variación de la reserva del arreglo de acumuladores.

El valor mínimo que debe suministrar los paneles es de 15 V, con lo que se entregará una corriente de 6.6A, estos valores son los mínimos que satisfacen el correcto funcionamiento de los reguladores y la operación de todo los sistemas de la RTU.

4.2.1.4.3. Regulador de Tensión.

Las características que debe cumplir el regulador son:

- Tensión de entrada 15VDC.
- Tensión de salida 13VDC.

El voltaje de entrada estará suministrado por los paneles fotovoltaicos y el panel de salida cargará el arreglo de acumuladores. Se utiliza un voltaje de 13VDC para poder cargar los acumuladores a su máximo valor.

La corriente que entrega cada panel fotovoltaico es de aproximadamente 6.6A. Por estar compuesto el arreglo por tres paneles, la corriente de salida será de 19.8A, que corresponde a 20A, entonces el regulador deberá soportar una corriente mayor a 20A. con las respectivas protecciones de cortocircuito e inversión de los acumuladores.

4.2.1.4.4. Protecciones.

El regulador cuenta con una protección principal termo magnética de 10A y los circuitos que conforman la RTU están protegidos por fusibles de valores estándares con amperajes superiores a su consumo nominal.

La fuente de poder debe cumplir las características anteriormente definidas.

4.2.1.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.2.1.5.1. Acumulador.

Tensión nominal del arreglo: 24 VDC

Capacidad > 317Ah

Celdas: 1.2 VDC.

Tipo: Níquel - Cadmio (Ni-Cd).

Tiempo de garantía: Mín. de un año

Varios: Bornes de especificación militar.



Figura. 4.2. Acumulador.

4.2.1.5.2. Panel Fotovoltaico.

Función: Recarga de las baterías durante las horas diurnas

Tipo: Cristal amorfo o monocristalino de alta duración

Protección: A la inversión de los acumuladores

Regulación: Auto regulados

Potencia pico: 100 W

Protección de cortocircuito

Tensión de operación: $\geq 15\text{VDC}$



Figura. 4.3. Panel Fotovoltaico Seleccionado.

4.2.1.5.3. Regulador de Tensión.

Función: Limitación de la tensión de carga en los acumuladores y protección a la carga eléctrica

Tecnología: De estado sólido

Tensión de regulación: 13Vdc

Intensidad de corriente pico: $\geq 20A$

Protección a la inversión de los acumuladores

Protección de cortocircuito en la carga

Indicador del estado de carga de los acumuladores



Figura. 4.4. Regulador de Tensión.

4.2.1.5.4. Protecciones.

Protección termo magnética principal

Protección termo magnética por circuito

- a) Módem (1A)
- b) PLC (1 A, 24 VDC)
- c) Sensores y transductores(1.6A)
- d) Otros (1.6A)

4.2.1.5.5. Varios.

Conductores protegidos contra la humedad.

Base orientable para los módulos fotovoltaicos.

4.2.1.6. Figura del Sistema Proyectado¹⁸.

¹⁸ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

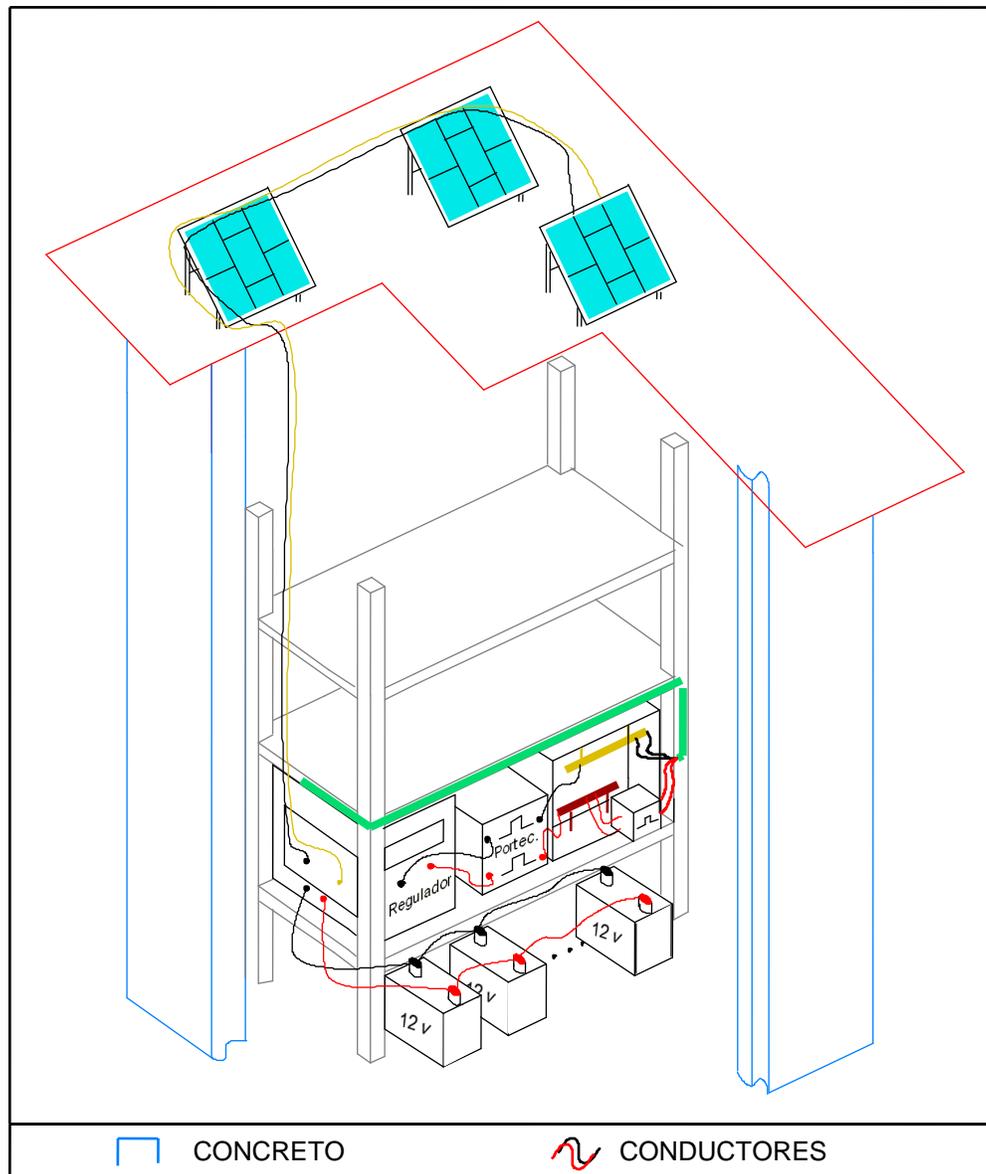


Figura. 4.5. Sistema de Energía para las Estaciones PT-C, PT-S.

4.2.2. Sistema de Sensores y Transductores

4.2.2.1. Funciones.

- Monitoreo de los niveles de agua en los ríos Cutuchi y Saquimala.
- Diferenciar los distintos tipos de alarma.

4.2.2.2. Dimensionamiento.

Los datos son adquiridos de acuerdo a las distintas alturas alcanzadas en los ríos Cutuchi y Saquimala en relación a los eventos representados en las tablas 4.2 y 4.3.

Ord.	Fluido	Evento	Altura (m)
1	Agua	Verano	0.8
2	Agua	Invierno	1.15
3	Agua	Crecida del río	5
4	Lahar	Primera onda	10
		Onda máxima	20

Tabla. 4.2. Niveles de fluido del Río Cutuchi.*

Ord.	Fluido	Evento	Altura (m)
1	Agua	Verano	0.8
2	Agua	Invierno	1.15
3	Agua	Crecida del río	5
4	Lahar	Primera onda	10
		Onda máxima	20

Tabla. 4.3. Niveles de fluido del Río Saquimala.*

*** Los valores presentados en las tablas anteriores, son similares a los obtenidos en el río Pita a partir del estudio realizado de la simulación del flujo de lodos, debido a que no se cuenta con los datos para los ríos Cutuchi y Saquimala**

Las condiciones geográficas en los puntos remotos PT-C y PT-S son las siguientes:

- a) Las estaciones PT-C y PT-S se ubican en los cauces de los ríos Cutuchi y Saquimala respectivamente en lugares remotos donde no existe suministro de energía eléctrica.
- b) Por estar ubicados en una zona de páramo, está sujeto a continuos y bruscos cambios climáticos.
- c) Los transductores deben sensor los niveles del río en forma permanente e ininterrumpida.
- d) Al presentarse un lahar, el peso de la columna del fluido, sobre la sección de medida tanto en el río Cutuchi y Saquimala, variará según los valores de las tablas 2.3 y 2.4 respectivamente.
- e) Para mantener la redundancia del sistema, los traductores deben estar distribuidos en un área cercana a los puntos establecidos en las estaciones PT-C y PT-S.

4.2.2.3. Diagrama de Bloques del Sistema de Sensores.

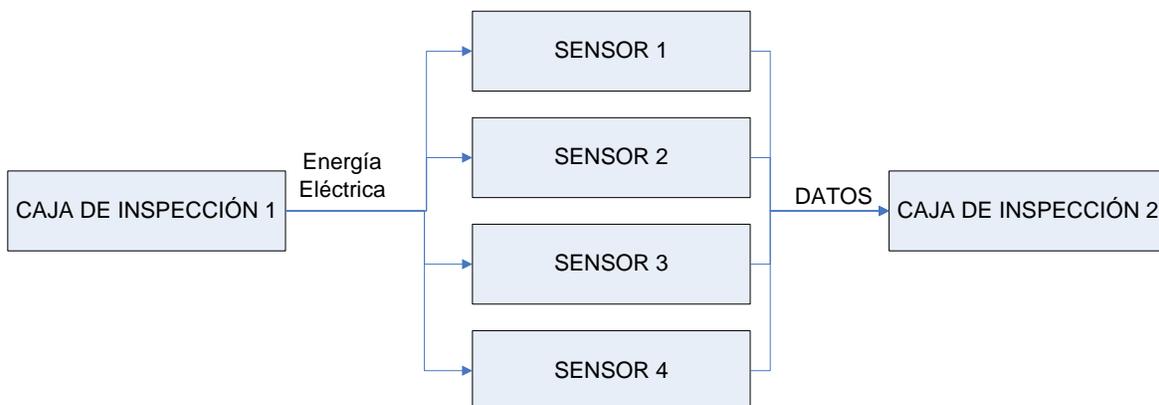


Diagrama. 4.3. Elementos del Sistema de Sensores y Transductores.

4.2.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

Debido a la distancia existente entre los sensores y la RTU, se recomienda la utilización del estándar de corriente de 4 - 20 mA, para evitar de esta manera la atenuación e interferencias que se tendría al usar la transmisión de voltaje. La

alimentación de cada uno de los sensores podrá ser 12 o 24 VDC, disponibles en el sistema de energía.

Las condiciones climatológicas presentes en las estaciones de control, PT-C y PT-S tienen un rango de variación cuyos límites son de -5°C hasta 30°C , por esta razón los sensores deberán tener un rango de operación entre -10°C a 35°C

4.2.2.4.1. Sensor de Presión.

Para determinar las características del sensor de presión a utilizarse, se debe considerar el mayor peso de la columna del fluido que soportará el bloque de concreto que contiene al sensor, esta función esta dada por las siguiente expresión:

$$P_{cf} = D_f * A * h$$

Donde:

P_{cf} = Peso de la columna del fluido.

D_f = Mayor valor de la densidad del fluido (para este caso del lahar)

A = Área de la sección superior del bloque de concreto.

h = Altura máxima que alcanzará el fluido.

$$P_{cf} = 11520 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.25\text{m}^2 * 20\text{m} = 57600 \text{ Kg}$$

$$P_{cf} = 57600 * 2.204 = 126950 \text{ .lbs}$$

Para garantizar la correcta operación del sensor, se le adiciona un 15% del valor calculado, por lo que su capacidad será de 66240Kg (146Klbs).

4.2.2.4.2. Sensor de Nivel Analógico.

El sensor de nivel análogo debe cumplir con un rango de operación menor o igual a 20cm en su extremo inferior y hasta de 50m en su extremo superior; el extremo inferior indica la presencia de la “zona muerta” característica de este tipo de sensores; mientras que el límite superior representa la máxima altura a la cual se coloca el sensor.

Para mantener la confiabilidad de la adquisición de los datos, se deberán tomar muestras a intervalos de 1ms, para lo cual se requiere una frecuencia de operación calculada de la siguiente manera:

$$f_o = \frac{1}{T}$$

Donde:

f_o = Frecuencia de operación.

T = tiempo requerido para la toma de cada dato (1ms)

$$f_o = \frac{1}{0.001s}$$

$$f_o = 1KHz$$

El instrumento sensor deberá trabajar a una frecuencia mayor o igual a 1KHz para mantener las características requeridas.

