



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE
MONITOREO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES
NATURALES EN EL ECUADOR

AUTORES

Iván Alejandro Palma Aguiar

Jaime Enrique Guillén Bernal

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REVISIÓN DE ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE
MONITOREO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES
NATURALES EN EL ECUADOR

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

Profesor Guía

MS.c. Jorge Luís Rosero Beltrán

Autores

Iván Alejandro Palma Aguiar

Jaime Enrique Guillén Bernal

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Revisión del estado del arte los sistemas de monitoreo para la prevención de desastres naturales en el Ecuador, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Iván Alejandro Palma Aguiar y Jaime Enrique Guillen Bernal, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Jorge Luís Rosero Beltrán

Master en Ciencias con
Especialidad en Automatización

C.I.: 180361018-5

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Revisión del estado del arte los sistemas de monitoreo para la prevención de desastres naturales en el Ecuador, de Iván Alejandro Palma Aguiar y Jaime Enrique Guillen Bernal, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

David Fernando Pozo Espín

Master en Automática y Robótica

CI: 1717340143

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que ese trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Iván Alejandro Palma Aguiar

CI: 1715590244

Jaime Enrique Guillén Bernal

CI: 1714631379

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por su amor incondicional y su gran misericordia.

A todas las personas que nos ayudaron con la elaboración de este documento y son parte de: Universidad de las Américas, así como al personal técnico de las entidades que aportaron con su tiempo y experiencia.

Nuestro agradecimiento especial al Master Jorge Rosero, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también, por la paciencia que ha sabido tener con nosotros para el desarrollo de este documento.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a mi amada esposa, por apoyarme siempre para alcanzar cada una de las metas que me he propuesto realizar, por el sacrificio realizado en su momento y por el apoyo incondicional que siempre me ha sabido brindar.

A mi familia, por ser siempre esa fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más, por ser siempre la fuente de energía para seguir siempre adelante.

Y en especial, a mi prima Andrea Jaramillo, quien fue una de las personas que me ayudó a conseguir este logro tan especial en mi vida.

Gracias a todos.

Iván

DEDICATORIA

Por el gran amor, por las horas de paciencia, comprensión y confianza, dedico este proyecto a mi padre Jaime Oswaldo Guillén y a mis hermanos por su apoyo y motivación.

Jaime

RESUMEN

El presente trabajo da a conocer el estado actual en el que se encuentran los sistemas de alerta temprana en el Ecuador, para la mitigación de desastres naturales, basándose en entrevistas realizadas a expertos del Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, personal a cargo de los sistemas de monitoreo del INAMHI, técnicos del INOCAR, responsables del monitoreo del Municipio del Cantón Rumiñahui, personal a cargo de la gestión de riesgos del ECU911, así como también, con expertos geólogos reconocidos en el país.

Se realizó visitas a campo, donde se pudo constatar el estado de los equipos que sirven para la recopilación de datos y monitoreo de los diferentes fenómenos, al igual que, los centros de monitoreo a cargo de las distintas organizaciones, donde se recopila la información y es procesada para llevar registros históricos que se puedan presentar y de ser el caso, emitir la alerta correspondiente a la población.

También se investigó diferentes proyectos que se han desarrollado por parte de universidades, empresas privadas y públicas, para la mitigación de los impactos que pueden tener los desastres naturales en zonas vulnerables tomando como eje principal el desarrollo tecnológico.

Se tiene una introducción teórica de los sistemas de Alerta temprana, sus diferentes definiciones, importancia, implementación y tipos que pueden existir. Así también, se puede encontrar un extracto de las diferentes amenazas naturales.

Además, se presenta un resumen del marco legal, en el cual se hace referencia a los artículos, códigos y reglamentos que establecen directrices y guías para una adecuada Gestión de Riesgos.

Se realizó una recopilación de información de lo que está dentro del territorio nacional, los sistemas de alerta temprana, los equipos que se han implementado o que forman parte del mismo, constatando que ciertos lugares o zonas se encuentran con un mayor número de equipamiento que otras, dando a conocer los diferentes aspectos y las realidades, en lo que respecta a los sistemas de monitoreo, así como también, las carencias que se tiene en la

parte tecnológica y económica por parte de instituciones gubernamentales o privadas para el desarrollo de estos sistemas.

En último lugar, se presentan las conclusiones derivadas de la investigación realizada, así como también las recomendaciones que se han llegado a precisar por el desarrollo del trabajo, en el cuál se presenta la realidad actual y las carencias que se tienen tanto en la parte tecnológica como en la parte económica, para la mejora de los sistemas de alerta temprana y así obtener un mejor tiempo de respuesta, tanto de la ciudadanía como de los entes a cargo de los diferentes procesos que se puedan generar por la emergencia.

ABSTRACT

The purpose of this document is to disclose the current state of the early warning systems in Ecuador, for the mitigation of natural disasters, based on interviews with experts from the Geophysical Institute of the National Polytechnic University, personnel in charge of the systems of INAMHI monitoring, INOCAR technicians, responsible for the monitoring of the Municipality of Canton Rumiñahui, personnel in charge of the risk management of the ECU911, as well as, recognized geological experts in the country.

Field visits were made, where it was possible to verify the status of the equipment used to collect data and monitor the different phenomena, as well as the monitoring centers run by the different organizations, where the information is collected and is processed to keep historical records that can be presented and, if applicable, issue the corresponding alert to the population.

We also investigated different projects that have been developed by universities, private and public companies, to mitigate the impacts of natural disasters in vulnerable areas, taking technological development as the main axis.

There is a theoretical introduction of early warning systems, their different definitions, importance, implementation and types that may exist. Also, you can find an extract of the different natural threats.

In addition, a summary of the legal framework is presented, in which reference is made to the articles, codes and regulations that establish guidelines and guidelines for proper Risk Management.

A compilation of information was made, of what is within the national territory, the early warning systems, the equipment that has been implemented or that are part of it, noting that certain places or areas have a greater number of equipment than others, making known the different aspects and realities, in regard to monitoring systems, as well as the deficiencies in the technological and economic part of governmental or private institutions for the development of these systems.

Finally, the conclusions derived from the research carried out are presented, as well as the recommendations that have come to be clarified by the development of the investigation, which presents the current reality and the shortcomings that are found, both in the technological part as in the economic part, for the improvement of the early warning systems and therefore obtain a better response time, both from the citizenship and from the entities in charge of the different processes that may be generated by the emergency.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Alcance	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Sistema de Alerta Temprana.....	6
2.2. Definiciones	7
2.3. Importancia de los Sistemas de Alerta Temprana.....	8
2.3.1. Consideraciones para la implementación de un SAT	9
2.4. Pasos Fundamentales de los Sistemas de Alerta Temprana	11
2.5. Tipos de Amenazas Naturales	13
2.5.1. Terremotos	14
2.5.2. Erupciones Volcánicas	15
2.5.3. Erupciones Efusivas	16
2.5.4. Deslizamientos	17
2.5.5. Inundaciones	19
2.5.6. Tsunamis	21
2.5.7. Huracanes	22
2.6. Tipos de Sistemas de Alerta Temprana.....	23
2.6.1. Sistemas de detección temprana de terremotos.....	23

2.6.2.	Sistemas de Detección de Erupciones Volcánicas	30
2.6.3.	Sistemas de Detección de Deslizamientos	42
2.6.4.	Sistemas de Detección de Inundaciones	49
2.6.5.	Sistemas de Detección de Tsunamis	55
2.6.6.	Sistemas de Detección de Huracanes	62

3. LEYES, INSTITUCIONES Y NORMATIVAS

ESTABLECIDAS EN ECUADOR ANTE

EMERGENCIAS	70
3.1. Organización estructural de CGR	70
3.1.1. El Plenario del CGR/COE Nacional	71
3.1.2. El Plenario del CGR/COE Provincial	72
3.1.3. El Plenario del CGR/COE Cantonal	73
3.1.4. Organismos a nivel Parroquial	74
3.2. Marco Legal y Reglamentos	74
3.2.1. Constitución de la República del Ecuador	75
3.2.2. Ley de Seguridad Pública y del Estado	77
3.2.3. Reglamento de la Ley de Seguridad Pública y del Estado	78
3.2.4. Código Orgánico De Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP)	80
3.2.5. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública	81
3.3. Instituciones Públicas	81
3.3.1. Secretaría de Gestión de Riesgos	81
3.3.2. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos	83
3.3.3. Ministerio de Coordinación de Seguridad	83
3.3.4. Instituciones Científico-Técnicas	84

3.4. ¿Cuándo y cómo se da una alerta a la población?	85
3.4.1. Declaración de Emergencia.....	86
3.4.2. Acciones y respuestas ante una alerta	87
4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS	
DE ALERTA TEMPRANA.....	91
4.1. Sistemas De Alerta Temprana Tectónico – Volcánicos	92
4.2. Sistemas De Alerta Temprana Oleajes Y Tsunamis.....	104
4.2.1. Proyecto spondylus	107
4.2.2. Proyecto roger	109
4.2.3. Proyector mosarg	113
4.2.4. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA.....	115
4.3. Sistemas De Alerta Temprana Climáticos E	
Inundaciones	120
4.3.1. Las Estaciones Meteorológicas	121
4.4. ECU911	127
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1. Conclusiones.....	137
5.2. Recomendaciones.....	140
REFERENCIAS	142
ANEXOS	154

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de Alerta de Tsunamis	6
<i>Figura 2.</i> Pasos Fundamentales de los SAT	11
<i>Figura 3.</i> Amenazas Naturales	13
<i>Figura 4.</i> Demostración de un terremoto	14
<i>Figura 5.</i> Instantánea del Volcán Tungurahua en erupción	15
<i>Figura 6.</i> Ejemplo de erupciones explosivas	16
<i>Figura 7.</i> Flujos y materiales producidos por erupción del Volcán Tungurahua	16
<i>Figura 8.</i> Flujos de lodo Panamericana Sur - Volcán Cotopaxi	17
<i>Figura 9.</i> Derrumbe carretera Baños-Penipe	18
<i>Figura 10.</i> Desbordamiento del río Damas – Alluriquín	19
<i>Figura 11.</i> Aguaje Salinas – Santa Elena – Ecuador	19
<i>Figura 12.</i> Desbordamiento Río Maravilla - Babahoyo – Ecuador	20
<i>Figura 13.</i> Tsunami Japón año 2011	21
<i>Figura 14.</i> Huracanes que afectaron el Caribe y parte de Norte América	22
<i>Figura 15.</i> Tipos de ondas sísmicas	24
<i>Figura 16.</i> Distribución de Terremotos alrededor de Japón desde 1960 al 2011	27
<i>Figura 17.</i> Ventana de Aviso de Terremoto - TV Japón	29
<i>Figura 18.</i> Descomposición en partes de la tierra	30
<i>Figura 19.</i> Volcán de Santa Margarita tipo loma	31
<i>Figura 20.</i> Volcán Cotopaxi - Ecuador - tipo montaña	32
<i>Figura 21.</i> Tipos de Erupciones	32
<i>Figura 22.</i> Isla Hawái, Volcán en erupción	33
<i>Figura 23.</i> Volcán Reventador - Reserva Coca Cayambe - Erupción 2013	33

<i>Figura 24.</i> Explosión de gases, Volcán Sarychev, Japón.....	34
<i>Figura 25.</i> Erupción Volcán Villarrica, Chile	34
<i>Figura 26.</i> . Volcanes con lagunas en sus cráteres.....	35
<i>Figura 27.</i> Erupción Volcán Mayon, Islas Filipinas	35
<i>Figura 28.</i> Volcán Tungurahua, Activo desde 1999, toma desde carretera Ambato-Baños	36
<i>Figura 29.</i> Partes principales de un volcán	36
<i>Figura 30.</i> Volcán Tungurahua- Magma viscoso - Tungurahua – Ecuador	37
<i>Figura 31.</i> Volcán Mauna Loa – Magma poco viscoso – Hawái.....	38
<i>Figura 32.</i> Ceniza, lapilli y bombas volcánicas emitidas en la erupción del Volcán Popocatépetl – México.....	38
<i>Figura 33.</i> Erupción Volcán Santa Helena – Flujo piroclástico - Mayo 1980 – EEUU.....	39
<i>Figura 34.</i> Emanaciones de Gases - Volcán Cotopaxi - Cotopaxi – Ecuador.....	39
<i>Figura 35.</i> Lahar Erupción Volcán Tungurahua 2006.....	40
<i>Figura 36.</i> Lahar reactivación proceso eruptivo Volcán Cotopaxi 2016.....	40
<i>Figura 37.</i> Deslizamientos laderas volcán Tungurahua - Carretera Baños-Penipe.....	41
<i>Figura 38.</i> Volcán Krakatoa	42
<i>Figura 39.</i> Deslizamientos de Tierras – Vía Guanujo – Hechendía – Enero 2016.....	42
<i>Figura 40.</i> Deslizamientos de tierra en la Provincia de El Oro	42
<i>Figura 41.</i> Esquema de un SAT para deslizamientos aplicado en Nicaragua	43
<i>Figura 42.</i> Deslizamiento producido por fuertes lluvias (Factor Natural)	44
<i>Figura 43.</i> Deslizamientos producidos por actividad humana	45
<i>Figura 44.</i> Geófonos para el monitoreo de deslizamientos Instituto	

Geofísico del Perú.....	49
<i>Figura 45.</i> Pluviómetro utilizado para la medición de precipitaciones	51
<i>Figura 46.</i> Escala limnimétrica - Marina de Guerra del Perú.....	51
<i>Figura 47.</i> Esquema de un pluviómetro.....	53
<i>Figura 48.</i> Radares meteorológicos	53
<i>Figura 49.</i> Estructura básica de un sistema global de telecomunicaciones de la OMM.....	54
<i>Figura 50.</i> Tsunami en Japón 2011	55
<i>Figura 51.</i> Tsunami Japón 2011	55
<i>Figura 52.</i> Formación de un Tsunami.....	56
<i>Figura 53.</i> Estaciones de Información del SAT de Tsunamis del Pacífico	57
<i>Figura 54.</i> Componentes de un sistema de Alerta de Tsunamis	58
<i>Figura 55.</i> Esquema de las componentes de un SAT para tsunamis.....	60
<i>Figura 56.</i> Tormenta Tropical Dorby – Caribe	62
<i>Figura 57.</i> Tormenta Tropical Danny – Caribe	63
<i>Figura 58.</i> Huracán Patricia - Costas Mexicanas	63
<i>Figura 59.</i> Categorías de los huracanes	64
<i>Figura 60.</i> Pasos para la implementación de un sistema de alerta temprana	67
<i>Figura 61.</i> Componentes de un SAT de observación de Huracanes.....	69
<i>Figura 62.</i> Organigrama Estructural del CGR/COE Nacional	71
<i>Figura 63.</i> Estructura Organizacional de un CGR/COE Provincial	72
<i>Figura 64.</i> Estructura Organizacional de un CGR/COE Cantonal	73
<i>Figura 65.</i> Estructura Organizacional de un CGR/COE Parroquial	74
<i>Figura 66.</i> Esquema Operativo de la SGR	82
<i>Figura 67.</i> Logotipos del IG-EPN y de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón	92

<i>Figura 68.</i> Clasificación de Volcanes Ecuador	94
<i>Figura 69.</i> RED JICA-Monitoreo Volcanes Cotopaxi y Tungurahua	95
<i>Figura 70.</i> Red Nacional de estaciones sísmicas.....	96
<i>Figura 71.</i> Red de Acelerómetros a Nivel Nacional.....	97
<i>Figura 72.</i> Mapa de interconexión por Fibra Óptica a través de Transelectric	99
<i>Figura 73.</i> Red central de enlaces microonda	100
<i>Figura 74.</i> Red Satelital.....	101
<i>Figura 75.</i> Equipos de Transmisión por radiofrecuencia	102
<i>Figura 76.</i> Interconexión de sensores a través de una red JICA.....	102
<i>Figura 77.</i> Red Analógica – UHF.....	103
<i>Figura 78.</i> Transmisión de la DATA a través de Internet.....	104
<i>Figura 79.</i> Red interna de telefonía	104
<i>Figura 80.</i> Placa de Nazca	105
<i>Figura 81.</i> Red meteorológica del INOCAR	106
<i>Figura 82.</i> Boyas Oceanográficas - INOCAR – Puerto Bolívar - El Oro	107
<i>Figura 83.</i> Sistema de observación y alerta temprana INOCAR - Noviembre 2017	108
<i>Figura 84.</i> Boya meteorológica con daños considerables - Salinas – Ecuador...	109
<i>Figura 85.</i> Planeador Oceanográfico Gliders - Equipo Técnico de ROGER.....	110
<i>Figura 86.</i> Temperatura - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos.....	111
<i>Figura 87.</i> Salinidad - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos.....	111
<i>Figura 88.</i> Densidad - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos.....	112

<i>Figura 89.</i> Fluorescencia - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos.....	112
<i>Figura 90.</i> Lecturas de la temperatura del mar - NOAA – INOCAR	114
<i>Figura 91.</i> Resumen Concentración de Clorofila - Modis – INOCAR	115
<i>Figura 92.</i> Ubicación de las Boyas para detección y monitoreo de Tsunamis en Ecuador	116
<i>Figura 93.</i> Estructura de una boya para la detección de tsunamis.....	117
<i>Figura 94.</i> Posicionamiento de Boya para la detección de Tsunami - Esmeraldas – Ecuador	118
<i>Figura 95.</i> Boyas Detección de Tsunami (Registro National Data Buoy Center)	119
<i>Figura 96.</i> Boya Esmeraldas / National Data Buoy Center.....	120
<i>Figura 97.</i> Estación Meteorológica Automática - Volcán Antisana	121
<i>Figura 98.</i> Red de Estaciones Meteorológicas – Ecuador.....	122
<i>Figura 99.</i> Red de estaciones Hidrometeorológicas INAMHI	124
<i>Figura 100.</i> Componentes de una estación aerológica (Radiosondeo).....	125
<i>Figura 101.</i> Red Hidrológica INAMHI	126
<i>Figura 102.</i> Sirenas de Alerta de Tsunamis instaladas en Esmeraldas	130
<i>Figura 103.</i> Provincias vulnerables del Ecuador	131
<i>Figura 104.</i> Componentes de un SAT para tsunamis – Ecuador	132
<i>Figura 105.</i> Componentes de una estación de alerta de Tsunamis	133
<i>Figura 106.</i> Mensajes de alerta emitidos a la ciudadanía por el ECU911	133
<i>Figura 107.</i> Difusión de alertas e identificación de lugares seguros.....	134
<i>Figura 108.</i> Sistema de Alerta Temprana para erupción del Volcán Cotopaxi	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción general de proyectos desarrollados sobre sistemas de prevención de desastres en el Ecuador	2
Tabla 2. Frecuencia de la sucesión de Terremotos.....	26
Tabla 3. Magnitud vs Movimiento y Energía Liberada.....	26
Tabla 4. Instrumentos de monitoreo de sismos de la Agencia Meteorológica de Japón:	28
Tabla 5. Estados de Alerta en el Ecuador	86
Tabla 6. Instituciones para brindar información oficial sobre la evolución de amenazas	87
Tabla 7. Monitoreo en estado normal o de reposo de una amenaza	87
Tabla 8. Esquemas de preparación y respuestas ante emergencias según el tipo de alerta	89
Tabla 9. Redes de Monitoreo del IG-EPN	92
Tabla 10. Redes de transmisión de data en el Instituto Geofísico:.....	98
Tabla 11. Estaciones Meteorológicas a cargo del INOCAR	106
Tabla 12. Tipos de estaciones convencionales existentes en el Ecuador	123
Tabla 13. Redes de estaciones automáticas.....	124
Tabla 14. Redes Hidrológicas:	127
Tabla 15. Entidades Públicas Coordinadas por el ECU 911	128
Tabla 16. Distribución de Sirenas en la Provincia de Esmeraldas	130
Tabla 17. Distribución de sirenas para alerta en el Ecuador	131

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador así como otros países de América, Asia y Oceanía, se encuentran rodeados por el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, debido a su situación geográfica están expuesto a varios fenómenos naturales, tales como: temblores, erupciones volcánicas, así como también, deslaves, tsunamis e inundaciones los cuales pueden producir daños parciales o totales a la población en general.

La aparición de este anillo de fuego, también conocido como cinturón de fuego, tiene como factor fundamental para su aparición de manera directa, a las placas tectónicas. El movimiento causado por las mismas, así como la colisión de estas, pueden provocar una liberación de energía suficiente, la cual puede provocar movimientos telúricos, los cuales al estar próximos a la costa de los diferentes países, pueden terminar convirtiéndose en tsunamis y dependiendo de la magnitud de la energía liberada se pueden considerar estos destructivos o inofensivos para las personas.

Por estos tipos de fenómenos naturales, es necesario contar con sistemas que alerten a los pobladores con anticipación, de los posibles acontecimientos naturales que se puedan presentar y así, de este modo, dar un aviso o poner en conocimiento del posible evento natural que se está suscitando o que ya se suscitó, a las poblaciones que se encuentren en las denominadas zonas de peligro.

Así también, en la actualidad se han desarrollado sistemas de alerta temprana (abreviatura en español - SAT), los cuales se han convertido en herramientas muy importantes para la reducción de impactos negativos y destructivos que se pueda tener dentro de las poblaciones vulnerables, estos también han servido para la preparación de las personas ante desastres naturales, fijando como único objetivo de los SAT el resguardar la seguridad e integridad de las personas que pudiesen estar expuestas a los diferentes peligros que se puedan generar.

La eficiencia de los SAT se basa principalmente en la determinación de los posibles riesgos que puedan existir alrededor de las zonas pobladas, así como, en la participación de la ciudadanía, por esta razón, la comunidad educativa ha

desarrollado proyectos para la mitigación, monitoreo y prevención de los desastres naturales que pueden acontecer en el país. A continuación, en la Tabla 1 se dan a conocer algunos de los proyectos de titulación que se han desarrollado en algunas Universidades del Ecuador, los cuales se han presentado únicamente como prototipos de estudio, pero estos, en su mayoría no han sido considerados por las autoridades nacionales ni por organizaciones locales para su implementación.

Tabla 1.

Descripción general de proyectos desarrollados sobre sistemas de prevención de desastres en el Ecuador

UNIVERSIDAD / TEMA / AÑO	CARACTERÍSTICAS
EPN / Sistema inteligente de alerta temprana para el caso de una ruptura de la presa SALVE FACCHA / 2005	Prototipo desarrollado para la transmisión de información a través de un dispositivo que identifica la señal de disparo de los sensores por medio inalámbrico, la cual trabaja a una frecuencia que oscila entre los 300 y 700Hz.
ESPOL / Diseño e implementación de un <i>datalogger</i> para transmisión de información en tiempo real / 2012	Utiliza sistemas de transmisión inalámbrica, obteniendo la información de sensores ubicados de manera remota para detectar precipitaciones de agua a través de una red GSM o GPRS, haciendo uso de los mensajes de texto cortos conocidos como SMS hacia un servidor central de la organización.
UISRAEL / Estudio y diseño de un SAT para gestionar emergencias, catástrofes y desastres naturales en coordinación con el COE, Defensa Civil y ECU911 en el DMQ / 2012	Este sistema utiliza para su funcionamiento radio frecuencia para la transmisión de las señales generadas por los sensores por medio de la tecnología RDS (<i>Radio Data System</i>).

PUCE / Diseño y construcción de un prototipo de sistema de sensores inalámbricos para alerta temprana de deslizamientos / 2013	Prototipo construido para la transmisión de señales entregadas por sensores inalámbricos para la generación de alertas de posibles deslizamientos, los cuales utilizan una red <i>ZigBee</i> para su funcionamiento.
UCUENCA / Sistema de detección de incendios forestales / 2014	Sistema desarrollado a través de redes inalámbricas, el cual utiliza sensores <i>ZigBee</i> y plataforma arduino para su monitoreo e interpretación de señales.
UTA / Sistema electrónico de alerta temprana de incendios forestales / 2016	Sistema desarrollado para alertar tempranamente sobre los posibles incendios forestales que se puedan suscitar, mediante el desarrollo de un aplicativo para el procesamiento digital de imágenes, las cuales son transmitidas mediante redes inalámbricas privadas tales como las redes: MAN, LAN, WIFI o WIMAX, este es un prototipo desarrollado para la Empresa Municipal del Cuerpo de Bomberos de Ambato.
EPN / Diseño de un sistema digital de monitoreo de lahares en tiempo real / 2012	Prototipo elaborado para el monitoreo en tiempo real de posibles lahares que puedan suceder, utilizando sistemas de transmisión inalámbrica a través de frecuencias UHF o VHF.

1.1. Alcance

Mediante el desarrollo de este proyecto se ejecutará una revisión bibliográfica exhaustiva de los diversos tipos de sistemas de alerta temprana existentes en el Ecuador, los cuales son utilizados para el monitoreo, prevención y alerta de desastres naturales tanto de erupciones volcánicas, tsunamis, temblores entre otros, y así, poder determinar cuál es el sistema que mejor se adapte en el Ecuador para su funcionamiento. Así también se realizará un análisis de las características técnicas de cada uno de ellos, funcionamiento, posicionamiento, entre otras, de tal forma que este trabajo sirva para redactar un artículo de investigación; con mira a su publicación en revistas científicas de la ingeniería.

Para lograr este objetivo se revisarán artículos, publicaciones, tesis, investigaciones, y demás información que se pueda encontrar en repositorios, obteniendo de esta manera la información necesaria que permita obtener una idea clara del tema a tratar.

1.2. Justificación

El no contar con información adecuada acerca de todos los proyectos que se ha desarrollado, así como de sus características y funcionalidades de los mismos es una limitante que se tiene actualmente, puesto que en el Ecuador recientemente se han suscitado diferentes acontecimientos naturales, los cuales han evidenciado que el país no cuenta con sistemas adecuados para la prevención y la emisión de alertas tempranas que ayuden a precautelar la integridad de las personas en las diferentes zonas, de esta manera se puede presumir que los sistemas actuales no cuentan con medios adecuados o actualizados para la transmisión de las señales.

Por los motivos anteriores se pretende realizar un análisis de los sistemas con los que el país cuenta actualmente para los diferentes acontecimientos naturales y de las acciones que se pueden realizar una vez presentados los mismos, enfocando la investigación en los medios de transmisión que se tiene para la captura de datos y posteriormente el análisis de los mismos, planteando una solución que pueda ayudar en la prevención de desastres, pues estos deben contribuir eficientemente para evitar las pérdidas de vidas, así como también, disminuir el impacto económico de las poblaciones vulnerables, que pueden ser afectadas por estos tipos de eventos destructivos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Revisar el estado del arte de los sistemas existentes de alerta temprana en el Ecuador, para el monitoreo y prevención de desastres naturales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar la información sobre los sistemas existentes de alerta temprana en el Ecuador y los prototipos que se han implementado de los mismos.

- Investigar los tipos de sistemas de alerta temprana implementados a nivel nacional para la prevención de desastres naturales.
- Realizar un análisis técnico de cada uno de los sistemas de alerta temprana que se han implementado en el territorio nacional.
- Consolidar la información obtenida para concluir el mejor sistema de alerta temprana existente o las mejoras que se pueden implementar en los mismos.

2. MARCO TEÓRICO

En los últimos años (2016 – 2017), en el Ecuador (Pedernales, Terremoto 7,8 Abril 2016) y en otros países como México (Chiapas, terremoto 8.2 Septiembre 2017 – Puebla, terremoto 7.1 Septiembre 2017, México 7.3 Noviembre 2017), Irak (Halabjah, Terremoto 7.3 Noviembre 2017), EEUU y el Caribe (Huracanes categoría 5 Irma y María), entre otros, han sido afectados por un sin número de desastres naturales de gran magnitud. Los organismos nacionales e internacionales para la prevención, monitoreo y reducción de riesgos han puesto un interés particular en realizar diseños e implementaciones de Sistemas de alerta temprana, realizando inversiones significativas para el desarrollo de estas tecnologías y en la capacitación de expertos para el uso de estas.

En el año 1997, la Naciones Unidas implemento una Guía de Principios para una Alerta Temprana Efectiva, donde declara que el objetivo de las alertas es:

Facultar a las personas y a poblaciones en riesgo provocado de manera natural o por el hombre, para que puedan actuar de manera eficiente y con un tiempo de anticipación, tal que se puedan reducir los posibles daños en lo que concierne a infraestructura, personas o medio ambiente.

En el Ecuador, actualmente el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, el Instituto Oceanográfico de la Armada, así como el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y otras instituciones privadas nacionales e internacionales, están a cargo o ayudan a realizar el monitoreo de las posibles eventualidades naturales que se puedan suscitar dentro del territorio nacional; así mismo el Estado Ecuatoriano está realizando inversiones a raíz de los últimos acontecimientos naturales suscitados en el país (abril 2016), tanto en equipamiento y mejora de los sistemas actuales de prevención y monitoreo,

como en la capacitación de las personas que pueden actuar directamente ante una emergencia, así mismo, se han realizado capacitaciones a las poblaciones que se ubican dentro de una zona de riesgo, y así, de esta manera poder realizar una mitigación en el impacto que puede tener con cualquier tipo de eventualidad que se pueda presentar o al ocurrir algún evento natural.

2.1. Sistema de Alerta Temprana

Un SAT está constituido por un grupo de dispositivos complejos, los cuales pueden ser configurados para generar alertas con un tiempo de antelación de los posibles eventos naturales que puedan acontecer en zonas predeterminadas y estas puedan causar desastres, con un único objetivo de evitar las posibles desgracias. Desde la terminología de la Gestión de Riesgo:

“Señala, que la magnitud o consideración que puede tener un desastre va de la mano de la función de la fuerza que puede tener el evento natural (o antrópico), así como del nivel de vulnerabilidad que puede tener la población ante el evento” (Ocharan, 2007)

Los eventos que se puedan presentar no necesariamente deben ser considerados un desastre, ya que un ciclón de escala alta, al chocar con toda su fuerza en una isla desierta no puede ser considerado un desastre, puesto que este no afectaría zonas pobladas o vulnerables; también un terremoto en la ciudad de Japón no causaría el mismo número de víctimas, que otro terremoto de la misma escale en la ciudad de El Salvador, puesto que la infraestructura con la que se cuenta en cada ciudad es diferente y los niveles de vulnerabilidad de las infraestructuras Japonesas ante este tipo de desastres naturales es de menor consideración que la que se puede encontrar en otras partes del mundo.



Figura 1. Sistema de Alerta de Tsunamis

Tomado de: (Comunicadores Gestión de Riesgos de Desastres, 2011)

En la Figura 1, se observa un ejemplo de un SAT, los cuales son diseñados por expertos y que pueden ser puestos en funcionamiento en perfiles costaneros para dar aviso a las poblaciones que se encuentren en las cercanías más próximas a la del posible evento natural que se pueda suscitar, emitiendo la alerta de una manera inmediata y así, disminuyendo el impacto que este pueda causar.

2.2. Definiciones

Federico Armién, técnico panameño define que: “Los sistemas de alerta temprana son un conjunto de procedimientos e instrumentos, por los cuales se realiza un monitoreo de alguna posible amenaza o evento adverso (natural o antrópico) que se pueda presentar, pudiendo ser este de carácter previsible, del cual se recolecta información y procesa, para realizar pronósticos o predicciones temporales sobre el comportamiento que puede tener y los posibles efectos que puedan causar. Gracias a la implementación de estos sistemas, millones de personas en el mundo han llegado a salvar sus vidas y sus medios de subsistencia”. (Armién, 2011)

Se define como: “Un sistema de alerta temprana al suministro de información oportuna y de manera eficaz por parte de instituciones identificadas, las cuales permiten identificar zonas vulnerables ante una amenaza de tipo natural, y así, poder tomar acciones para reducir el impacto de la misma o la preparación de las poblaciones para una respuesta efectiva”. (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2004)

José Valencia, ingeniero de la Politécnica Nacional del Ecuador define: “A un sistema de alerta temprana como una estructura de organizaciones o instituciones, las cuales son encargadas de proveer información oportuna y de manera eficaz para la toma de decisiones que se puedan dar ante un riesgo o amenaza. Estos organismos tienen la responsabilidad de preparar a la población para una respuesta más efectiva ante fenómenos naturales a los que son vulnerables”. (Valencia, 2013)

Se define también, como: “Un conjunto de estrategias necesarias para una difusión oportuna de alertas, para permitir a las personas, comunidades y organizaciones se organicen de tal manera, que puedan actuar de forma apropiada y con el tiempo suficiente ante cualquier situación que se pueda presentar y así, poder reducir los daños o pérdidas materiales o humanas que se puedan dar”. (Corrales, 2013)

Como definición general, se entiende que un sistema de alerta temprana está formado por un conjunto de equipos los cuales, pueden ser: acelerómetros, sismógrafos, GPS, pluviómetros, entre otros, quienes permiten conocer a los técnicos especializados sobre el comportamiento del posible evento natural que se pueda presentar, en cualquier tipo de escenario, ya sean estos: terremotos, tsunamis, derrumbes, erupciones volcánicas, entre otros, y de esta manera alertar o generar alertas a las poblaciones cercanas al posible acontecimiento y a las autoridades respectivas y así, estas puedan tomar las acciones correspondientes y solventar las necesidades que se hayan generado por la ocurrencia del evento, ya sea este natural o provocado por la influencia del hombre.

2.3. Importancia de los Sistemas de Alerta Temprana

Actualmente, la importancia de un SAT tiene como fundamento principal el dar a conocer de manera anticipada y con un alto nivel de certeza el tiempo y el lugar en que se puede presentar una amenaza o evento adverso de tipo natural o a su vez, algún tipo de eventualidad que se pueda presentar por la actividad humana, las cuales pueden desatar situaciones extremadamente peligrosas para la población en general.

La Eficiencia, así como eficacia de estos sistemas, se fundamentan en el conocimiento de la existencia de un posible riesgo, donde se cuenta con la participación de las comunidades y gobiernos en la capacitación constante de los pobladores y personal de emergencia de las zonas en riesgos, haciendo de este un factor indispensable en la prevención de catástrofes de mayor consideración.

Estos tipos de procesos tienen la facilidad de ser aplicables tanto a eventos naturales, como aquellos que pueden ser provocados por la actividad del hombre, y de ser el caso, por la interacción de ambos elementos, cuya característica principal radica en la vigilancia y monitoreo, las amenazas más comunes a las que se pueden aplicar un SAT se tiene como ejemplos a: deslizamientos de tierra, incendios forestales, huracanes, volcanes, tsunamis, Inundaciones y demás fenómenos atmosféricos que puedan existir.