Una vez analizadas las condiciones a la cuales deben operar cada uno de los sensores que componen el sistema, se establecen a continuación las características técnicas que deben cumplir estos elementos.

4.2.2.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.2.2.5.1. Sensor de Presión.

Descripción: Este sensor está construido con una celda de carga acoplada a un bloque de concreto mediante un tornillo graduable, que surge de la celda hacia el bloque.

Función: Medir la presión de la columna de agua mediante el peso detectado sobre la sección superior del bloque de concreto.

4.2.2.5.1.1. Celda de Carga.

Descripción: Celda de carga de uso industrial.

Función: Medir la variación de nivel del río mediante la presión hidrostática.

Capacidad: $\geq 66240\text{Kg}$.

Tipo: Apropriado para ambientes húmedos.

Alimentación: 12 VDC.

Señal de salida: 4-20 mA.

Conector: De características militar (protección a la humedad).

Rango de temperaturas: -20°C a $+100^{\circ}\text{C}$.



Figura. 4.6. Celda de Carga Seleccionada.

4.2.2.5.1.2. Bloque de Concreto.

Descripción: Bloque fundido en el cauce del río que resistirá una presión promedio de 200 Klbs, con cavidad central para albergar la celda de carga y atravesado verticalmente por un ducto para los conductores.

Función: Proteger a la celda de carga que se instalará en su interior.

Capacidad: 80.000Kg.

Tipo: Concreto.

4.2.2.5.2. Sensor de Nivel On-Off (1).

Descripción: Transductor que opera como un interruptor, “0” cuando la cota es baja y “1” cuando la cota rebasa el nivel de referencia.

Función: Cierra su contacto enviando de esta manera una señal eléctrica indicando que el nivel del líquido ha superado la referencia preestablecida.

Material: Acero inoxidable con recubrimiento.

Alimentación: 12 VDC.

Señal de salida: On: 12VDC - Off: 0VDC.

Rango de temperaturas: -20°C a +100°C.

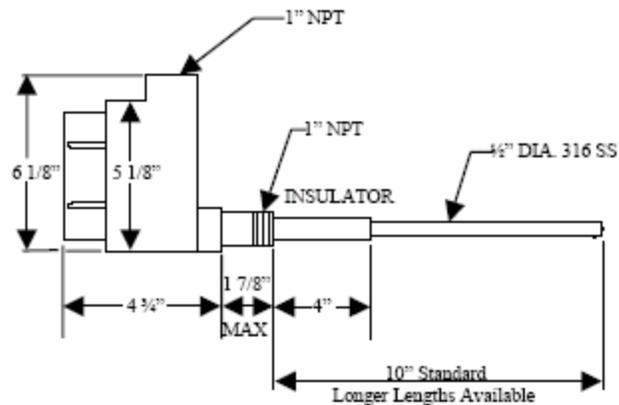


Figura. 4.7. Sensor de Nivel On-Off (1).

4.2.2.5.3. Sensor de Nivel On-Off (2).

Descripción: Sensor constituido por un conductor, sujetado entre dos columnas de concreto formando un bucle, el mismo que se cortará cuando exista la presencia de un lahar.

Función: Al producirse un lahar envía una señal de un “1”, mientras que en condiciones normales se mantiene un “0”.

Tipo: Cable sólido de cobre tipo 10 AWG con recubrimiento.

Alimentación: 12 VDC.

Señal de salida: On: 0VDC - Off: 12VDC.

Rango de temperaturas: -20°C a $+100^{\circ}\text{C}$.



Figura. 4.8. Conductor tipo 10 AWG como Sensor de Nivel On-Off (2).

4.2.2.5.4. Sensor de Nivel Analógico.

Descripción: Opera sin estar en contacto con el líquido, mediante pulsos ultrasónicos u ópticos, que se reflejan en el espejo del agua.

Función: Medir la variación del nivel del río.

Rango de operación: 20 cm. – 3000 cm.

Tipo: Ultrasónico u óptico.

Alimentación: 12 ó 24 VDC.

Señal de salida: 4-20 mA.

Conector: De características militar (protección a la humedad).

Rango de temperaturas: -20°C a $+100^{\circ}\text{C}$.

Precisión: $< 0.1\%$ a fondo de escala.

Frecuencia de operación: $< 1\text{KHz}$.



Figura. 4.9. Sensor de Nivel Analógico.

4.2.2.5.5. Caja de Inspección (Nema-1).

Descripción: Interfase ente los transductores y el equipo de adquisición.

Función: Punto de revisión, ordenamiento de señales de los transductores, conformar el bus de datos que ingresa al dispositivo de adquisición, protección y aislamiento herméticamente del medio ambiente de los puntos de contacto de las interfaces físicas de transmisión.

Tipo: caja de 30*30*15 cm. (L*A*H) con tapa hermética.

Material: Metálico con protección a la corrosión.

4.2.2.5.6. Varios.

PVC de 2" para protección del cableado desde los sensores hasta la RTU.

Conductores con recubrimiento aislante para la humedad.

Nota: La instalación de ductos deberá ser subterránea.

4.2.2.6. Figura del Sistema Proyectado¹⁹.

¹⁹ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

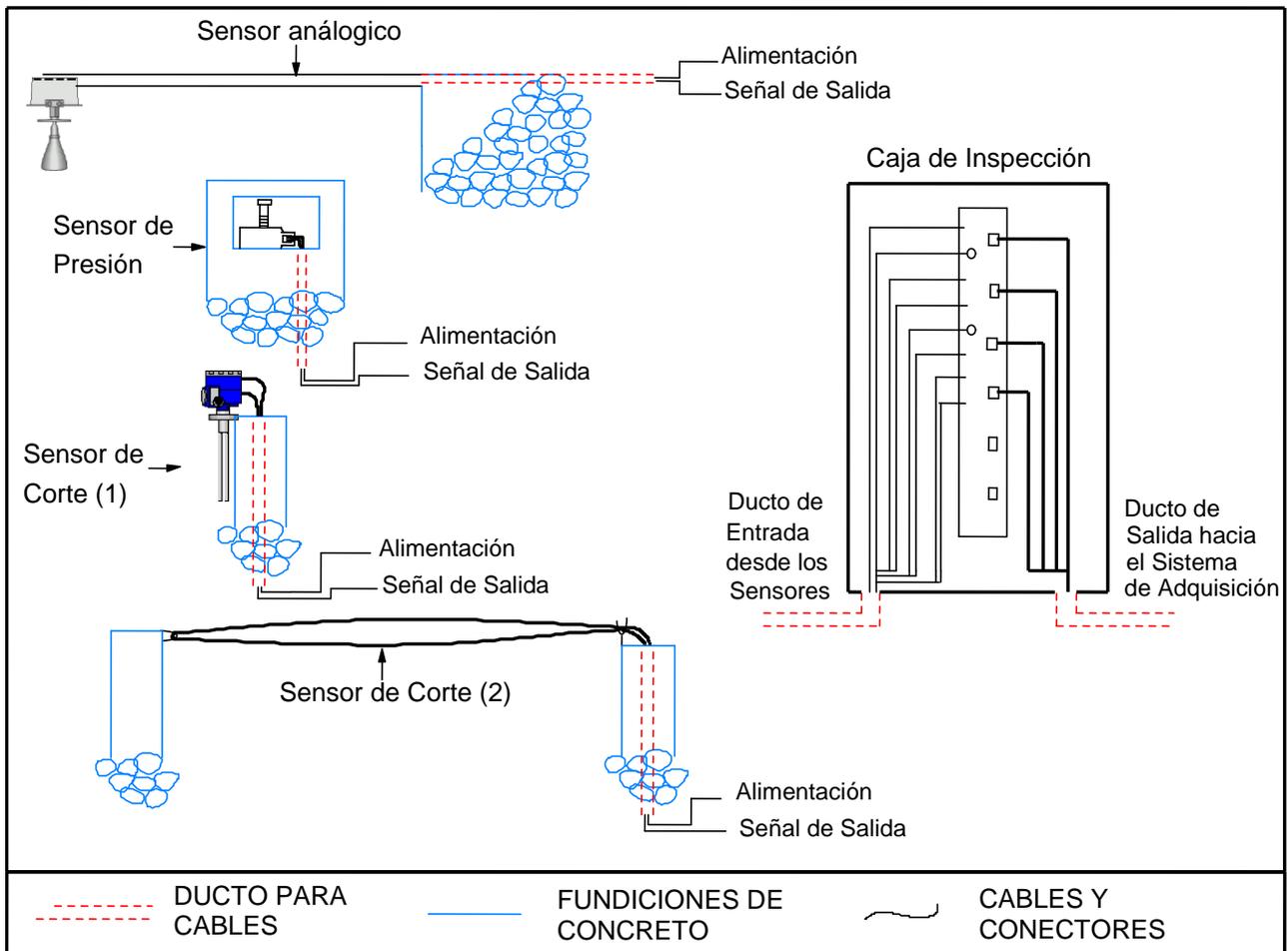


Figura. 4.10. Sistema de Sensores y Transductores Estación PT-1.

4.2.3. Sistema de Adquisición y Transmisión

4.2.3.1. Funciones.

- Adquirir las señales enviadas por el sistema de sensores y transductores.
- Procesar, empaquetar y enviar las señales hacia el equipo de transmisión.

4.2.3.2. Dimensionamiento del Sistema de Adquisición y Transmisión.

Este sistema de instrumentación de campo entrega cuatro señales, adicionalmente una señal del estado de los acumuladores; dicha información es adquirida y procesada en tiempo real, para lo cual el requerimiento es:

Ord.	Parte	Descripción
1	Sensor 1	Análogo
2	Sensor 2	Análogo
3	Sensor 3	Digital
4	Sensor 4	Digital
5	Suministro de energía	Digital
6	Enlace de Comunicación PT-C	28.4 Km.
7	Enlace de Comunicación PT-S	25.85 Km.

Tabla. 4.4. Requerimientos del Sistema de Adquisición y Transmisión

Las condiciones de operación son las siguientes:

- a) El sistema de adquisición se encuentra en un lugar remoto sin suministro de energía eléctrica.
- b) Los equipos deben estar protegidos contra cambios climáticos característicos de la zona.
- c) El rack de los equipos se encontrará en una caseta aproximadamente a 40m sobre el cauce del río Saquimala y a 45m sobre el cauce del río Cutuchi, en un lugar seguro ante la presencia de un lahar.
- d) La transmisión se debe realizar desde las RTU hasta la estación de control y puede ser ampliada.

4.2.3.3. Diagrama de Bloques Sistema de Adquisición.

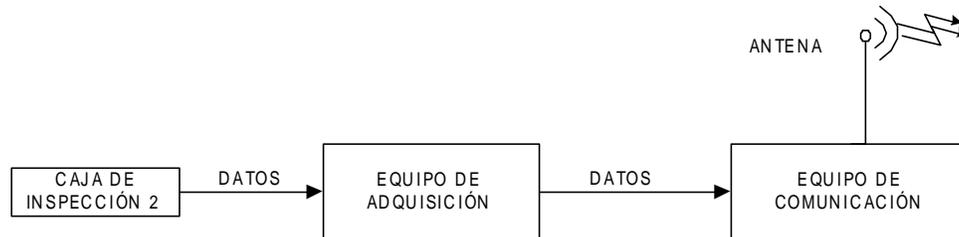


Diagrama. 4.4. Sistema de Adquisición

4.2.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.2.3.4.1. Controlador Lógico Programable (PLC).

El PLC debe contar con las prestaciones tanto en el número de entradas - salidas como en el tipo de señal provenientes del equipo de instrumentación. El sistema SAT tiene las siguientes señales:

Sensor de presión:	Señal análoga
Sensor de nivel on-off (1):	Señal discreta
Sensor de nivel on-off (2):	Señal discreta
Sensor de nivel análogo:	Señal análoga
Verificación de la fuente de energía:	Señal análoga

Tomando en consideración futuras adaptaciones y la cantidad de señales detalladas, se define un PLC con las siguientes características de entradas – salidas.

Entradas analógicas	: 6
Entradas digitales	: 4
Salidas analógicas	: 2
Salidas digitales	: 2

El desarrollo de las nuevas redes de datos, ha impulsado el uso de la ethernet como un sistema seguro en la transmisión de datos, el cual utiliza como protocolo el TCP/IP; esta tecnología se encuentra ampliamente difundida en dispositivos como sensores y equipos de comunicación. Como recomendación el PLC debe reunir esta característica en su operación.

El protocolo de trabajo del PLC debe estar acorde con el equipo de comunicación para garantizar la conexión eficiente entre dichos dispositivos. Por las características del equipo de transmisión, se recomienda que el PLC utilice el protocolo IP.

4.2.3.4.2. Equipo de Comunicación.

El equipo de comunicación realiza la transmisión de datos desde las estaciones remotas PT-C y PT-S, hacia la estación de control, utilizando un MODEM celular, el mismo que deberá poseer la característica ethernet, para mantener conexión con el PLC ethernet, formando de esta manera una red, donde se podrán añadir elementos de similar característica p.e. WebCam, SmartSensor.

La tecnología GPRS, que permitirá la transmisión de datos, desde las RTU y estaciones de alarma hasta la estación de control; por sus características es la más acorde para el sistema a implementar, pues esta red cubre a todas las estaciones y permite mayor flexibilidad de ampliación a futuras estaciones de alarma.

Para cumplir con este objetivo, se utilizará un MODEM celular, el cual posee las siguientes características:

- GPRS Class 10
- Dual-band 850/1900 or 900/1800 MHz GSM/GPRS
- Packet data up to 85K bps
- Embedded TCP/IP stack

- Circuit-switched data (GSM) up to 14.4Kbps transparent and nontransparent
- GSM Class 1 and Class 2 Group 3 Fax
- Short Message Services (SMS)
- SMA antenna connector and SIM socket
- Desktop or panel mounting
- RS-232 or USB interface
- Serial interface supports DTE speeds to 115.2K bps
- USB bus powered
- AT command compatible
- Carrier approved
- MNP 2 error correction, V.42bis data compression
- Numerous LEDs provide operational status

Bajo estas premisas se ha procedido a determinar los equipos que componen el sistema de adquisición y transmisión así como su configuración y características básicas.

4.2.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.2.3.5.1. Controlador Lógico Programable (PLC).

Descripción: EL PLC se utiliza para el monitoreo de las señales de los sensores y el nivel de energía; para ello debe contar con las características I/O además de puertos e interfaces de comunicación.

Función: Adquisición y procesamiento de las señales provenientes de la instrumentación de campo.

Capacidad: 6/2 E/S análogas, 4/2 E/S discretas, 16 Kb de memoria.

Tipo: Modular o compacto.

Alimentación estándar: 24 VDC.

Puertos: RS-232, RJ-45.

Características: Conexión Ethernet.

Rango de temperaturas: -20° C a +60° C.

Montaje: Panel de montaje universal DIN.

Varios: Conductores 18 AWG y conectores terminales.

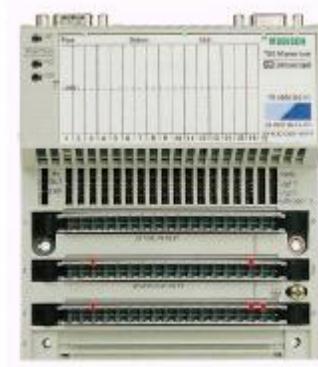


Figura. 4.11. Controlador – PLC.

4.2.3.5.2. Equipo de Comunicación (MODEM Celular).

Descripción: Empaqueta los datos obtenidos por el PLC para enviarlos hacia la estación de control.

Función: Transmitir los datos adquiridos en las estaciones remotas PT–C y PT–S a la estación de control.

Especificaciones:

Empaquetamiento de Datos:

GPRS Class 10, PBCCH support

Coding Schemes: CS1 to CS4

Embedded TCP/IP stack

Tipo y Velocidad de Transmisión de Datos:

Asynchronous, transparent & non-transparent hasta 14.4K bps.

Group 3 fax, Class 1 & Class 2

Características SMS:

Text and PDU, Point to Point, cell broadcast

Conectores:

RS-232: 15-pin

USB: USB type B

Antenna: SMA

Power: 2.5mm miniature screw on (RS-232 model only)

Voice: RJ9 4-pos modjack (USB model only)

SIM: Standard 3V SIM receptable

Protocolo IP:

ARP, Dial-in PPP, DNS Resolve, FTP client, ICMP, IP, IPCP, LCP,
POP 3 (receive mail), PPP, SMTP

(send mail), TCP socket, Telnet client, Telnet server, CHAP, PAP

Requerimientos de Potencia:

RS-232: 5 V to 32VDC; 400mA Average @ 5V, 2A Peak @ 5V

USB: Bus powered

Descripción Física:

4.3" w x 2.4" h x 0.94" d; 4.1 oz. (11 cm x 6.1 cm x 2.4 cm; 115 g)

Temperatura de Operación:

-30 to +70°C

Montaje: Panel de montaje universal DIN

Varios: conductores UTP cat 5E, LMR-400 y conectores RJ-45.



Figura. 4.12. Equipo de Comunicación - Módem Celular GPRS.

4.2.3.5.3. Rack para Equipos.

Descripción: Por mantener un concepto modular, debe permitir el montaje del PLC, del equipo de comunicación y de los equipos del sistema de energía y además facilitar la instalación de cableado.

Función: Fijar y ordenar los equipos de adquisición de las diferentes estaciones, además el cableado del sistema.

Tipo: Abierto de pared o piso.

Material: Anticorrosivo.

Características: Disponer de los accesorios para el correcto montaje y distribución de los dispositivos, con bandejas para equipos de hasta 5 Lb, con los respectivos rieles y soportes.



Figura. 4.13. Rack para equipos.

4.2.3.5.4. Caseta de Equipos.

Descripción: Es el lugar terminal de los ductos que provienen de la caja de inspección.

Función: Alojar y proteger los equipos del sistema de adquisición – transmisión, de las variaciones climáticas y de agentes externos.

Tipo: Cuarto de 2*2.5*2 m, con cubierta impermeabilizada y puerta de ingreso.

Nota.- Es importante mencionar que esta caseta debe contar con un cercado para resguardar tanto las instalaciones como los equipos ubicados en dicho lugar.

4.2.3.5.5. Varios.

Barra de cobre para conexión a tierra y accesorios.

Conductores con aislamiento para humedad.

Cableado estructurado para la conexión de los equipos.

4.2.3.6. Figura del Sistema Proyectado²⁰.

²⁰ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

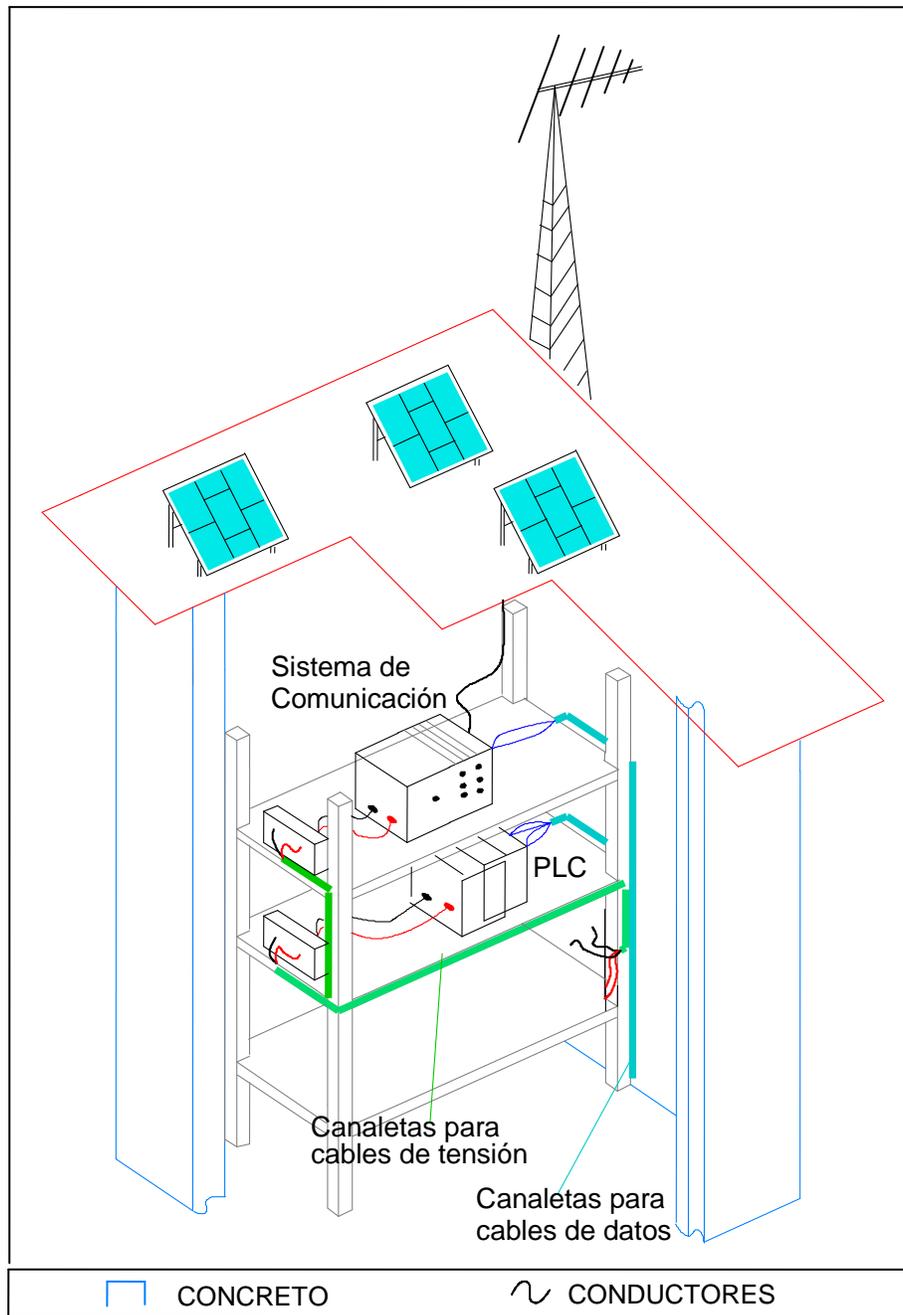


Figura. 4.14. Sistema de Adquisición y Transmisión.

4.3. ESTACIÓN DE CONTROL

Es la estación de recopilación de información provenientes de las estaciones PT-C y PT-S, la cual permite la visualización de las variables físicas monitoreadas mediante un software HMI residente en un computador.

Al contar con la característica de procesar y almacenar la información, está en la capacidad de activar el sistema de alarmas.

Está compuesto de tres sistemas, mencionados a continuación e indicados en el diagrama 4.5:

1. Sistema de procesamiento automático de datos.
2. Sistema emisor de alerta.
3. Sistema de respaldo de energía.

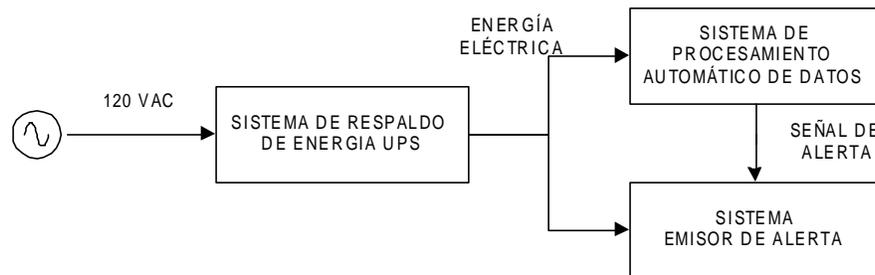


Diagrama. 4.5. Sistemas de la Estación de Control.

La disposición física de este sistema se representa en la figura 4.15.

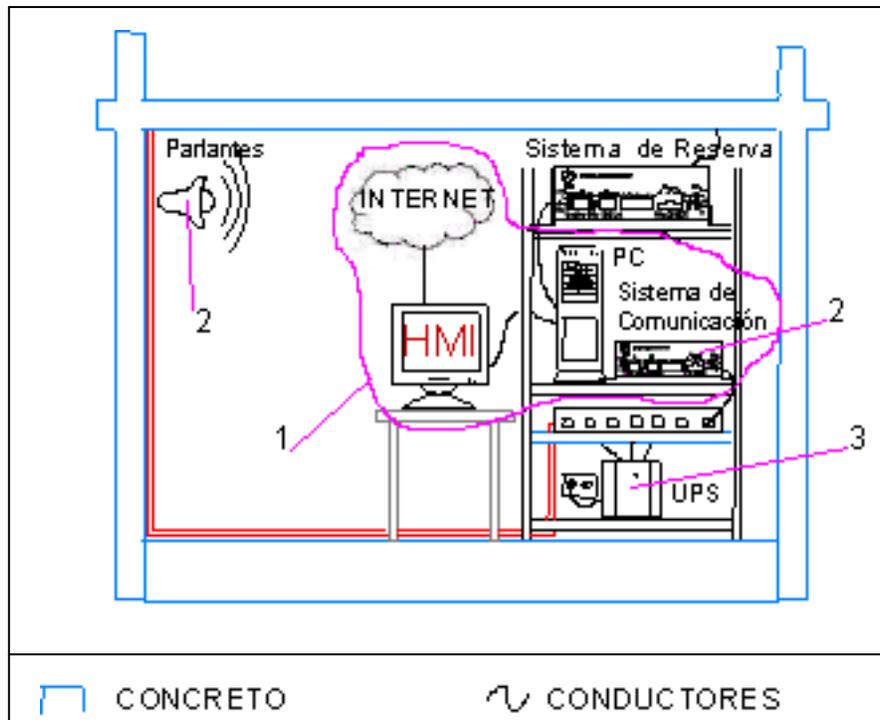


Figura. 4.15. Estación de Control.