2.3.1. Consideraciones para la implementación de un SAT

Dentro de las características que se deben considerar para diseño e implementación de un SAT existen algunos aspectos muy importantes, tal como, los elementos que van a suministrar la información, las estructuras donde se van a poner en funcionamiento, así como también, la capacitación de las personas a cargo de las emergencias y de los pobladores que pueden ser afectados por estos.

A continuación, se detallaran características principales para la implementación de un SAT:

2.3.1.1. Existencia y conocimiento del riesgo

Esta es considerada como la principal característica para la implementación de un SAT, pues se debe tener muy en cuenta el tipo de amenaza que se pueda presentar, así como los eventos peligrosos que se puedan detectar cerca a las poblaciones consideradas dentro de las zonas vulnerables, tipos de infraestructura en las zonas y recursos que pueden estar expuestos al impacto de estos fenómenos naturales que se pueden suscitar.

Para esto, se deben detallar a la perfección mapas de riesgo, puesto que de esta manera se pueden conocer las amenazas, vulnerabilidades y todos los elementos que se puedan presentar o se deben tomar en consideración para los posibles fenómenos naturales que se puedan presentar; de esta manera se puede realizar un estimando del daño parcial o potencial que se pueda tener en las zonas de influencia del evento natural o humano, y así, los departamentos encargados de la Gestión de Riesgos puedan establecer el tipo de SAT adecuado que se pueda utilizar en estas zonas.

2.3.1.2. Respaldo técnico e institucional

El respaldo técnico de las instituciones científico-técnicas es uno de los pilares fundamentales para la implementación de un SAT, así como para aquellas instituciones encargadas de la gestión de riesgos y desastres, pues el estudio, vigilancia, seguimiento y evaluación de los datos obtenidos de los cambios físicos o atmosféricos que se puedan presentar ante un posible evento natural, son analizadas por las autoridades y técnicos capacitados.

La participación de las autoridades locales es un componente esencial, pues estos tienen la responsabilidad de establecer las operaciones respectivas y tomar decisiones sobre las acciones que se deben seguir, ante la presencia de dichos eventos; y también aportar con los recursos necesarios los cuales pueden ser enfocados a la parte técnica, financiera y humana.

2.3.1.3. Comunicación y difusión

Otro punto estratégico que se debe considerar para la implementación de este tipo de sistemas es la comunicación y la difusión de las alertas, ya que, de esta manera, se puede motivar y concienciar a los pobladores de las zonas vulnerables, así como también a las autoridades, sobre las posibles amenazas existentes, vulnerabilidades, planes de contingencia a realizar, medidas de prevención que se puedan ejecutar para una reducción de riesgos ante cualquier desastre natural. Adicional a esto, también se debe considerar el tipo de difusión que tendrá el SAT, tanto para la transmisión de los datos, como para la generación de alertas hacia las autoridades, y estas a su vez, hacia la población en general.

2.3.1.4. Capacidad de respuesta

Otra consideración que se debe tomar muy en cuenta es la participación directa de las personas que viven en dentro de las zonas vulnerables, ya que estas deben contar con una organización adecuada y deben estar preparadas con sus respectivos planes de contingencia, para afrontar cualquier tipo de emergencia que se pueda presentar.

Pueden ser estos considerados como una pieza fundamental para la preparación de los pobladores, ya que aportan información valiosa para la ejecución de los respectivos planes de contingencia en lo que se refiere a la

gestión de riesgos y en el desarrollo de las comunidades que se encuentran en zonas vulnerables.

El estar preparados ante cualquier emergencia y contar con el respectivo apoyo y coordinación oportuna de las entidades encargadas de la gestión de riesgos y atención de emergencias, ayuda a tener una mayor efectividad en los tiempos de respuesta, mitigando los daños que se pueden causar, así como los riesgos que se puedan tener por efecto de los eventos naturales que se puedan presentar.

2.4. Pasos Fundamentales de los Sistemas de Alerta Temprana



Figura 2. Pasos Fundamentales de los SAT

Adaptado de: (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2004)

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), “En un SAT se incluyen tres elementos importantes, el conocimiento y mapeo de las amenazas, el monitoreo y predicción de eventos inminentes, la difusión de alertas y procesamiento de estas por las autoridades y la población”. (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2004)

- **El primer paso a considerar** se basa en el mapeo y conocimiento de las amenazas donde se debe plantear de forma regular la ubicación de la zona vulnerable y sus actualizaciones deben ser periódicas. De esta manera la población en general va a estar al tanto de las zonas potencialmente peligrosas y de las amenazas que se pueden presentar en las mismas.

- Actualmente, el cambio climático y las variables que se pueden presentar por el mismo dificultan el monitoreo de los fenómenos, pues estos se ven alterados en la mayor parte del mundo, el cambio de los patrones térmicos ha cambiado completamente el conocimiento que se ha adquirido de los ciclones y sequías, esto exige a los técnicos y científicos una actualización continua de los equipos y de los mapas sobre las zonas que pueden ser afectadas por estos.
- **El segundo componente**, se basa en el monitoreo de posibles cambios físicos que se puedan presentar y el pronóstico de eventos que se puedan suscitar; este paso se refiere a que necesita de una mayor dedicación de los recursos tanto técnicos como financieros; puesto que una vez que se identifica una posible amenaza, esta requiere de una vigilancia continua para mantener los datos actualizados sobre el comportamiento del fenómeno en esa zona.
- Al existir diferentes tipos de eventos naturales que pueden causar daño en diversas partes del mundo, hace que esta fase sea muy diversa en su forma de actuar, pues se debe considerar los equipos de monitoreo adecuados para cada tipo de amenaza, como por ejemplo, para las zonas afectadas por sequía los equipos para este tipo de monitoreo son generalmente de implementación lenta.
- Para otras amenazas, se deben considerar sistemas de implementación fácil y rápida, pues estos normalmente son asociados a los fenómenos de tipo atmosférico, como el del pronóstico meteorológico que puede ser un ejemplo fundamental para este caso.
- Para los eventos de tipo sísmicos, el margen de fluctuación suele ser mayor, aunque se están realizando avances en la tecnología para el monitoreo de este tipo de eventos, aún no se cuenta con equipos alrededor del mundo que puedan predecir con certeza, cuándo y dónde se puede producir uno.
- **En el tercer paso**, hace referencia a la de generación de alertas, pues este suele pasar normalmente del campo técnico-científico al político, puesto que la información que se logra obtener de los sistemas de monitoreo no suele tener un 100% de certeza, pues los equipos pueden

ser afectados por cuestiones externas (Animales, hombre, daños), y estas deben ser interpretadas por expertos en la materia y enviados a los responsables de las entidades nacionales para tomar la decisión en el caso de que se deba realizar una alerta a la población y de qué grado debe ser la misma.

La EIRD menciona que: “la toma de decisiones puede ser considerada como un componente adicional de un SAT, pues aunque esta parezca muy obvia de realizar, es difícil de conseguirla. Esta decisión no sólo puede ser política, sino que también son influenciadas por el desarrollo y mantenimiento de los sistemas u organizaciones de respuesta emergente” (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2004)

Para un mejor entendimiento, aunque los sistemas que alertan un desastre comprenden un conjunto de equipos e infraestructura; lo costoso en estos casos es la preparación y todos los insumos que se requieren para una evacuación en proporción a la amenaza y el poder ejecutar la misma.

2.5. Tipos de Amenazas Naturales



Figura 3. Amenazas Naturales
Tomado de: (Elina, 2015)

Como se puede observar en la Figura 3, se conoce como amenaza natural a aquellos elementos presentes en el medio ambiente que pueden causar algún peligro para el hombre y que son causadas por algún tipo de fuerza extraña a él. Un concepto más claro, se hace referencia primordialmente a los fenómenos atmosféricos que se puedan presentar, así como también a los de tipo hidrológicos, geológicos producidos por sismos y/o erupciones volcánicas, a

incendios que por su lugar, severidad y frecuencia, tienen la suficiente duración para afectar devastadoramente a ciertas poblaciones, al ser humano y animales en general.

Pese a que se hace referencia al término natural, este tipo de amenazas puede tener elementos de participación humana. Por ejemplo, cuando se presenta un evento físico tal como una erupción volcánica se puede considerar que esta no afecta al ser humano, y más bien se la puede denominar como un fenómeno natural y no una amenaza natural. Se considera un fenómeno natural cuando este ocurre en regiones pobladas y tiene una consideración de evento peligroso. Un evento peligroso en cambio puede causar daños fatales y/o serios más allá de una capacidad efectiva de respuesta ante un desastre natural.

2.5.1. Terremotos

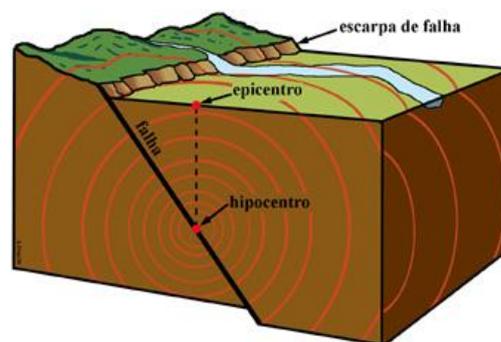


Figura 4. Demostración de un terremoto
Tomado de: (Gutiérrez, 2015)

Como se mira en la Figura 4, los movimientos telúricos pueden originar una liberación de energía considerable, debido a la tensión acumulada que se puede encontrar en una falla de la corteza terrestre. Los terremotos y los sismos producidos por erupciones volcánicas ocurren normalmente en las zonas donde chocan las placas tectónicas.

Los terremotos, por lo general presentan una serie de amenazas que pueden depender de la irregularidad en los intervalos de tiempo con los que se puedan presentar estos eventos, también puede hacer referencia a la falta de sistemas

que ayuden en el pronóstico de este tipo de fenómenos y a los riesgos que pueden estar relacionados con los siguientes puntos:

- El movimiento telúrico que se suscita más próximo a la tierra es una amenaza directa para las construcciones que se encuentran ubicadas cerca del epicentro del terremoto,
- Al suceder un evento de tipo telúrico de magnitudes considerables, se pueden desplomar edificios los cuales pueden causar daños en áreas densamente pobladas.
- Los derrumbes pueden ser causados o provocados por movimientos de tierra en áreas de topografía empinada con poca estabilidad de pendiente.
- La poca estabilidad de los suelos levemente inclinados o el desprendimiento de la misma por un movimiento sísmico de tierra causa la licuefacción de los suelos, estas pueden ser alguna de las amenazas geológicas más destructivas.
- La depresión de superficies o el hundimiento de tierras es el resultado del asentamiento de superficies no consolidadas. Estas generalmente ocurren en suelos propensos a inundaciones, aluviones y en materiales que pueden ser propensos para asentarse.
- Las olas de gran magnitud son consideradas como tsunamis, y estas normalmente son producidas por la actividad sísmica que se genera bajo el suelo del océano, las cuales en su mayoría pueden causar inundaciones en áreas costeras afectando ubicaciones a sitios lejanos al punto de epicentro.

2.5.2. Erupciones Volcánicas



Figura 5. Instantánea del Volcán Tungurahua en erupción
Tomado de: (Vistazo, 2016)

Como se observa en la Figura 5, el Volcán Tungurahua al igual que otros volcanes alrededor del mundo, son considerados como perforaciones de la corteza terrestre, que de donde en su mayoría dejan escapar a la superficie rocas fundidas y gases. Las amenazas volcánicas derivan de dos clases de erupciones:

2.5.2.1. Erupciones de tipo explosivas



Figura 6. Ejemplo de erupciones explosivas

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2016)

En la Figura 6, el Volcán Tungurahua en una de sus tantas erupciones, generó una erupción explosiva, estas normalmente se caracterizan por un rápido y precipitado expansión del gas, el cual es desprendido por las rocas fundidas que se aproximan a la superficie terrestre. Este tipo de explosiones pueden considerarse una amenaza al desparramar fragmentos de rocas y lava a distancias considerables desde el cráter del volcán.

2.5.3. Erupciones Efusivas



Figura 7. Flujos y materiales producidos por erupción del Volcán Tungurahua

Tomado de: (Diario El Universo, 2016)

En su mayoría, el tipo de amenazas que se puede encontrar en este tipo de erupciones es el flujo de materiales, como los que se pueden observar en la Figura 7, descartando las explosiones en sí. Los flujos generados por este tipo de erupción pueden variar por su naturaleza (fango, ceniza, lava), dependiendo de la cantidad y su origen, el cual puede provenir de distintas fuentes para su formación. Su afectación que puede tener está determinada por las condiciones topográficas, así como también, del ambiente que los rodea y la viscosidad del material.

La actividad volcánica, a su vez, puede desencadenar otros eventos naturales peligrosos, dependiendo de la ubicación del mismo. Puede terminar esta en la formación de tsunamis, cambios en los paisajes, inundaciones ya sean estos por embobamiento de arroyos y ríos, o a su vez, generando derrumbes provocados por temblores que se puedan presentar.

2.5.4. Deslizamientos



Figura 8. Flujos de lodo Panamericana Sur - Volcán Cotopaxi
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2015)

Por parte de la OEA, la define como:

“Término deslizamiento incluye derrumbe, caídas y flujo de materiales no consolidados”. (OEA - Organización de Estados Americanos, 2001)

Los deslizamientos como el que se puede observar en la Figura 8, pueden ser estos producidos a causa de terremotos, procesos de erupciones volcánicas, suelos saturados por lluvias fuertes, o simplemente por el aumento de aguas subterráneas, o a su vez, por el socavamiento de los ríos. Los movimientos en la tierra que se producen por un temblor crean condiciones peligrosas en

ambientes que pueden tener suelos saturados. Estos deslizamientos pueden catalogarse como peligrosos dependiendo de la frecuencia con la que se generen estos y las zonas que pueden ser afectadas por los mismos.

Existen distintas clases de deslizamientos, que a continuación van a ser explicados cada uno de estos:

- **Desprendimiento de rocas**, este tipo de fenómenos se caracteriza por la caída libre en acantilados o quebradas de las rocas. Generalmente estas se acumulan en las partes estrechas de los mismos formando un dique y siendo este una amenaza de consideración.
- **Derrumbes y Avalanchas**, este tipo de deslizamiento se caracterizan por el desplazamiento de cantidades grandes de material, el cual puede tener como origen a una falla de corte. El desplazamiento de material superficial se lo puede denominar hundimiento.
- **Flujos Laterales**, normalmente ocurren este tipo de fenómenos cuando no se tiene materiales recientes, o a su vez, estos no son consolidados en su parte superficial.

El impacto que se puede tener con este tipo de eventos, depende únicamente de la naturaleza específica que se pueda tener del desplazamiento, ya que el desprendimiento de rocas en quebradas o acantilados, puede ser un peligro para los seres humanos, pero esta puede ser considerada como una amenaza localizada, ya que el área de influencia es limitada.



Figura 9. Derrumbe carretera Baños-Penipe
Tomado de: (Diario El Universo, 2016)

Los derrumbes, como el que se observa en la Figura 9, las avalanchas, los flujos y las dispersiones laterales, por lo general, pueden abarcar áreas

extensas y, a su vez, estos pueden causar grandes pérdidas, tanto económicas como de vidas humanas; así mismo, los deslaves producidos por erupciones volcánicas, pueden alcanzar grandes distancias a velocidades relativamente considerables, siendo estas, las amenazas volcánicas más destructivas que pueden acontecer en estos.

2.5.5. Inundaciones



Figura 10. Desbordamiento del río Damas – Alluriquín
Tomado de: (Diario El Tiempo, 2016)

Existen dos tipos de inundaciones que se pueden presentar, estas pueden ser por desbordamientos de ríos, como el acontecido en la población de Alluriquín, el cual se observa en la Figura 10, que pueden ser a causa de excesivas y fuertes lluvias, y las inundaciones originadas en los perfiles costaneros, o las conocidas como inundaciones costaneras, son causadas por las olas de ciclones o corrientes de cuencas superiores.

2.5.5.1. Inundaciones Costeras



Figura 11. Aguaje Salinas – Santa Elena – Ecuador
Tomado de: (Ecuavisa, 2015)

Como se logra observar en la Figura 11, la presencia de olas de gran tamaño o conocidas también como ciclónicas, son producidas por un crecimiento fuera de lo normal del nivel del mar, estas pueden ser asociadas en algunas partes del mundo con huracanes, o como en el caso de nuestro país a la corriente del Niño.

Normalmente el nivel que tienen las aguas del mar, está controlado por los vientos que se generan en su momento, así como también de la presión atmosférica y componentes astronómicas, las olas, el fondo del mar y la topografía.

Las destrucciones que pueden causar los aguajes o también las olas ciclónicas se las puede atribuir tanto al impacto que tengan las mismas como los objetos que esta puedan encontrar en su frente. Los problemas más frecuentes que se pueden presentar del impacto directo de las olas sobre estructuras fijas pueden causar graves daños en las mismas y ser considerables, a diferencia de los impactos indirectos, pues estos pueden causar únicamente inundaciones y socavamientos de infraestructuras.

2.5.5.2. Desbordamiento de Ríos



Figura 12. Desbordamiento Río Maravilla - Babahoyo – Ecuador
Tomado de: (Diario El Telégrafo, 2015)

Normalmente el desbordamiento de los ríos, sucede cuando estos exceden en la capacidad que tienen los canales por donde circulan los mismos, estos son considerados como un tipo de fenómeno natural y pueda que la ocurrencia de los mismos sea en intervalos de tiempos diferentes en zonas distintas a lo largo de la cuenca del río.

El establecimiento de personas en zonas planas o la construcción de infraestructuras cercanas o por encima de los ríos, representan un peligro y causar daños como se puede observar en la Figura 12 y también la muerte, tanto de personas como de animales, por lo que no es aconsejable realizar construcciones o habitar en estos lugares.

2.5.6. Tsunamis



Figura 13. Tsunami Japón año 2011
Tomado de: (SINC - La ciencia es noticia, 2013)

En la Figura 13 se observa un tsunami suscitado en Japón en el año 2011, estas olas son de gran duración y normalmente son producidas por terremotos, actividades volcánicas o derrumbes que se puedan presentar en el suelo marítimo; estas pueden alcanzar grandes tamaños los cuales pueden exceder los 25 metros de altura cuando se acercan a lugares de aguas poco profundas como en los perfiles costaneros.

Los tsunamis tienen características únicas, las olas pueden alcanzar una distancia de 100 km o más de longitud y en aguas profundas pueden alcanzar velocidades de hasta 700 km/h, con alturas de crestas pequeñas en aguas

profundas, por lo que normalmente estas pueden ser difíciles de detectar a simple vista y monitorearlas con equipos básicos. Las inundaciones o daños que pueden causar estos eventos naturales pueden llegar a ser considerables y hasta fatales, dependiendo de la fuerza con la que se puedan haber generado.

2.5.7. Huracanes



Figura 14. Huracanes que afectaron el Caribe y parte de Norte América
Tomado de: (Animal Politico, 2017)

En la Figura 14, se puede observar los últimos huracanes que afectaron la zona del Caribe y América del Norte, especialmente a los países de Cuba, Puerto Rico, Haití, San Bartolomé, San Martín, entre otros, estos tipos de fenómenos naturales son causados por cambios atmosféricos tropicales que se presentan como tormentas fuertes, y que son caracterizadas por la presencia de vientos con velocidades altas y fuertes oleajes. Normalmente estos se producen en aguas oceánicas cálidas a bajas latitudes y son considerados de alto peligro por el potencial destructivo que pueden tener; ya que su origen puede presentarse de manera espontánea y de sus movimientos pueden ser erráticos.

Los fenómenos que normalmente se producen con este tipo de cambios atmosféricos o se encuentran asociados a los huracanes son:

- Estas tormentas pueden tener vientos que superan los 64 nudos "medida de potencia de un huracán" (74 mi/h o 119 km/h). Entre los

posibles daños que se pueden encontrar con estos acontecimientos son estructuras fijas averiadas, así como también daños en las mismas por los objetos que son desprendidos y vuelan sin sentido.

- También se pueden encontrar fuertes lluvias con una duración de varios días, las cuales se pueden presentar antes y después de la formación del huracán. El nivel que pueden llegar a tener estas precipitaciones depende netamente de la humedad ambiental, velocidad y magnitud. Estas precipitaciones pueden causar inundaciones y saturaciones de los suelos, como consecuencia de la basura que se genera, así mismo este evento puede ser causante de derrumbes superficiales, o a su vez, causar daños en cultivos.
- Otro factor de consideración son las olas ciclónicas, ya que estas, al combinarse con las mareas altas, pueden llegar a inundar fácilmente las zonas bajas las cuales pueden carecer de protección.

2.6. Tipos de Sistemas de Alerta Temprana

Las Amenazas Naturales pueden generarse a través de varios eventos de tipo natural los cuales pueden afectar parcial o totalmente a la población a nivel mundial, por esta razón, en todas partes del mundo se han implementado sistemas para monitorear el desarrollo de estos eventos y disminuir el impacto que pueden tener en las poblaciones.

Estos sistemas han sido desarrollados específicamente para realizar el monitoreo de un acontecimiento en específico, de esta manera, el dato que se puede obtener del sistema puede llegar a ser más confiable.

Los sistemas que se han desarrollado para el monitoreo de las amenazas naturales pueden ser los siguientes:

2.6.1. Sistemas de detección temprana de terremotos

Para lograr un mejor entendimiento de los sistemas de detección de terremotos que se puedan suscitar, primero vamos a conocer un poco más a profundidad de ¿Qué es un terremoto?

Como se conoce, la corteza terrestre se divide en placas conocidas normalmente como placas tectónicas, el choque de estas placas hace que se

originen los sismos o terremotos dependiendo de la magnitud con la que se produzca estos eventos.

El punto donde se origina un sismo o terremoto es conocido como hipocentro, mientras que el punto en la superficie de las capas tectónicas se lo conoce como epicentro.

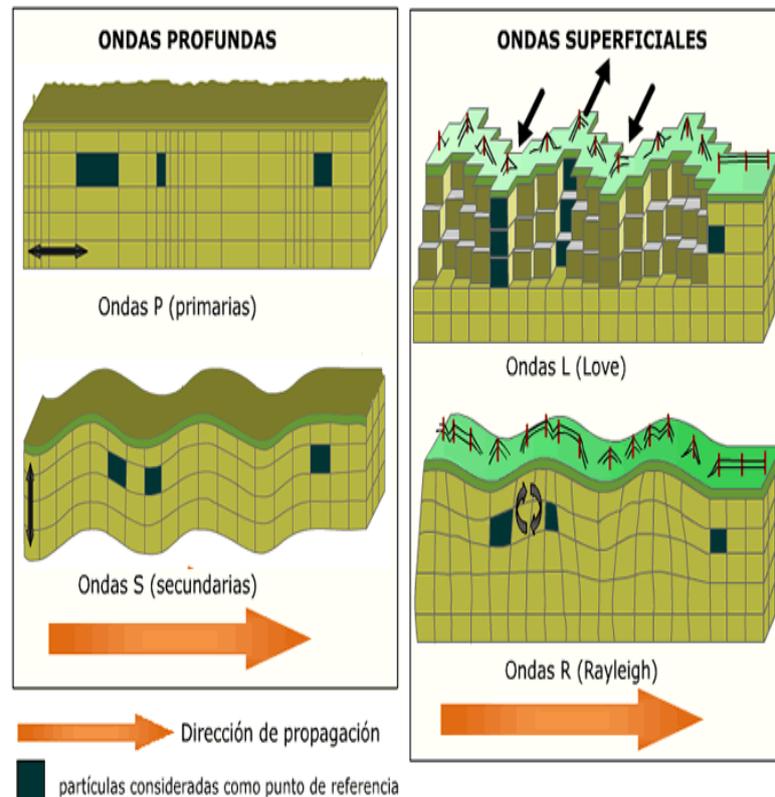


Figura 15. Tipos de ondas sísmicas
 Tomado de: (E-DUCATIVA, 2017)

Como se observa en la Figura 15, existen diferentes tipos de propagación de un sismo a través de ondas, estas se pueden clasificar dependiendo de su característica y en la forma de atravesar el terreno.

- **Ondas Longitudinales u Ondas P**, son las primeras ondas que se propagan al suscitarse un sismo y estas pueden alcanzar una velocidad de hasta 13 Km/s, estas ondas son las primeras en detectarse luego de haberse producido estos eventos; estas ondas al viajar o atravesar por el interior de la tierra no son consideradas peligrosas.

- Luego de las ondas primarias, se producen las **Ondas Transversales u Ondas S**, estas viajan a una velocidad inferior a las ondas P, por lo que alcanzan la superficie terrestre posteriormente. Estas ondas se producen de arriba hacia abajo y de un lado a otro, lo que significa que el movimiento que se produce en la superficie del suelo es vertical y/o horizontal. Estos movimientos son los responsables de causar daño en las construcciones cercanas al epicentro.
- Las **Ondas Love u Ondas L**, son ondas similares a las ondas S, la diferencia que radica en que estas ondas son movimientos restringidos a los intervalos de interacción entre las capas de la superficie terrestre existentes, estas ondas por lo general viajan a una velocidad superior que las ondas Rayleigh.
- Las **Ondas Rayleigh u Ondas R**, estas ondas tienen como característica su movimiento, pues estos son movimientos verticales parecidos al que se encuentra en las olas del mar, estas ondas son superficiales y su velocidad es inferior al de las ondas internas.

Una vez entendidos los posibles movimientos u ondas que pueden relacionarse a un sismo o terremoto, vamos a conocer como es el *United States Geological Survey (USGS)*, o Servicio Geológico de los Estados Unidos en español, indica que:

“Varios millones de terremotos se producen en el mundo cada año y que muchos de estas no son detectados, pues ocurren en zonas remotas o son estos de muy baja intensidad.

Conforme ha pasado el tiempo y la evolución de la tecnología ha ido incrementando a pasos agigantados, se está instalando más redes de sismógrafos alrededor del mundo, por lo que ahora es fácil detectar y localizar alrededor de 20000 terremotos en un año” (United States Geological Survey, 2016)

A continuación en la Tabla 2 se detalla en un recuadro de estadísticas con la frecuencia que se han producido los terremotos con registros que se han obtenido desde el año 1900 y estimaciones de los mismos.

Tabla 2.

Frecuencia de la sucesión de Terremotos

MAGNITUD	PROMEDIO ANUAL
8 o más	1 (basado en registros de 1900)
7 – 7,9	17(basado en registros de 1900)
6 – 6,9	134 (basado en registros de 1990)
5 – 5,9	1319 (basado en registros de 1990)
4 – 4,9	13,000 (estimados)
3 – 3,9	130,000 (estimados)
2 – 2,9	1,300,000 (estimados)

Tabla 3.

Magnitud vs Movimiento y Energía Liberada

AUMENTO DE GRADO	MOVIMIENTO DE SUELO	ENERGÍA LIBERADA
1.0	10.0 veces	Alrededor de 32 veces
0.5	3.2 veces	Alrededor de 5.5 veces
0.3	2.0 veces	Alrededor de 3 veces
0.1	1.3 veces	Alrededor de 1.4 veces

En la Tabla 3, se ilustra que un terremoto como el sucedido en Ecuador de magnitud 7.8, produjo 10 veces más movimiento del suelo, que uno de menor magnitud, y que también liberó este 32 veces más la energía en su momento; la energía liberada se puede entender de una mejor manera como el alcance destructivo que tiene el terremoto.

Entendido el proceso de las ondas que se generan y el detalle de cada una de estas, se conocerá los sistemas que se han implementado para el monitoreo y registro de estos eventos naturales que se producen alrededor del mundo.

Como se puede observar en la Figura 16, uno de los países con más desarrollo y conocimiento que ha aportado al mundo, en lo que se refiere al monitoreo y conocimiento que ha aportado al mundo, en lo que se refiere al monitoreo y registro de movimientos telúricos; y demás, en eventos naturales que se puedan presentar dentro y fuera de su región es Japón.

La *Japan Meteorological Agency* (JMA), es una organización que:

“Centra sus esfuerzos en el monitoreo del ambiente terrestre y la predicción de fenómenos naturales relacionados con la atmósfera, los océanos y la tierra, así como en la realización de investigaciones y desarrollo técnico en campos afines; participando también en actividades de cooperación internacional en materia de meteorología y sismología para cumplir con las obligaciones internacionales del Japón y para promover asociaciones con los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales, así como con varios organismos internacionales relacionados”. (Japan Meteorological Agency, 2017)

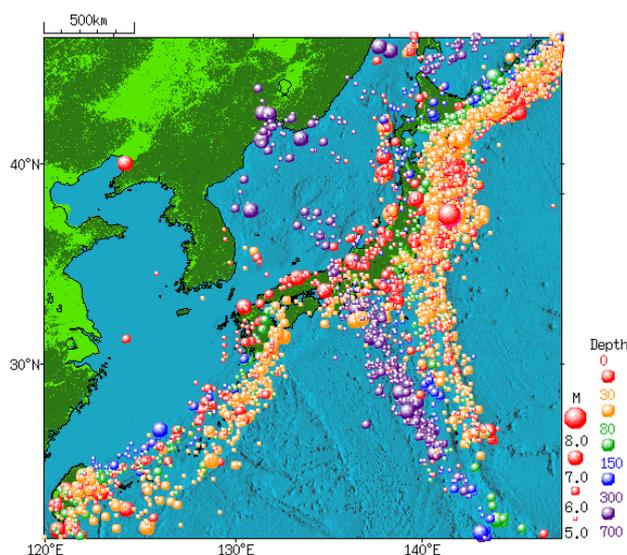


Figura 16. Distribución de Terremotos alrededor de Japón desde 1960 al 2011 Tomado de: (Agencia Meteorológica de Japón, 2015)

La JMA tiene en su administración una red de observación de terremotos. En la Tabla 4 se observa un resumen de la instrumentación más relevante con la que cuenta Japón para el monitoreo de fenómenos sísmicos que se puedan

presentar alrededor de su región, los cuales también son utilizados en cooperación con otras instituciones internacionales para el monitoreo de los movimientos telúricos que se puedan presentar alrededor del mundo.

Tabla 4.

Instrumentos de monitoreo de sismos de la Agencia Meteorológica de Japón:

Red de monitoreo de terremotos de la JMA	
Sismógrafos	3000
Medidores de intensidad sísmica	600
Medidores de intensidad sísmica (Gobiernos locales, NIED)	3600

Este país cuenta con dos SAT's de terremotos, los cuales alertan a usuarios avanzados y al público en general, estos sistemas realizan un análisis de las ondas P producidas por los sismos de forma automática, prediciendo de esta manera el área de epicentro y a su vez generando una alerta para las personas que se encuentran en las inmediaciones del mismo. Las alertas de terremotos son generadas y difundidas a través de las televisoras y radiodifusoras únicamente cuando estos tengan una magnitud considerable (Sobrepasan los 5 Grados en la escala de Richter), también cuentan con alertas de Tipo Predicción, estas son las alertas que se emiten a usuarios avanzados y son emitidas cuando sobrepasan los 3 Grados en la escala de Richter o a su vez cuando la aceleración que pueda producir el mismo supere los 100 gales (1 gal=0.98 cm/seg²).

En lo que se refiere a televisión abierta las alertas son emitidas a través de ventanas informativas las cuales muestran un mensaje y reproducen un sonido simultáneamente de campanas.



Figura 17. Ventana de Aviso de Terremoto - TV Japón
Tomado de: (CristaLab, 2011)

“Esta es una advertencia temprana de terremoto. Por favor, prepárese para un temblor de gran alcance.

(緊急地震速報です。強い揺れに警戒して下さい。) KinkyūJishinSokuhōd esu . Tsuyoiyurenikeikai shite kudasai). (Fandom, s.f.)

En televisión digital, la transmisión de la señal se lo realiza en 13 segmentos, 12 son utilizados para la transmisión de la señal de televisión en alta definición y el último segmento de este, denominado como “1-seg” es utilizado para la difusión de mensajes de alerta a los diferentes dispositivos que tienen la capacidad de recibir esta señal como se observa en la Figura 17, teniendo la capacidad de encender los dispositivos que se encuentren apagados o permite que estos dispositivos enciendan alguna luz de alerta que tengan para este tipo de alertas, así de esta manera los habitantes que estén dentro de las zonas amenazadas por este tipo de evento natural, pueden buscar algún tipo de protección o buscar la ayuda que necesiten en ese instante.

Luego del devastador terremoto sucedido en Kobe-Japón en el año de 1995, en el cual fallecieron alrededor de 6400 personas, la Agencia Meteorológica de Japón, comenzó la implementación y desarrollo de nuevas tecnologías para la

emisión de alertas sobre los diferentes eventos naturales que se puedan presentar dentro del perímetro nacional, así es que JMA realiza también el envío de estas alertas a través de mensajes de texto, este sistema funciona por el método de difusión por celda, este tiene la capacidad de enviar mensajes a millones de dispositivos que se encuentren en las regiones de peligro o donde se haya detectado algún tipo de actividad inusual, las personas no tienen necesidad de registrarse o realizar algún tipo de seguimiento, también este servicio lo pueden recibir personas que cuenten con *roaming* activado y se encuentren dentro de las zonas vulnerables por el evento natural.

De esta manera y pese a las adversidades que han tenido que pasar los pobladores de este país, Japón se ha convertido en uno de los pioneros en el desarrollo de este tipo de tecnologías para la emisión de alertas hacia la ciudadanía y evitando de esta manera que los eventos naturales de tipo sísmico, afecten considerablemente a la población, así como también a las edificaciones.

2.6.2. Sistemas de Detección de Erupciones Volcánicas

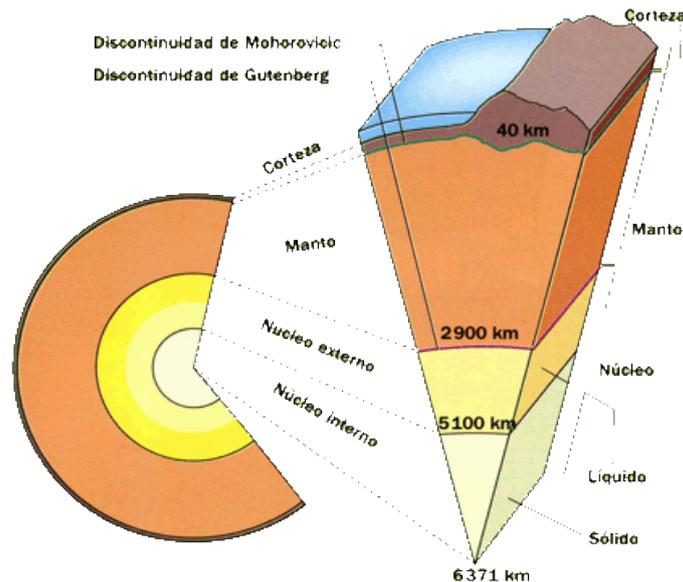


Figura 18. Descomposición en partes de la tierra
Tomado de: (Biblioteca de Investigaciones, 2014)

Como se sabe, la tierra en su estructura interna Figura 18, está dividida en tres regiones, las cuales se describen a continuación:

- Corteza: es una capa relativamente delgada comparada con el diámetro de la tierra, donde se encuentran los océanos, la atmósfera, los continentes y el fondo marino.
- Manto terrestre: Está constituida por una gruesa capa de material rocoso.
- Núcleo: ubicado en la parte central de la tierra, este está conformado por dos capas, internamente de constitución sólida y una externa compuesta por fluidos.

La mayoría de los fluidos que se encuentran por debajo del manto terrestre son los que cambian sus composiciones, y al cambiar estos su estado, son más densos que los materiales existentes a su alrededor y tienen a salir de forma de roca líquida o normalmente conocida como Magma, este tipo de material tiende a acumularse en la corteza terrestre formando las conocidas cámaras magmáticas o recipientes.

El material acumulado en estas cámaras tiende a salir a la superficie fracturando la roca o por erosión de la misma que se encuentra en la parte superior de las cámaras por lo cual toma el nombre de roca volcánica intrusiva. Para otros casos, el magma puede salir a la superficie produciendo una erupción volcánica a través de montañas u orificios que se han generado en alrededor del mundo, para así, de esta manera enfriar al núcleo y otras partes internas de la tierra.



Figura 19. Volcán de Santa Margarita tipo loma
Tomado de: (BETA - Inforural, s.f.)

Para poder alcanzar un mejor entendimiento, se considera que un volcán es un punto de desfogue de material magmático y/o sus derivados, este pudo haber tomado su forma por los diferentes materiales emitidos en anteriores erupciones o como normalmente se dibuja a lo largo de la cordillera de los Andes, grandes estructuras en formas de loma o montañas, como se ve en la figura 19 y 20.



Figura 20. Volcán Cotopaxi - Ecuador - tipo montaña
Tomado de: (Teleamazonas, 2015)

Existen varias formas de clasificar a los volcanes en la Figura 21, se lo hace por la temperatura del magma, cantidad de productos volátiles, fluidez y viscosidad de la lava, los tipos de erupciones que se pueden presentar son los siguientes:

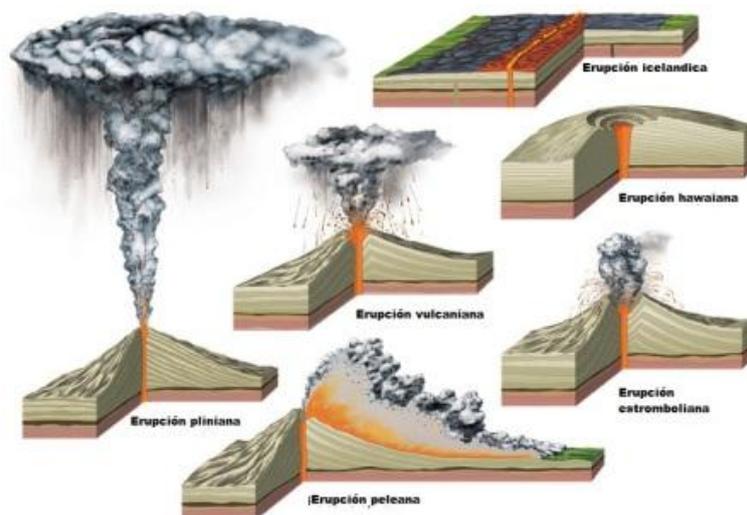


Figura 21. Tipos de Erupciones
Tomado de: (Volcanpedia, s.f.)

2.6.2.1. Hawaiano

La característica principal en este tipo de volcanes es que el magma o lavas que salen de este son muy livianas y fluidas, por lo general estos volcanes no producen explosiones con gases o materiales varios, su lava fluye contantemente cuando esta supera el borde del cráter, formando de esta manera pequeños riachuelos de lava. Como se observa en la figura 22.



Figura 22. Isla Hawái, Volcán en erupción
Tomado de: (Imagexia, 2014)

2.6.2.2. Estromboliano

La lava que se puede presentar en este tipo de eventos es fluida, con la característica que son acompañados de explosiones por el desprendimiento de gases. Esta lava no alcanza grandes distancias como las de tipo Hawaiano. En el Ecuador se tiene como ejemplo de este tipo al volcán Reventador el cual se puede observar en la Figura 23.



Figura 23. Volcán Reventador - Reserva Coca Cayambe - Erupción 2013
Tomado de: (Las Mejores Fotografías del Mundo, 2013)

2.6.2.3. Vulcaniano

Este tipo de volcanes desprende una gran cantidad de gases como se observa en la Figura 24, su lava se consolida con rapidez y de esta manera se producen explosiones fuertes, produciendo grandes cantidades de ceniza que son enviadas kilómetros hacia la atmosfera.



Figura 24. Explosión de gases, Volcán Sarychev, Japón
Tomado de: (LaReserva, 2009)

2.6.2.4. Vesubiano

También son conocidos como PLINIANOS, caracterizados por la presencia de explosiones violentas producidas por los gases, las cuales forman nubes ardientes, las cuales al enfriarse, se precipitan hacia la tierra en forma de ceniza, como antecedente de este tipo de erupciones y de la cual se toma el nombre se tiene la erupción del volcán Vesubio, el cual oculto ciudades enteras como la de Pompeya y Herculano. En Sudamérica se encuentra el volcán Villarrica en Chile, como se observa en la Figura 25.



Figura 25. Erupción Volcán Villarrica, Chile
Tomado de: (Telesur, 2015)

2.6.2.5. FREATOMAGMÁNICO

Son volcanes ubicados en aguas poco profundas, mares y lagos, la característica de este tipo de volcanes es que pueden tener lagunas en el interior de su cráter, como el caso de los volcanes Quilotoa y Quicocha en Ecuador, los cuales se pueden observar en la Figura 26, las erupciones que pueden presentarse son extremadamente peligrosas, pues se tiene sumas de energía, tanto del volcán como la del vapor que se genera por el calentamiento violento del agua existente en el cráter.



Figura 26. Volcanes con lagunas en sus cráteres
Adaptado de: (Ministerio de Turismo - Ecuador, 2014)

2.6.2.6. PELEANO

Su magma es muy viscosa y se consolida rápidamente, por esta razón las explosiones que puede presentar por los gases atrapados en el interior de la montaña son muy fuertes, y el tapón formado por la condensación del magma es lanzado con una gran fuerza y poder de destrucción, un gran ejemplo que se tiene de este tipo de erupciones se lo puede ver en la Figura 27.



Figura 27. Erupción Volcán Mayon, Islas Filipinas
Tomado de: (Vista al Mar, 2015)

Se debe considerar también que ningún volcán es similar a otro, puesto que algunos han tenido erupciones recientes o hace muchos años atrás, y otros mantienen una expulsión de lava constante, como son el caso de algunos volcanes activos en la isla de Hawái o como es el caso del volcán Tungurahua en Ecuador, el cual se observa en la Figura 28.



Figura 28. Volcán Tungurahua, Activo desde 1999, toma desde carretera Ambato-Baños

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, 2012)

Para entender cómo funcionan los diferentes tipos de sistemas para la predicción o alerta de erupciones volcánicas, se debe conocer la estructura de un volcán y las diferentes variaciones que se puedan presentar en él, ante una posible erupción.

Entre las partes más importantes de un volcán como se observa en la Figura 29 están:

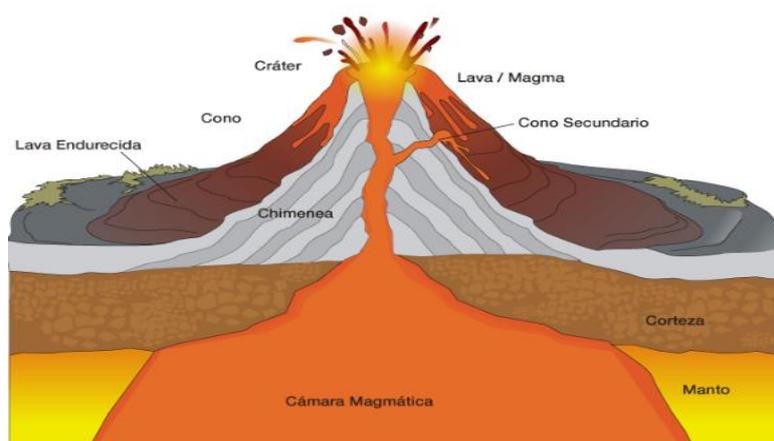


Figura 29. Partes principales de un volcán

Tomado de: (FullCiencia.com, 2010)

- CRATER, normalmente conocida como la abertura que tiene un volcán hacia la parte exterior, este tiene forma de embudo y normalmente se encuentra ubicado en la parte superior del edificio volcánico.
- CHIMENEA, ducto que comunica con la cámara magmática con el exterior de la montaña.
- CÁMARA MAGMÁTICA, zona donde se acumula el magma y desde donde salen todos los materiales volcánicos hacia el exterior.

Entre los peligros existentes de las erupciones que se pueden encontrar se tiene las siguientes:

- MAGMA, dependiendo de la viscosidad de la lava, esta seguirá un camino acorde a la topología del lugar y podrá alcanzar grandes velocidades al igual que grandes distancias, como el volcán Tungurahua en Ecuador que su lava no alcanza grandes distancias, a diferencia del volcán Manua Loa uno de uno ubicado en Hawái que puede recorrer una distancia considerable hasta alcanzar el mar, como se observa en las figuras 30 y 31.



Figura 30. Volcán Tungurahua- Magma viscoso - Tungurahua – Ecuador
Tomado de: (Turismo, Ambiente y Transporte Aereo, 2010)



Figura 31. Volcán Mauna Loa – Magma poco viscoso – Hawái
Tomado de: (Mardones, 2015)

- CENIZA, este material es producto de las explosiones que se generan en los volcanes en proceso de erupción, son productos de la mezcla de diferentes gases y sólidos de diversos tamaños. Estos materiales toman un nombre dependiendo del tamaño que lleguen alcanzar, tales como ceniza, lapilli o bombas como se observa ejemplos de los mismos en la Figura 32.



Figura 32. Ceniza, lapilli y bombas volcánicas emitidas en la erupción del Volcán Popocatépetl – México
Tomado de: (Equipo8, 2012)

- **FLUJOS PIROCLÁSTICOS**, este tipo de flujos son una mezcla de gases y partículas sólidas que se desplazan a temperaturas elevadas alzando temperaturas como los 700°C, al igual estos flujos pueden llegar velocidades de hasta los 550Km/h. A continuación en la Figura 33 se podrán observar la magnitud que pueden llegar a tener estos flujos.



Figura 33. Erupción Volcán Santa Helena – Flujo piroclástico - Mayo 1980 – EEUU

Tomado de: (EarthSpeaking, 2015)

- **EMANACIONES DE GASES**, los componentes principales de estas emanaciones provienen del magma y otros elementos que se encuentran dentro de las cavidades de un volcán, como vapor de agua, dióxido de carbono, dióxido de azufre, entre otros, estos gases son expulsados hacia la atmosfera por fuertes explosiones a grandes velocidades y a temperaturas elevadas. Estos gases pueden escaparse también por pequeñas fisuras en la corteza de la estructura volcánica dando lugar a las conocidas fumarolas. Actualmente en el país, el volcán Cotopaxi ha presentado emanaciones de gases constantes, las cuales se pueden observar en la Figura 34.



Figura 34. Emanaciones de Gases - Volcán Cotopaxi - Cotopaxi – Ecuador

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2016)

- LAHARES, son normalmente avalanchas de material volcánico que no ha logrado consolidarse, específicamente la ceniza junto con el agua son los principales componentes, al bajar estos por las quebradas de la estructura volcánica, van llevando consigo todo tipo de residuos como piedras, troncos, etc., que encuentran en su camino.



Figura 35. Lahar Erupción Volcán Tungurahua 2006

Tomado de: (The Pale Blue Dot, 2015)

Este tipo de lahares ocurre normalmente cuando se tiene presencia de lluvias fuertes, deshielo de glaciares o nieve que puede existir en la parte, o su vez cuando se tiene agua en el cráter, como podría producirse en el Volcán Quilotoa, cabe mencionar que este tipo de fenómenos no siempre se produce cuando hay erupción de un volcán, si no por otros agentes externos. Un ejemplo de este tipo de acontecimientos, se pudieron evidenciar en las erupciones del volcán Tungurahua en el 2006 *Figura 35* y en el volcán Cotopaxi cuando reactivó su proceso eruptivo en el 2016 en la *Figura 36*.



Figura 36. Lahar reactivación proceso eruptivo Volcán Cotopaxi 2016

Tomado de: (Diario El Comercio, 2016)

- DESLIZAMIENTOS DE LADERAS, estos pueden producirse por el derretimiento repentino del glaciar del volcán, por las lluvias o a su vez, por los materiales que son desprendidos por el volcán, también son producidos por la erosión de la tierra, normalmente este tipo de fenómenos arrastra todo los materiales que pueda encontrar en su camino causando daños considerables a las localidades cercanas al mismo, un ejemplo en nuestro país se lo puede observar en la Figura 37 a continuación, por el deslizamiento de una ladera del volcán, se quedaron incomunicadas algunas poblaciones como Penipe.



Figura 37. Deslizamientos laderas volcán Tungurahua - Carretera Baños-Penipe

Tomado de: (Diario El Universo, 2016)

- TSUNAMIS, no se producen frecuentemente este tipo de fenómenos, pero son capaces de desplazar grandes cantidades de agua y generar olas similares a las de un tsunami, las cuales pueden tener un gran poder de destrucción. Un ejemplo de este tipo de fenómenos se dio en Indonesia por la erupción del volcán Krakatoa (Krakatau), en agosto de 1983 como se ve en la Figura 38, la cual causó daños considerables en algunas poblaciones de las islas Java y Sumatra.



Figura 38. Volcán Krakatoa

Tomado de: (GEOEnciclopedia, 2016)

2.6.3. Sistemas de Detección de Deslizamientos



Figura 39. Deslizamientos de Tierras – Vía Guanujo – Hechendía – Enero 2016

Tomado de: (Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2016)

Los deslizamientos como los que se pueden observar en las Figuras 39 y 40, regularmente están compuestos por rocas, materiales artificiales, suelos, o una combinación de los mismos, normalmente este tipo de fenómeno natural se produce a lo largo de superficies inclinadas o pendientes.



Figura 40. Deslizamientos de tierra en la Provincia de El Oro

Tomado de: (Diario El Comercio, 2017)

Un deslizamiento es un proceso geológico de evolución de relieve, los cuales en su mayoría son producidos por acciones humanas inadecuadas tales como: uso inadecuado de suelos o construcciones con estructuras mal diseñadas,

aunque estas se pueden presentar también por algunos fenómenos naturales como sismos, erupciones volcánicas, tormentas e inundaciones.

“La dimensión de la amenaza depende de la probabilidad de que ocurra en un determinado período y en un lugar específico, así como de la magnitud y la velocidad del acontecimiento.” (MINISTERIO DE EDUCACIÓN PÚBLICA DE COSTA RICA - UNESCO, 2017)

Este tipo de evento natural es una de las amenazas más destructivas y de consideración, van de la mano con las lluvias excesivas, huracanes y la actividad sísmica, este tipo de evento se puede minimizar realizando un análisis detallado de los riesgos y las zonas que pueden ser afectadas y la posible ocurrencia que pueda tener este.

Un sistema de alerta temprana para deslizamientos como se observa en la Figura 41, está formado básicamente por una combinación de componentes como pluviómetros o fluviógrafos, los cuales registran la información en una base de datos para ser procesada contantemente y así poder analizar la posibilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos.

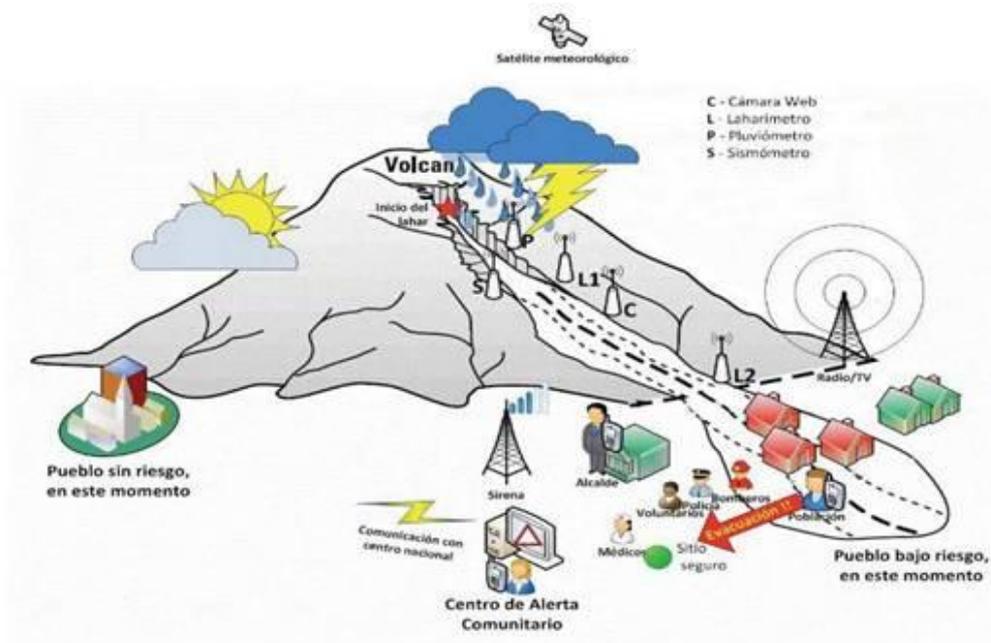


Figura 41. Esquema de un SAT para deslizamientos aplicado en Nicaragua Tomado de: (Obando, 2016)

Este SAT incluye un sistema de comunicación, el cual permite conocer a las poblaciones que se encuentran dentro de las áreas de incidencia o afectación, sobre el posible evento que se pueda presentar y a su vez, estas puedan tomar medidas de preparación en base a las interpretaciones técnicas que se puedan dar de las mediciones y observaciones que muestren los equipos.

Normalmente este tipo de SAT a más de contar con el equipamiento electrónico debe estar integrado también por observadores voluntarios, debidamente equipados y con los mecanismos de organización adecuados para una pronta respuesta en caso de presentarse algún tipo de evento natural dentro de sus áreas de cobertura.

Entre los factores principales causantes de los deslizamientos se conoce que se encuentran asociadas a condiciones climáticas, volcánicas y sísmicas, las cuales tienen una influencia o afectan en la estabilidad de las laderas.

Estos factores se pueden dividir en:

2.6.3.1. Factores naturales



Figura 42. Deslizamiento producido por fuertes lluvias (Factor Natural)
Tomado de: (Maldonado, 2011)

Como se observa en la Figura 42, las causas de deslizamientos normalmente ocurren por la erosión del suelo y la presencia de otros agentes naturales los cuales pueden debilitar el suelo, los cuales pueden ser:

- Topografía, basado estrictamente en el ángulo de inclinación que puedan tener las laderas, ya que mientras más extensa es la pendiente, mayor consideración se debe tener al momento de un deslizamiento.

- Lluvia, tiene relación con las anteriores, y esta depende de la cantidad y duración de lluvia, puestas estas son la razón más importante para la desestabilización de los suelos.
- Actividad Sísmica, Este tipo de eventos pueden generar vibraciones de magnitud considerable las cuales pueden afectar en la estabilidad de las laderas y originar pequeños deslizamientos. Cuanto mayor sea la magnitud e intensidad de este tipo de fenómenos naturales, mayor es la amenaza de un posible deslizamiento.
- Actividad Volcánica, este tipo de deslizamientos se pueden producir por la acumulación de material volcánico desprendido en el proceso de erupción o antes del mismo, se generan en las laderas de las faldas del volcán.
- Deforestación, El realizar esta actividad en zonas montañosas favorece a la erosión de los suelos, facilitando de esta manera la posible ocurrencia de un deslizamiento.

2.6.3.2. Actividad humana



Figura 43. Deslizamientos producidos por actividad humana
Tomado de: (Red Internacional de Emergencia, 2016)

Afectaciones de las laderas por construcciones de viviendas, edificios y otro tipo de infraestructuras para el desarrollo de las personas.

La minería y otros tipos de construcciones, que utilizan explosiones como método principal, general pequeñas vibraciones a lo largo de la montaña que pueden causar fisuras en la misma, haciendo que las laderas se debiliten y pueda producirse este tipo de evento natural.

Existen diferentes tipos de deslizamientos, los cuales se pueden clasificar dependiendo del movimiento que tengan las masas de materiales, así también se puede incluir medidas de prevención y control que permitan una estabilización de los mismos.

Entre los movimientos más comunes que se pueden producir en los deslizamientos están: Caída, vuelco, deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos y reptación, adicional a estos movimientos se deben considerar también el tipo de materiales que está interviniendo en el deslizamiento.

- **CAÍDA**, normalmente se producen cuando los materiales rocosos se desprenden de una ladera con un ángulo de inclinación considerable. Lo hace que esta recorra una distancia a través del aire, saltando y rodando. La velocidad que puede alcanzar es alta y el daño que puede provocar es considerable.
- **VOLCAMIENTO**, es un tipo de movimiento compuesto por una inclinación de rocas duras (competentes, frágiles) arriba de rocas blandas (incompetentes, dúctiles) y el vuelco rápido de las rocas inclinadas.
- **DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES**, ocurre normalmente en la parte interna del material, sus movimientos son circulares o cóncavos, lo que origina diferentes formas de rotura de un talud, sus velocidades varían normalmente de lento a moderado, y se puede considerar una aceleración de la misma si se tiene presencia de lluvia.
- **DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES**, este tipo de desplazamientos de masa tienen como característica su desplazamiento en varias direcciones, a lo largo de una superficie que puede ser ondulada y plana, a través de movimientos rotacionales. Este tipo de deslizamiento puede alcanzar grandes velocidades si existe la presencia de lluvias.
- **EXTENSIONES LATERALES**, consiste en extensiones laterales controladas por fracturas de piedras, puede presentarse en rocas con diferentes resistencias o sobre suelos de cualquier tipo, esto hace que su velocidad aumente dependiendo de la consistencia del material, su peligrosidad es considerada como alta.

- FLUJOS, su contenido se basa en rocas, escombros y suelos, este tipo de eventos se producen normalmente por la saturación de suelos por el agua en periodos intensos de lluvia, este tipo de movimientos son rápidos y peligrosos por el daño que suelen causar.
- REPTACIÓN, hace referencia a la deformación que sufre la masa de suelo o roca, como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad, se suele manifestar en la curvatura de las rocas y troncos de los árboles, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.

A lo largo de toda la ocurrencia de un deslizamiento, el tipo de movimiento y, en consecuencia, la velocidad puede cambiar. Además, existen deslizamientos compuestos por varios tipos de movimientos como por ejemplo las avalanchas de rocas, que son una combinación de una caída principal y un flujo de escombros.

Entre las características principales que se puede encontrar como indicador están las siguientes:

- Aparecen grietas en las paredes o el piso. Se presentan daños en tuberías, alcantarillados, etc. Puertas y ventanas se atascan o quedan trabadas. Las paredes exteriores, caminos o escaleras comienzan a separarse de las construcciones.
- Las cercas, muros de retención, gaviones y árboles se inclinan o desplazan hacia abajo.
- Poco a poco aparecen grietas amplias sobre la tierra.
- Aparecen o desaparecen yacimientos de agua o manantiales.
- Periodos de lluvias intensas o continuas.
- Se presentan periodos de actividad sísmica o volcánica.
- Se escuchan ruidos raros que pueden indicar el principio de un deslizamiento.

Entre las técnicas de monitoreo para el desplazamiento de tierras se puede considerar la instalación de puntos de control sobre laderas, así también se puede realizar una medición constante del desplazamiento relativo en función de espacio y tiempo.

2.6.3.3. Monitoreo en base a sistemas de posicionamiento global (GPS)

Puede utilizarse un GPS para monitorear el desplazamiento. Para ello se necesita ubicar con bastante precisión la posición de puntos conocidos en el terreno. Este método únicamente permite medir movimientos de varios metros. Se utilizan instrumentos de alta precisión (GPS diferenciado). El GPS permite monitorear frecuentemente la posición de los puntos en el terreno y de este modo determinar si se desplazan y a qué velocidad lo hacen.

2.6.3.4. Monitoreo de condicionantes de deslizamiento

El caso de lluvia excesiva. En las comunidades donde la lluvia es el agente disparador principal de deslizamientos es posible evaluar la amenaza en base a la cantidad de lluvia, para lo cual se recomienda monitorear permanentemente la cantidad de lluvia que cae en la región y definir el valor umbral en que empiezan a ocurrir los deslizamientos. Para medir la cantidad de lluvia, se puede utilizar cualquier recipiente abierto con lados verticales donde se acumule la lluvia. Se mide la profundidad del agua con una regla y, en consecuencia, la cantidad de lluvia en milímetros (mm). Puede medirse la lluvia diaria con pluviómetros y la lluvia horaria con pluviógrafos. Para posicionar estos instrumentos, debe consultarse a un experto. Lo más correcto es realizar un estudio para cada área donde se conozca cuáles son las cantidades de lluvia que tienden a originar deslizamientos y, en base a estas cifras, establecer un Sistema de Monitoreo de los Deslizamientos.

2.6.3.5. Otros métodos de monitoreo en áreas de deslizamientos.

El monitoreo de deslizamientos se realiza en base de control topográfico, lectura de instrumentación geotécnica previamente instalada y control estructural de edificaciones ubicado dentro del deslizamiento.

- Topografía: El control topográfico se realiza a través de mediciones de desplazamientos relativos de ciertos puntos de control superficial, identificados en el campo, los cuales se determinan respecto de unos mojones construidos en terreno estable (fuera del área de influencia de los deslizamientos bajo monitoreo).

- Estructural: Este método se basa en el control de las deformaciones de las edificaciones que pueden, como conjunto, marcar movimientos de laderas.
- Geotecnia: La instrumentación geotécnica instalada se compone de varios instrumentos que:
 - a) Pretenden medir la deformación de la ladera, como inclinómetros y extensiómetros.
 - b) Permiten medir la cantidad de agua en el subsuelo, como piezómetro. Estos instrumentos tienen que ser instalados y observados por especialistas.
 - c) También se puede considerar los geófonos, como el que se puede observar en la Figura 44, para el monitoreo de deslizamientos, pues estos pueden transformar el movimiento en energía la cual es monitoreada por los expertos las 24 horas.

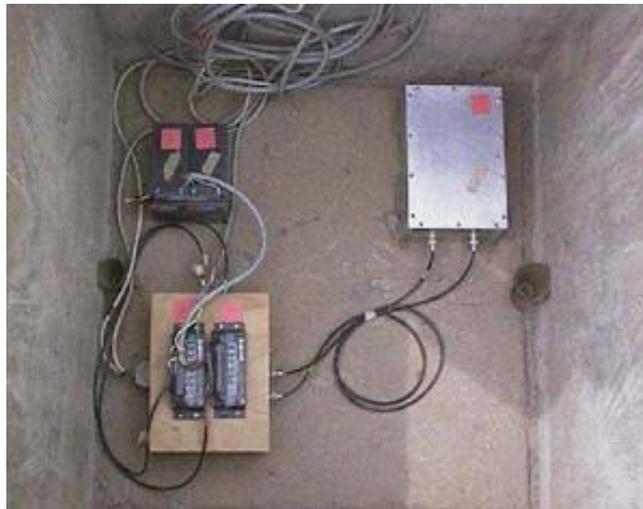


Figura 44. Geófonos para el monitoreo de deslizamientos Instituto Geofísico del Perú

Tomado de: (Villanueva, 2016)

2.6.4. Sistemas de Detección de Inundaciones

Las inundaciones constantemente son una de las causantes de pérdidas significativas tanto económicas como personales, pues estas pueden cubrir repentinamente áreas significativas dependiendo de la geografía donde se produzca la misma.

Como se conoce, los SAT en general son procesos que están en constante funcionamiento y, de su eficacia y eficiencia dependen de la respuesta que puedan tener tanto las personas que se encuentran en zonas vulnerables como de las autoridades para solventar este tipo de emergencias.

Los SAT para la detección de inundaciones tienen como objetivo principal el reducir o evitar las pérdidas humanas, económicas y materiales. Se conocen dos tipos de SAT:

2.6.4.1. Sistemas sofisticados

Son los que usan información de satélites, sensores en ubicaciones remotas los cuales pueden ser transmitidos a través de redes inalámbricas o alámbricas. Este tipo de sistemas puede tener la capacidad de captar las señales o los datos remotamente, sin la necesidad de que personal técnico esté presente o tenga contacto con los instrumentos.

2.6.4.2. Sistemas comunitarios

Los SAT comunitarios son de un manejo más fácil, pues los instrumentos que se manejan en estos sistemas son básicos y no requieren de técnicos especialistas para la operación de los mismos. Este tipo de sistemas tiene como característica principal el costo, pues son de bajo presupuesto y no tan complicado de realizar mantenimiento.

2.6.4.3. Pasos para la implementación de SAT para inundaciones

Como principal característica para la implementación de este tipo de SAT se debe conocer el área de trabajo o las zonas que vulnerables que se pueden encontrar a lo largo del perfil costanero o las riveras de los ríos donde puede afectar a la población.

Una vez que se conoce el área que puede ser afectada, se debe realizar una estimación del alcance que puede tener en las zonas vulnerables, usando datos estadísticos de inundaciones anteriores o precipitaciones medias que se pueden presentar en la zona.

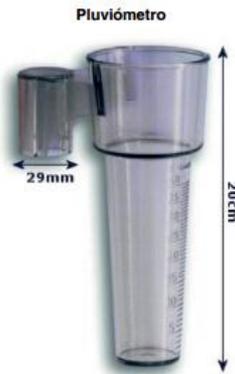


Figura 45. Pluviómetro utilizado para la medición de precipitaciones
Tomado de: (Soluciones Prácticas, Zurich, 2016)

Luego de conocer estos datos, se puede identificar puntos principales donde se pueden colocar instrumentos de medición, tales como pluviómetros como el de la Figura 45, para determinar las zonas donde se pueden tener precipitaciones con mayor intensidad y puedan generar inundaciones, así también se puede tener en este tipo de SAT reglas limnimétricas, como se observa en la Figura 46, las cuales ayudan a medir los caudales que pueden tener los ríos más propensos a desbordes o en zonas de confluencia como quebradas.



Figura 46. Escala limnimétrica - Marina de Guerra del Perú
Tomado de: (Soluciones Prácticas, Zurich, 2016)

Este tipo de mediciones deben ser recolectados por personal de las comunidades cercanas, enviando la información tomada al centro de monitoreo para su posterior análisis, este tipo de información favorece a la creación de históricos y así poder generar información que ayude a los expertos a determinar futuras inundaciones en las zonas.

Entre los componentes principales que se puede tener en este tipo de SAT se puede encontrar:

- Conocimiento y vigilancia permanente del peligro en tiempo real: es un proceso sistemático estandarizado y continuo que recoge información sobre las estadísticas de daños producidos por emergencias pasadas. Se requiere instrumentación que cuente con sensores para transmitir la información al centro de monitoreo y vigilancia.
- Servicio de seguimiento y alerta: resulta necesario establecer un seguimiento y alerta partiendo de una base científica y tecnológica sólida para realizar un monitoreo de los peligros, amenazas y así poder emitir alarmas y alertas para una respuesta rápida de la población.
- Difusión y comunicación: se deben desarrollar sistemas que fomenten una comunicación adecuada y una difusión a tiempo para advertir a las personas de los peligros ante los que están expuestos y facilitar la coordinación e intercambio de información en los ámbitos local, regional y nacional.
- Capacidad de respuesta: sirve para fortalecer la capacidad de la población ante una posible evacuación inmediata y así poder responder a los desastres mediante una mejor organización, preparación y educación comunitaria.

Entre los beneficios que se puede tener de este tipo de SAT se puede decir:

- Permiten actuar a tiempo y de forma apropiada en caso de emergencias.
- Se tiene una reducción considerable de pérdidas humanas y daños en la propiedad o en los medios de vida.
- Permiten el fortalecimiento de la organización comunitaria al contar con la participación de las autoridades locales y los vecinos ante posibles emergencias.
- El monitoreo y vigilancia de las amenazas también genera información que es recolectada en bases de datos y permite simular escenarios de inundación y sus posibles resultados. Este tipo de visión proactiva hace que el SAT sirva como herramienta ante emergencias reales y que permita anticiparlas.

- Crean una conciencia coherente entre las poblaciones sobre las necesidades de iniciar actividades en el tema de reducción de desastres.

Los sensores o redes de sensores que se pueden encontrar en estos tipos de SAT están los siguientes:

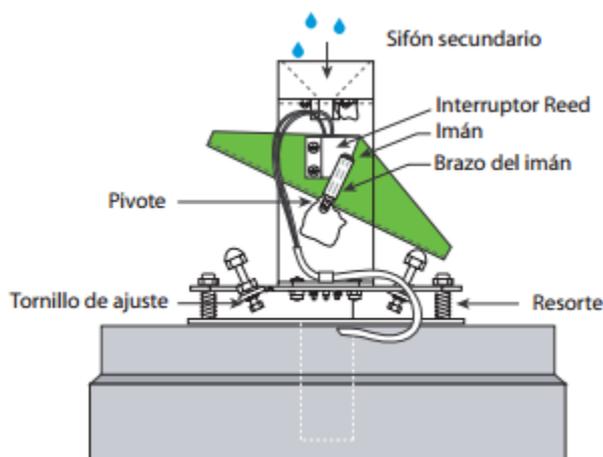


Figura 47. Esquema de un pluviómetro
Tomado de: (SENAMI - CUSCO, 2012)

2.6.4.4. Redes de pluviómetros

Los equipos que componen este tipo de redes, como el que se puede observar en la Figura 47, tiene como objetivo el proveer de datos en tiempo real de las mediciones hidrometeorológicas, realizando estimaciones de las precipitaciones que se pueden presentar en las zonas de crecida repentina de ríos, ayudando también en el pronóstico del estado del tiempo.