4.3.1. Sistema de Procesamiento Automático de Datos

4.3.1.1. Funciones.

El sistema central realizará las siguientes funciones con la información que llega desde las RTU.

- Recepta.
- Almacena.
- Procesa.
- Visualiza los datos mediante una interfase HMI.
- Autonomía para la decisión y generación de alarmas.

4.3.1.2. Dimensionamiento.

Las características que debe cumplir este sistema será la recepción y análisis de datos, los cuales serán visualizados por un software HMI, además esta información estará publicada en el Internet y tendrá la autonomía para generar los distintos niveles de alarma.

Ord.	Parte	Descripción
1	Equipos y software	Decidir la activación automática de la alarma al producirse el evento
2	Software	Publicación de información por Internet

Tabla. 4.5. Requerimientos en la MTU.

El sistema estará operando bajo las siguientes consideraciones:

- Ubicación tentativa: Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga.
- Ubicación real: Dado por los organismos que financien el proyecto.
- Sistema de energía eléctrica: Red pública.
- Procesamiento de la información: Tiempo real.
- Base de datos: Históricos

4.3.1.3. Diagrama de Bloques.

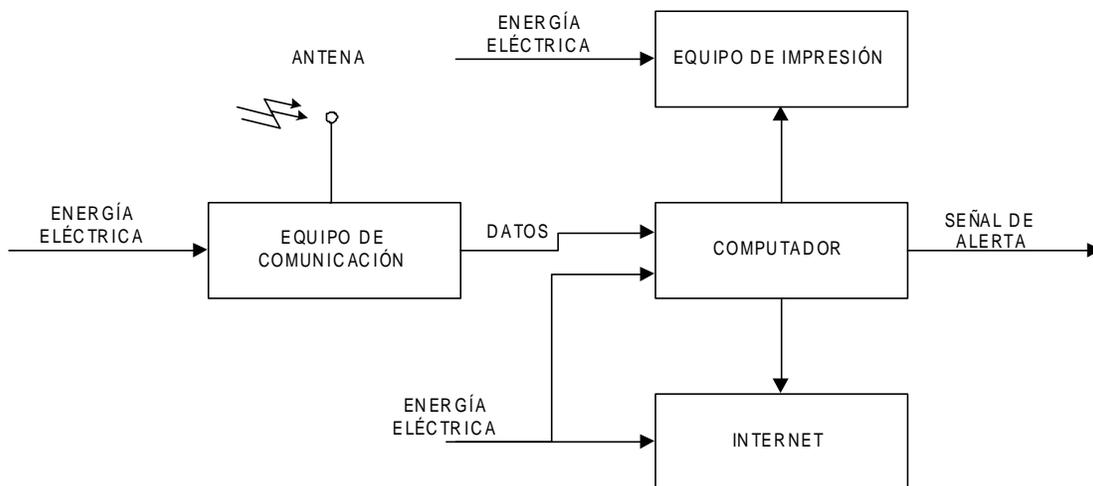


Diagrama. 4.6. Elementos del sistema de Procesamiento Automático de Datos**4.3.1.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.****4.3.1.4.1. Equipo de Comunicación.**

El equipo de comunicación que se ubicará en la estación de control, debe tener las mismas características que aquel que se encuentra en la RTU (sección 4.2.3.5.2.) pues, se trata del dispositivo receptor de los datos enviados por dicho equipo.

4.3.1.4.2. Computador Personal.

El computador a ser utilizado debe contar con las prestaciones tanto de hardware como de software para garantizar la eficiencia de la administración del sistema. Actualmente la tecnología del computador personal cuenta con características de procesador, memoria RAM, capacidad de disco duro, tarjeta madre y velocidad del bus de fácil adquisición en el mercado.

Además la computadora de la estación de control, deberá tener los siguientes elementos de hardware: una tarjeta de sonido, la cual manejará los parlantes para los diferentes niveles de alarma del HMI. Una tarjeta de red para establecer la comunicación con la intranet; puertos seriales RS-232 para comunicación con el MODEM celular y otros equipos; puertos USB para manejos de impresora y demás periféricos.

4.3.1.4.3. Software HMI.

Corresponde al software que permite la visualización de las variables adquiridas en las estaciones remotas con las respectivas animaciones. Se requiere una capacidad de entradas – salidas de 100 variables.

Los requerimientos y características para la operación de este sistema son las siguientes:

4.3.1.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.3.1.5.1. Equipo de Comunicación.

El equipo de comunicación utilizado tiene las mismas características que el usado en la RTU, pues cumple las características de transmisor–receptor. (Apartado **4.2.3.5.2.**).

4.3.1.5.2. Computador Personal.

Descripción: El PC constituye el elemento principal de la estación de control del SAT, pues representa la parte inteligente del sistema.

Función: El PC tiene las siguientes funciones:

Recopilación de los datos y almacenamiento histórico de estadísticas.

Análisis de datos numéricos a niveles reales del evento.

Confrontación de los niveles frente a parámetros preestablecidos.

Control del sistema de alerta.

Sistema Operativo: Con capacidad de administración TCP/IP

Tarjeta Madre: Intel 865 Mín.

Procesador: Intel P4, 3 GHz. Mín.

Memoria: 512 Mb.

Disco Duro 1: 120 Gb.

Puertos: RS-232, USB y tarjeta de red 10/100.

Accesorios: Monitor: Mayor 17", mouse, teclado, conductores y conectores.

4.3.1.5.3. Equipo de Impresión.

Descripción: Este equipo permitirá obtener un archivo físico de los datos.

Función: Obtener impresiones en papel, de los históricos de los datos.

Tipo: Láser color A3.

Accesorios: Conductores y conectores del equipo hacia el PC.

4.3.1.5.4. Software HMI.

Descripción: Interfaz gráfica entre los datos obtenidos de las estaciones remotas y el operador, el cual debe estar orientado a la supervisión y al control.

Función: Permitir visualizar al operador el funcionamiento del SAT.

Capacidad E/S: Manejo mín.100 E/S

Características: Publicación en Web, Flexible y Amigable.

4.3.1.5.5. Cuarto de Equipos.

Descripción: Lugar físico donde funcionará la estación de control; debe contar con una superficie de 40m² y tener las facilidades para la instalación del equipo y la comodidad del operador (es).

Función: Alojar a los equipos del sistema y permitir confortabilidad al operador (es) del sistema.

Tipo: Cuarto de 8*5*2.5m.

4.3.1.5.6. Varios.

Barra de cobre para conexión a tierra y accesorios.

Conectores y conductores según el estándar para cableado estructurado.

4.3.1.6. Figura del Sistema Proyectoado²¹.

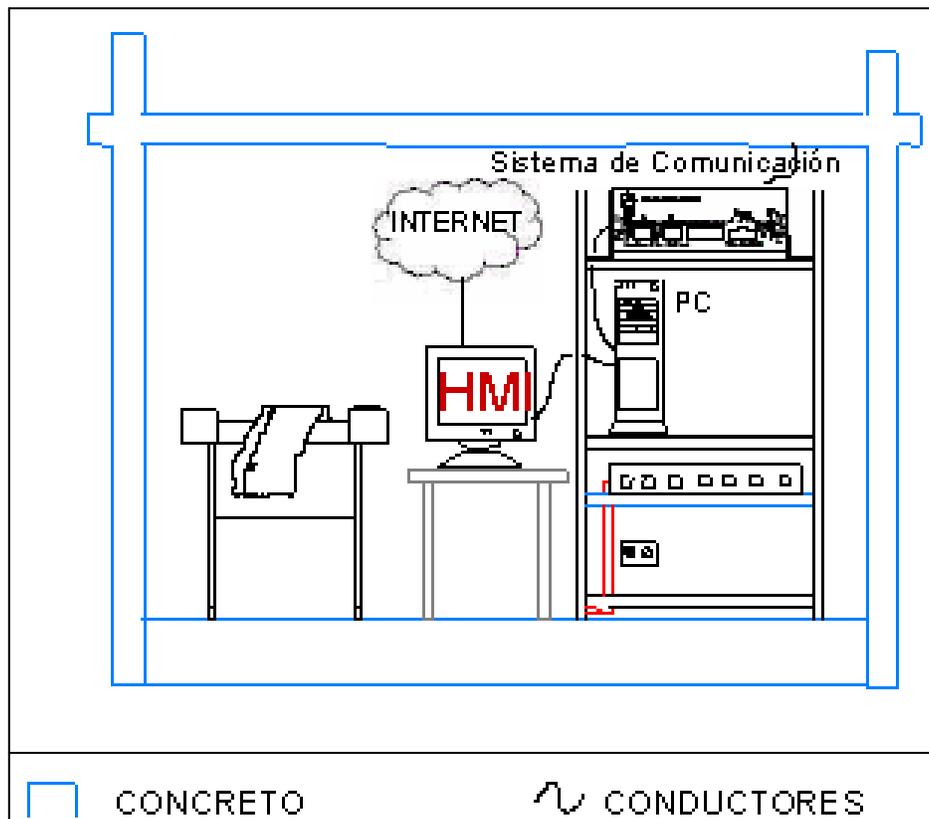


Figura. 4.16. Sistema de Procesamiento Automático de Datos.

4.3.2. Sistema Emisor de Alerta

4.3.2.1. Funciones.

- Disparar las alarmas para iniciar los programas de evacuación, el momento que se presente un evento eruptivo.

²¹ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

- Al presentarse niveles extraños en los ríos se advertirá al operador por medio de señales audibles y luminosas.

4.3.2.2. Dimensionamiento.

Considerando el MODEM celular como el equipo de recepción y transmisión de la información de las RTU's y de las estaciones de alarma, el dimensionamiento queda expresado como en el punto 4.2.3.5.2.

4.3.2.3. Diagrama de Bloques.

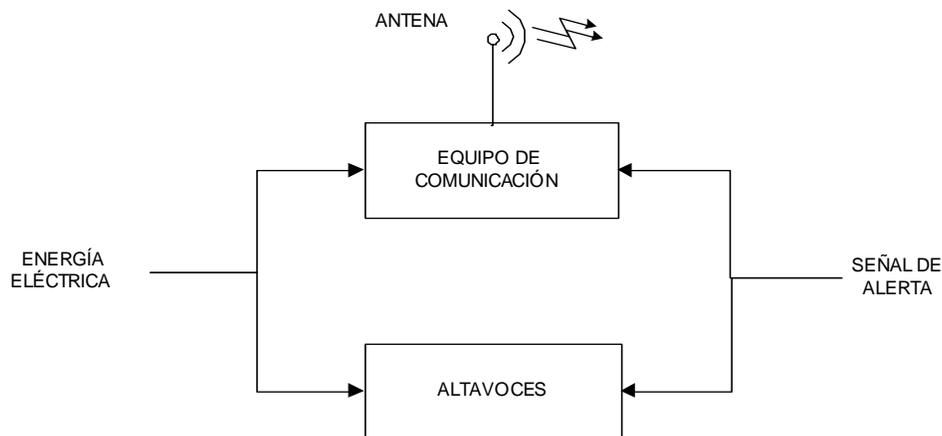


Diagrama. 4.7. Elementos del Sistema Emisor de Alerta.

4.3.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.3.2.4.1. Equipo de Comunicación.

Para la comunicación entre la estación de control y las estaciones de alarma se ha estandarizado la transmisión de datos con el uso de módems celulares que se describieron anteriormente. La facilidad de estos equipos nos

permite transmitir a largas distancias siempre y cuando el punto donde se requiera la señal esté dentro del área de cobertura de la red GPRS.

4.3.2.4.2. Parlantes de Alerta Local.

Las alarmas generadas por el HMI deben ser escuchas de forma clara por los operadores del sistema, permitiendo que éstos identifiquen el tipo de alarma existente.

El sistema de audio debe estar constituido por un amplificador y parlantes con una potencia de salida de 180W regulables.

Al analizar estas condiciones se determina que los requerimientos y componentes del sistema son los siguientes:

4.3.2.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.3.2.5.1. Equipo de Comunicación.

El equipo de comunicación utilizado tiene las mismas características que el usado en la RTU, pues cumple las características de transmisor–receptor. (Apartado **4.2.3.5.2.**). Interactúa con el sistema de procesamiento automático de datos para enviar la señal de alerta hacia el equipo controlador de sirenas, además este equipo recibe información sobre cambios en el estado de la energía de la estación de alerta.

Función: Enviar y recibir información hacia los puntos de alarmas.