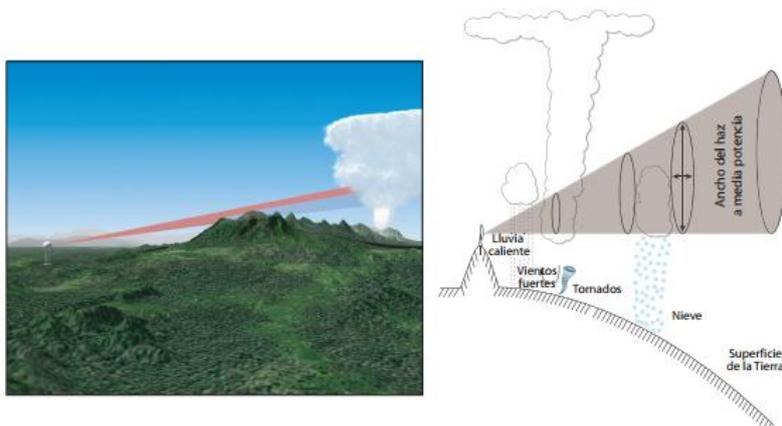


Figura 48. Radares meteorológicos
Tomado de: (SENAMI - CUSCO, 2012)

2.6.4.5. Radares meteorológicos

Los equipos que son parte de los sistemas de radares, como el de la Figura 48, tienen como función principal el proveer en alta resolución y en tiempo real de las precipitaciones que se pueden presentar en una región de peligro o considerada vulnerable, este tipo de herramientas son importantes en el monitoreo y pronóstico de precipitaciones debido a la capacidad de caracterizar en áreas grandes las nubes de precipitación que se pueden encontrar en la misma.

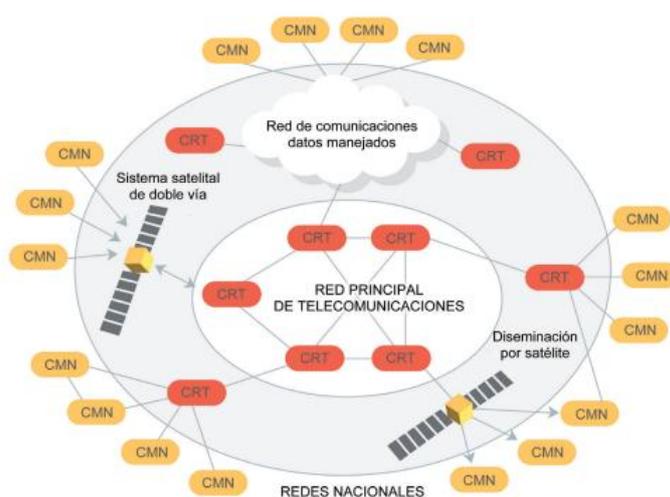


Figura 49. Estructura básica de un sistema global de telecomunicaciones de la OMM

Tomado de: (SENAMI - CUSCO, 2012)

2.6.4.6. Redes de satélites

Las redes como la que se observa en la Figura 49, son las encargadas de la recepción de datos de imágenes infrarrojas y el envío de otros datos que pueden ser recibidos de otros tipos de sensores para la divulgación de los mismos a los centros de monitoreo o a las estaciones donde se realice la recopilación de los mismos para su interpretación.

Muchos de estos equipos ayudan en la prevención y el pronóstico de posibles precipitaciones considerables que pueden afectar a zonas vulnerables en diferentes partes del mundo.

2.6.5. Sistemas de Detección de Tsunamis



Figura 50. Tsunami en Japón 2011
Tomado de: (La Prensa Perú, 2016)

Los tsunamis son uno de los fenómenos naturales con un poder devastador total, que puede destruir ciudades enteras en pocos minutos, como el que se presentó en Japón en el año 2011 y se pueden observar en las Figura 50 y Figura 51. La palabra tsunami tiene un origen japonés y tiene como significado el poder o la fuerza de los océanos.



Figura 51. Tsunami Japón 2011
Tomado de: (Pernille, 2015)

Este es uno de los fenómenos marinos que demuestran la tremenda fuerza que posee la naturaleza y su inicio se tiene en lo más profundo del océano, es formado por olas de gran tamaño y una energía considerable.

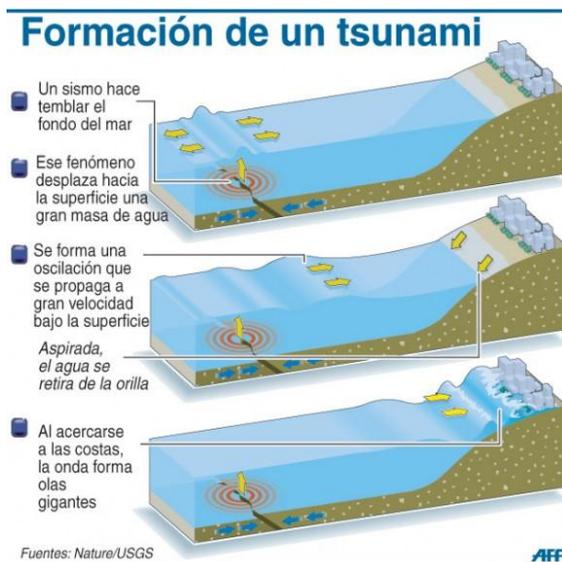


Figura 52. Formación de un Tsunami
Tomado de: (CubaDebate, 2011)

Se producen normalmente cuando el suelo marino se desplaza, como se observa en la Figura 52, empujando una gran cantidad de masa de agua, para poder adaptarse al nuevo espacio generado por el movimiento del suelo, esa gran cantidad de agua se eleva por encima del nivel anterior y su desplazamiento se realiza en todas direcciones.

También se pueden producir este tipo de fenómeno por deslizamientos de tierra submarina, ya que el agua trata de regresar a su posición produciendo olas de gran tamaño.

Así también se pueden formar por erupciones de volcanes submarinos, ya que la fuerza que se genera al producirse una erupción puede crear olas o colmas de agua de gran tamaño.

Entre los principales sistemas de alertas para la detección de tsunamis está el Sistema Internacional de Alarma de Tsunamis del Pacífico, el cual tiene como objetivo la detección y ubicación de los terremotos que puedan ocurrir en la región del pacífico y a su vez, realizar un análisis y determinar si se han producido tsunamis, proporcionando la información adecuada, alerta de la misma de forma efectiva y oportuna a la población que se encuentra alrededor del Océano Pacífico, como se puede ver en la Figura 53.



Figura 53. Estaciones de Información del SAT de Tsunamis del Pacífico
Tomado de: (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016)

El sistema de Alarma de Tsunamis del Pacífico (SATP), es un programa internacional que requiere la participación de las instalaciones sísmicas, de mareas, de comunicaciones y de difusión operadas por la mayor parte de las naciones localizadas alrededor del Océano Pacífico. Las naciones participantes están organizadas bajo la comisión Oceanográfica Intergubernamental, como el Grupo Internacional de Coordinación para el Sistema de Alarma de Tsunami en el Pacífico (GIC/ITSU).

“Actualmente integran este grupo los siguientes países: Australia, Canadá, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos de América, Federación Rusa, Fiji, Filipinas, Francia, Guatemala, Reino Unido, Indonesia, Islas Cook, Japón, México, Nicaragua, Nueva Zelandia, Perú, República de Corea, República Democrática Popular de Corea, Samoa Occidental, Singapur, y Tailandia.” (National Weather Service, 2016)

Como se conoce, existen cuatro elementos fundamentales que componen o deben estar presentes en relación unos con otros para el funcionamiento correcto de este tipo de sistemas de alerta, los cuales se pueden observar en la

Figura 54 y si uno de estos elementos falla, podría ocasionar pérdidas considerables tanto económicas como de personas.

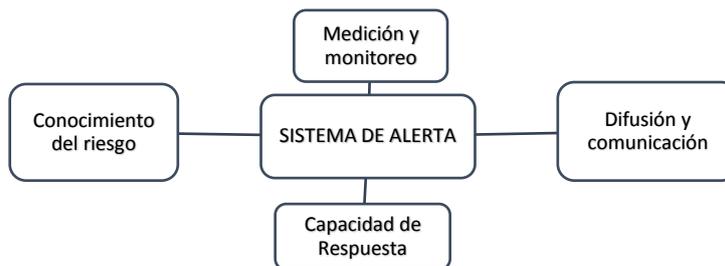


Figura 54. Componentes de un sistema de Alerta de Tsunamis
Adaptado de: (Coordinación Nacional de Protección Civil - Mexico, 2016)

2.6.5.1. Conocimiento del riesgo

Los riesgos se establecen como una combinación de amenazas y vulnerabilidades en un determinado lugar. La evaluación de los riesgos requiere de la recopilación de datos y posteriormente de un análisis sistemático de la información receptada, esta debe tener en cuenta el carácter de las amenazas y vulnerabilidades que generan los procesos, tales como la urbanización, cambios en el uso de la tierra en zonas rurales, la degradación del medioambiente y el cambio climático. Las evaluaciones y los mapas de riesgo ayudan a motivar a la población, establecen prioridades para las necesidades de los sistemas de alerta temprana y sirven de guía para los preparativos de prevención de desastres y respuesta ante los mismos.

2.6.5.2. Medición y monitoreo

Los servicios de alerta son un componente fundamental en este tipo de sistemas, pues es necesario contar con una base sólida para prever y prevenir las posibles amenazas que se puedan presentar, este debe ser un sistema fiable y debe estar alerta las 24 horas al día.

Están basados en conocimientos científicos, obtenidos de los resultados del monitoreo continuo que se realiza de la información rescatada de los elementos que se encuentran en campo, y que son generados por los posibles eventos que puedan presentarse en las zonas vulnerables, los cuales permitan generar alertas precisas y oportunas a las comunidades que se encuentren en dichos lugares.

2.6.5.3. Difusión y comunicación

Las alertas deben llegar a las personas en peligro. Para generar respuestas adecuadas que ayuden a salvar vidas y medios de sustento se requieren de mensajes claros que ofrezcan información sencilla y útil. Es necesario definir previamente los sistemas de comunicación en los planos regional, nacional y local, ya que de esta manera se puede designar portavoces autorizados. El empleo de múltiples canales de comunicación es indispensable para garantizar que la alerta llegue al mayor número posible de personas, para evitar que cualquiera de los canales falle y para reforzar el mensaje de alerta.

2.6.5.4. Capacidad de Respuesta

Es de suma importancia el dar a conocer a las comunidades sobre el riesgo que tienen al habitar en zonas vulnerables, respeten los servicios de alerta que se implementen y sepan cómo reaccionar ante una alerta. Al respecto, este tipo programas para la educación y preparación desempeñan un papel esencial para un SAT. Así mismo, es indispensable que existan planes de gestión de desastres los cuales hayan sido sometidos a pruebas con el objetivo principal de informar a la población sobre las opciones que pueden tener para una conducta segura, las rutas de escape existentes y la mejor forma que pueden tener para evitar daños y pérdidas de bienes.

Así también se puede encontrar los mecanismos operativos esenciales de un centro para la generación de alerta de tsunamis, los cuales deben realizar un monitoreo en tiempo real las 24H del día, y así, poder brindar las respectivas alertas sobre actividades fuera de lo común, que puedan ocasionar tsunamis en las diferentes zonas de la región.

Entre las principales componentes se destacan:

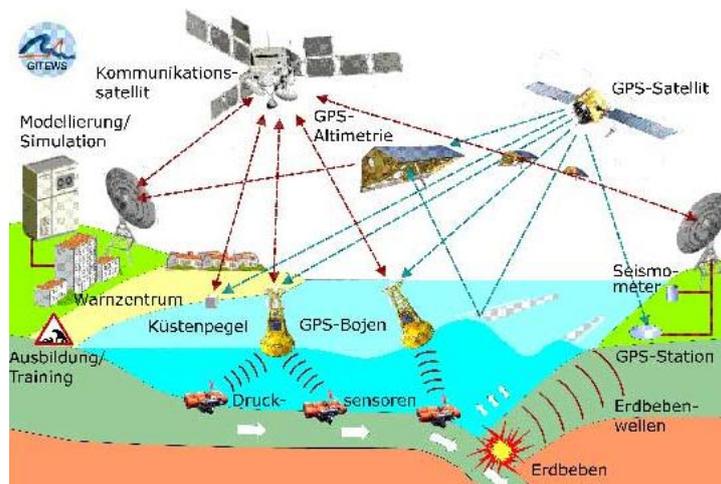


Figura 55. Esquema de las componentes de un SAT para tsunamis
Tomado de: (Vista al Mar, 2016)

- Los datos de observación terrestre constituyen un componente esencial para la detección y pronóstico de posibles amenazas de los centros de alerta de tsunamis. La detección rápida de sismos puede ser la primera señal de la posible formación de un tsunami. Como se observa en la Figura 55, la recolección de este tipo de información se basa en redes de sismógrafos instalados a lo largo del perfil costanero, donde se puedan producir este tipo de fenómenos.
- Recolección de datos e información, La recolección oportuna de información y datos de las redes internacionales y locales de observación terrestre es una función fundamental, se requieren varias conexiones de telecomunicaciones para recolectar los datos y la información que se necesita para detectar un tsunami. Ciertos datos, especialmente de sísmicos y del nivel del mar proveniente de las redes internacionales, están disponibles en tiempo real, por satélite o por internet.
- Sistema integral para la detección de tsunamis tiene como objetivo principal el pronóstico de detectar un posible evento sísmico generado sobre el lecho marino, el cual pueda o no generar un tsunami, y la forma de detectar y generar un pronóstico que se basa en los datos de nivel del mar. Para esto es preciso incorporar las bases de datos de los sismos que ocurren debajo del nivel del mar, los cuales se reciben a

través de los canales de comunicación en un subsistema de integración y posteriormente, realizar un análisis con toda la información de entrada necesaria y así poder alimentar un subsistema para la toma de decisiones.

- Los subsistemas de toma de decisiones, debe suministrar información útil y de manera oportuna para el personal técnico de turno, estos son los encargados de la vigilancia operativa de cualquier adversidad que se pueda presentar, de manera tal, que se pueda tomar decisiones acertadas y de forma inmediata poder emitir los boletines de información sísmica y de ser el caso alerta de tsunamis. Este sistema puede ser automático o necesitar una interacción humano-máquina. Los modelos de pronóstico de tsunamis y los sistemas informáticos que ejecutan los cálculos se deben desarrollar, adaptar y actualizar en el centro.
- Emisión de alertas, una vez que se comprueba la existencia de un tsunami y se pronostica su amplitud, es debe generar un sistema que evalúe el impacto potencial que puede tener el tsunami, el subsistema de predicción de tsunamis debe contar con una base apropiada de datos históricos, con mapas de las posibles áreas de afectación y de los diferentes escenarios que se puedan presentar, para de esta manera poder agilizar la determinación de algún posible impacto de tsunami. Este sistema debe tener la capacidad de responder rápida y eficazmente al realizar los pronósticos. Este complemento es de suma importancia y es necesario para emisión de alertas confiables, las cuales deben cubrir sólo las áreas que realmente pueden ser afectadas y, de ser posible, minimizar los errores de alarmas falsas que pueden provocar gastos innecesarios.

Existen varios tipos de alertas, las cuales pueden ser:

- **Alerta de tsunami**, es generada cuando se espera o es inminente la ocurrencia de un tsunami, que puede estar acompañado de inundaciones fuertes y generalizadas.
- **Vigilancia de Tsunami**, se emite una alerta de vigilancia de tsunami para informar a los funcionarios que se encuentran a cargo de las operaciones de emergencia y al público en general

del evento que más adelante puede impactar el área que está bajo vigilancia.

- **Advertencia de Tsunami**, se emite este tipo de advertencia de tsunami cuando existe el inminente peligro de la generación de un tsunami, el cual puede ser capaz de producir corrientes fuertes u olas que constituyen un peligro para las personas que están en el agua o cerca.

2.6.6. Sistemas de Detección de Huracanes

Los Huracanes son fenómenos considerados como ciclones tropicales, es un término genérico conocido para los sistemas de baja presión que se forma en las áreas con climas tropicales. Su formación altera el comportamiento atmosférico, océanos tropicales, la humedad y los vientos de las zonas de influencia, normalmente estos están acompañados de tormentas eléctricas y, por lo general, en el hemisferio norte del planeta, forman circulaciones de vientos en la superficie de la tierra.

Los ciclones tropicales pueden clasificarse en:

Como depresión tropical, normalmente es un término meteorológico usado para referirse a un sistema tormentoso el cual es caracterizado por producir fuertes vientos y abundante lluvia, Figura 56.



Figura 56. Tormenta Tropical Dorby – Caribe
Tomado de: (Lopez, 2016)

2.6.6.1. Tormenta tropical

Es un fenómeno meteorológico el cual puede partir de la evolución de una depresión tropical, por lo tanto, este presenta condiciones vientos que superan velocidades de 118Km/h Figura 57.



Figura 57. Tormenta Tropical Danny – Caribe
Tomado de: (Sercano, 2016)

2.6.6.2. Huracán

Son las tormentas tropicales de gran tamaño y con vientos muy poderosos. La gente llama a estas tormentas con varios nombres como tifones o ciclones según el lugar donde se producen. El término científico que se adopta para todas estas tormentas es ciclón tropical. Sólo los ciclones tropicales que se forman sobre el Océano Atlántico y el Océano Pacífico oriental, como el huracán Patricia que paso por México como se puede observar en la Figura 58.



Figura 58. Huracán Patricia - Costas Mexicanas
Tomado de: (BBC Mundo, 2015)

La medición de los huracanes se basa en la escala *Saffir-Simpson*, la cual está estructurada del 1 al 5, esta escala ayuda a estimar los daños a la propiedad e inundaciones que pueden causar cuando el huracán llegue a topar tierra.



Figura 59. Categorías de los huracanes
Tomado de: (Biblioteca de Investigaciones, 2016)

- **Categoría 1**

Como característica en su formación los vientos pueden alcanzar un máximo de 153 km/h, en el caso de las mareas pueden subir entre 4 y 5 pies sobre el nivel normal. Este tipo de huracanes no produce daños significativos en las zonas donde toque tierra, pero normalmente puede dañar a casas rodantes, arbustos, árboles y señales de tránsito, así como también, pequeñas inundaciones en caminos junto a las costas de las regiones afectadas.

- **Categoría 2**

Es este tipo de huracanes, los vientos pueden alcanzar vientos de 154 a 177 Km/h, el nivel del mar puede llegar a subir entre 6 y 8 pies sobre el nivel normal, puede ocasionar daños en techos, puertas y ventanales de edificios y construcciones, causa daños en arbustos y árboles, los cuales pueden llegar a caer por la fuerza del viento. Causan daños considerables en casas, muelles, y señales de tránsito. Provoca inundaciones en carreteras de las zonas costeras.

- **Categoría 3**

La velocidad que pueden alcanzar los vientos en esta escala va desde los 178 a 209 Km/h, los daños pueden ser considerables en propiedades y la naturaleza, así como las señaléticas de tránsito pueden ser desprendidas de sus posiciones. El nivel del mar tiende a subir de entre 2,5 a 3,5 metros sobre el nivel del mar provocando inundaciones en áreas extensas de las zonas costaneras.

Al ocurrir este tipo de huracanes se realiza evacuaciones de los residentes de las zonas costaneras que pueden ser afectadas por la presencia de este evento natural.

- **Categoría 4**

La característica principal de este tipo de huracanes es la presencia de vientos que varían su velocidad de entre los 210 y 250 Km/h, este tipo de fenómenos causa daños proporcionalmente desmedidos, árboles de gran tamaño, arbustos y señaléticas son arrastrados o destruidos. Causa daños cuantiosos en estructuras fijas y móviles. Puede formar marejadas de 4 a 5 metros de altura sobre el nivel normal, causando inundaciones al menos 10 km tierra adentro.

Por este tipo de eventos provoca evacuaciones de áreas costaneras y terrenos bajos, hasta 3 km tierra adentro.

- **Categoría 5**

Este tipo de huracanes son los más destructivos, provocan vientos superiores a los 250 Km/h, los daños son catastróficos, árboles, arbustos y señaléticas son arrasados y arrancados de raíz por los vientos. Las estructuras pueden sufrir colapsos parciales o totales, las casas móviles son destruidas o seriamente afectadas por los vientos. Los niveles del mar pueden subir al menos 5 metros de altura sobre el nivel normal.

La escala *Saffir-Simpson* puede definir y clasificar la categoría que puede llegar a alcanzar un huracán dependiendo de la velocidad que los vientos puedan llegar a alcanzar, como se explicó anteriormente, la velocidad de los vientos puede alcanzar velocidades superiores a los 250 km/h, y la distancia de los

mismos desde el centro del huracán puede alcanzar una distancia sobre los 35Km.

Los huracanes pueden cambiar rápidamente de tamaño, intensidad, forma, velocidad y dirección de desplazamiento, normalmente la velocidad y la trayectoria del mismo dependen de la interacción que se pueda tener entre la atmósfera y el mar, estos pueden desplazarse entre velocidades que oscilan los 24 a 32km/h.

Al igual que los otros SAT, consta de los 4 componentes básicos e interrelacionados los cuales son:

- Conocimiento del riesgo, como objetivo se tiene el establecer un proceso sistemático y uniformizado para recopilar, evaluar y compartir información, mapas y tendencias sobre las amenazas ambientales (incluidas las climáticas), las vulnerabilidades y las capacidades de resiliencia al cambio climático.
- Red de observación, el objetivo principal es establecer un servicio eficaz de seguimiento y alerta de amenazas con una sólida base científica y tecnológica.
- Comunicación y alerta, en sus principales características se tiene, desarrollar sistemas de comunicación y difusión para advertir de antemano a las personas y comunidades de una amenaza natural inminente, y facilitar la coordinación y el intercambio de información en los ámbitos nacional y regional.
- Medidas de prevención y respuesta, como característica principal se tiene el fortalecer la capacidad de las comunidades para responder a los desastres naturales mediante una mejor educación sobre los riesgos de las amenazas naturales, la participación de las comunidades y la preparación en desastres.

Como datos importantes se tiene que para la implementación de este tipo de sistemas, se debe considerar los siguientes pasos:

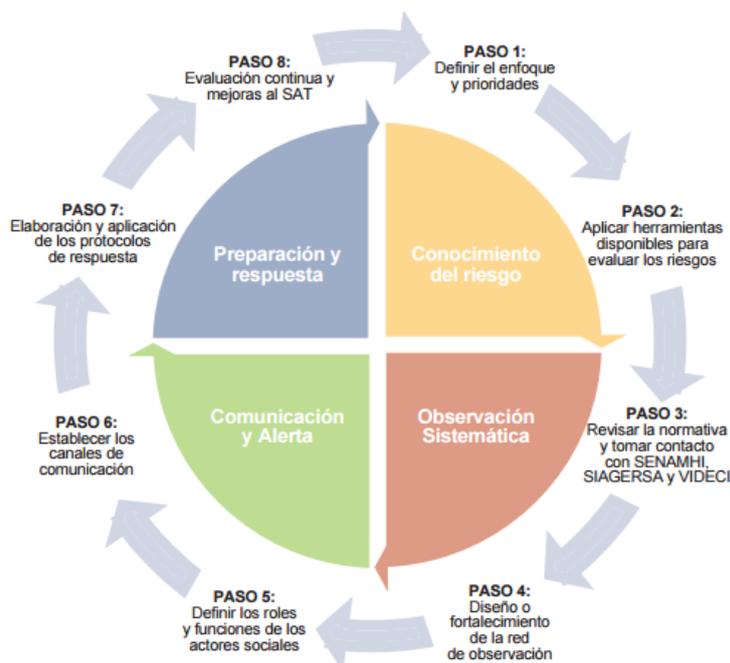


Figura 60. Pasos para la implementación de un sistema de alerta temprana
Tomado de: (HELVETAS Swiss Intercooperation, 2014)

- PASO 1: Definir el enfoque y prioridades, este es uno de los pasos más importantes que el sistema de alerta temprana puede tener, el responder realmente a las necesidades que se puedan tener en los sectores productivos y vulnerables dentro de las regiones costaneras, por lo cual es importante realizar una evaluación participativa de los potenciales impactos, las amenazas presentes y las condiciones de vulnerabilidad de los medios de vida de estos.
- PASO 2: Aplicar herramientas disponibles para la evaluación de los riesgos existentes, utilizando diversas herramientas para lograr una buena evaluación de los riesgos, elaborar mapas de riesgos, evaluar los sectores o lugares más vulnerables, e integrar asuntos relacionados al cambio climático y los riesgos climáticos en los procesos de planificación.
- PASO 3: Revisar las normativas establecidas y tomar contacto con las autoridades competentes para llevar adelante los protocolos de un sistema de alerta temprana, es importante también el conocer, las normativas y las oportunidades que existe de apoyo tanto financiero como técnico por parte de los diferentes estamentos del gobierno en

genera. Existen varias normas técnicas para el establecimiento de estaciones meteorológicas y protocolos de comunicación que los operadores locales deben conocer.

- PASO 4: Diseño y fortalecimiento de la red de observación, la red de observación del tiempo y del clima es el corazón de este tipo de sistemas de alerta temprana, este debe siempre estar actualizándose y realizando mejoras continuas. Las estaciones meteorológicas, hidrológicas o agrometeorológicas con las que cuenta cada uno de los estados, pueden ser complementadas con otros sistemas instrumentales y con las observaciones de los sistemas comunitarios que pueden existir en las zonas vulnerables. Esta red de observación debe evolucionar en función de las prioridades.
- PASO 5: Definir los roles y funciones de los actores sociales, este paso es importante en la implementación de un SAT, ya que se debe asignar responsabilidades claras, en el contexto de la demanda local y la normativa existente, asignando por parte del estado el presupuesto necesario para el establecimiento y la sostenibilidad del sistema de alerta temprana.
- PASO 6: El establecer los canales de comunicación son otra de las partes importantes de los pasos para la implementación de un sistema de alerta, ya que se deben establecer los mecanismos de comunicación necesarios y como estos funcionarán durante una alerta para evitar informaciones erróneas que puedan causar gastos innecesarios y conmoción en las poblaciones.
- PASO 7: Elaboración y aplicación de los protocolos de respuesta, la implementación de los mismos son un componente central del sistema de alerta temprana. Para que estos funcionen debidamente deben ser muy claros, y su ejecución debe ser metódica y rigurosa, para que este sea confiable y certero.
- PASO 8: Evaluación continua y posibles mejoras de sistema de alerta temprana, una vez definido nominalmente el sistema de alerta temprana, es importante invertir continuamente en la capacitación del personal técnico, así como en la elaboración de nuevos instrumentos normativos

que permitan la evolución de la capacidad de las instituciones a cargo de este tipo de SAT, para hacer frente a los riesgos y desastres naturales. Siempre es posible mejorar el sistema de alerta temprana, entender mejor los riesgos y atender nuevos sectores, perfeccionando los mecanismos de comunicación, alerta y demás componentes del mismo.



Figura 61. Componentes de un SAT de observación de Huracanes
Tomado de: (Huracanes Yucatán, 2016)

Para la detección de este tipo de fenómenos naturales, se han desarrollado sistemas complejos que permiten la observación directa o indirecta, como se puede observar la Figura 61, se describen de la siguiente manera:

- Observación directa, este tipo de observaciones se las lleva a cabo a través de aviones denominados “Cazadores de Huracanes”, es un método muy efectivo para la observación de la posible formación de huracanes o tormentas tropicales, tienen la capacidad de proveer datos exactos y muy precisos de las anatomías, características y conductas que pueden tener este tipo de fenómenos, tales como, velocidad de los vientos, presiones atmosféricas, entre otros.

Cuando las tormentas tropicales o huracanes llegan hacia las costas de las zonas posiblemente afectadas, las mediciones se las realiza a través de estaciones meteorológicas, los cuales permiten conocer las principales características físicas y propiedades visibles, así como también el tamaño, nubosidad, densidad, entre otras características del mismo.

- Así mismo se tiene boyas meteorológicas, las cuales juegan un papel muy importante e indispensable en la observación de los ciclones tropicales, estas permiten conocer a ubicación, tamaño, comportamientos de los océanos, entre otros. En ocasiones los barcos también pueden ser considerados como una fuente de información, ya que estos pueden dar a conocer datos sobre la posición y desplazamiento aparente de las posibles formaciones de este tipo de fenómenos naturales.
- Observaciones indirectas, en este tipo de observaciones se puede destacar el uso de tecnologías satelitales y radares meteorológicos, los cuales ayudan en la detección de las formaciones de estos fenómenos naturales, tomando los datos necesarios para alimentar a los centros de interpretación de los mismos, y, de los cuales, se puede obtener datos certeros sobre la trayectoria posible que tendrá el huracán.

3. LEYES, INSTITUCIONES Y NORMATIVAS ESTABLECIDAS EN ECUADOR ANTE EMERGENCIAS

3.1. Organización estructural de CGR

Para entender de mejor manera la organización que tienen estos dentro del país, vamos a observar en los siguientes cuadros la conformación que tienen los distintos Comités de Gestión de Riesgos (CGR) y/o los Comités de Operaciones de Emergencia (COE) en el Ecuador:

3.1.1. El Plenario del CGR/COE Nacional

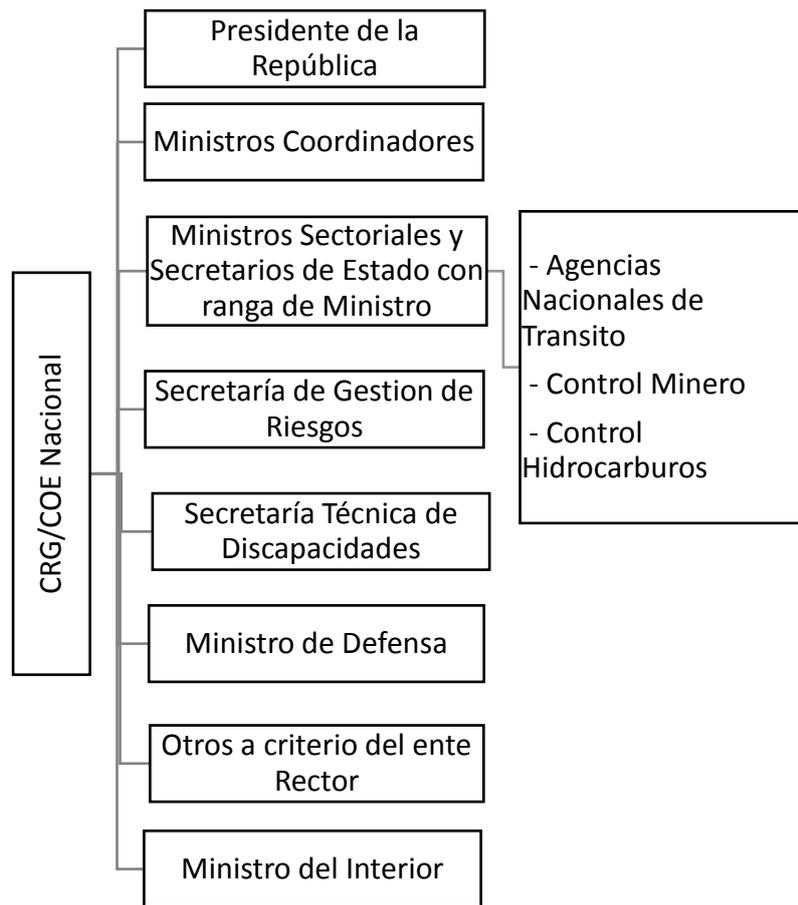


Figura 62. Organigrama Estructural del CGR/COE Nacional
Tomado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.1.2. El Plenario del CGR/COE Provincial

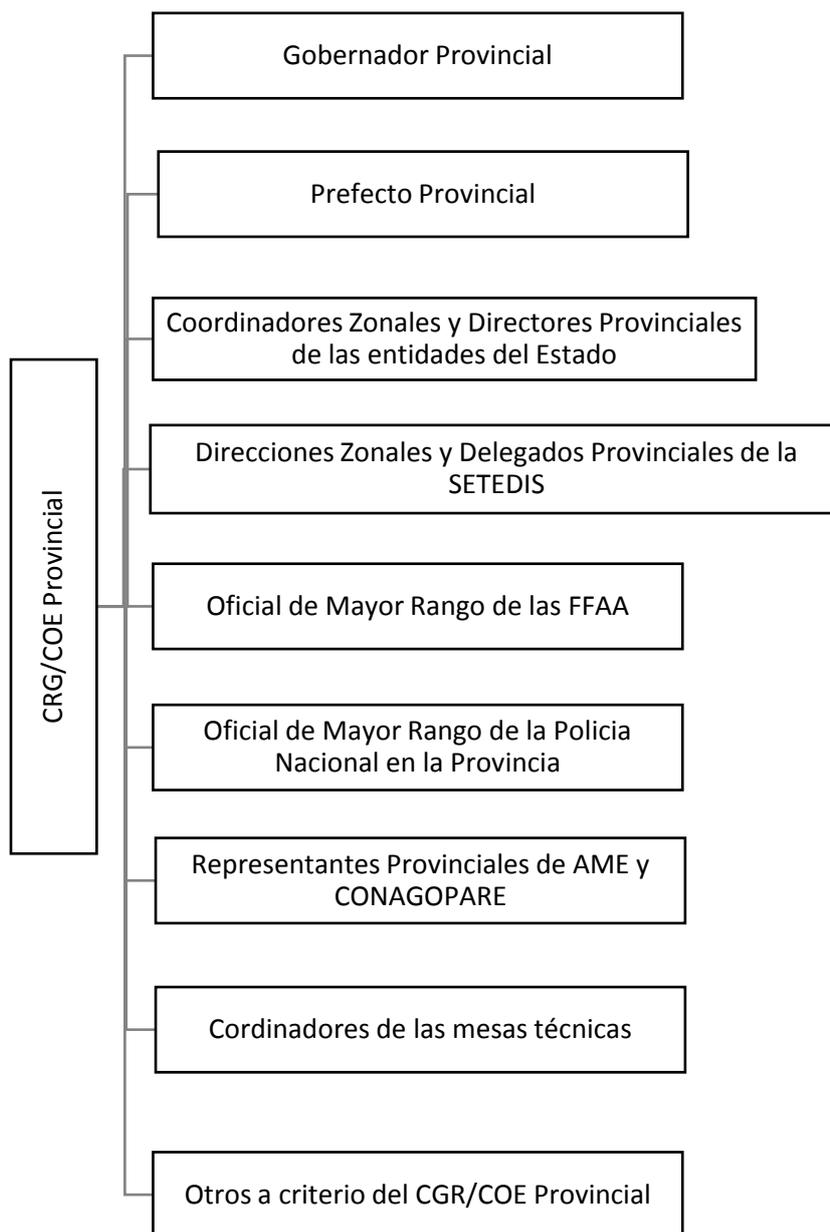


Figura 63. Estructura Organizacional de un CGR/COE Provincial
Tomado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.1.3. El Plenario del CGR/COE Cantonal

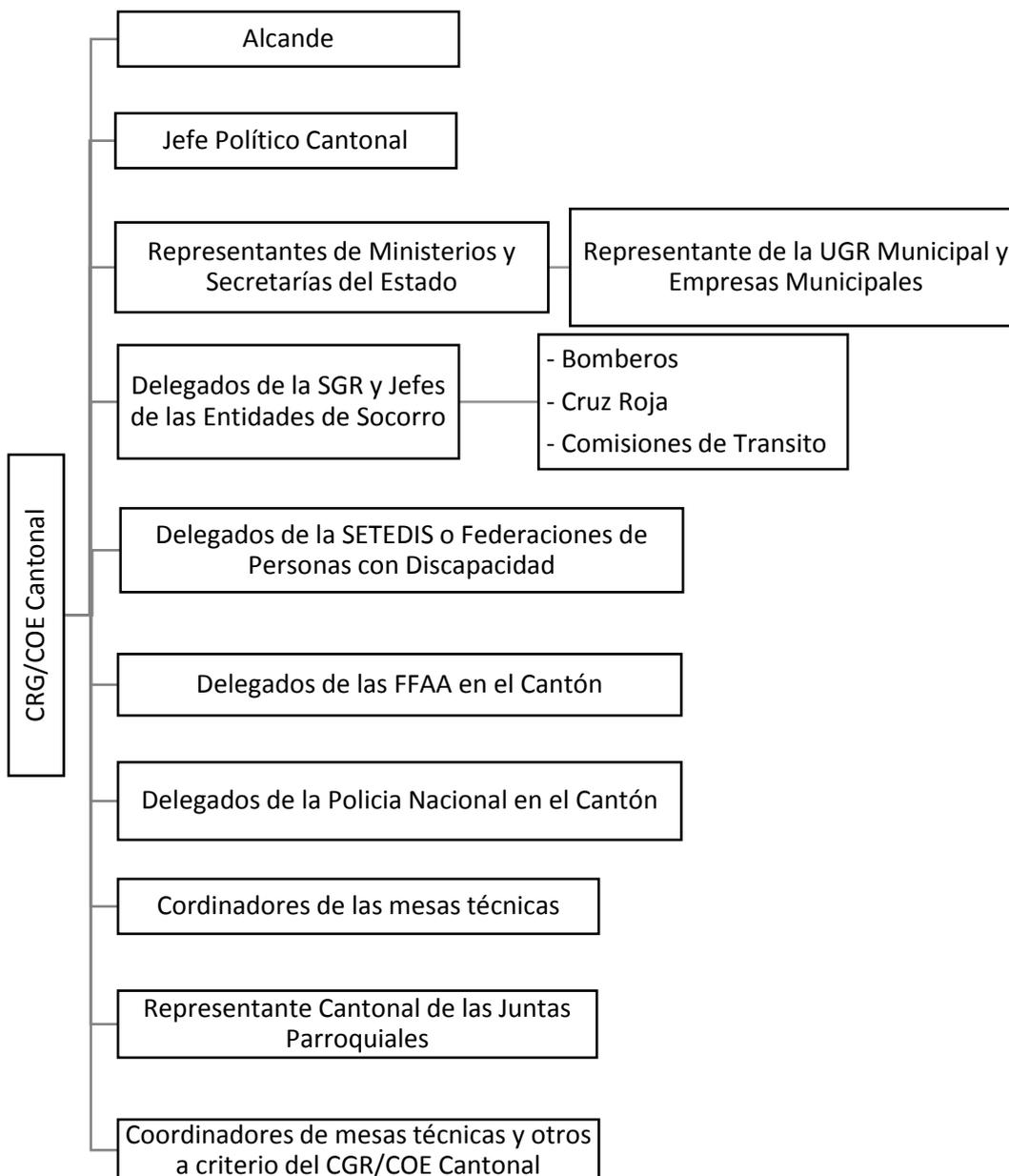


Figura 64. Estructura Organizacional de un CGR/COE Cantonal
Tomado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.1.4. Organismos a nivel Parroquial



Figura 65. Estructura Organizacional de un CGR/COE Parroquial
Tomado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.2. Marco Legal y Reglamentos

En el Ecuador, se toma como referencia marcos legales los cuales son tomados como referentes en la actuación de los distintos entes, así, estos pueden garantizar legalmente las acciones que se puedan tomar, concernientes a la Gestión de Riesgos.