4.3.2.5.2. Parlantes de Alerta Local.

Descripción: Con distintos tipos de sonidos se describen las diferentes alarmas, las cuales son emitidas desde el computador por medio de la tarjeta de sonido que maneja los parlantes.

Función: Prevenir al operador que ha sucedido un evento extraño.

Tipo: 180W.

Alimentación: 110VAC.



Figura. 4.17. Parlantes de la Estación de Control.

4.3.2.6. Figura del Sistema Proyectado²².

²² Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

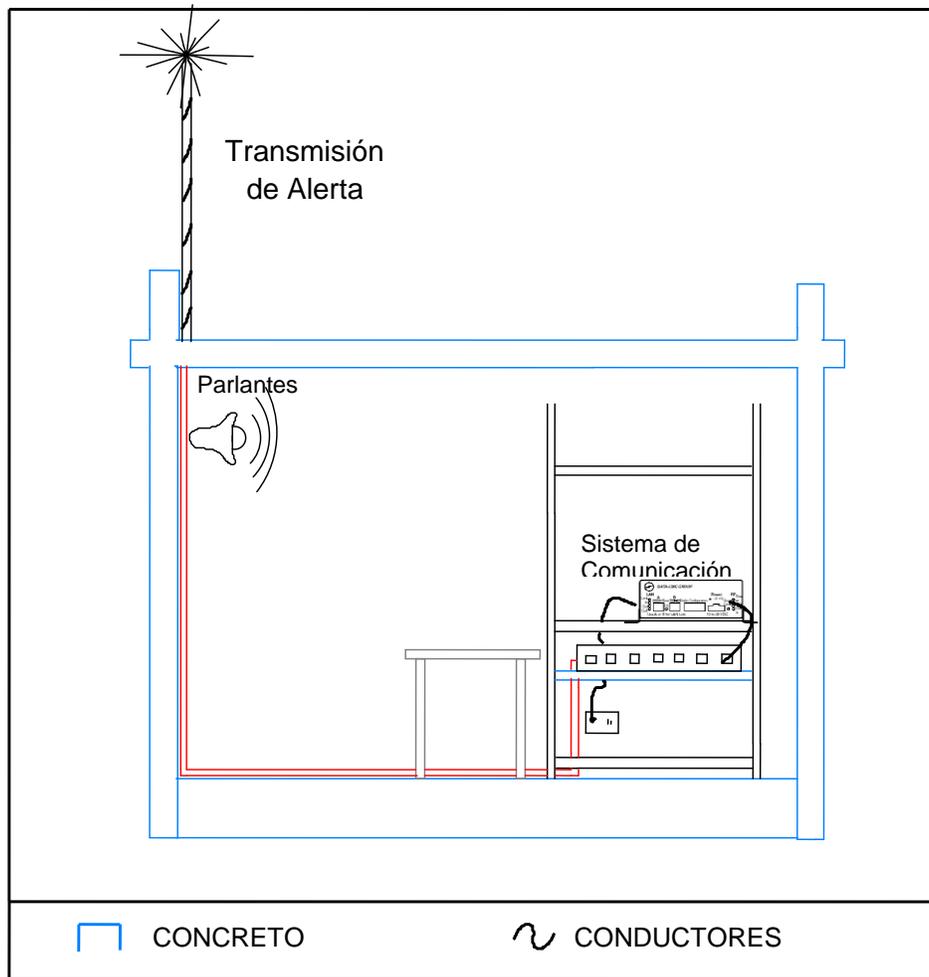


Figura. 4.18. Sistema Emisor de Alerta.

4.3.3. Sistema de Respaldo de Energía

4.3.3.1. Funciones.

- Proporcionar energía eléctrica cuando exista una falla en la red pública.

4.3.3.2. Dimensionamiento.

El sistema de respaldo de energía debe satisfacer los requerimientos de la estación por lo que es necesario garantizar las condiciones especificadas en la tabla 4.6.

Ord.	Parte	Consumo (w)
1	PC	120
1	MODEM celular	5
4	Otros	20
	Total (w)	145

Tabla. 4.6. Consumo eléctrico de los dispositivos de la estación de Control.

Se consideran las siguientes condiciones de trabajo:

- El sistema trabaja con un suministro energético de 120 VAC a 60 Hz.
- Si se presenta una falla de energía en la red pública el sistema conmuta de forma inmediata.
- La energía que entregue este sistema deberá permanecer por un lapso de tiempo prolongado (aproximadamente 30 minutos), permitiendo que el sistema emergente entre en operación.

4.3.3.3. Diagrama de Bloques.



Diagrama. 4.8. Elementos del Sistema de Respaldo de Energía.

4.3.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.3.3.4.1. Sistema de Energía Ininterrumpida SEI.

Este sistema debe asegurar que la estación de control permanezca con el nivel de energía adecuado, aún cuando la red pública deje de proveerla.

Se recomienda que en el lugar seleccionado para funcionar como estación de control, posea un grupo electrógeno que garantice de forma continua y confiable el suministro de energía eléctrica cuando la red pública falle, además este sistema debe entrar en funcionamiento lo más pronto posible (menos de 25 minutos), garantizando que los equipos funcionen sin reiniciarse mucho menos que se apaguen. Considerando que existe un lapso de tiempo que transcurre entre la falla de la red y el arranque del sistema emergente, se determina la utilización de un SEI.

La Potencia que requiere la estación, se obtiene de la suma de las potencias máximas de cada equipo así:

Ord.	Parte	I _{max} (A)	Potencia (w)
1	Computador, monitor e impresora	2.5	300
2	MODEM Celular	1	5
3	Otros	5	600
		Total(W)	905

Tabla. 4.7. Equipos y potencias que componen la estación de Control.

El sistema debe tener la capacidad de soportar otros equipos adicionales que se conecten a futuro, por lo tanto se debe considerar un factor de corrección del 25%, con lo que se obtiene un valor de 1131.3 W, que bien se puede aproximar a 1200W. Entonces la capacidad del SEI será de mínimo 1200W.

Se requiere que la señal de salida del equipo de respaldo sea sinusoidal de 120V a 60Hz, debido al estándar para el funcionamiento de equipos en América.

Una vez analizadas las condiciones del sistema de respaldo de energía, se determinan las características que conforman este sistema, las mismas que son:

4.3.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.3.3.5.1. Sistema de Energía Ininterrumpida.

Descripción: Constituye un sistema de energía alterno confiable y seguro, capaz de mantener funcionando los equipos que a él se conectan.

Función: Proveer de energía continua a la estación de control cuando la red pública falle.

Tensión de entrada 121 VAC.

Frecuencia de entrada: 60Hz.

Tipo: On Line.

Potencia máxima: 1200 w.

Autonomía a plena carga: 1 hora min.

Onda de salida: Sinusoidal 120 V 60 Hz.

Varios: Conductores y conectores para la distribución de energía.



Figura. 4.19. Sistema de Energía Ininterrumpida – UPS.

4.3.3.6. Figura del Sistema Proyectado²³.

²³ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

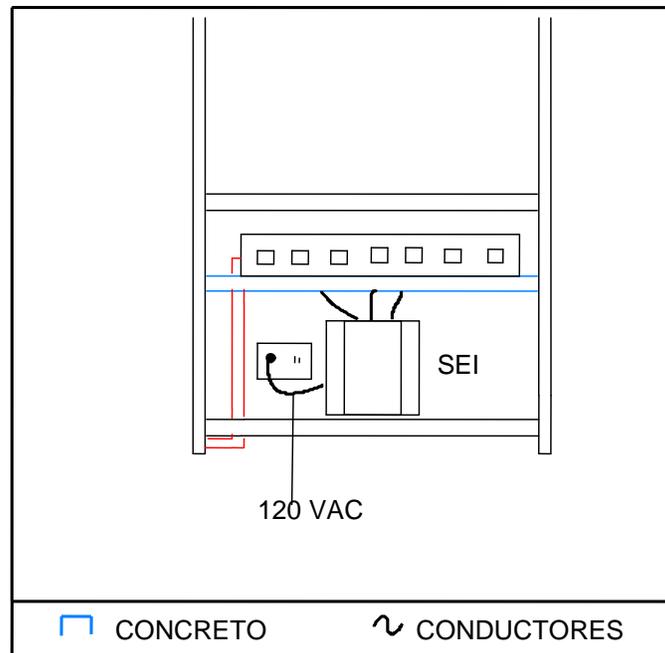


Figura. 4.20. Sistema de Respaldo de Energía.

4.4. ESTACIÓN DE ALERTA

La estación de alerta se encuentra en contacto directo con la población para alertarla ante la presencia del evento eruptivo, estarán distribuidas a lo largo de las zonas de riesgo y lo conforman las siguientes partes:

1. Sistema Receptor-Transmisor-Controlador.
2. Sistema de audio.
3. Sistema de alimentación y respaldo de energía.

Que se muestran en el diagrama 4.9. y se detalla en la figura 4.21.

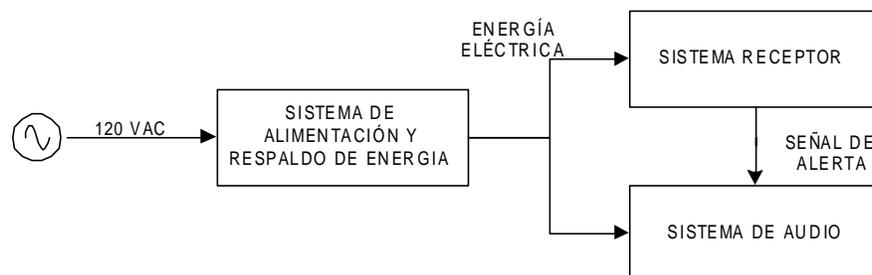
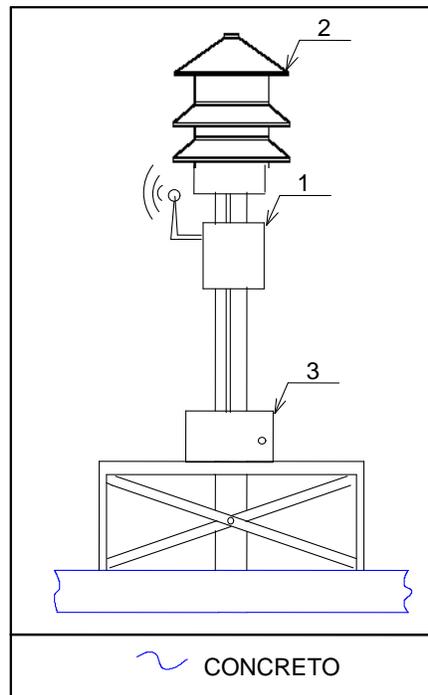


Diagrama. 4.9. Sistemas de la Estación de Alerta.**Figura. 4.21. Estación de Alerta.**

4.4.1. Sistema Receptor – Transmisor - Controlador

4.4.1.1. Funciones.

- Recibir la señal enviada desde la estación de control que contiene la instrucción, para activar las sirenas de alerta.
- Generar la señal de encendido para las sirenas distribuidas en las zonas pobladas.
- Reportar automáticamente hacia la central de control sobre cambios de estado de la energía que alimenta a cada uno de los sistemas de la estación.

4.4.1.2. Dimensionamiento.

El sistema Receptor-Transmisor-Controlador (RTC), se ha conceptualizado de forma que debe captar la señal que se genera en el centro de control y autónomamente encender la alarma. El sistema debe cumplir con las condiciones siguientes:

Ord.	Descripción
1	Receptar la señal enviada desde el centro de control
2	Enviar señal a las sirenas

Tabla. 4.8. Requerimientos del sistema RTC .

Las condiciones bajo las cuales el sistema trabaja son:

- El sistema trabaja con un suministro energético de 120 VAC.
- Opera en puntos externos, expuestos a cambios climáticos y ambientales.

4.4.1.3. Diagrama de Bloques.

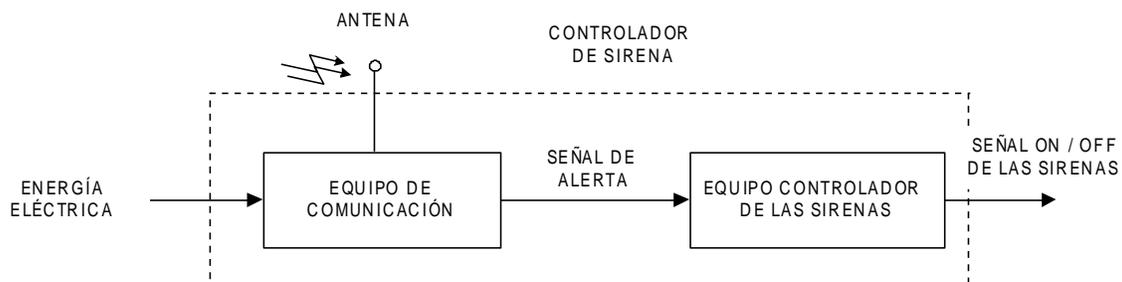


Diagrama. 4.10. Elementos del Sistema de Receptor-Transmisor-Controlador.

4.4.1.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.4.1.4.1. Equipo de Comunicación y Controlador de Sirenas.

El equipo de comunicación que se recomienda para la estación de Alerta, tiene las características del equipo detallado en la sección 4.2.3.5.2; éste comprende el MODEM Celular que transmite el nivel de energía hacia la estación de control y recibe la señal de disparo de las sirenas.

El controlador utilizado en esta etapa debe adaptarse a las características y número de entradas-salidas que se van a manejar en la estación, éstas son:

Suministro energético:	Entrada	Señal análoga
Activación para la sirena:	Salida	Señal discreta

Considerando los criterios de reserva que debe guardar un sistema y de acuerdo con las señales analizadas anteriormente, la capacidad mínima que se requiere del controlador es de 2 entradas análogas y 2 salidas análogas.

Con las condiciones expuestas se ha procedido a determinar las características de los componentes del sistema, que son:

4.4.1.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.4.1.5.1. Equipo de Comunicación y Controlador de Sirenas.

Descripción: Mantener la comunicación entre las estaciones de alarma y control, además de controlar el estado de las sirenas.

Funciones:

- Equipo de comunicación: Enviar la información que contiene el nivel de la energía de la estación. Recibir la señal para disparar las sirenas.

Los equipos que integran este sistema deben generar una señal con un nivel de intensidad alto y en todas direcciones a partir del punto donde se encuentra ubicada la estación.

Este sistema debe ser capaz de operar bajo las siguientes condiciones:

- a) El sistema trabaja con un suministro energético de 120 VAC.
- b) El sistema se encuentra instalado en el exterior por lo que estará expuesto a cambios climáticos y ambientales.

4.4.2.3. Diagrama de Bloques.

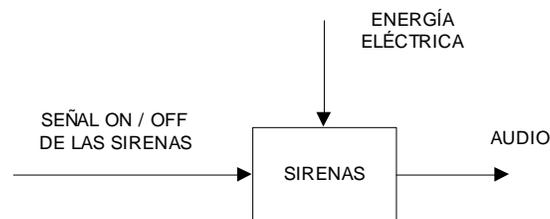


Diagrama. 4.11. Sistema de Audio.

4.4.2.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.4.2.4.1. Sirenas.

Luego del análisis preliminar se ha determinado que el tipo de sirena que más se adapta a las condiciones del sistema es la sirena omnidireccional, pues su característica principal es poseer un lóbulo de radiación de 360°.

La distancia de cobertura de la sirena está relacionada exponencialmente con el radio del área que se desea cubrir, el cálculo de la potencia de la sirena está en función de la distancia a la que se requiere que la alarma sea escuchada y la intensidad de la señal audible en dicho punto .

Del análisis realizado en el apartado 3.7 del presente documento, se obtiene que el diámetro de los lóbulos de radiación sonora, será por lo menos de 1000m, es decir deberá tener un radio de dispersión de 500m.

La intensidad de sonido en una calle sin tráfico de una zona residencial es de aproximadamente 30dB²⁵, como la sirena debe ser escuchada en lugares con características semejantes, la intensidad sonora debe tener un valor superior al referido, además como existen lugares (en la zona de peligro), con índices de ruido mayor al descrito, se concluyó que la intensidad (*SPL*) requerida en los puntos de máximo radio (500 m) debe ser de 50dB. Entonces el nivel de potencia acústica (*PWL*) de la sirena se calcula como sigue²⁶:

$$PWL = SPL + 20\log(r) + 11dB$$

$$PWL = 50dB + 20\log(500) + 11dB$$

$$PWL = 114.97dB \cong 115dB @ 0m$$

Donde :

SPL = Intensidad máxima a 500m (dB).

PWL = Nivel de potencia acústica (dB).

Finalizado el análisis se concluye que las características de los componentes de la sirena son:

4.5.2.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.5.2.5.1. Sirenas.

²⁵ <http://www.honte.es/art-music/sonido/fisica.htm>

²⁶ Tomado de: http://www3.labc.usb.ve/EC4514/AUDIO/Sonido/Caracteristicas_del_Sonido.html

Descripción: Diseño compacto, gran intensidad de cobertura, uso en exteriores y resistentes a variaciones metereológicas.

Función: Producir sonidos audibles para alertar a la población en peligro.

Tensión de entrada 120 VAC.

P.W.L.: >115 dB @ 0m.

Rango de frecuencia de Salida: 300Hz – 3000Hz.

Lóbulo de radiación: 360°.

Varios: Conductores y conectores propios de la sirena.

4.5.2.6. Figura del Sistema Proyectoado²⁷.

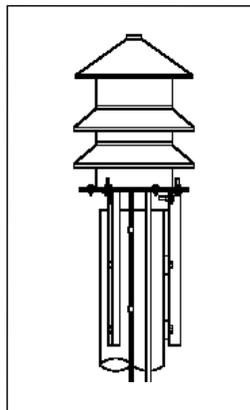


Figura. 4.23. Sirena para la Estación de Alerta.

4.5.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía

4.5.3.1. Funciones.

- Suplir la falta de energía eléctrica al ocurrir una falla en la red de energía pública.

²⁷ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

4.5.3.2. Dimensionamiento.

El sistema debe suplir el consumo de los equipos instalados en la estación de alerta, tales equipos se detallan a continuación:

Ord.	Equipo	Voltaje	Corriente
1	Sirena	121VAC	40 A
2	Controlador	121VAC ó 12VDC	3 A

Tabla. 4.8. Consumo eléctrico de los dispositivos de la estación de alerta.

Las condiciones de operación del sistema serán las siguientes:

- El lugar cuenta con suministro constante de energía eléctrica.
- El sistema opera en condiciones ambientales variables.
- Autonomía Requerida: 2 días para el equipo controlador de la sirena.
15 min. Al funcionar la sirena.

4.5.3.3. Diagrama de Bloques.

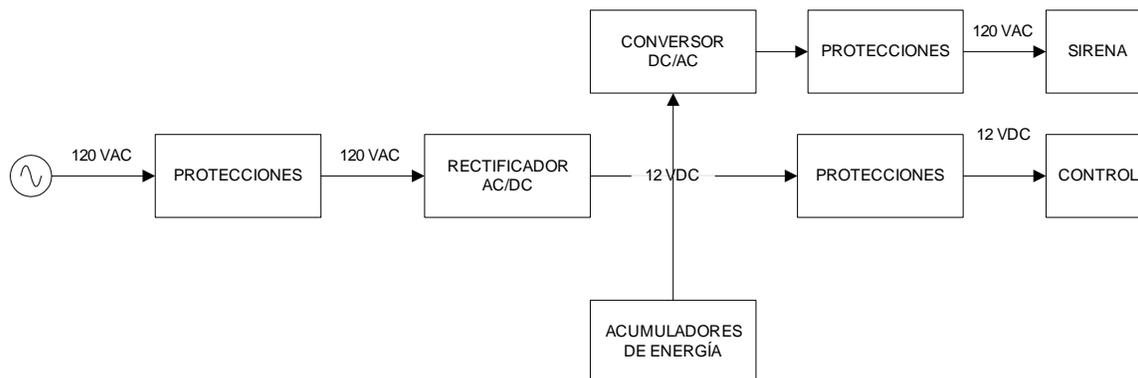


Diagrama. 4.12. Sistema de Alimentación y respaldo Energía.

4.5.3.4. Análisis de las Características Técnicas de los Equipos del Sistema.

4.5.3.4.1. Acumulador.

La estación de Alerta tiene un consumo de 43A, con una tensión de alimentación de 120VAC; pues está conformado por la sirena y su controlador, con

esta referencia, se calculará el número de acumuladores que satisfagan este requerimiento.

El acumulador tendrá una capacidad, en función, tanto de la autonomía como de la energía requeridas por el sistema. Esta estación presenta dos alternativas de autonomía que deben ser cubiertas para su funcionamiento óptimo.

Autonomía	Equipos	Corriente utilizada	
		Por equipo	Total
1 día	Controlador	3A	3A
15 min.	Sirena	40A	43A
	Controlador	3A	

Tabla. 4.10. Autonomía y energía requerida en la Estación de Alerta.

La capacidad del acumulador con una autonomía de un día de operación, se la calcula con la siguiente expresión:

$$CA = I_{max} * A$$

Donde:

CA = Capacidad del Acumulador (Ah).

I_{max} = Corriente máxima utilizada por el equipo (A) y pérdidas.

A = Autonomía requerida (horas) .

Primer caso: Un día sin energía funcionando sólo el controlador.

$$CA = 3A * 1 \text{ día} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$CA = 72Ah$$

Segundo Caso: 15 min. Funcionando a la vez el controlador y la sirena.

$$CA = 43A * 0.25h$$

$$CA = 10.75Ah \cong 11Ah$$

Tomando en cuenta estos parámetros y el requerimiento mínimo del sistema que es de 2 días para el controlador (72 Ah diario) y 15 minutos de la sirena (11Ah durante 15 minutos), se ha sumado el consumo de cada uno, teniendo como resultado que la capacidad del acumulador debe ser igual o mayor a 155 Ah.

El acumulador debe estar formado por un tipo de compuesto de larga vida que permita trabajar a la intemperie; se recomienda el uso de la aleación Níquel – Cadmio o con celdas de gel, por ser tecnologías probadas en sistemas similares, además de un encapsulado con aislamiento térmico.

4.5.3.4.2. Fuente de Alimentación AC/DC.

Permite la conversión de energía eléctrica AC en energía DC (120VAC/13VDC \pm 5%) para la operación del acumulador; de esta manera este dispositivo estará cargándose sólo cuando el banco de baterías haya sido utilizado.

La fuente de alimentación debe tener una corriente de suministro capaz de abastecer al acumulador, este valor recomendado es de 30 A, con lo que se conseguirá recargar los acumuladores a su máxima capacidad en un lapso de 5 horas.

4.5.3.4.3. Inversor DC/AC.

Permite la conversión de energía suministrada por el acumulador DC, en energía AC (12VDC / 120VAC), necesaria para los equipos con este requerimiento de energía, con una frecuencia de 60 Hz.

La potencia de salida del inversor, debe cumplir los valores requeridos de los equipos instalados en la estación; por esta razón se recomienda que el valor mínimo de suministro sea de 3000 W.

4.5.3.4.4. Protecciones.

La protección principal está dado por un interruptor termo magnético que protege al sistema contra fallos de suministro de energía.

El controlador y MODEM celular poseen protecciones independientes de fusible, que evitará sobre corriente desde el acumulador.

Concluyendo con el análisis, se determina las características de los componentes del sistema, los mismos que son:

4.5.3.5. Características Técnicas de los Componentes del Sistema.

4.5.3.5.1. Acumulador.

Tensión nominal: 12VDC.

Capacidad: > 190 Ah.

Tipo: Níquel - Cadmio (Ni-Cd).

Tiempo de garantía: Mín. de un año.



Figura. 4.24. Acumulador para la Estación de Alerta.

4.5.3.5.2. Fuente de alimentación AC/DC.

Función: Convertir una señal de corriente alterna en una señal de corriente continua que supla los requerimientos del sistema.

Tecnología: Estado sólido.

Tensión de entrada: 120 VAC.

Tensión de salida: 13.4VDC.

Intensidad de corriente: 5ADC.

Protección a la inversión de los acumuladores y de cortocircuito en la carga

4.5.3.5.3. Inversor DC/AC.

Función: Convertir la energía DC de los acumuladores, en energía alterna que supla el requerimiento eléctrico de la sirena.

Tensión de entrada: 12 VDC.

Tensión de salida: 120 VAC.

Potencia de salida: 3000 W.

Protección de cortocircuito en la carga.



Figura. 4.25. Inversor a ser Utilizado.

4.5.3.5.4. Protecciones.

Fusibles y breakers a la entrada.

Termo magnético por cada dispositivo.

4.5.3.5.5. Varios.

Conductores inmunes a la humedad.

Conectores de especificación militar.

4.5.3.6. Figura de la Fuente Proyectada²⁸.

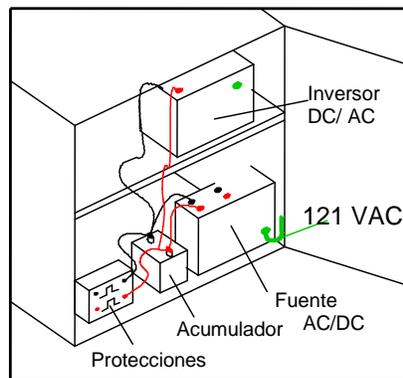


Figura. 4.26. Sistema de Respaldo de Energía.