A continuación, se puede encontrar un resumen de los diferentes marcos legales donde se considera la Gestión de Riesgos para el bienestar del pueblo ecuatoriano:

3.2.1. Constitución de la República del Ecuador

Título V: Organización Territorial del Estado Capítulo Cuarto:

Régimen de competencias Artículo 261 “El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: ... (Numeral 8) El manejo de desastres naturales”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

Artículo 264

Los Gobiernos Municipales y de los Distritos Metropolitanos tendrán entre sus competencias exclusivas (numeral 13) “gestionar los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

Título VII: Régimen del Buen Vivir

Los mandatos sobre gestión de riesgos se establecen en el marco de dos sistemas: a) Como componente del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social cuya responsabilidad es la de asegurar el ejercicio de los derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo (Artículo 340), y b) Como componente del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos, que obliga a todas las entidades del Estado (Artículos 389, 390 y 397).

Capítulo Primero: Inclusión y equidad

Artículo 340 “El sistema nacional de inclusión y equidad social es el conjunto articulado y coordinado de sistemas, instituciones, políticas, normas, programas y servicios que aseguran el ejercicio, garantía y exigibilidad de los 5 derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo...” ...“El Sistema se compone de los ámbitos de la educación, salud, seguridad social, gestión de riesgos, cultura física y deporte, hábitat y vivienda, cultura, comunicación e información, disfrute del tiempo libre, ciencia y tecnología, población, seguridad humana y transporte”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

Sección Novena: Gestión del Riesgo

Artículo 389 “El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad”.

“El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.

Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

Artículo 390

“Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera: Naturaleza y ambiente

Artículo 397

“... Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: (Numeral 5) Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008)

3.2.2. Ley de Seguridad Pública y del Estado

Capítulo 3, Artículo No. 11, Órganos Ejecutores:

“Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos”.

“La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la

Secretaría de Gestión de Riesgos” (literal d). (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2009)

3.2.3. Reglamento de la Ley de Seguridad Pública y del Estado

“Artículo 3, Del órgano ejecutor de Gestión de Riesgos “La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos es el órgano rector y ejecutor del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos. Dentro del ámbito de su competencia le corresponde:

Identificar los riesgos de orden natural o antrópico, para reducir la vulnerabilidad que afecten o puedan afectar al territorio ecuatoriano;

Generar y democratizar el acceso y la difusión de información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo;

Asegurar que las Instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, en forma transversal, la gestión de riesgos en su planificación y gestión;

Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción;

Gestionar el financiamiento necesario para el funcionamiento del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos y coordinar la cooperación internacional en este ámbito;

Coordinar los esfuerzos y funciones entre las instituciones públicas y privadas en las fases de prevención, mitigación, la preparación y respuesta a desastres, hasta la recuperación y desarrollo posterior;

Diseñar programas de educación, capacitación y difusión orientados a fortalecer las capacidades de las instituciones y ciudadanos para la gestión de riesgos;

Coordinar la cooperación de la ayuda humanitaria e información para enfrentar situaciones emergentes y/o desastres derivados de fenómenos naturales, socio-naturales, o antrópicos a nivel nacional e internacional.” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Artículo 18, Rectoría del Sistema

“El Estado ejerce la rectoría del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, cuyas competencias son:

Dirigir, coordinar y regular el funcionamiento del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos;

Formular las políticas, estrategias, planes y normas del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos, bajo la supervisión del Ministerio Coordinador de la Seguridad, para la aprobación del Presidente de la República;

Adoptar, promover y ejecutar las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de las políticas, estrategias, planes y normas del sistema;

Diseñar programas de educación, capacitación y difusión, orientados a fortalecer las capacidades de las instituciones y ciudadanos para la gestión de riesgos;

Velar por que los diferentes niveles e instituciones del sistema, aporten los recursos necesarios, para la adecuada y oportuna gestión;

Fortalecer a los organismos de respuesta y atención a situaciones de emergencia, en las áreas afectadas por un desastre, para la ejecución de medidas de prevención y mitigación que permitan afrontar y minimizar su impacto en la población; y, Formular convenios de cooperación interinstitucional destinados al desarrollo de la investigación científica, para identificar los riesgos existentes, facilitar el monitoreo y la vigilancia de amenazas, para el estudio de vulnerabilidades”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Artículo 19,

Conformación (del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos) “El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las

instituciones públicas y privadas en los ámbitos: local, regional y nacional” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Artículo 20,

De la Organización “La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), como órgano rector, organizará el sistema descentralizado de gestión de riesgos, a través de las herramientas reglamentarias o instructivas que se requieran”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Artículo 24,

De los Comités de Operaciones de Emergencia (COE) “Son instancias interinstitucionales responsables en su territorio de coordinar las acciones tendientes a la reducción de riesgos, y a la respuesta y recuperación en situaciones de emergencia y desastre. Los Comités de Operaciones de Emergencia (COE), operarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico, como lo establece el Art.390 de la Constitución de la República”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

“Existirán Comités de Operaciones de Emergencia nacionales, provinciales y cantonales para los cuales la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos normará su conformación y funcionamiento”. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014)

3.2.4. Código Orgánico De Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP)

Artículo 64

“La Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgos en el diseño e implementación de programas y proyectos de inversión pública; promoviendo acciones favorables de gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales”. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.2.5. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública

Las normas relacionadas con la gestión de riesgos se encuentran en el numeral 5.1 bajo el título Situaciones de Emergencia, que se presentan más adelante. 2.6 Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 Objetivo No.3 Mejorar la calidad de vida de la población. Políticas No. 3.8 y 3.11 • Propiciar condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat seguro e incluyente (3.8), y • Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico (3.11). (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015)

3.3. Instituciones Públicas

3.3.1. Secretaría de Gestión de Riesgos

La Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) actualmente es el ente coordinador del manejo de eventos naturales denominados adversos o de posibles eventos creados por el hombre dentro del territorio nacional.

El inicio de las funciones de esta institución se da a partir de la reforma a la Constitución Nacional en el año 2008, donde también se crearon políticas de gestión de riesgos, y a su vez, este ente por la reforma de la constitución adoptó las responsabilidades que tenía a cargo la ex Defensa Civil.

El objetivo principal de este ente es “Liderar el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos para garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, mediante la generación de políticas, estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos para enfrentar y manejar eventos de desastre; así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres.” (Secretaria de Gestion de Riesgos, 2016)

El esquema en que trabaja la Secretaría de Gestión de Riesgos se la puede observar en la Figura 66:



Figura 66. Esquema Operativo de la SGR
Adaptado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014)

3.3.1.1. Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos

Esta está enfocada en la generación y aplicación de metodologías, normas y herramientas que ayuden en el análisis y buenas prácticas de la información, así como, del conocimiento y reducción de los riesgos, implementado planes, programas y proyectos para lograr una prevención y mitigación adecuada ante una emergencia.

3.3.1.2. Subsecretaría de Reducción de Riesgos

Tiene como enfoque principal la aplicación de políticas, normas y estándares para la reducción de riesgos, evaluando resultados, en función del desarrollo de soluciones estructurales, así como en el fortalecimiento de las capacidades de los actores de la SNDGR.

3.3.1.3. Subsecretaría de Preparación y Respuesta ante Eventos Adversos

Enfoca su función en fortalecimiento de la preparación y respuesta de la SNDGR procurando salvaguardar la vida de las personas, bienes y servicios, así como también de la naturaleza, frente a los efectos negativos que se puedan presentar por la generación de eventos adversos.

3.3.1.4. Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos

Enfocada en hacer el seguimiento de los eventos adversos, presentar a las autoridades escenarios e información consolidada, ordenada, oportuna y

segura para la toma de decisiones, así como también, en asegurar el funcionamiento permanente del sistema de monitoreo y la conservación de la información.

3.3.1.5. Dirección de Gestión de Estrategias Internacionales para la Reducción de Riesgos

Enfoca sus funciones en la ejecución de políticas, normas, programas, proyectos, convenios y alianzas estratégicas que promuevan la cooperación internacional, la generación de espacios de intercambio de experiencias y la gestión de recursos de asistencia humanitaria internacional.

3.3.2. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos- SNGR, la función principal es la vinculación de todas las instituciones para que puedan trabajar coordinadamente con el fin específico de prevenir y reducir los eventos de riesgo, tal que se pueda salir de emergencias o desastres, disminuyendo las vulnerabilidades y realizando una prevención ante cualquier evento que se pueda presentar.

La SNGR realiza trabajos conjuntos con organismos internacionales como por ejemplo la Dirección de Prevención y Atención de Desastres en Colombia, y con otras organizaciones a nivel mundial, para la mejora de los manuales y planes de protección civil y también sobre la ayuda humanitaria que se puede brindar.

3.3.3. Ministerio de Coordinación de Seguridad

El Ministerio de Coordinación de Seguridad, creado a partir de la reforma de la Constitución en el año 2008, tiene como enfoque principal de su funcionamiento la consolidación regional para construir una seguridad ciudadana, atendiendo las demandas que se puedan generar de la comunidad.

“Entre las políticas que maneja este ente para su funcionamiento tiene: coordinar, asesorar, supervisar y preparar políticas públicas, planes, estrategias y acciones para garantizar la Seguridad Integral con enfoque hacia los derechos humanos.” (Ministerio de Coordinación y Seguridad, 2016)

3.3.4. Instituciones Científico-Técnicas

Existen instituciones científico-técnicas que brindan diferentes tipos de información sobre el posible acontecimiento de algún evento natural sobre territorio nacional, y que internacionalmente forman parte de sistemas globales de monitoreo de eventos naturales:

3.3.4.1. IGEPN – Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Es el ente rector técnico en lo que respecta a erupciones o fenómenos naturales que se puedan presentar en volcanes, así como también en lo que respecta a movimientos telúricos, más conocidos como sismos que se puedan generar a nivel nacional. Su objetivo principal es contribuir mediante el conocimiento de posibles amenazas sísmicas y volcánicas que se puedan producir dentro del territorio ecuatoriano, mediante la investigación científica, vigilancia permanente y la formación académica de alto nivel, así como también en el desarrollo y mejora de tecnologías que ayuden en la mejora de las culturas de prevención.

3.3.4.2. INOCAR – Instituto Oceanográfico de la Fuerzas Armadas del Ecuador

El INOCAR fue creado en el año de 1972 por el Gral. Guillermo Rodríguez Lara, desde ese año, esta institución ha enfocado su funcionamiento en la “coordinación y control de los trabajos de exploración e investigación, en los campos oceanográficos, geofísicos y en la ciencias del medioambiente marítimo, así como también, en la coordinación y control de levantamientos hidrográficos, fluviales y oceanográficos, enfocándose en el desarrollo, compilación y desarrollo de Cartas Náuticas”. (Ministerio de Defensa Nacional, 2016)

Este ente enfoca su principal funcionamiento en el monitoreo de oleajes, así como, de los posibles tsunamis que puedan presentarse o puedan afectar al perfil costanero del país, trabajan en conjunto con sistemas de alerta temprana de países como Hawái, ya que por su ubicación geográfica, pueden ser considerados como un punto focal principal para el envío de información de

formaciones de eventos naturales presentes bajo el lecho marino como el movimiento de las placas o sismos que se puedan producir en estas áreas.

3.3.4.3. INAMHI – Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Este Instituto fue creado como una necesidad y en base a la ley del Estado Ecuatoriano, como un derecho fundamental para la comunidad, este tiene la capacidad y la obligación de suministrar información, vigilar y predecir el comportamiento de la atmósfera y las aguas interiores, para la protección de la vida humana y de los bienes materiales.

Esta es una institución que cuenta con representación nacional e internacional, ya que es miembro de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), ente intergubernamental de las Naciones Unidas, el cual basa su funcionamiento en la meteorología, hidrología y ciencias anexas.

Su funcionamiento en el país se enfoca en la generación de información concerniente al clima, proyecciones de temperatura, focos de calor los cuales ayudan en la detección de posibles incendios forestales, y demás fenómenos meteorológicos e hídricos extremos que puedan presentarse dentro del territorio nacional.

3.4. ¿Cuándo y cómo se da una alerta a la población?

Las alertas que se generan son dependientes de la evolución de las amenazas, así como de los parámetros técnicos indicados por los entes especializados en la recolección de este tipo de información, la información debe ser proporcionada inmediatamente y permanentemente al suscitarse algún tipo de emergencia a la Dirección de Monitoreo de la SGR.

Existen tres estados de alerta vigentes en el Ecuador, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 5.
Estados de Alerta en el Ecuador

Alerta	Estado
Amarilla	Aviso de Activación significativa de la amenaza
Naranja	Aviso de preparación para un evento adverso inminente.
Roja	Atención de la emergencia o del desastre

Para cada uno de los estados de alerta se han establecido acciones y normas a implementar para salvaguardar la vida de las personas que puedan encontrarse en las zonas vulnerables, los bienes de los mismos y la continuidad de los servicios en este territorio.

Los estados de las alertas pueden variar de una manera ascendente en la mayoría de los casos, o descendente cuando la amenaza baja su intensidad, en el mejor de los casos se puede tener este tipo cambios de alerta, pues el comportamiento de la naturaleza es poco previsible, y se pueden realizar cambios repentinos de los tipos de alerta.

3.4.1. Declaración de Emergencia

En el Ecuador, tras la última reforma de la constitución, este tipo de declaratorias le compete únicamente o el ente autorizado para brindar este tipo de información, es la Secretario de Gestión de Riesgos, esta declaratorias se basan en la información proporcionada por las instituciones a cargo del monitoreo de los posibles eventos naturales denominados instituciones Científico-Técnicas existentes en el país, o a su vez, de la información proporcionada por organismos o instituciones internaciones.

Estas alertas son notificadas de la forma más rápida y responsable, pues son de carácter oficial, no deben presentar contradicciones y deben ser brindadas en una forma comprensible para la población.

Las instituciones que tienen la responsabilidad de brindar información sobre el tipo de amenaza natural que se pueda producir en un determinado punto en el

Ecuador y la evolución que puede tener el mismo, se pueden observar en la Tabla 6, a continuación:

Tabla 6.

Instituciones para brindar información oficial sobre la evolución de amenazas

Nombre de la Institución	Abreviatura	Eventos Naturales y/o participación
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	INAMHI	Se basa netamente en inundaciones, sequías, y otros eventos correspondientes a hidro-meteorológicos.
Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional	IG-EPN	Institución dedicada al monitoreo y predicción de fenómenos relacionados con volcanes y sismos.
Instituto Oceanográfico de la Armada	INOCAR	Dedica su trabajo a la predicción y monitoreo de posibles Tsunamis, marejadas y eventos oceánicos.
Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico	INIGEMM	Basa su trabajo en los movimientos de masas tales como: deslizamientos, hundimientos, derrumbes, aluviones, entre otros.

La información que brindan estas instituciones a la Dirección de Monitoreo del Secretaria de Gestión de Riesgos debe operar las 24Horas del día, según protocolos establecidos por la misma entidad.

3.4.2. Acciones y respuestas ante una alerta

La Secretaría de Gestión de Riesgos establece actividades para cada una de las entidades al presentarse una emergencia, los cuales se presentarán en las tablas a continuación:

Tabla 7.

Monitoreo en estado normal o de reposo de una amenaza

Amenaza / Estado	Tipo de Respuesta	Acciones a desarrollar
-------------------------	--------------------------	-------------------------------

<p style="text-align: center;">Amenaza identificada y bajo monitoreo</p>	<p style="text-align: center;">El fenómeno puede ser de origen natural o antrópico, está considerando que puede causar daños a la población, por registros de años anteriores, y se prevé que pueda tener una fuerza similar al ocurrir este nuevamente.</p>	<p>Monitoreo, las instituciones a cargo de monitoreo y predicción, proporcionarán la información de este tipo de acontecimientos de forma periódica y datos históricos de los mismos.</p> <p>Planes, se actualiza líneas de base, mapas de capacidades, cadenas de llamadas, también se preparan planes de contingencia para distintos escenarios que se puedan presentar, con todas las instituciones que participan en la respuesta.</p> <p>Información Pública y Sistemas de Aviso, se debe considerar la preparación un plan de información con contenido público, también se debe verificar los sistemas de aviso, como: sirenas, radios, etc. Las pruebas que se deben realizar a estos instrumentos deben ser periódicas.</p> <p>Señalización, Se debe actualizar las zonas que se consideran están dentro de la zona de riesgos, así como las rutas de evacuación y las zonas seguras y albergues dentro de los perímetros cercanos a las zonas de afectación.</p> <p>Simulaciones / Simulacros, se debe ejecutar simulaciones periódicamente con el personal de respuesta de emergencias, así como también, simulacros con la población</p>
---	--	---

		de las zonas expuestas.
--	--	-------------------------

Tabla 8.

Esquemas de preparación y respuestas ante emergencias según el tipo de alerta

Amenaza / Estado	Tipo de Respuesta	Acciones a desarrollar
Activación significativa de la amenaza	Declaratoria ALERTA AMARILLA	<p>INSTITUCIONAL, se conforman mesas y grupos de trabajo acorde a la emergencia que se vaya a suscitar.</p> <p>MONITOREO, la información proveniente del lugar donde se está produciendo la emergencia debe fluir dentro de los sistemas y protocolos establecidos para este caso.</p> <p>PLANES, se procede a realizar una revisión y actualización de los planes de contingencia como de los escenarios en función que se tenga del evento natural.</p> <p>INFORMACIÓN PÚBLICA Y SISTEMAS DE AVISO, se informa a la población sobre la evolución del fenómeno, cómo operarán los anuncios con información para la población y quiénes serán los voceros oficiales, cómo se operará en eventuales evacuaciones, y las medidas básicas de seguridad para las personas en general.</p> <p>AUTOPROTECCIÓN, se dispone la restricción a los sitios de mayor peligro, se recomienda el uso de equipamiento especial, así como medios de comunicación específicos.</p> <p>ALISTAMIENTO DE ALBERGUES, se realiza un checklist de las necesidades básicas para la conformación y el recibimiento de las personas</p>

		vulnerables ante una emergencia.
Ocurrencia del evento es inminente	Declaratoria ALERTA NARANJA	<p>Tras la declaratoria se procede con la activación de los COE respectivos y las medidas de precaución y procesos a seguir en las zonas vulnerables.</p> <p>INSTITUCIONAL, se establecen los COE en sesión permanente y las instituciones de emergencia, activan sus planes para una pronta respuesta.</p> <p>MONITOREO, los entes científico-técnicas informan constantemente a la SGR sobre el ciclo evolutivo que tiene el fenómeno según los protocolos.</p> <p>PLANES, se ponen en marcha todos los planes de contingencia, evacuación, respuesta, rehabilitación emergente.</p> <p>INFORMACIÓN PÚBLICA Y SISTEMAS DE AVISO, los voceros oficiales son los presidentes de los CGR conformados, la DMSGGR es la única autorizada para la publicación de boletines periódicos. Las demás instituciones mantienen activas sus cuentas y canales de comunicación actualizando continuamente el estado de la emergencia.</p> <p>SEÑALIZACIÓN Y MOVILIDAD, Se actualizan y comunican las nuevas restricciones de acceso y movilización. Se proceden a realizar las evacuaciones de las zonas en riesgo, las entidades de socorro y ayuda humanitaria activan sus protocolos.</p>
Evento en curso, se revisa, monitorea y	Declaratoria ALERTA ROJA	Se declara emergencia y se comunica a la comunidad sobre la alerta roja, la declaración lo realiza la SGR.

<p>analiza los impactos del mismo.</p>		<p>INSTITUCIONAL, los COE mantienen sus sesiones permanentes y las instituciones de socorro comienzan a operar con prioridades máximas.</p> <p>MONITOREO, proveen información los entes encargados del monitoreo y predicción mediante protocolos establecidos por la SGR.</p> <p>INFORMACIÓN PÚBLICA Y SISTEMAS DE AVISO, se obtiene datos de los voceros oficiales así como publicaciones de los estados de la alerta por parte de las instituciones participantes.</p> <p>SEÑALIZACIÓN, PLANES Y MANEJO DE INCIDENTES, Se actualiza la información y comunican las nuevas restricciones, se actualizan y ponen en marcha los planes que correspondan según la emergencia, y las entidades de seguridad operan acorde a protocolos preestablecidos anteriormente.</p> <p>AYUDA HUMANITARIA, los organismos de apoyo y socorro, así como las entidades de ayuda humanitaria despliegan las acciones de atención.</p>
---	--	---

4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

En el Ecuador, a raíz de los eventos naturales que han acontecido en los últimos años y que han afectado gran cantidad de personas, no solo en la parte económica, sino también en la parte sentimental, se pudo constatar que la infraestructura con la que cuenta no era la adecuada para enfrentar este tipo de eventos, y es así, que en la actualidad, el Gobierno Ecuatoriano junto con organizaciones mundiales, han emprendido un cambio y han realizado una inversión en la implementación de nuevas tecnologías para el monitoreo de posibles amenazas que se puedan presentar dentro de zonas vulnerables,

como en equipos para alertar al pueblo que se encuentra en zona de riesgo y que debe seguir los procedimientos indicados por las autoridades.

Entre los distintos escenarios que se pueden encontrar a nivel mundial sobre eventos naturales y que se detallaron en el Capítulo 1, se encuentran los siguientes sistemas de alerta temprana en el Ecuador:

4.1. Sistemas De Alerta Temprana Tectónico – Volcánicos



Figura 67. Logotipos del IG-EPN y de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Tomado de: (Nacional, s.f.)

Actualmente en el país, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-GPN) es una de las entidades pioneras en el monitoreo y estudio de las posibles amenazas naturales que se pueden presentar, tales como sismos, erupciones volcánicas, lahares, entre otros, las cuales pueden causar un impacto negativo en diferentes poblaciones en el Ecuador, el Instituto cuenta con distintas redes de sensores para monitoreo, así como también diferentes tipos de redes transmisión y recepción de las señales generadas por los diferentes tipos de sensores que se utilizan a nivel nacional.

En la Tabla 9 y 10, se observa un resumen de las distintas redes de monitoreo con las que cuenta el IG-EPN y los sistemas de transmisión que se manejan para lograr un monitoreo en tiempo real de los posibles eventos naturales que se puedan presentar en el país:

Tabla 9.

Redes de Monitoreo del IG-EPN.

<p>Red de observatorios Volcánicos (Ver Figura 68)</p>	<p>La red de observatorios volcánicos o ROVIG El monitoreo de volcanes se lo realiza a través de distintas tecnologías, tales como:</p>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - Sismógrafos para detectar sobrepresiones internas y movimiento de fluidos; - Barómetros-sensores infracústicos que miden las mismas sobrepresiones pero en la atmósfera; - GPS - inclinómetros - EDM, para detectar hinchamiento o deflación en los flancos relacionados con el ingreso o expulsión de magma; - Detectores de gases volcánicos en relación al ingreso y desgasificación del magma cerca de la superficie; - Sensores AFM que detectan el paso de lahares o flujos piroclásticos.
<p>Red JICA – Monitoreo volcanes Cotopaxi y Tungurahua (Ver Figura 69)</p>	<p>Red implementada para exclusivamente para el monitoreo de estaciones de los volcanes Tungurahua y Cotopaxi.</p> <p>La red consta de 10 estaciones y 8 repetidoras, las cuales ayudan a la transmisión de 6 estaciones de monitoreo volcánico; estos equipos operan en bandas no licenciadas de 5.4 a 5.7GHz, obteniendo un alcance máximo de hasta 48 Km, con una capacidad de 108Mbps.</p>
<p>Red Nacional de Sismógrafos (Ver Figura 70)</p>	<p>La Red Nacional de Sismógrafos o RENSIG, a nivel nacional contiene alrededor de 120 estaciones sísmicas, las cuáles transmiten su señal en tiempo real hacia las instalaciones del IG-EPN.</p> <p>La RENSIG está conformada por estaciones sísmicas de banda ancha, diseñadas para responder a frecuencias entre 0.1 Hz a 1Hz; también cuentan con estaciones de período corto, estas responden a frecuencias de entre 1Hz a 10Hz.</p>
<p>Red Nacional de Acelerómetros RENAC (Ver Figura 71)</p>	<p>La Red Nacional de Acelerómetros o RENAC, se cubre las 3 regiones: Costa, Sierra y Oriente en la principales ciudades, recopilado valiosa información para el estudio del movimiento del suelo y el cálculo de aceleraciones,</p>

lo cual se emplea en la construcción de leyes de atenuación, lo que constituye un ente fundamental para el análisis de la amenaza sísmica en el territorio ecuatoriano, además del estudio de movimiento del suelo en las principales ciudades estableciendo el grado de respuesta sísmica en las edificaciones .

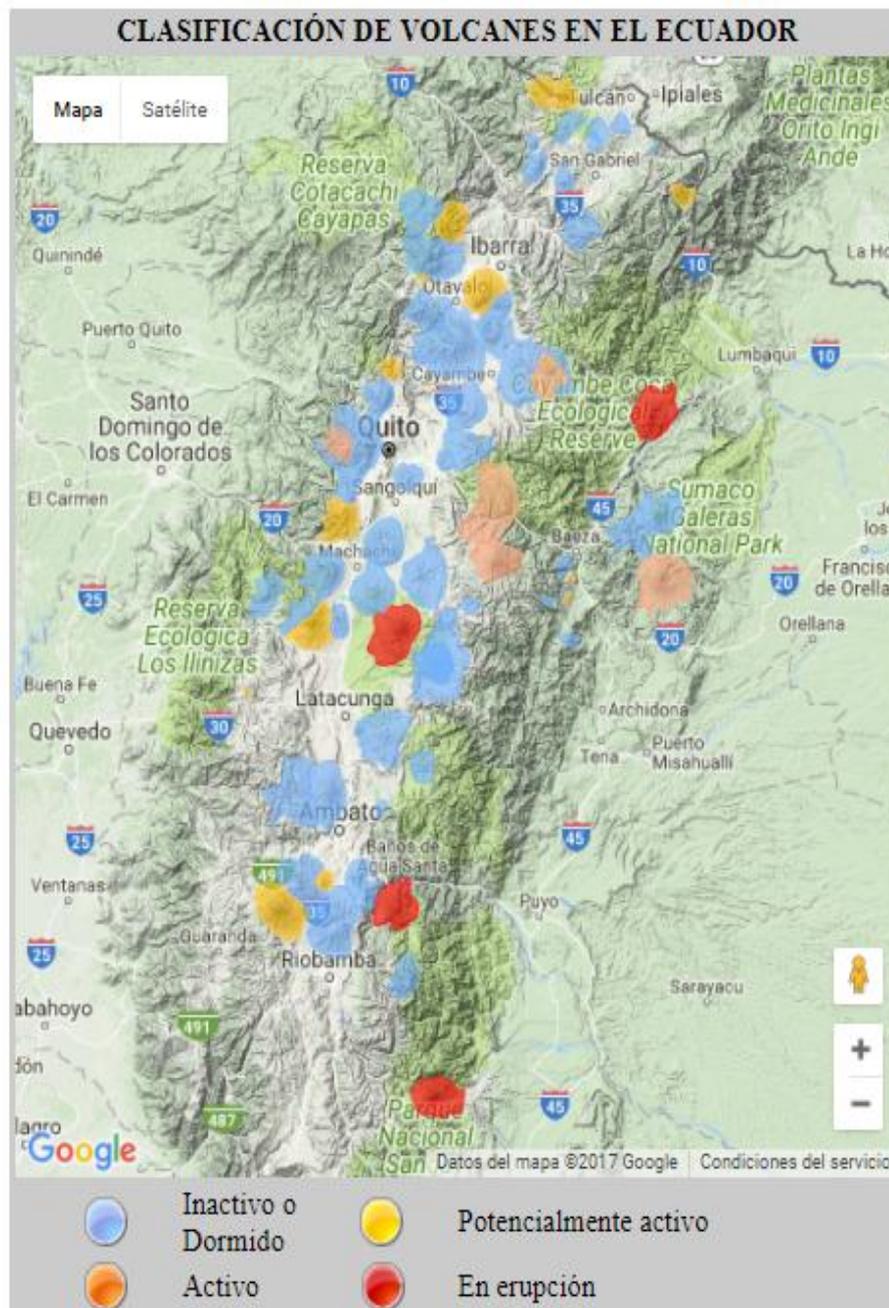


Figura 68. Clasificación de Volcanes Ecuador
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional, s.f.)