4.5.3.7. Conclusión del Capítulo.

El presente capítulo especifica todas y cada una de las características de los distintos elementos que intervienen y son parte de la constitución del Sistema de Alerta Temprana en cada una de las etapas o sistemas, así como también se ha indicado la infraestructura necesaria para la instalación de los elementos y dispositivos que lo requieren, de esta manera se ha determinado que los elementos en cuestión presentan gran variedad de características y además son de fácil acceso en el mercado.

²⁸ Diagramas de montaje, dimensionamiento y eléctrico en el Anexo 3

CAPITULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.4. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo detalla los costos de cada elemento que conforma el Sistema de Alerta Temprana, adicionalmente se realiza la proyección de gastos para la futura implementación del mismo.

5.5. PRESUPUESTO DE COMPONENTES E INSTALACION PARA EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

5.5.1. Estación PT- C

5.5.1.1. Sistema de Energía.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Acumulador	\$ 250.00	1	U	\$ 250.00
2	Panel Fotovoltaico (P-F)	\$ 490.00	3	U	\$ 1,470.00
3	Base para P-F:				
	Fundición de Concreto	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
	Modulo de Montaje	\$ 165.00	1	U	\$ 165.00
4	Regulador de Tensión	\$ 325.00	1	U	\$ 325.00
5	Protección Eléctrica Principal	\$ 30.00	1	U	\$ 30.00
6	Protecciones para cada circuito	\$ 30.00	5	U	\$ 150.00
7	Sistema de referencia a tierra	\$ 300.00	1	U	\$ 300.00
8	Varios:				
	Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
SUBTOTAL 1					\$ 2,850.00

5.5.1.2. Sistema de Sensores y Transductores.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Sensor de Presión:				
	Celda de Carga	\$ 800.00	1	U	\$ 800.00
	Bloque de Concreto	\$ 200.00	1	U	\$ 200.00
2	Sensor de Nivel ON-OFF 1	\$ 225.00	1	U	\$ 225.00
3	Sensor de Nivel ON-OFF 2	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
4	Sensor de Nivel Análogo	\$ 3,500.00	1	U	\$ 3,500.00
5	Caja de Inspección	\$ 45.00	1	U	\$ 45.00
6	Infraestructura para el Montaje de sensores	\$ 150.00	3	U	\$ 450.00
7	Varios:				
	Ductos PVC	\$ 1.50	150	mts.	\$ 225.00

	Conductores y Conectores	\$ 400.00	---	---	\$ 400.00
SUBTOTAL 2					\$ 5,937.00

5.5.1.3. Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	RTU:				
	PLC	\$ 1,500.00	1	U	\$ 1,500.00
	Configuración Modem celular	\$ 35.00	1	U	\$ 35.00
	Tarjeta SIM Card	\$ 4.00	1	U	\$ 4.00
2	Rack para montaje de Equipos	\$ 180.00	1	U	\$ 180.00
3	Caseta de Equipos	\$ 600.00	1	U	\$ 600.00
4	Torre de Antena	\$ 800.00	1	U	\$ 800.00
5	Varios:				
	Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
	Cableado Estructurado	\$ 250.00	---	---	\$ 250.00
SUBTOTAL 3					\$3,429.00

5.5.2. Estación PT- S

5.5.2.1. Sistema de Energía.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Acumulador	\$ 250.00	1	U	\$ 250.00
2	Panel Fotovoltaico (P-F)	\$ 490.00	3	U	\$ 1,470.00
3	Base para P-F:				
	Fundición de Concreto	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
	Modulo de Montaje	\$ 165.00	1	U	\$ 165.00
4	Regulador de Tensión	\$ 325.00	1	U	\$ 325.00
5	Protección Eléctrica Principal	\$ 30.00	1	U	\$ 30.00
6	Protecciones para cada circuito	\$ 30.00	5	U	\$ 150.00
7	Sistema de referencia a tierra	\$ 300.00	1	U	\$ 300.00
8	Varios:				
	Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
SUBTOTAL 4					\$ 2,850.00

5.5.2.2. Sistema de Sensores y Transductores.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Sensor de Presión:				
	Celda de Carga	\$ 800.00	1	U	\$ 800.00
	Bloque de Concreto	\$ 200.00	1	U	\$ 200.00
2	Sensor de Nivel ON-OFF 1	\$ 225.00	1	U	\$ 225.00
3	Sensor de Nivel ON-OFF 2	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
4	Sensor de Nivel Análogo	\$ 3,500.00	1	U	\$ 3,500.00
5	Caja de Inspección	\$ 45.00	1	U	\$ 45.00
6	Infraestructura para el Montaje de sensores	\$ 150.00	3	U	\$ 450.00
7	Varios:				
	Ductos PVC	\$ 1.50	150	mts.	\$ 225.00
	Conductores y Conectores	\$ 400.00	---	---	\$ 400.00
SUBTOTAL 5					\$ 5,937.00

5.5.2.3. Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	RTU:				
	PLC	\$ 1,500.00	1	U	\$ 1,500.00
	Configuración Modem Celular	\$ 35.00	1	U	\$ 35.00
	Tarjeta SIM Card	\$ 4.00	1	U	\$ 4.00
2	Rack para montaje de Equipos	\$ 180.00	1	U	\$ 180.00
3	Caseta de Equipos	\$ 600.00	1	U	\$ 600.00
4	Torre de Antena	\$ 800.00	1	U	\$ 800.00
5	Varios:				
	Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
	Cableado Estructurado	\$ 250.00	---	---	\$ 250.00
SUBTOTAL 6					\$3,429.00

5.5.3. Estación de Control

5.5.3.1. Sistema de Procesamiento Automático de Datos.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Configuración Modem celular	\$ 35.00	1	U	\$ 35.00
2	Tarjeta SIM Card	\$ 4.00	1	U	\$ 4.00
3	Computador de escritorio	\$ 800.00	1	U	\$ 800.00
4	Licencia Software HMI	\$ 2,000.00	1	U	\$ 2,000.00
5	Computador portátil	\$ 2,000.00	1	U	\$ 2,000.00

6	Equipo de Impresión	\$ 280.00	1	U	\$ 280.00
7	Cuarto de Equipos				
8	Mobiliario para cuarto de Equipos	\$ 1,500.00	1	U	\$ 1,500.00
9	Rack para Montaje de Equipos	\$ 180.00	1	U	\$ 180.00
10	Cableado Estructurado	\$ 500.00	1	U	\$ 500.00
11	Varios: Conductores y Conectores	\$ 160.00	---	---	\$ 160.00
SUBTOTAL 7					\$ 7,459.00

5.5.3.2. Sistema Emisor de Alerta.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Configuración Modem celular	\$ 35.00	1	U	\$ 35.00
2	Tarjeta SIM Card	\$ 4.00	1	U	\$ 4.00
3	Sirena Local	\$ 50.00	1	U	\$ 50.00
4	Varios: Conductores y Conectores	\$ 40.00	---	---	\$ 40.00
SUBTOTAL 8					\$ 129.00

5.5.3.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Acometida de Energía Eléctrica	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
2	Equipo de respaldo de Energía UPS	\$ 320.00	1	U	\$ 320.00
3	Sistema de Referencia a Tierra	\$ 300.00	1	U	\$ 300.00
4	Varios: Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
SUBTOTAL 9					\$ 780.00

5.5.4. Estación de Alerta²⁹

5.5.4.1. Sistema Receptor-Transmisor Controlador.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Micro PLC	\$ 600.00	1	U	\$ 600.00
2	Configuración Modem celular	\$ 35.00	1	U	\$ 35.00

²⁹ Los rubros especificados corresponden a una sola estación de alerta

3	Tarjeta SIM Card	\$ 4.00	1	U	\$ 4.00
4	Caja para protección de equipos	\$ 500.00	1		
5	Varios: Conductores y Conectores	\$ 20.00	---	---	\$ 20.00
SUBTOTAL 10					\$ 659.00

5.5.4.2. Sistema de audio.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Sirena Onmidireccional	\$ 2,500.00	1	U	\$ 2,500.00
2	Luz Estroboscópica	\$ 200.00	1	U	\$ 200.00
3	Soporte para Actuadores y Caja de Protección	\$ 500.00	1	U	\$ 500.00
4	Varios: Conductores y Conectores	\$ 50.00	---	---	\$ 50.00
SUBTOTAL 11					\$ 3,250.00

5.5.4.3. Sistema de Alimentación y Respaldo de Energía.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Acometida de Energía Eléctrica	\$ 100.00	1	U	\$ 100.00
2	Acumulador	\$ 210.00	1	U	\$ 210.00
3	Inversor DC/AC	\$ 750.00	1	U	\$ 750.00
4	Fuente DC	\$ 400.00	1	U	\$ 400.00
5	Protecciones:				
	Fusible:	\$ 30.00	1	U	\$ 30.00
	Breaker	\$ 30.00	1	U	\$ 30.00
6	Sistema de Referencia a Tierra	\$ 300.00	1	U	\$ 300.00
7	Varios: Conductores y Conectores	\$ 60.00	---	---	\$ 60.00
SUBTOTAL 12					\$ 1,880.00

5.5.5. Resumen

Item	Descripción	Importe	Valor
1	Estación PT-C: S. de respaldo de Energía	SUBTOTAL 1	\$ 2,850.00
2	Estación PT-C: S. de Sensores y Transductores	SUBTOTAL 2	\$ 5,937.00
3	Estación PT-C: Adquisición y transmisión de datos	SUBTOTAL 3	\$ 3,429.00
1	Estación PT-S: S. de respaldo de Energía	SUBTOTAL 4	\$ 2,850.00

2	Estación PT-S: S. de Sensores y Transductores	SUBTOTAL 5	\$ 5,937.00
3	Estación PT-S: Adquisición y transmisión de datos	SUBTOTAL 6	\$ 3,429.00
6	Estación de control: Procesamiento de datos	SUBTOTAL 7	\$ 7,459.00
7	Estación de control: S. emisor de Alerta	SUBTOTAL 8	\$ 129.00
8	Estación de control: S. de respaldo de Energía	SUBTOTAL 9	\$ 780.00
9	Estación de alerta: S. receptor transmisor controlador	SUBTOTAL 10	\$ 4,613.00*
10	Estación de alerta: S. de audio	SUBTOTAL 11	\$ 22,750.00*
11	Estación de alerta: S. de respaldo de Energía	SUBTOTAL 12	\$ 13,160.00*
		TOTAL 5.1.	\$ 73,323.00

* Se toma este valor por tratarse de 7 estaciones

5.5.6. Costo de transmisión de información y alquiler de equipos.

El sistema de transmisión de datos se realizará mediante el uso del servicio que entrega la empresa Porta Celular, la cual por su amplia cobertura y sistema de transmisión de datos se convierte en el servicio ideal a utilizar en el SAT. Por políticas de esta empresa, los módems celulares son rentados y sólo se paga por información transmitida. En el Anexo 2 se detalla los costos de mantenimiento mensual de este servicio. En la siguiente tabla se detalla los costos mensuales aproximados.

Item	Equipo	P. Unitario	Cant.	Unid.	P. Total
1	Modem celular	\$ 29.00	10	U	\$ 290.00
2	Tarifa básica	\$ 5.00	10	U	\$ 50.00
3	Costo del Servicio GPRS (Tarifa por MB)	\$ 1.20	1	MB	\$ 1.20
SUBTOTAL 8					\$ 341.20

5.6. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (por una sola vez)

5.6.1. Ingeniería e integración de la red instrumental

Item	Descripción	P. Unitario	Cant.	P. Total
1	Ingeniería del proyecto	\$ 7,000.00	1	\$ 7,000.00
2	Integración del sistema y pruebas	\$ 12,000.00	1	\$ 12,000.00

3	Desarrollo de la aplicación (incluye la interfase HMI)	\$ 3,000.00	1	\$ 3,000.00
4	Operaciones de instalación y pruebas	\$ 60,000.00	1	\$ 60,000.00
			SUBTOTAL 1	\$ 82,000.00

5.6.2. Otros

1	Determinación de las zonas de seguridad	\$ 15,000.00	1	\$ 15,000.00
2	Capacitación a los lideres comunitarios	\$ 15,000.00	1	\$ 15,000.00
3	Elaboración de planes de contingencia	\$ 20,000.00	1	\$ 20,000.00
4	Simulación del evento	\$ 20,000.00	1	\$ 20,000.00
			SUBTOTAL 2	\$ 70,000.00

5.6.3. Resumen

Item	Descripción	Importe	Valor
1	Ingeniería e integración de la red Instrumental	SUBTOTAL 1	\$ 82,000.00
2	Otros	SUBTOTAL 2	\$ 70,000.00
		TOTAL 5.2.	\$ 152,000.00

5.7. PRESUPUESTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA POR UN AÑO Y CAPACITACIÓN DE LÍDERES DE LA COMUNIDAD.

5.7.1. Ingeniería y Administración

5.7.1.1. Personal Técnico Administrativo

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Director del proyecto	1	12	\$ 2,300.00	\$ 27,600.00
2	Coordinador técnico	1	12	\$ 1,850.00	\$ 22,200.00
				SUBTOTAL 1	\$ 49,800.00

5.7.1.2. Profesionales de Planta (costos incrementales)

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Ing. Electrónico instrumentación	1	12	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00
					\$ 0.00
				SUBTOTAL 2	\$ 14,400.00

5.7.1.3. Profesionales en Contratación Temporal

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Asesor en radio comunicaciones	1	2	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
2	Asesor en seguridad ciudadana	1	3	\$ 600.00	\$ 1,800.00
				SUBTOTAL 3	\$ 4,200.00

5.7.1.4. Personal de Apoyo (No profesionales)

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Asistente técnico	1	24	\$ 600.00	\$ 14,400.00
					\$ 0.00
				SUBTOTAL 4	\$ 14,400.00

5.7.1.5. Personal de Mano de Obra y Estudiantes

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Auxiliares de campo	1	24	\$ 450.00	\$ 10,800.00
					\$ 0.00
				SUBTOTAL 5	\$ 10,800.00

5.7.1.6. Viáticos y Subsistencias

Item	Posición	Cant.	Meses-H	Valor Mes-H	Valor total
1	Profesionales y técnicos (global)	1	120	\$ 45.00	\$ 5,400.00
					\$ 0.00
				SUBTOTAL 6	\$ 5,400.00

5.7.1.7. Total 1

Item	Importe	Valor
1	SUBTOTAL 1	\$ 49,800.00
2	SUBTOTAL 2	\$ 14,400.00
3	SUBTOTAL 3	\$ 4,200.00
4	SUBTOTAL 4	\$ 14,400.00
5	SUBTOTAL 5	\$ 10,800.00
6	SUBTOTAL 6	\$ 5,400.00
	TOTAL 1	\$ 99,000.00

5.7.2. Costos Directos

5.7.4. Escalamiento de costos

Basados en el IPC

5.7.5. Costos financieros

Intereses, comisiones y seguros

5.7.6. Gastos generales

15 % de la suma de totales 1 y 2 32,100.00

TOTAL 4 \$ 32,100.00

5.7.7. Resumen

Item	Descripción	Importe	Valor
1	Ingeniería y administración	TOTAL 1	\$ 99,000.00
2	Costos directos	TOTAL 2	\$ 115,000.00
3	Imprevistos	TOTAL 3	\$ 10,700.00
4	Gastos Generales	TOTAL 4	\$ 32,100.00
		TOTAL 5.3.	\$ 256,800.00

5. 4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Item	Descripción	Importe	Valor
1	Componentes para el sistema	TOTAL 5.1.	\$ 73,323.00
2	Instalación del sistema	TOTAL 5.2.	\$ 152,000.00
3	Operación y mantenimiento del sistema por un año y capacitación de líderes de la comunidad	TOTAL 5.3.	\$ 256,800.00
		TOTAL GLOBAL	\$ 482,123.00

6.1. Conclusión del Capítulo.

Al concluir con el análisis del presupuesto, se lo ha dividido en tres partes, el primero detalla los costos de los elementos que conformarán las estaciones del Sistema de Alerta Temprana, el segundo presenta los costos de instalación y de ingeniería del SAT, finalmente en el tercer ítem se indican los costos de operación, mantenimiento, conformación de planes de contingencia y capacitación de las comunidades afectadas.

Nota1: En las estaciones remotas no se ha incluido el costo de las obras que demanden la instalación de seguridades perimetrales necesarias como protección

Nota 2: En la estación de control no se ha presupuestado servicios necesarios para la operación del sistema como teléfono, Internet, suministro eléctrico, agua entre otros.

Nota 3: Los puntos de aviso público se ubicarán en los pueblos afectados por lo que se ha supuesto no tendrán costo de compra ni alquiler.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo del proyecto se consiguió determinar la factibilidad técnica – económica de la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para las Poblaciones Afectadas por el Flujo de Lodo del Volcán Cotopaxi en la cuenca sur-oeste.
- La red de comunicación celular GPRS ha sido considerada como sistema de comunicación de mejor desempeño en el presente proyecto, entre las estaciones de monitoreo PT-S, PT-C, la de control y las estaciones de alerta, la cobertura de la misma en la zona permite tal decisión.

- Con el desarrollo del prototipo se determinó que el sistema en general puede integrarse con dispositivos industriales de propósito general disponibles en el mercado local.
- La tendencia mundial para la prevención de desastres naturales, están orientados a los Sistemas de Alerta Temprana, pues pueden ser utilizados en la prevención de lahares, tsunamis, inundaciones, tornados, huracanes, etc.
- El presente proyecto mantiene la filosofía de solución tecnológica del proyecto predecesor aplicado a la cuenca norte del volcán Cotopaxi, con la finalidad de establecer una estandarización en los distintos sistemas y etapas que intervienen en la elaboración del proyecto de ingeniería de base.
- El Sistema de Alerta Temprana para la cuenca Sur – Oeste del volcán Cotopaxi, cumple la función de alertar a la población sólo cuando el evento se produce y tiene carácter de irreversible. mas no tiene la capacidad de predecir con anticipación su desencadenamiento.
- Los costos de implementación del sistema SAT son bajos, en relación con su costo – beneficio, pues permite precautelar la vida de alrededor 150000 personas asentadas en el valle de Latacunga.
- Las nuevas tecnologías en el procesamiento de la información, amplia el campo de acción del SAT, pues además de alertar la presencia de un evento de lahar, permite llevar estadísticas de los niveles de los ríos, que puede ser utilizado por los organismos correspondientes para la distribución de sus aguas, verificar los niveles de lluvias en las distintas épocas del año, etc.
- La importancia de la implementación de un prototipo, en el que se considere las condiciones del problema, representa una adecuada y una eficaz oportunidad para que los organismos e instituciones que presten su contingente, se interesen por el apoyo y financiamiento del proyecto.

- Las características flexibles del SAT, permitirán ampliar el sistema sin mayores complicaciones, pues al usar la red GPRS, se podrá aumentar estaciones de alerta u otras estaciones.
- Los datos procesados por la estación de control pueden ser revisados por cualquier persona u organismo tiene la capacidad de ser publicados a través de Internet.
- Los transductores analógicos a emplearse en el Sistema de Alerta Temprana, utilizarán para la transmisión de información el estándar de corriente (4–20 mA), de esta manera se evitará las pérdidas por caídas de tensión, pues la distancia desde el sistema de instrumentación a las RTU, supera los 40m.
- La gran diversidad de software dedicada para sistemas SCADA nos permite garantizar tanto el control como el monitoreo de las estaciones remotas.
- La confiabilidad del presente sistema está basada en el criterio de redundancia, utilizado en cada una de las etapas que lo conforman.
- Las RTU's pertenecientes al SAT, serán colocados en lugares elevados, de fácil acceso, para su implementación, mantenimiento y resguardo en caso de presentarse los eventos naturales esperados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda impulsar este tipo de proyectos de carácter social, pues concientizan a la comunidad que habitan en una zona de riesgo

- El impulso dado por las autoridades de la Escuela Politécnica del Ejército, para el desarrollo del estudio del sistema SAT, es recomendable que se complemente con el apoyo de las autoridades locales y/o nacionales para su implementación.
- Se recomienda que la planificación de la infraestructura contemple las zonas de riesgo para evitar la expansión de las zonas pobladas, industriales y agrícolas que expongan la integridad de mayor cantidad de personas y bienes materiales.
- Como recomendación se establece que el SAT se constituya en apoyo al trabajo de las instituciones locales, nacionales e internacionales de socorro, con la finalidad de aplicar los planes de contingencia apropiados para estas circunstancias.
- Se sugiere realizar alianzas estratégicas con instituciones y empresas con la finalidad de reducir costos y aprovechar los datos adquiridos.
- Se recomienda mantener los estándares en el cableado, indicadores, señales de transmisión, ubicación de equipos, etc; facilitando de esta manera la implementación y futuro mantenimiento.
- Se recomienda realizar nuevos estudios de sistemas de alerta temprana en varios lugares del país, de acuerdo a las amenazas de carácter natural existentes en dichos sectores.
- Se recomienda que la presentación del sistema SCADA sea amigable, pues debe identificar las alarmas rápidamente, facilitando la manipulación para el operador.

- Se recomienda que el la instrumentación, operación y mantenimiento sea responsabilidad de una institución publica o privada, a la cual debe ser apoyada económicamente por la comunidad.

GLOSARIO

ESTACIÓN REMOTA: Punto ubicado en un lugar diferente a la estación de control.

EVENTO: Acontecimiento imprevisto o de realización incierta.

GPRS: Global Packet Radio Service.

HMI: Interfase Hombre Máquina.

I/O: Entradas Salidas.

LAHAR: Flujo de la mezcla resultante de tierra y agua.

NEMA: National Equipment Manufacturer's Association

MODEM: Modulador demodulador, interfaz analógica digital

MODBUS: Protocolo de comunicación.

MTU: Unidad Terminal Maestra.

PLC: Controlador Lógico Programable.

PT-C: RTU del río Cutuchi.

PT-S: RTU del río Saquimala.

RF: Radio Frecuencia.

RTU: Unidad Terminal Remota.

SAT: Sistema de Alerta Temprana.

SCADA: Sistema de adquisición de datos control y supervisión.

TIEMPO DE AUTONOMÍA: Tiempo que un equipo opera utilizando una fuente de energía emergente.

UPS: Fuente de energía ininterumpida.

WLAN: Wireless Local Area Network.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUEVARA, M; Estudio de Factibilidad Técnico Económico para la Implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para las Poblaciones Afectadas por el Flujo de Lodo del Volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos, ESPE 2004.
- AGUILERA, E; Modelización Numérica de los Flujos de Lodo del Volcán Cotopaxi, ESPE.
- AGUILERA, E; El Riesgo Volcánico del Cotopaxi, ESPE 2004.
- MACKAY, S.G. "Data Communication for Instrumentation and Control", IDC Techbooks, Australia 2000.
- COOPER, William, HELFRICK, Albert, "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición", Primera Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, México 1991.
- MALONEY, Timmothy, "Electrónica Industrial Moderna", Tercera Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, México 1996.
- <http://www.webmovilgsm.com/>, Información sobre la tecnología GPRS
- <http://www.melodiasmoviles.com/documentacion/intro-gprs.php#>, Información sobre la tecnología GPRS
- <http://www.multitech.com/PRODUCTS/>, Información sobre la módems celulares GPRS
- <http://www.ni.com>, Referencia de desarrollo de sistemas SCADA
- <http://www.terra.es/personal2/vistaatx/domotica/web/arquitec.htm>
- http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/6495/canales_o_medios_de_comunicacion.htm; Canales o medios de Comunicación.
- http://www.blyx.com/public/wireless/Intro_wireless.html, Introducción a gíreles.
- <http://www.geocities.com/automatizacionuda/TrabMod.htm>, Resumen.
- <http://www.geocities.com/medicioneinstrumentacion/sensorestxttransductores/transductores/transductores.htm>
- <http://quantum.ucting.udg.mx/~mariocc/glosario1.html>, La Física del Sonido.

- <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/6495/TRANSDUCTORE S.htm>, Transductores.
- http://www.acs-ec.org/disasters/HCEW/HCEW_Declaracion_Antigua_sp.htm, Declaración de Antigua.
- http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/6495/SISTEMAS_SCAD A.htm, Introducción a los Sistemas SCADA.
- <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>, Sistemas SCADA.
- <http://www.igepn.edu.ec/vulcanologia/cotopaxi/actividad/isemana.htm>; Estado del volcán Cotopaxi.
- http://www.igepn.edu.ec/vulcanologia/cotopaxi/mapas/Coto_Sur.gif; Mapa regional de peligros volcánicos del volcán Cotopaxi – Zona Sur.
- <http://www.acs-aec.org/desastres.htm>; Alerta temprana para los desastres naturales.
- www.schneiderautomation.com; Información del PLC Momentum.
- http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/22A5B6AE4E78648C86256A320076F3F2?opendocument&node=dz00000_us; Configuración del PLC Allen Bradley SLC500 a LookOut.
- <http://www.gsmworld.com/technology/gprs>; Introducción a la red GPRS.
- <http://www.webmovilgsm.com/gprs.htm>; Introducción a la red GPRS.
- www.goldensoftware.com; Manual de operación del software Surfer 8.01
- <http://www.geocities.com/medicioneinstrumentacion/sensoresxttransductores/transductores/transductores.htm>; Información sobre transductores.

Latacunga Febrero del 2005

Elaborado por:

Juan C. Corrales Bastidas

Juan C. Lozada Sanguil

David R. Rivas Lalaleo

EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD EN INSTRUMENTACIÓN

Ing. Nancy Guerrón

EL SECRETARIO DE LA ESPE – LATACUNGA

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar