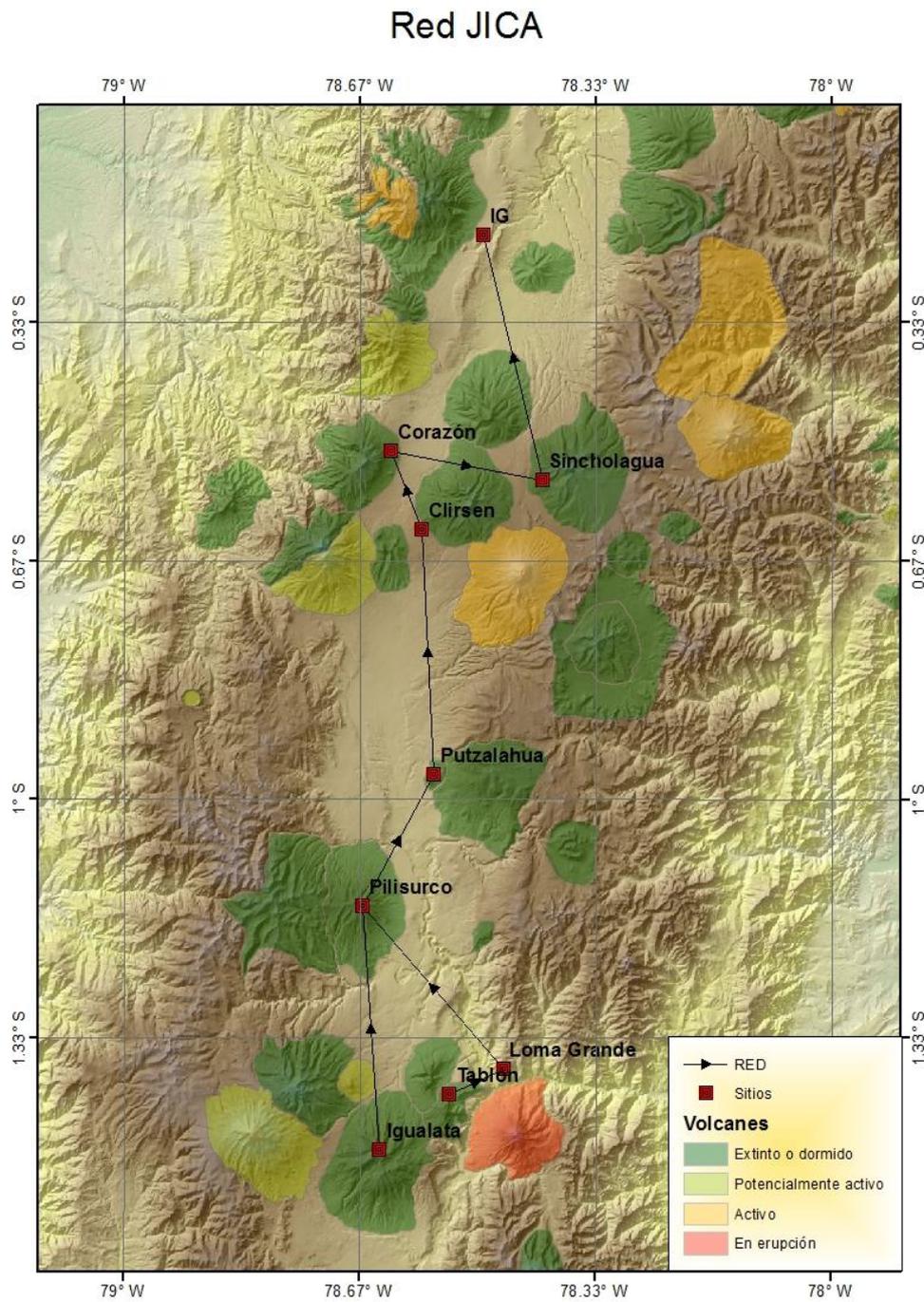


Figura 69. RED JICA-Monitoreo Volcanes Cotopaxi y Tungurahua
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional, s.f.)

RED NACIONAL DE ESTACIONES SÍSMICAS
 INSTITUTO GEOFÍSICO - ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

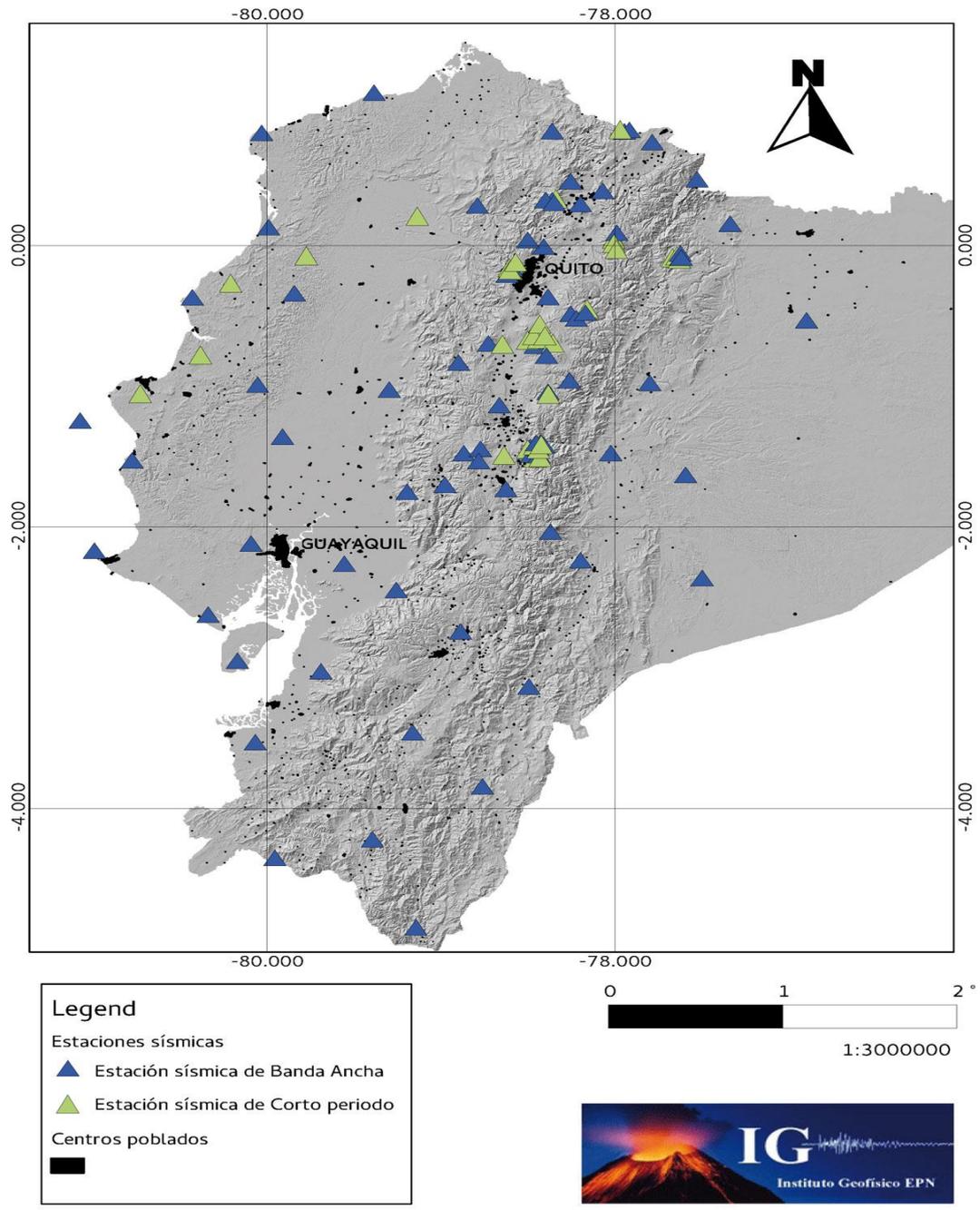


Figura 70. Red Nacional de estaciones sísmicas
 Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional, s.f.)



Figura 71. Red de Acelerómetros a Nivel Nacional

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)

Tabla 10.

Redes de transmisión de datos en el Instituto Geofísico:

REDES DE TRANSMISION DE DATOS	
<i>Transmisión por fibra óptica (Fibra óptica propiedad de Transelectric).</i>	
Red de Repetidoras REPET (Ver Figura 72)	La red de repetidoras o REPET, es la más importante de todas las redes del IG-EPN, pues esta es el eje fundamental en la transmisión de datos a nivel nacional.
<i>Transmisión por red central de microondas (Red propiedad del IGEPN).</i> (Ver Figura 73)	
<i>Transmisión por red satelital (Red de respaldo)</i> (Ver Figura 74)	
<i>Transmisión por tecnología Spread Spectrum.</i>	
Transmisión por radiofrecuencia en bandas no licenciadas de 5.4 y 5.7 GHz. (Ver Figura 75)	
<i>Transmisión por Wi-Fi de largo alcance.</i>	
Red JICA, monitoreo exclusivo para Volcanes Tungurahua y Cotopaxi, operan en frecuencias no licenciadas de 5.4 y 5.7 GHz (Ver Figura 76)	
<i>Transmisión analógica en UHF</i>	
Primera red implementada por el IGEPN, utiliza radios en bandas licenciadas de UHF, transmiten señales de sismógrafos. (Ver Figura 77)	
<i>Transmisión por Internet</i>	
Utilizadas en estaciones para la transmisión en tiempo real de estaciones geodésicas. (Ver Figura 78)	
<i>Transmisión de Voz</i>	
Utilizada para la comunicación interna del IGEPN. (Ver Figura 79)	

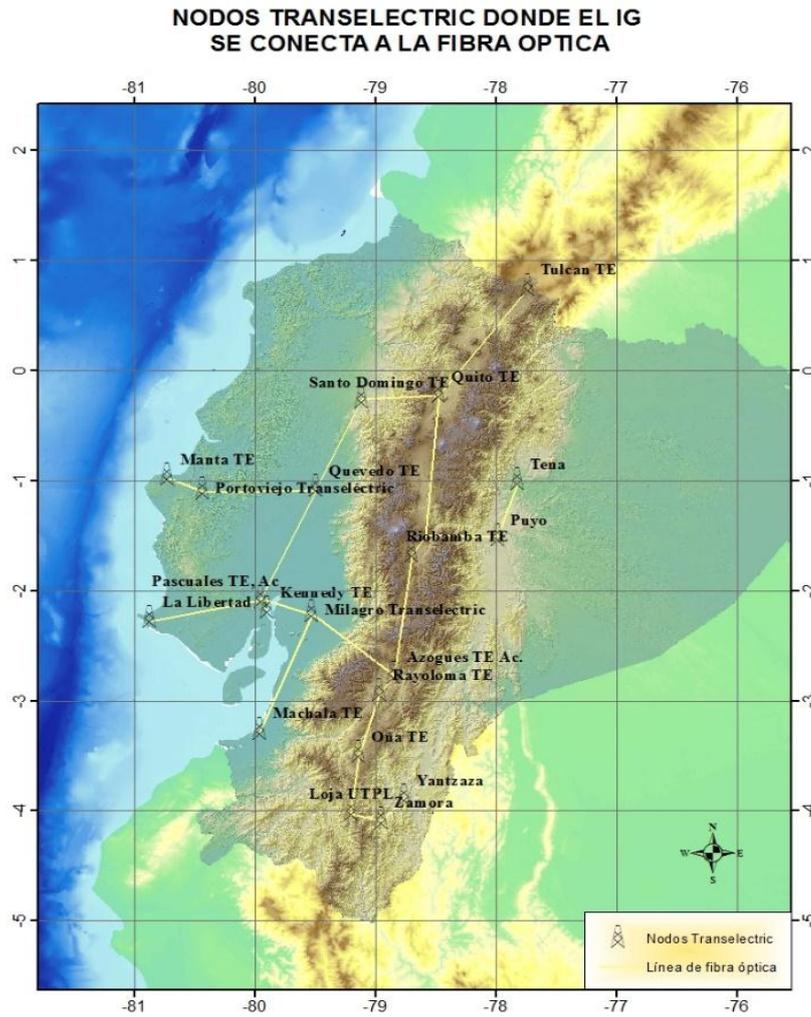


Figura 72. Mapa de interconexión por Fibra Óptica a través de Transelectric
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)

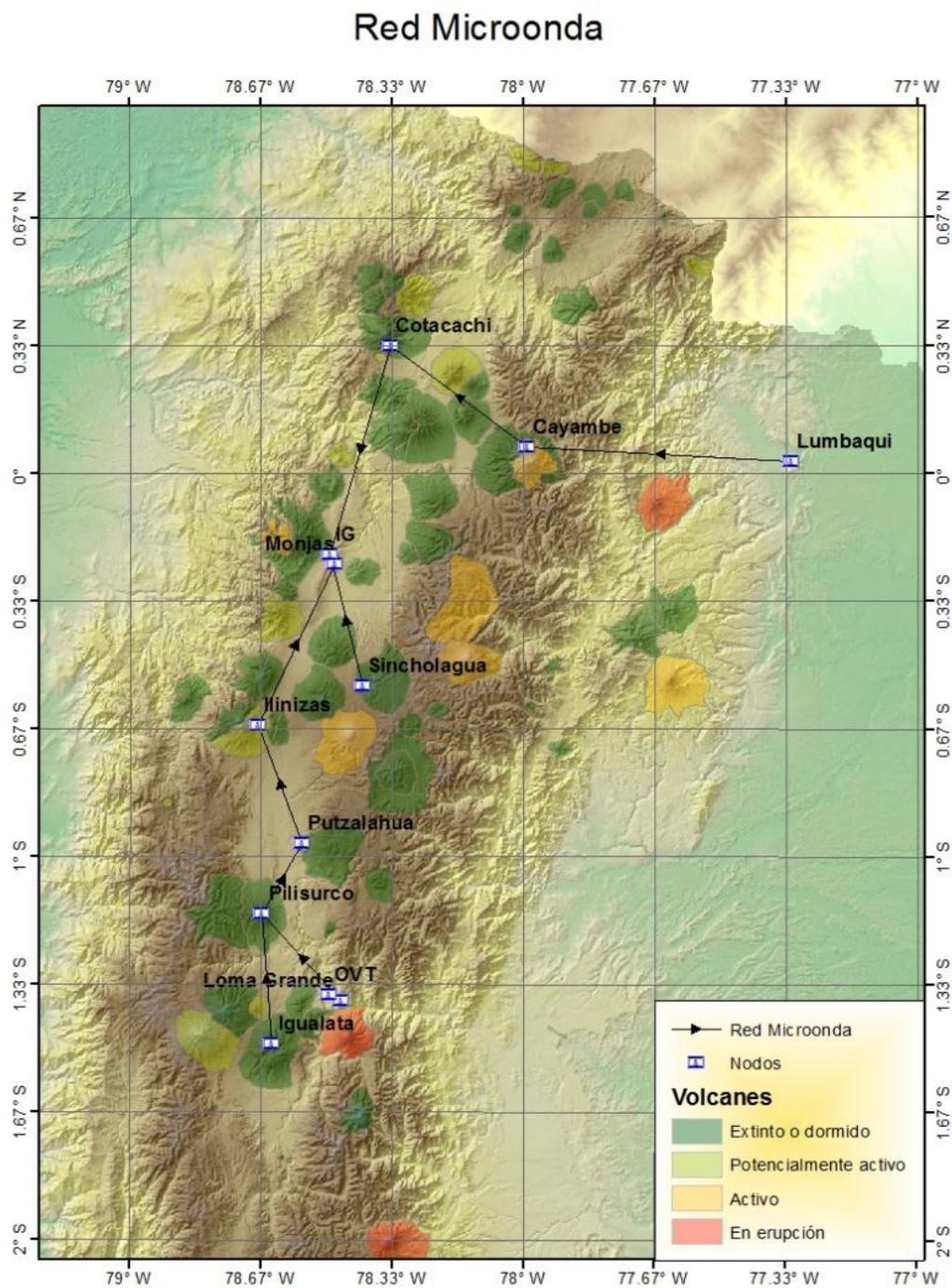


Figura 73. Red central de enlaces microonda
 Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional, s.f.)

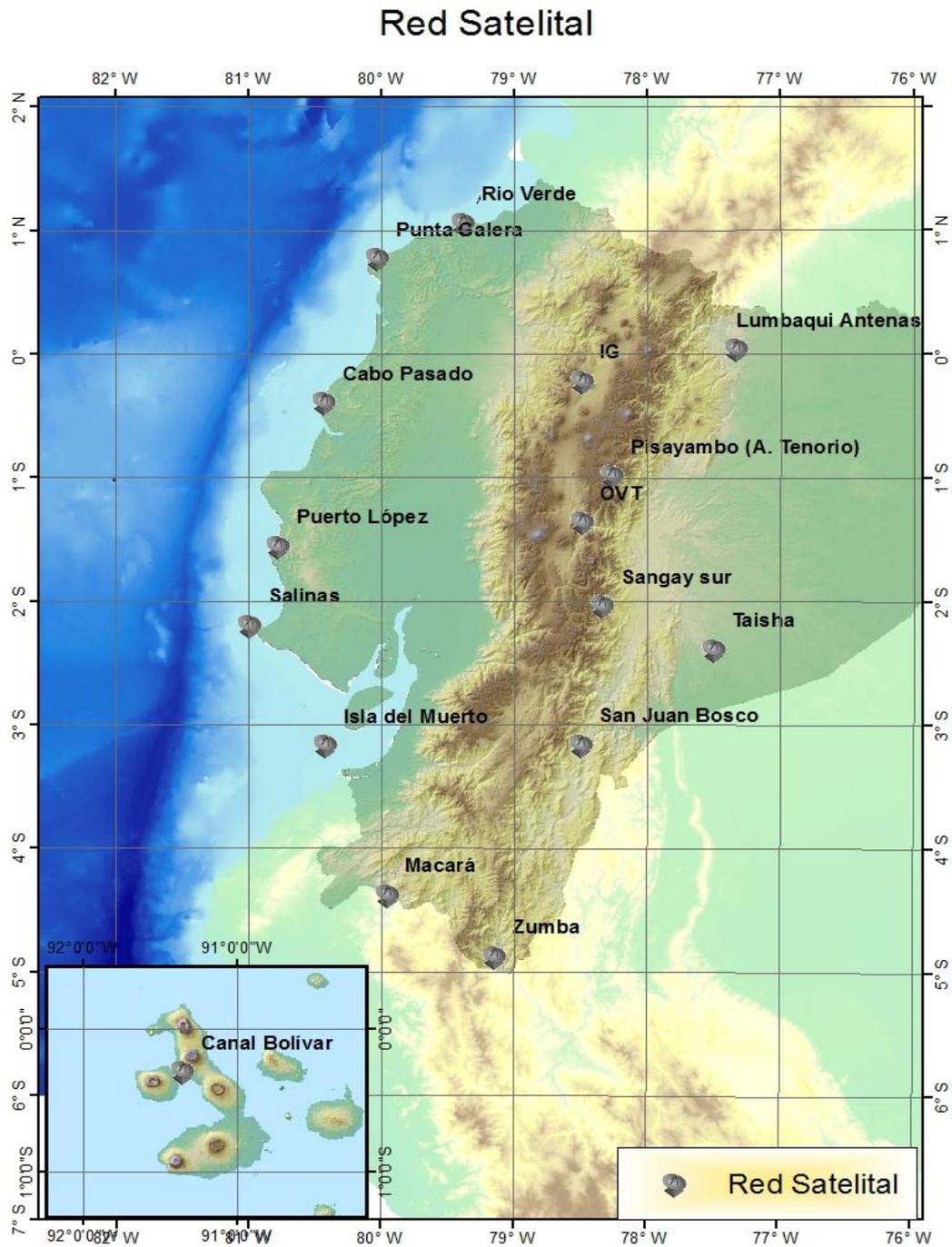


Figura 74. Red Satelital

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)



Figura 75. Equipos de Transmisión por radiofrecuencia
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)

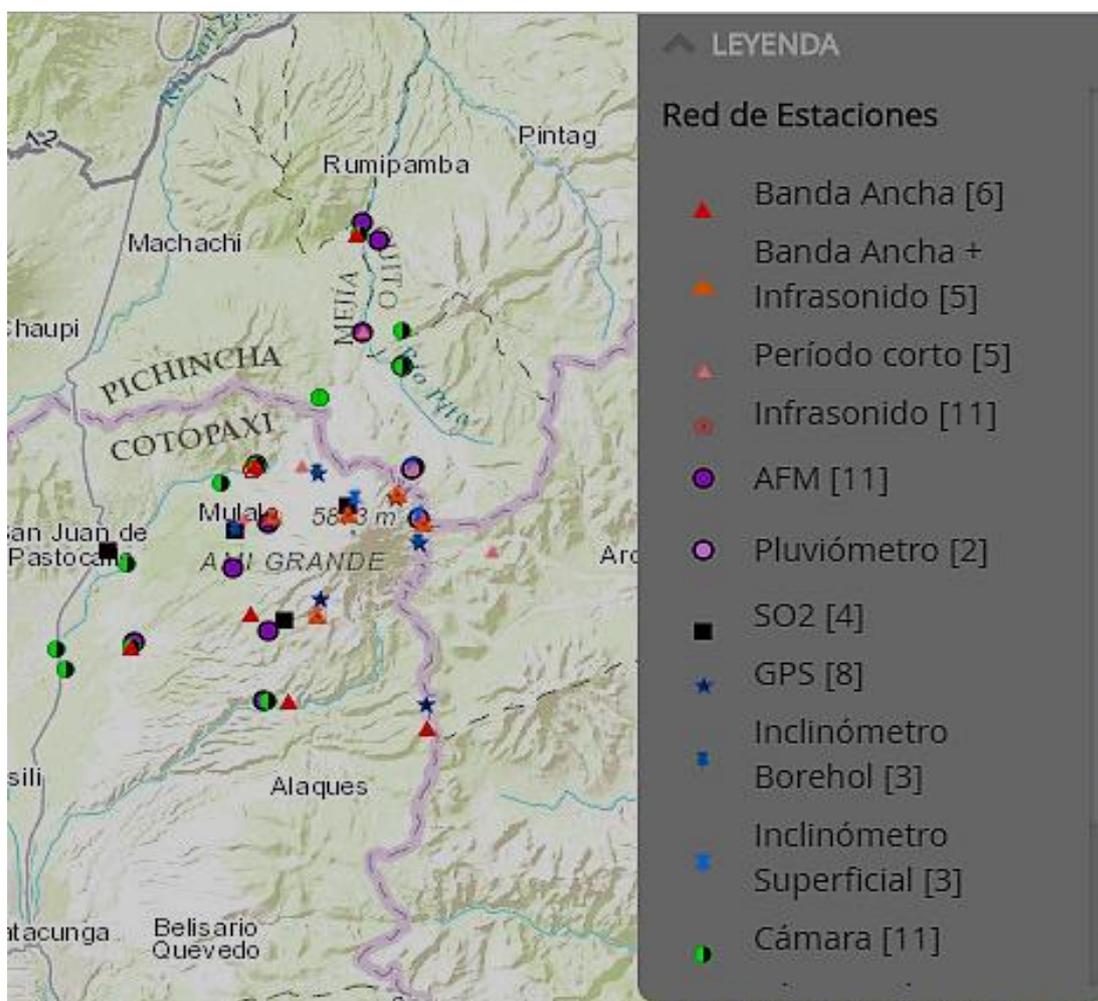


Figura 76. Interconexión de sensores a través de una red JICA
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)

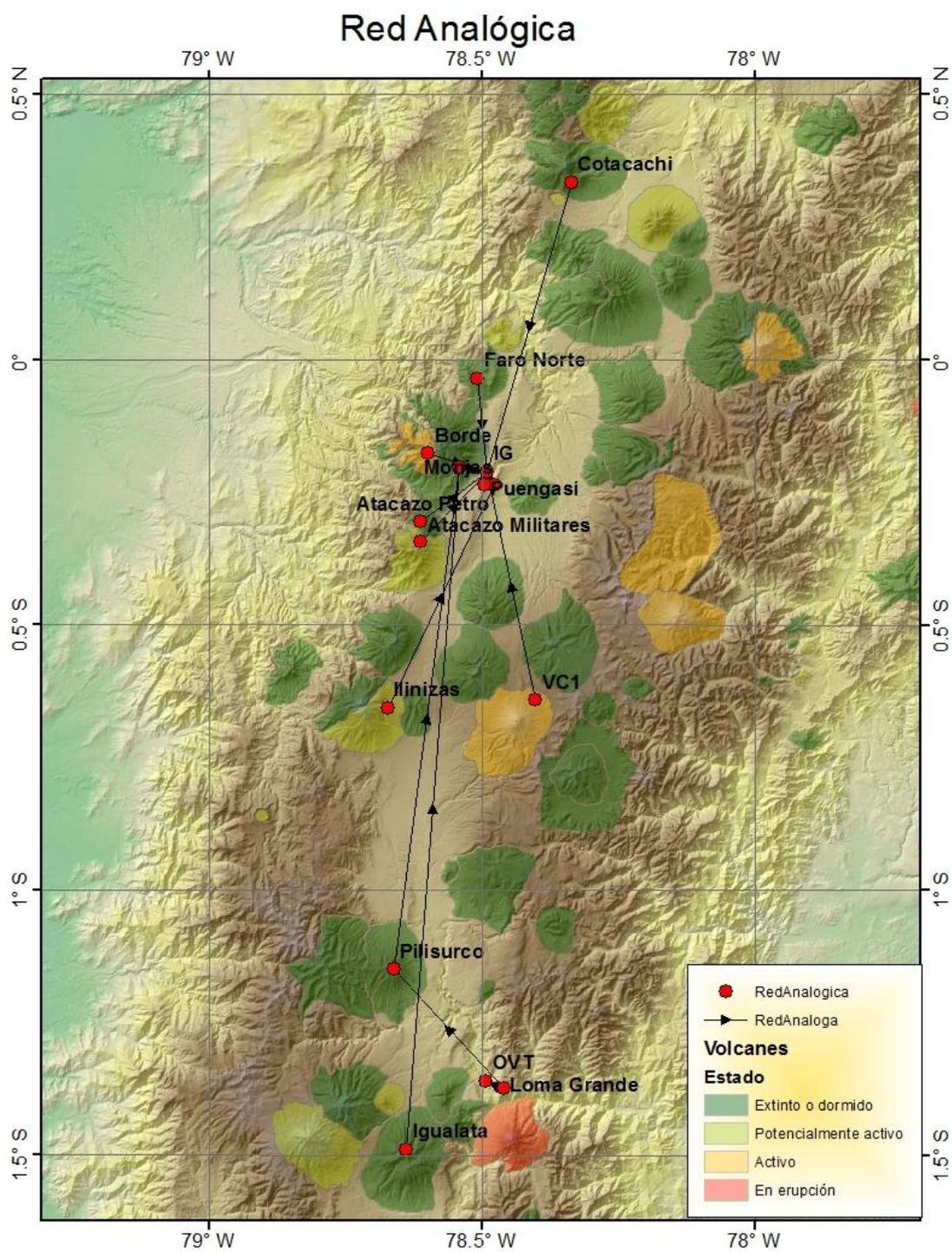


Figura 77. Red Analógica – UHF

Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)



Figura 78. Transmisión de la DATA a través de Internet
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.)

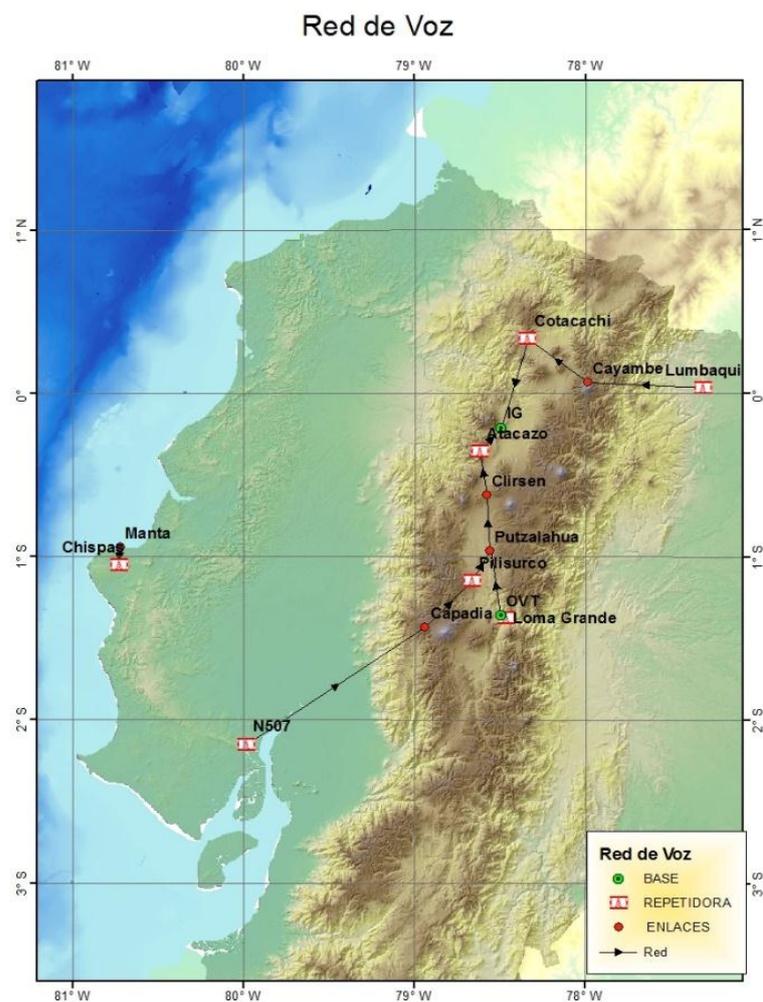


Figura 79. Red interna de telefonía
Tomado de: (Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional, s.f.)

4.2. Sistemas De Alerta Temprana Oleajes Y Tsunamis

Una de las características geodinámicas del territorio continental, es el movimiento de la placa tectónica oceánica de Nazca bajo la placa

sudamericana, como se observa en la figura 80, esto genera un sistema tectónico complejo convirtiendo a los países de la región incluido el nuestro, en escenarios potenciales de diferentes eventos sísmicos y volcánicos de alta sensibilidad y peligro, como también, la existencia de una gran sistema montañoso como es la Cordillera de los Andes y sus múltiples ramales causando cambios climáticos bruscos que son la consecuencia de amenazas oceanográficas e hidrometeorológicas.



Figura 80. Placa de Nazca
Tomado de: (24 HORAS, 2017)

El Instituto Oceanográfico de la Armada, a través del signatario de la NOA y también del convenio que tiene la Secretaría de Gestión de Riesgos del país y con algunas instituciones del perfil costanero del Continente Americano, es el encargado en Ecuador del monitoreo y de la predicción de los posibles eventos naturales que se puedan presentar a lo largo del perfil costanero dentro del territorio nacional e internacional.

Es así, que el INOCAR maneja las siguientes redes y estaciones de monitoreo dentro del territorio nacional:

Tabla 11.

Estaciones Meteorológicas a cargo del INOCAR.

Estaciones Meteorológicas Costeras
<p>A cargo del Instituto Oceanográfico de la Armada se tiene una red estratégica de estaciones meteorológicas como se puede ver en la Figura 81, las cuales contribuyen en el monitoreo y predicción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura Superficial del Aire • Frecuencias y velocidades de los vientos (8 Rumbos Principales)

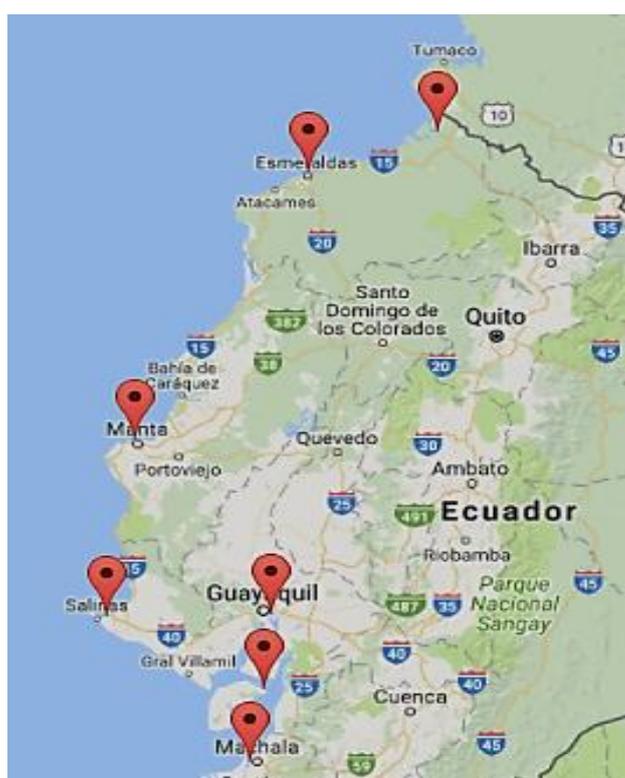


Figura 81. Red meteorológica del INOCAR

Tomado de: (Instituto Oceanográfico de la Armada, s.f.)

Este Instituto maneja proyectos para la investigación científica y el monitoreo de posibles anomalías que se puedan presentar dentro del perímetro nacional, es así:

4.2.1. Proyecto Spondylus



Figura 82. Boyas Oceanográficas - INOCAR – Puerto Bolívar - El Oro
Tomado de: (Instituto Oceanográfico de la Armada, s.f.)

El proyecto consiste en la instalación de boyas oceanográficas, como la que se puede observar en la Figura 82, estas cuentan con sensores meteorológicos y oceanográficos, las cuales tienen como objetivo registrar la altura y periodo de las olas, temperatura superficial del mar, dirección del oleaje, entre otros parámetros físicos del océano. La información recolectada por estos instrumentos es transmitida en tiempo real hasta el centro de monitoreo oceánico del INOCAR.

La instalación de las mismas se llevó a cabo desde el año 2002, y estas se encuentran ubicadas cerca a la puntilla de Santa Elena, al Sur Oeste de la Isla Isabela en el Archipiélago de Galápagos (Primera Fase), estas cuentan con sensores de temperatura del aire, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, radiación solar y ráfagas de viento. La transmisión de la información recolectada por estos sensores es enviada a través de una red satelital exclusiva para este tipo de sistemas. Adicional a los elementos de medición mencionados anteriormente, estas boyas cuentan con un GPS, el cual ayuda a conocer permanentemente la posición en la que se encuentra la boya; la alimentación de este tipo de sensores se la realiza mediante un banco de baterías conectadas a paneles solares, ubicados en la parte superior de la boya.

En la actualidad se han instalado otras boyas oceanográficas en el perfil costanero, estas se encuentran ubicadas en las provincias de: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, El Oro y en Galápagos, no se ha podido obtener reporte de los datos que se generan de estos elementos, pues a la fecha del presente documento (Noviembre 2017), se menciona en la página web del INOCAR que las boyas se encuentran en mantenimiento, como lo muestra la Figura 83a continuación:



Figura 83. Sistema de observación y alerta temprana INOCAR - Noviembre 2017

Tomado de: (Instituto Oceanográfico de la Armada, s.f.)

Este tipo de equipos son muy sensibles para su entorno, pues como se puede observar en la Figura 84, la población que realiza sus actividades cerca a este tipo de elementos, desconoce su funcionamiento y aplicación que tiene el mismo para la comunidad científica y para la generación de alertas de cambios bruscos que se puedan presentar en estos entornos, que causa daños a las mismas, por lo que algunas de estas boyas, como la que se encuentra ubicada

en Salinas, ha sufrido daños considerables y actualmente se encuentra fuera de operación, según la página web del INOCAR.



Figura 84. Boya meteorológica con daños considerables - Salinas – Ecuador
Tomado de: (Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, s.f.)

4.2.2. Proyecto Roger

El INOCAR en conjunto con organizaciones internacionales como el *Institution of Oceanography* y el *Woods Hole Oceanographic Institution*, desarrollaron en conjunto el proyecto de “Mediciones con Planeadores Submarinos no Tripulados para la Región Ecuatorial, el cual tiene como objetivo la determinación de los cambios oceanográficos que se puedan presentar en la región ecuatorial, este proyecto comprende el uso de planeadores oceánicos, los cuales tienen una autonomía en su movilización a través de la densidad del agua, la transmisión de la data obtenida de los sensores que tienen este tipo de vehículos se lo realiza por una red satelital Iridium, el planeador oceanográfico se lo puede observar en la Figura 85.



Figura 85. Planeador Oceanográfico Gliders - Equipo Técnico de ROGER
Tomado de: (Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region, s.f.)

Estos planeadores submarinos fueron desplegados por técnicos del INOCAR en colaboración con personal técnico de las otras instituciones participantes, a inicios de del mes de Octubre del año 2013, al noroeste y sureste de la Isla Isabela, en la provincia de Galápagos.

Este tipo de planeadores oceanográficos, son denominados Gliders, tienen la capacidad de navegar libremente y son tienen la capacidad de obtener información como:

- Conductividad
- Temperatura
- Profundidad
- Clorofila
- Oxígeno

Esta información es recogida a través de sus sensores la cuál es enviada a través de la red satelital Iridium, esta información es procesada y verificada por los expertos en el centro de monitoreo del INOCAR, y luego esta es presentada en la página web del proyecto como se lo puede apreciar en la Figura 86 - 89.

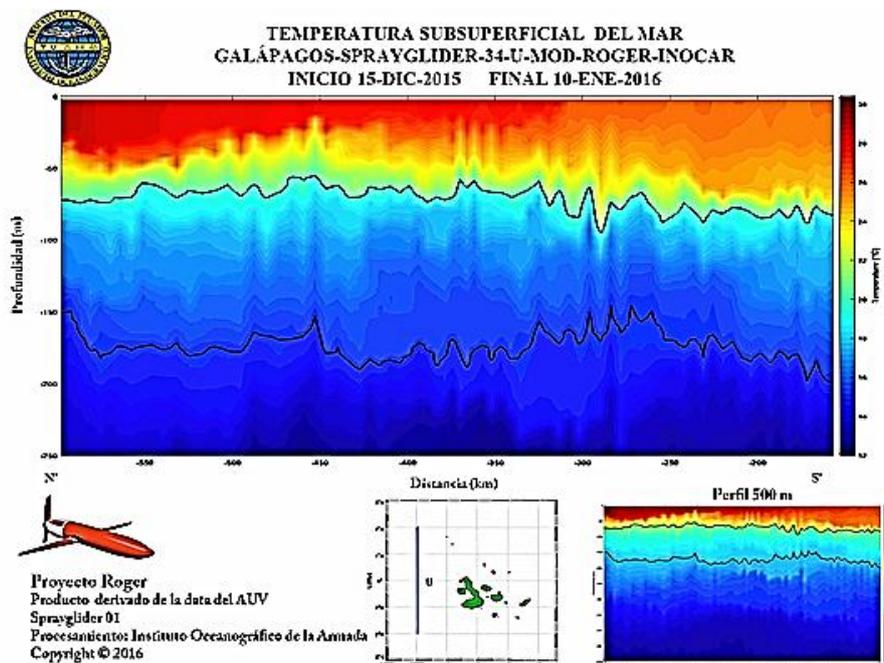


Figura 86. Temperatura - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos
 Tomado de: (Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region, s.f.)

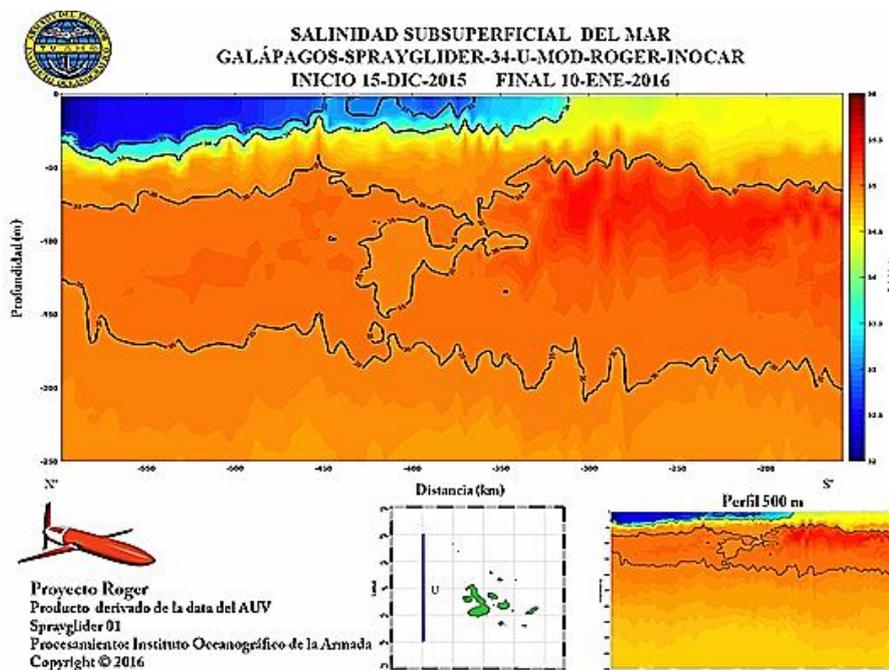


Figura 87. Salinidad - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos
 Tomado de: (Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region, s.f.)

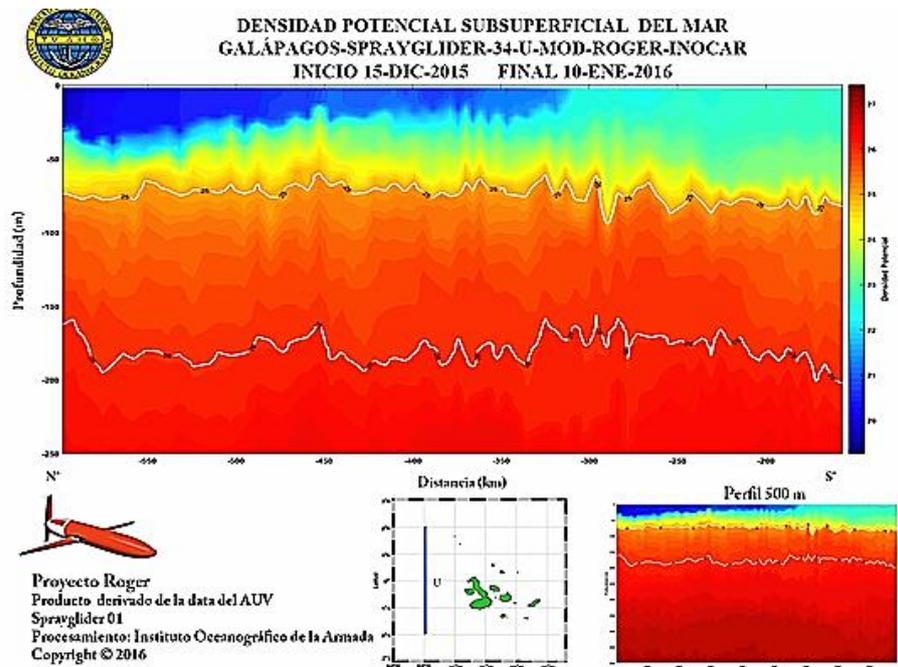


Figura 88. Densidad - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos
Tomado de: (Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region, s.f.)

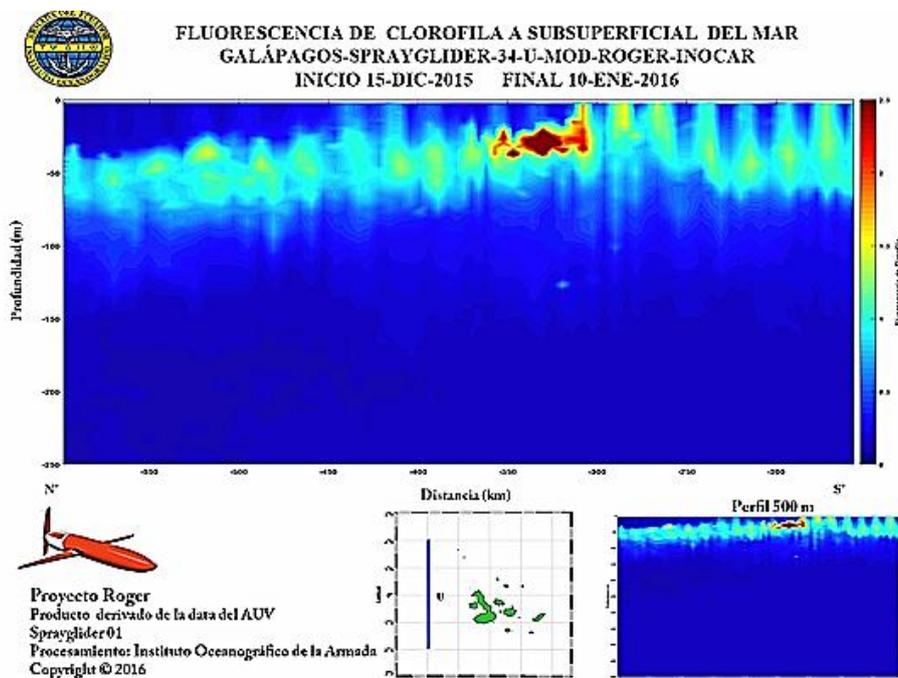


Figura 89. Fluorescencia - Data obtenida del Proyecto Roger - Islas Galápagos
Tomado de: (Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region, s.f.)

4.2.3. Proyector Mosarg

Este proyecto tiene como objetivo principal, dar seguimiento en tiempo real, a las condiciones océano-atmosféricas para la búsqueda de posibles variaciones o vulnerabilidades climáticas, así como también, la determinación de la calidad de ecosistemas marinos-costeros de las costas ecuatorianas.

La recopilación de información se la realiza a través de redes satelitales, las cuales están conformadas por sensores AVHRR, pertenecientes a la Administración Nacional de Oceanografía y Atmosférica de EEUU, estos tienen la capacidad de realizar estudios oceánicos, de la tierra, columna de la atmósfera y el espacio exterior.

Entre las características de este tipo de sensores están:

- “Resolución espacial de 1.1 km, en el nadir de la observación.” (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)
- “Resolución espectral de 5 bandas (1 visible, 1 infrarrojo cercano y 3 en infrarrojo térmico)”. (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)
- “Resolución radiométrica de 10 bits.” (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)
- “Resolución temporal de aproximadamente 1 imagen diaria por satélite (en nuestra estación).” (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)
- “Ancho de la imagen 2700 km. (aprox.)” (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)

El Instituto Espacial Ecuatoriano y el INOCAR reciben diariamente imágenes de los satélites NOAA 18 y 19 diurnos en órbitas ascendentes y descendentes, esta información es procesada y se obtiene un resumen como el de la Figura 90.

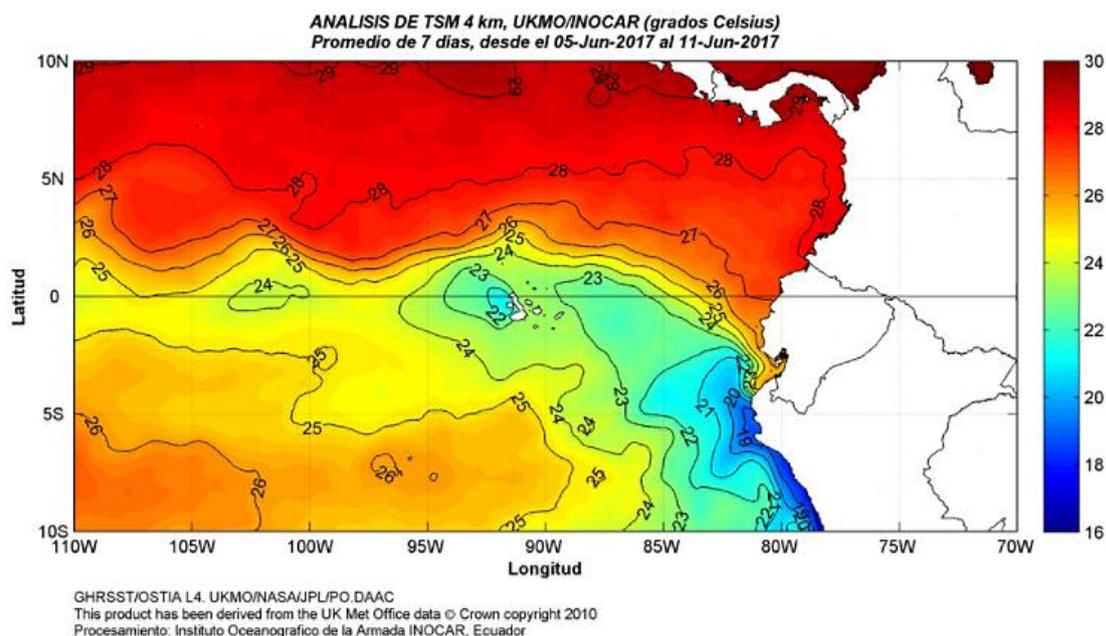


Figura 90. Lecturas de la temperatura del mar - NOAA – INOCAR
Tomado de: (Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, s.f.)

También se obtiene información en este proyecto de sensores MODIS (satélites AQUA y TERRA), cuya abreviatura significa *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, este es un instrumento que viaja a bordo de los satélites: TERRA (EOS a.m.) y del AQUA (EOS p.m.); la órbita en la que el satélite TERRA viaja alrededor de la tierra es de norte a sur cruzando el Ecuador por la mañana, mientras que el satélite AQUA recorre la tierra desde el sur hacia el norte cruzando el Ecuador por la tarde. El tipo de órbita en la que se encuentran establecidos estos satélites es conocida como Heliosíncrona de nodo descendente (AM) y el Cuasipolar de nodo ascendente (PM), los cuales obtienen una medición de las variables de Temperatura Superficial del Mar, Clorofila, Total de Materia Suspensa y Carbono Orgánico Particulado, con una resolución de un kilómetro en tiempo real. Las imágenes se las puede observar en la Figura 91.

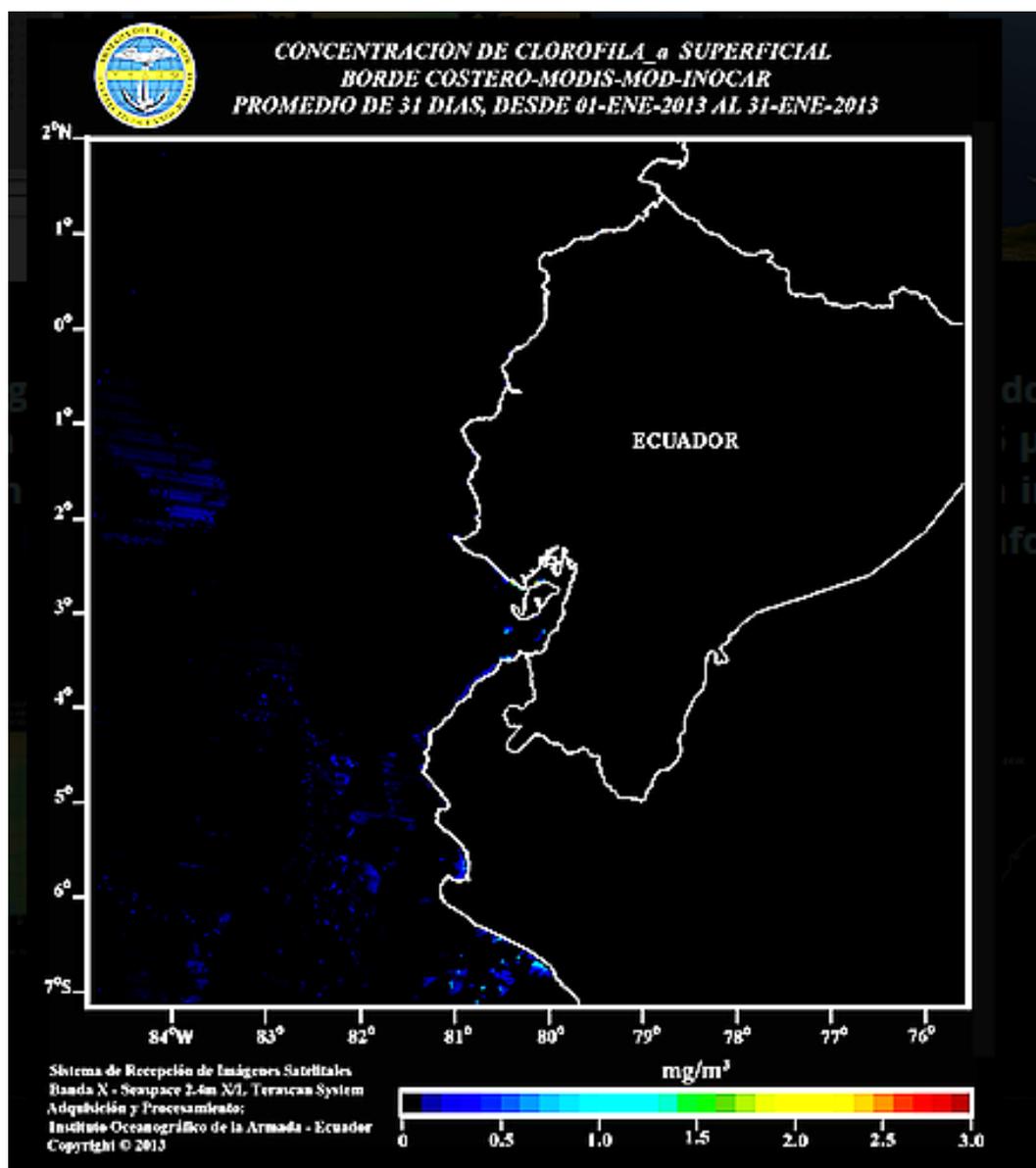


Figura 91. Resumen Concentración de Clorofila - Modis – INOCAR
Tomado de: (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017)

4.2.4. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

El Ecuador en participación con otras entidades y organizaciones internacionales, han instalado en las costas dos boyas para la detección de posibles tsunamis que se puedan presentar en la región, en la Figura 92, se observa la ubicación que tienen en la aplicación de la *National Oceanic and Atmospheric Administration's*.

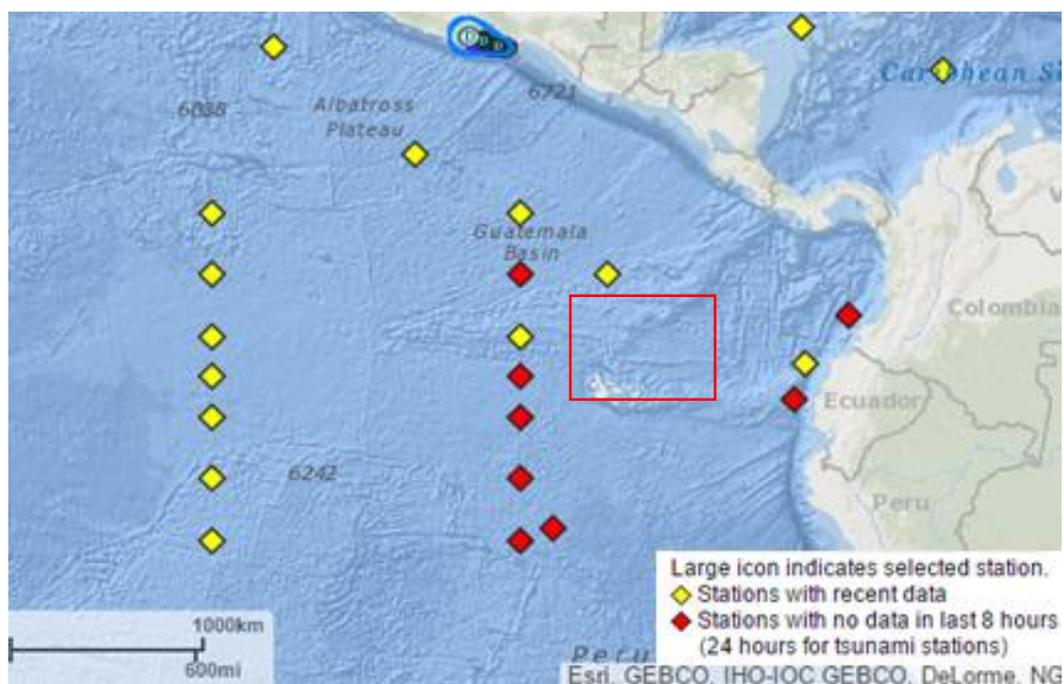


Figura 92. Ubicación de las Boyas para detección y monitoreo de Tsunamis en Ecuador

Tomado de: (National Oceanic and Atmospheric Administration's, s.f.)

Cada una de las boyas de detección de tsunamis, como las que se puede observar en la Figura 93, son en realidad un componente de un sistema complejo, el cual consta con sensores para trabajos específicos, tales como:

- Control de mando
- Paneles solares
- Antenas Iridium
- Antena de radar activo
- Sensor de transmisión/recepción denominado transceptor ubicado en su parte inferior (cola de la boya)
- Sensor de presión, cuya función es detectar los cambios mínimos (3 cm) producidos por movimientos sísmicos (y/o de naturaleza geológica) en el área específica de ubicación de la boya o perturbaciones ocasionadas por las ondas generadas por eventos lejanos (tsunamis generados lejos del territorio ecuatoriano).

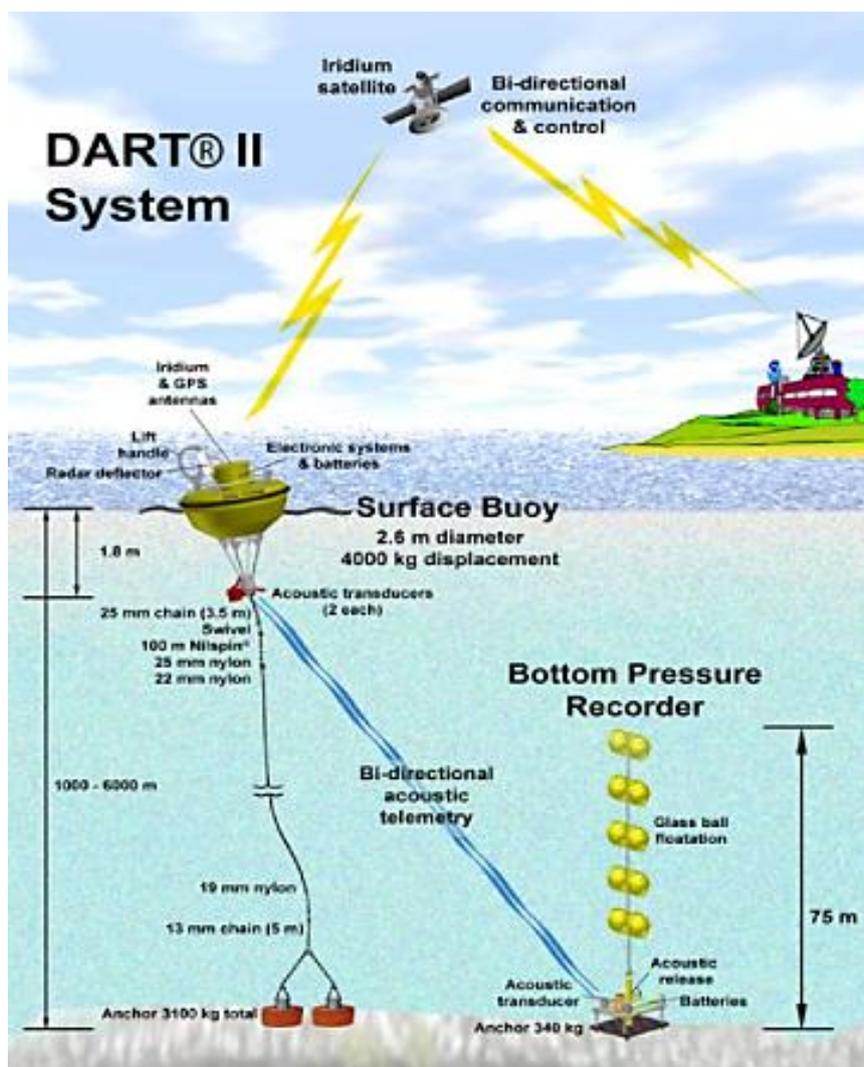


Figura 93. Estructura de una boya para la detección de tsunamis
Tomado de: (National Data Buoy Center, 2017)

La característica de estos equipos es que los sensores de presión con los que cuenta son instalados a la misma profundidad que la boya, la cual está entre los 1600 metros en Manta y 2900 metros para Esmeraldas, estas tienen una separación de entre 20 a 50 metros para poder mantener la comunicación, pues esta se la realiza mediante un sistema acústico.

Este sensor de presión tiene la capacidad de almacenar toda la información correspondiente a la columna de agua, tiene la capacidad de realizar una medición continua cada 15 min y cada 3 horas hace la transmisión de la data hacia la boya que se encuentra en la superficie.



Figura 94. Posicionamiento de Boya para la detección de Tsunami - Esmeraldas – Ecuador

Tomado de: (Armada del Ecuador, 2014)

La boya es un dispositivo transceptor como el que se puede observar en la Figura 94, es el instrumento que ayuda en la recepción de la data enviada por los sensores ubicados en el fondo del océano, y a su vez, se encarga también de la transmisión hacia la red de satélites IRIDUM, los cuales son satélites de comunicaciones respectivamente pequeños (4 metros de anchura y de forma triangular), estos orbitan la Tierra a una altura de 780 km. Estos sistemas son parte de una red mundial de comunicaciones para teléfonos móviles y transmisión de datos de pequeña escala, el primero de los cuales fue lanzado el 5 de mayo de 1997.

Una vez que la data es transmitida hacia los satélites, esta es enviada a la Central de Acopio o estación de monitoreo en el INOCAR, almacenando toda la información recopilada en los servidores de la institución.

La interpretación de la información recopilada, se la realiza a través de un software desarrollado para este tipo de aplicaciones, aquí se puede visualizar la información por medio de gráficas como las que se puede observar en la Figura 95 y 96, las cuales han sido tomadas de la página oficial de la NOAA, la cual muestra la información a nivel internacional.

Station 32066 - Ecuador INOCAR

Owned and maintained by [Instituto Oceanografico de la Armada](#)
 2.6-meter discus buoy
 EBM22TS (MSM Tsunami Warning System)
 1.136 S 81.765 W (1°8'9" S 81°45'55" W)

Data are not quality controlled by NDBC.

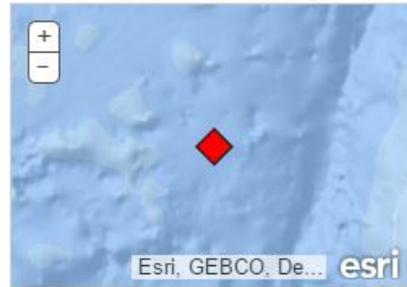
[Meteorological Observations from Nearby Stations and Ships](#) 

[DART Program Description](#)

[U.S. Tsunami Warning Centers](#)



Oceans ▾



Large icon indicates selected station. [Disclaimer](#)

-  Stations with recent data
-  Stations with no data in last 8 hours
(24 hours for tsunami stations)

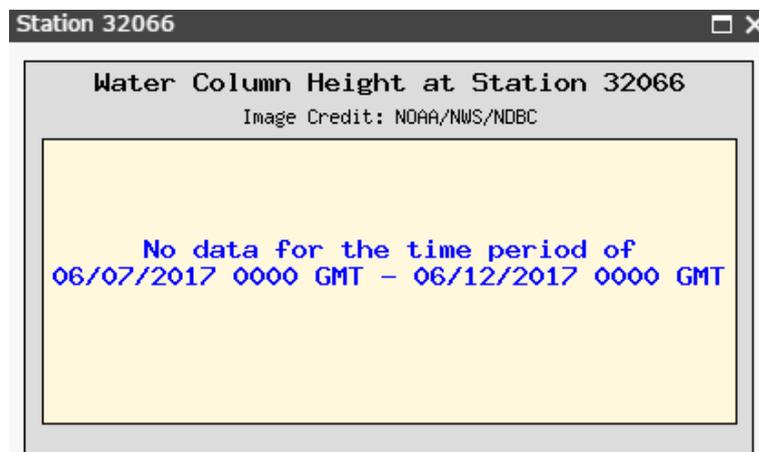


Figura 95. Boyas Detección de Tsunami (Registro National Data Buoy Center)
 Tomado de: (National Oceanic and Atmospheric Administration's, 2017)

Station 32067 - ECUADOR INOCAR

Owned and maintained by [Instituto Oceanografico de la Armada](#)
 2.6-meter discus buoy
 EBM22TS (MSM Tsunami Warning System)
 0.641 N 81.262 W (0°38'28" N 81°15'42" W)

Water depth: 2965.6 m

Data are not quality controlled by NDBC

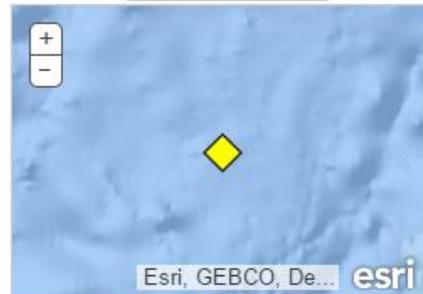
[Meteorological Observations from Nearby Stations and Ships](#) 

[DART Program Description](#)

[U.S. Tsunami Warning Centers](#)

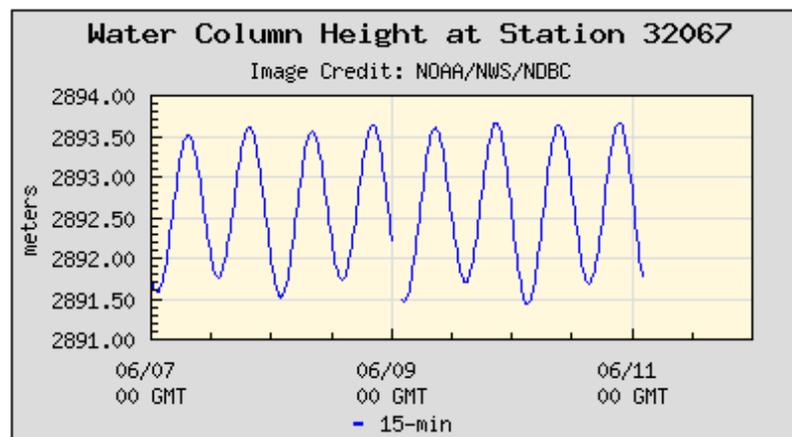


Oceans ▼



Large icon indicates selected station. [Disclaimer](#)

- ◆ Stations with recent data
- ◆ Stations with no data in last 8 hours
(24 hours for tsunami stations)



de escombros los cuales pueden causar grandes daños y pérdidas considerables

Este tipo de fenómenos está vigilado y monitoreado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), esta entidad técnico – científica es responsable en el Ecuador de la generación y difusión de la información hidrometeorológica, esta sirve como sustento para la formulación y evaluación de los planes de desarrollo nacionales y locales, así como también en la realización de investigaciones propias o en conjunto con otras instituciones, aplicada a la vida cotidiana de los habitantes.

Este ente es el encargado de utilizar las estaciones meteorológicas e hidrométricas del país, para brindar información verídica a las diferentes instituciones como el SGR, ECU911, así como también el INOCAR se encarga de las estaciones meteorológicas marinas y terrestres en la zona del litoral.

Cuenta con los siguientes centros, estaciones y redes de observación meteorológicas dentro del territorio nacional, las cuales vamos a detallar a continuación:



Figura 97. Estación Meteorológica Automática - Volcán Antisana
Tomado de: (Ministerio Coordinador de Conocimiento y Taleto Humano, s.f.)

4.3.1. Las Estaciones Meteorológicas

El INAMHI cuenta con estaciones meteorológicas, las cuales se encuentran distribuidas de las 3 regiones del país, así como también en la región insular, como se puede observar en la Figura 98 a continuación:

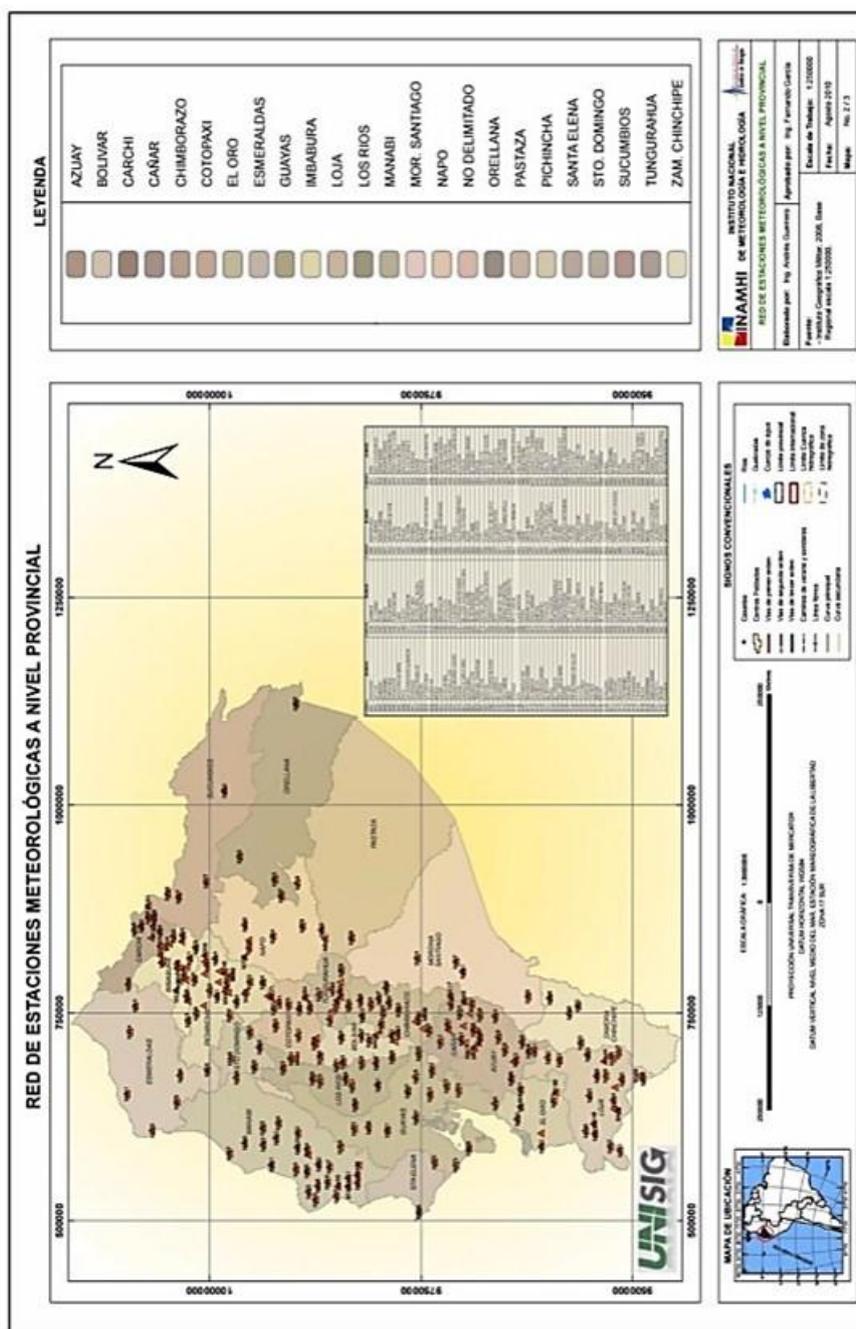


Figura 98. Red de Estaciones Meteorológicas – Ecuador
Tomado de: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, s.f.)

4.3.1.1. Redes de observación meteorológica y climatológica convencionales

El INAMHI cuenta con pocos profesionales adecuados para manejar las diferentes estaciones. El envío de los datos se lo realiza por correo o radio, el cuál presenta muchas dificultades y es causa de posibles fallos de codificación.

Tabla 12.

Tipos de estaciones convencionales existentes en el Ecuador

ESTACIONES	REGIONES			
	Costa	Sierra	Oriente	Insular
Agrometeorológicas	5	6	2	-
Climatológica Principal	16	31	4	3
Climatológica Ordinaria	46	44	6	1
Pluviométrica	77	122	13	1
Pluviográfica	2	4	1	-
Subtotal	146	206	26	5
TOTAL			383	

4.3.1.2. Red de estaciones automáticas de propósito meteorológico e hidrometeorológica.

Este tipo de estaciones tienen como característica en la transmisión de datos, pues la realiza a través de transmisores CAMP-BELL-SEIMAC la cual, esta transmisión la realiza a través de satélites GOES, toda la información generada por los sensores es recibida por medio de un receptor satelital el cual se encuentra en las instalaciones del centro de monitoreo del INAMHI, en Quito.

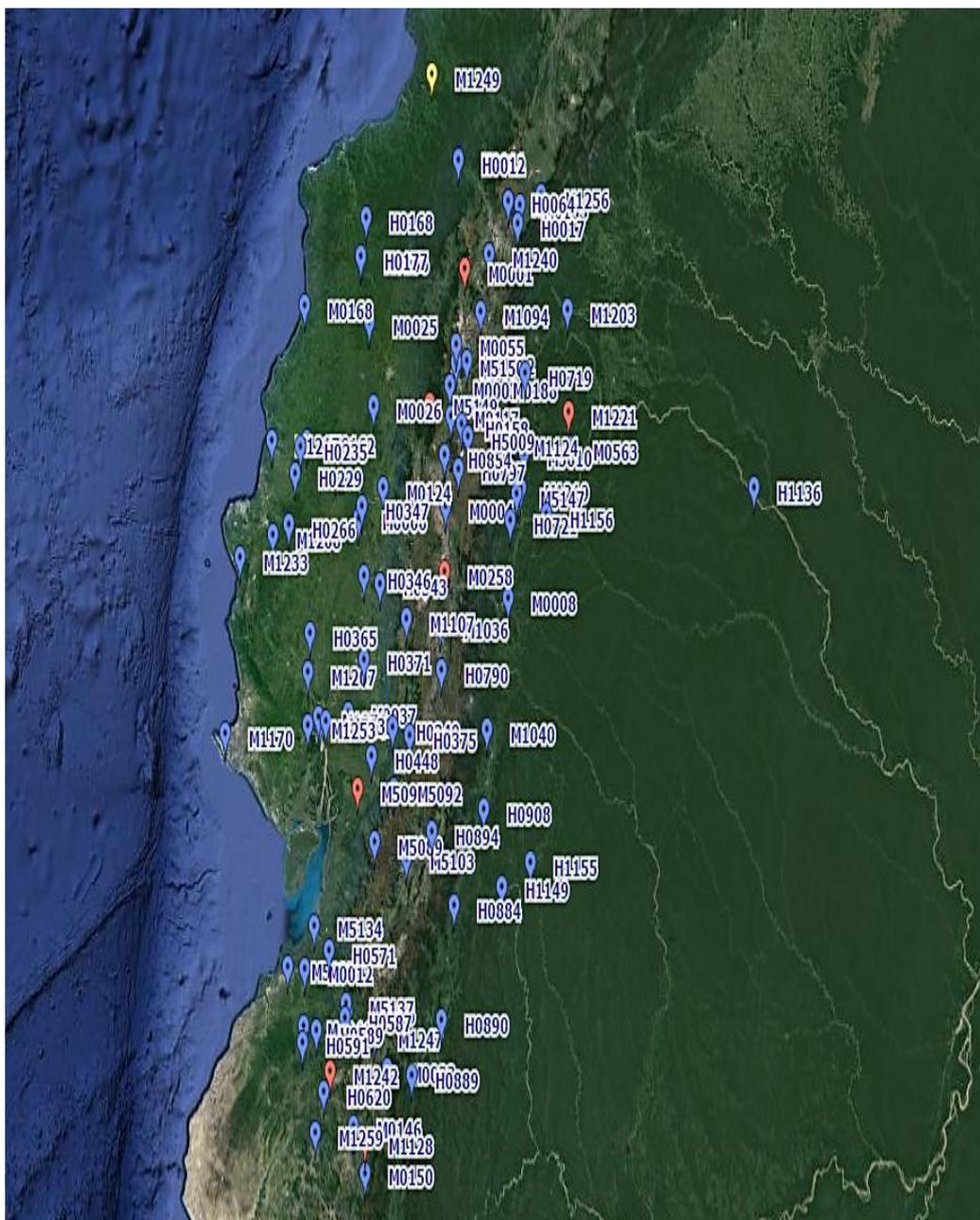


Figura 99. Red de estaciones Hidrometeorológicas INAMHI
Tomado de: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, s.f.)

Tabla 13.

Redes de estaciones automáticas

Estaciones automáticas	Cantidad
hidrológica	5
meteorológica	29

4.3.1.3. Estación de Radiosondeo.

En las islas Galápagos se utiliza una estación aerológica, pero este equipo no funciona con regularidad, pues esta depende o es de propiedad de entidades internacionales, y su funcionamiento se rige mediante negociaciones particulares. Hay planes para instalar otro equipo radiosonda, ya que actualmente el INAMHI dispone de un equipo de Radio sonda adquirido en el año 2007, pero este está siendo utilizado en él: “Proyecto de Apoyo Fundamental en el campo de la meteorología, Plataforma de Gran Altitud PGA con fines de vigilancia y telecomunicaciones”.

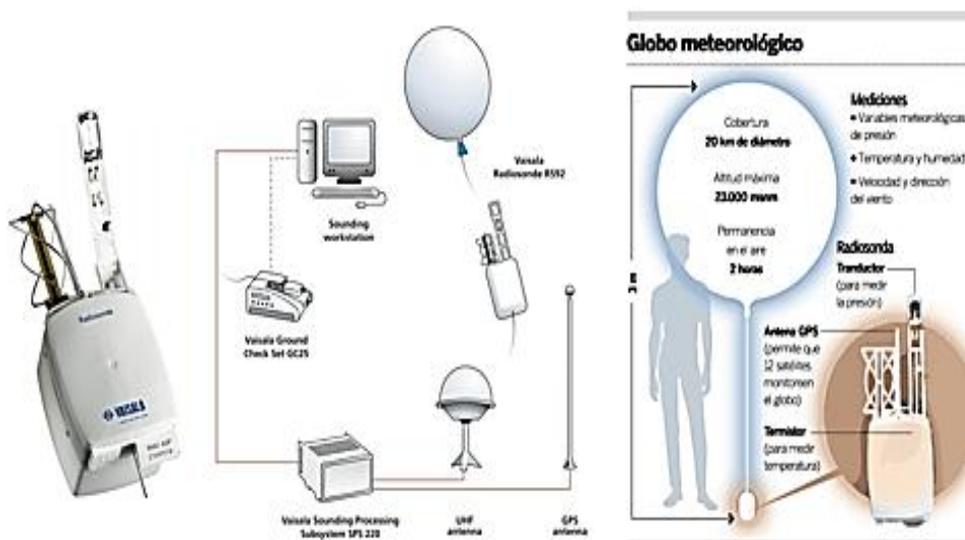


Figura 100. Componentes de una estación aerológica (Radiosondeo)
Tomado de: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, s.f.)

4.3.1.4. Redes hidrológicas

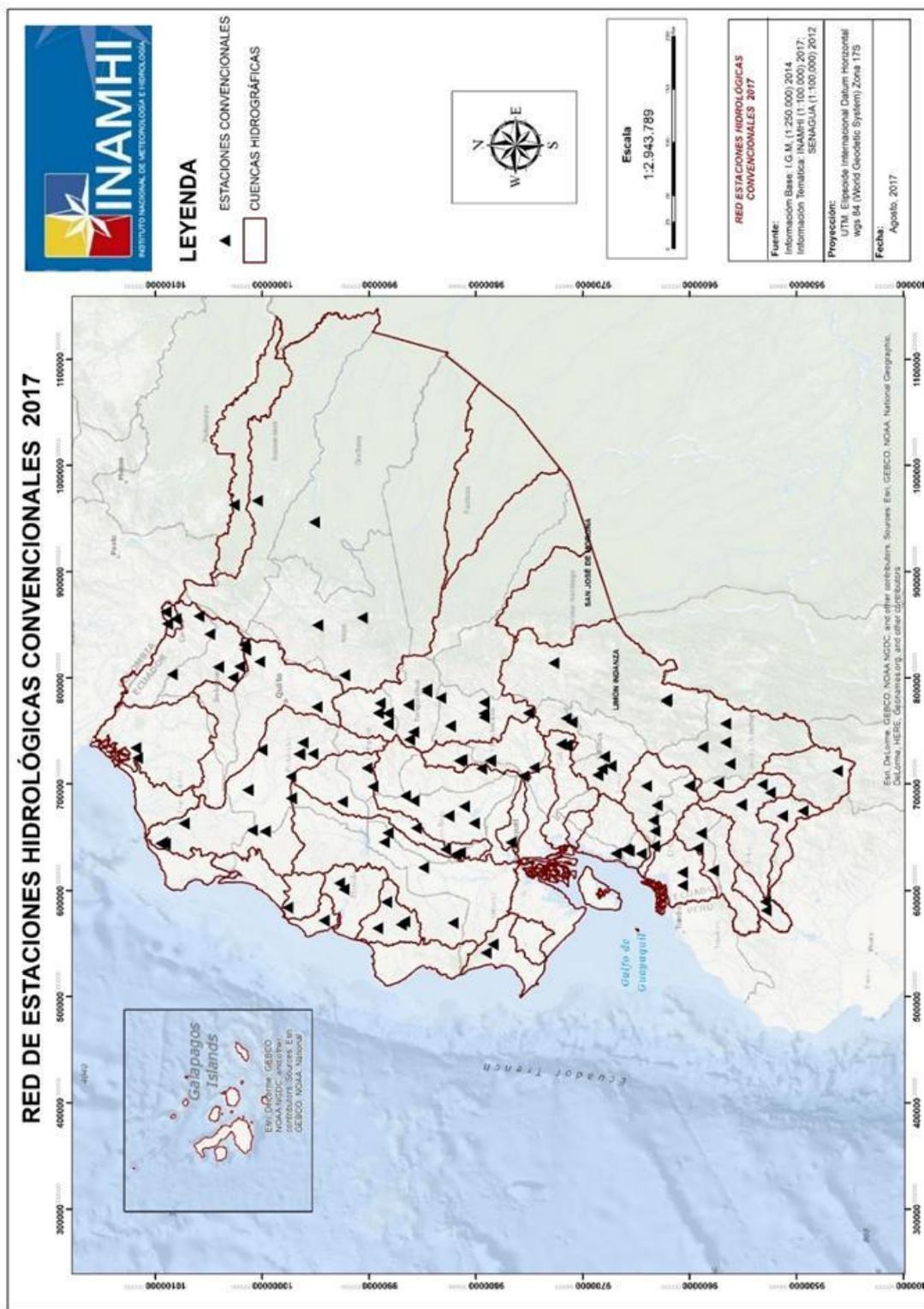


Figura 101. Red Hidrológica INAMHI

Tomado de: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, s.f.)

La red hidrológica está distribuida de la siguiente manera:

Tabla 14.

Redes Hidrológicas:

Tipo de estación	Cantidad	%
Limnimétrica	92	58,6
Limnigráfica	60	38,2
Automática	5	3,2

Actualmente existen planes para la modernización y adquisición de nuevos sistemas de red, pues los que existen actualmente están presentando problemas de funcionamiento o averías continuas de sus partes, de esta manera se ha planteado la sustitución de los sensores antiguos por registradores automáticos más sostenibles y robustos que los sistemas de medida existentes.

4.4. ECU911

Otra de las entidades que han sido creadas por el Gobierno Nacional y donde se centran todas las comunicaciones, sistemas de alerta y demás, es el ECU911, pues este organismo es el encargado de gestionar en todo el territorio nacional, la atención de cualquier tipo de escenario de emergencia que se pueda presentar en la población nacional, estas normalmente son reportadas a través del #911, así como también las que se puedan generar por el sistema de video vigilancia con el que cuenta este organismo y el monitoreo de alarmas, cumpliendo con los objetivos de contribuir de manera permanente a la seguridad integral de la ciudadanía.

Actualmente el ECU911 está en Proyectos e Innovación Tecnológica y a continuación se en listan algunos:

- Sistema simulador de Plataforma de atención de Emergencias.
- Sistema de monitoreo periféricos CACTI
- Sistema de Monitoreo autónomo COW
- Sistema de comunicaciones de contingencia RoIPVoIP

- Integración de bases de datos externas CHEVYSTAR
- Ficha de proyectos inmótica
- Ficha de proyectos ortofotografía
- Ficha de proyecto *Datawarehouse*
- Ficha de proyecto RDS
- Equipo de monitoreo no tripulado DRON
- Comunicaciones de última generación eLTE
- Cámaras especiales de largo alcance térmicas
- Alertas de plataformas de monitoreo vehicular e-CALL

Así también, esta institución es participante en la coordinación de otras entidades tales como:

Tabla 15.

Entidades Públicas Coordinadas por el ECU 911.

	Cruz Roja Ecuatoriana
	Secretaría Nacional de Riesgos
	Ministerio de Salud Pública
	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
	Policía Nacional

	<p>Cuerpos de Bomberos Ecuador</p>
	<p>Ministerio de Defensa</p>

“El trabajo en conjunto de todas las instituciones de respuesta a emergencias permite que una misma situación sea atendida desde una perspectiva completa permitiendo una respuesta eficaz e integral. Reduce los tiempos de respuesta y logra movilizar unidades especializadas para urgencias puntuales”. (ECU 911, s.f.)

A raíz de los últimos eventos naturales que se han presentado en el país, como la reactivación del Volcán Cotopaxi en abril del 2015, y el terremoto de 7,8° en la costa norte ecuatoriana, el gobierno lanzó un proyecto para la implementación de un SAT en las ciudades de Quito y en todas las ciudades del perfil costanero del Ecuador.

El Sistema de Alerta Temprana implementado por el ECU911, es un mecanismo tecnológico que está diseñado para monitorear 24/7 y alertar inmediatamente en el caso de desastres naturales, está conformado por el Servicio Integrado de Seguridad ECU 911, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Instituto Oceanográfico de la Armada y la Secretaría de Gestión de Riesgos, además de la dirección del Ministerio Coordinador de Seguridad.

En el Ecuador, principalmente en el perfil costanero, se ha realizado una inversión considerable en la implementación de equipos y sistemas, para poder alertar a la población en el caso de presentarse tsunamis que puedan ser provocados por sismos de magnitudes mayores a 7 grados.

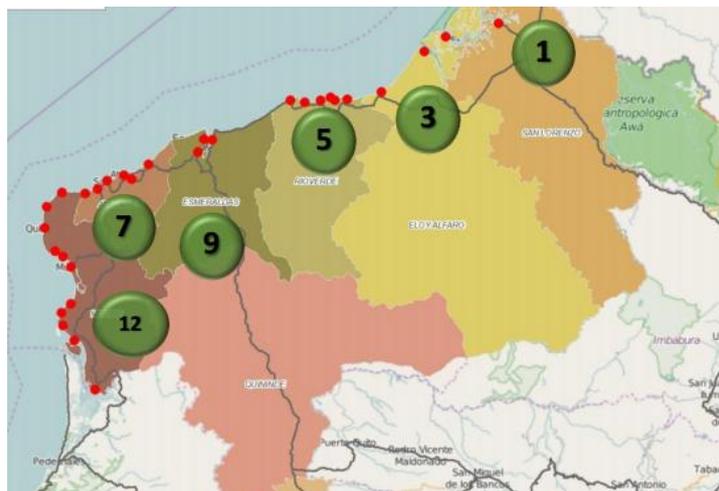


Figura 102. Sirenas de Alerta de Tsunamis instaladas en Esmeraldas
Tomado de: (ECU911, s.f.)

En la provincia de Esmeraldas, como se observa en la Figura 102, se tiene una distribución de estas sirenas, de la siguiente manera:

Tabla 16.

Distribución de Sirenas en la Provincia de Esmeraldas

CANTÓN	# DE SIRENAS
ATACAMES	7
ELOY ALFARO	3
ESMERALDAS	9
MUISNE	12
RIO VERDE	5
SAN LORENZO	1

Así también se tiene instalados estos equipos en el resto de las ciudades del perfil costanero, como se puede observar en la Figura 103, a continuación:

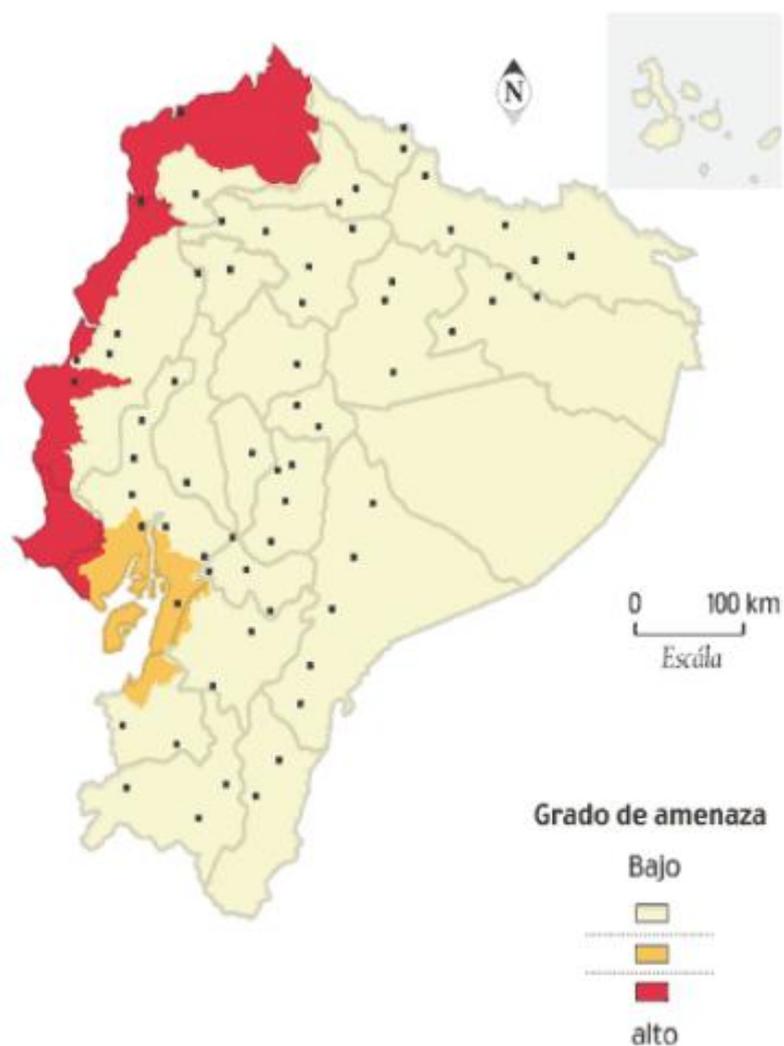


Figura 103. Provincias vulnerables del Ecuador
Tomado de: (ECU911, s.f.)

Es así que se tienen instalados 81 sirenas para alerta de tsunamis y 12 sirenas en represas dentro del territorio nacional, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 17.
Distribución de sirenas para alerta en el Ecuador

PROVINCIA	CANTONES	# DE SIRENAS
ESMERALDAS	6	37
MANABÍ	14	56
TOTAL	20	93

Este sistema cuenta con varios elementos técnicos como los que se observa en la Figura 104, entre los equipos que se pueden encontrar están: boyas, radares, estaciones sísmicas e hidrológicas (sismógrafos y mareógrafos), acelerógrafos, además del monitoreo y el mantenimiento de la red sísmica, hídrica y oceanográfica, plataformas de control, red institucional, señalética, con la tecnología más avanzada en comunicaciones.

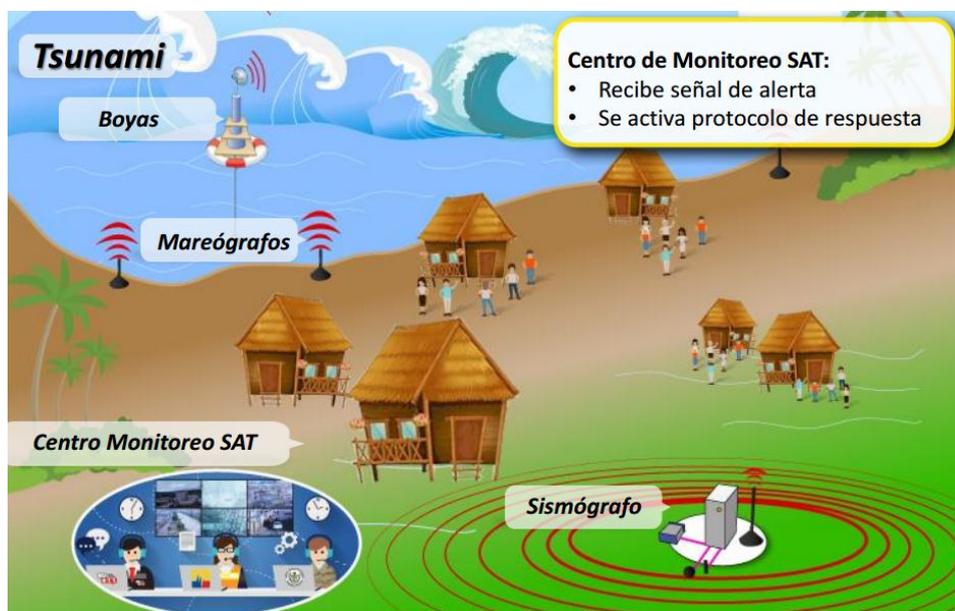


Figura 104. Componentes de un SAT para tsunamis – Ecuador
Tomado de: (ECU911, s.f.)

Cada uno de estos sistemas está compuesto con sirenas con un alcance máximo de tres kilómetros, este alcance es determinado por la topografía de los terrenos que se encuentren alrededor de estos, adicional a esto, estos puntos con una cámara de video vigilancia, la cual aporta en labores de monitoreo y seguridad ciudadana en los sectores por donde se encuentran ubicadas las mismas, estas imágenes están siempre disponibles para registro y monitoreo del ECU911.

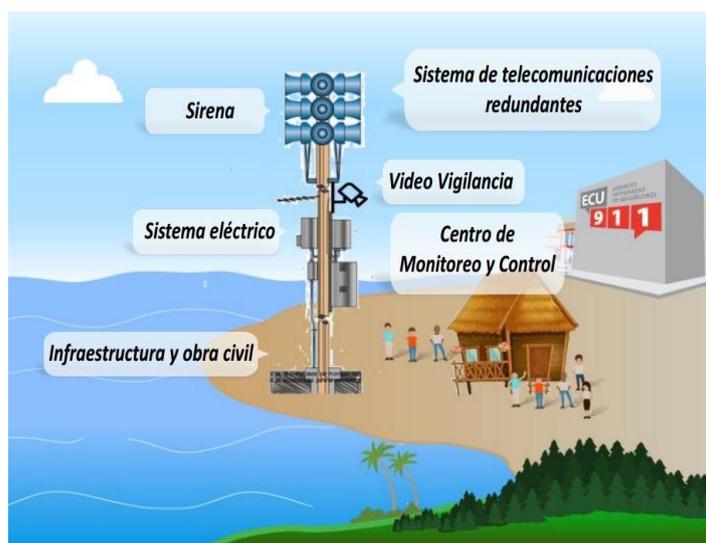


Figura 105. Componentes de una estación de alerta de Tsunamis
Tomado de: (ECU911, s.f.)

Normalmente estos componentes como los que se muestran en la Figura 105, cuentan con un panel solar el cual brinda autonomía eléctrica en caso de presentarse cortes de la misma, se mantiene funcionando se encuentran normalmente interconectados al sistema de monitoreo del ECU911, estos equipos tienen la capacidad de emitir alertas frente a un posible tsunami, enviando mensajes de prevención y seguridad a la ciudadanía, como se ve en la Figura 106.



Figura 106. Mensajes de alerta emitidos a la ciudadanía por el ECU911
Tomado de: (ECU911, s.f.)

La Secretaría de Gestión de Riesgos ha implementado mapas de las ruta de evacuación y sitios seguros en todas las ciudades costeras, así como también,

en las poblaciones donde se puedan presentar eventos naturales los cuales puedan presentar daños cuantiosos en propiedades y pérdidas personales, además también, la SGR ha realizado campañas de concientización y capacitación de las personas de zonas vulnerables sobre las medidas a tomar frente a sismos y tsunamis, como se muestra en la Figura 107.



Figura 107. Difusión de alertas e identificación de lugares seguros
Tomado de: (ECU911, s.f.)

Así también, en las poblaciones de Tumbaco y el Valle de los Chillos en la ciudad de Quito, por la reactivación del volcán Cotopaxi, se implementaron sistemas de alerta temprana para el aviso de posibles inundaciones y desbordamiento de ríos, que se puedan producir en estas zonas por el deshielo del glaciar del volcán.

Estos sistemas instalados se encuentran interconectados a través de Fibra Óptica, teniendo como backup un sistema inalámbrico para la transmisión y recepción de la información, el cual funciona en la banda de FM y UHF.

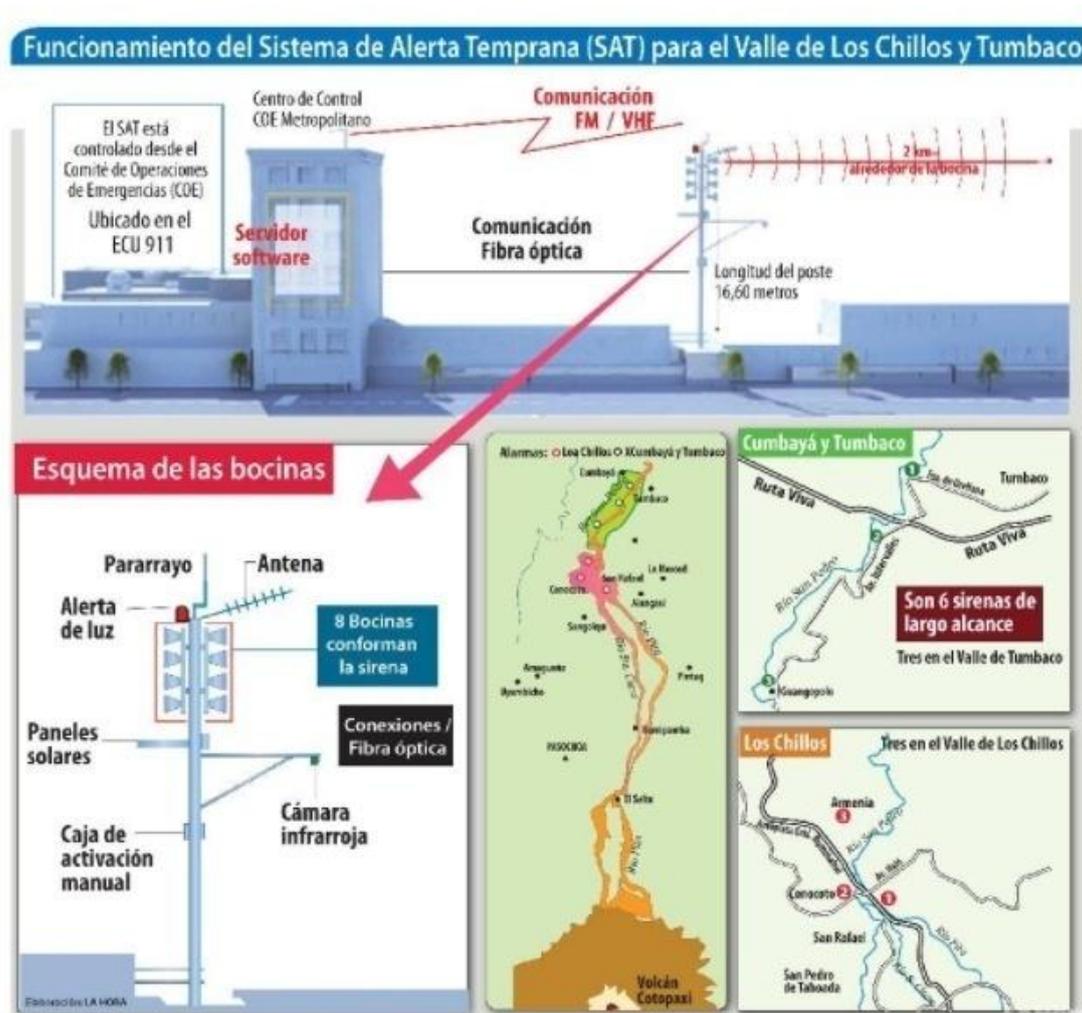


Figura 108. Sistema de Alerta Temprana para erupción del Volcán Cotopaxi Tomado de: (ECU 911, s.f.)

Por parte del Municipio de Rumiñahui se colocaron 10 sistemas de alerta en los barrios que se encuentran en las riberas de los ríos Santa Clara y Pita, estas tienen una cobertura de 3km.

Así también el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ha realizado la instalación de de 4 sistemas de alerta temprana, cubriendo los sectores de San Rafael, Playa chica, San Gabriel, El Triángulo, Capelo, Armenia 1 y 2, Guangopolo, Rumiloma, Nuevos Horizontes, San Luis, San Antonio, ESPE, entre otros.

También se realizaron instalaciones de dos sistemas de alerta en las parroquias de Tumbaco y Cumbayá, estos cubren los barrios Roja, Vaquería,

El Nacional, El Limonar, Hospital de los valles, así como también los sectores que están cerca a las riberas del río San Pedro.

Cabe recalcar que la activación de estas sirenas, ya sean las que se encuentran en control del ECU911 como las que se encuentran a cargo del Municipio de Rumiñahui, son sistemas de activación manual, pues estas dependen de un operador que se encuentre en el sitio de monitoreo para su activación, o por medio de un mensaje de texto del presidente del COE o encargado de este tipo accionamientos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A raíz del terremoto de Abril del 2016, el cual afectó con mayor fuerza a las provincias de Manabí y Esmeraldas, así como también a la reactivación del volcán Cotopaxi, se pudo constatar la carencia que tiene el país en la parte tecnológica, así también se pudo evidenciar que la población no cuenta con una preparación adecuada para un evento de tal magnitud, ni se cuenta con planes de atención emergente de este tipo de fenómenos naturales, pues el país no cuenta con un sistema de alerta temprana para el aviso a la población.

Como se ha podido observar en el Capítulo 3 del desarrollo de esta investigación, la mayor cantidad de proyectos que se han impulsado para la prevención, monitoreo y alerta, ante cualquier tipo de evento natural que se pueda presentar dentro del territorio nacional, han sido propuestos por entidades internacionales y financiadas casi en su totalidad por las mismas, como fue el caso del Proyecto Roger, explicado en el Cap. 3.2, de esta manera se puede notar que el Estado Ecuatoriano, no ha realizado una inversión considerable o no está dando la suficiente importancia para el desarrollo tecnológico en este campo de la ciencia de investigación, o no está considerando a los proyectos presentados por estas instituciones para alcanzar las metas y objetivos que han propuesto cada una de ellas.

En lo que respecta a tecnología para la detección y prevención de sismos en el Ecuador, como se dio a conocer en el Cap. 1, este tipo de eventos naturales son muy difíciles de predecir y tecnológicamente el país, aún no se cuenta con los recursos tecnológicos necesarios para la detección de los mismos. Siendo el IG-EPN una de las principales entidades del estado, encargada del monitoreo de este tipo de fenómenos, se ha podido constatar gracias a visitas técnicas y entrevistas que se han podido obtener con el personal técnico de la institución, que no cuenta con el apoyo económico suficiente para realizar las adecuaciones tecnológicas necesarias para mejoramiento los equipos y medios de transmisión con los que se cuenta actualmente.

Adicional a esto, se pudo verificar en una de las visitas técnicas realizadas, que no se cumplen con los estándares internacionales propuestos para la implementación de este tipo de equipos, pues la mayoría de estos, se encuentran ubicados en instalaciones no adecuadas para su funcionamiento y a las que pueden acceder cualquier tipo de personas, así como también se puede observar en el Anexo 1, 2 y 3, que dentro de las instalaciones o predios donde se encuentran los equipos de la estación de monitoreo se encuentran objetos que no participan en el funcionamiento del mismo, y que pueden afectar en el funcionamiento de los mismos, o a su vez, pueden estar afectando en la transmisión de las señales generadas por el mismo, pues se conoce que estos equipos son muy sensibles y pueden generar lecturas erróneas.

Como se dio a conocer en el Cap. 3.2, sobre el PROYECTO SPONDYLUS, actualmente algunos equipos propiedad del país, los cuales pertenecen a la red internacional de monitoreo de tsunamis se encuentran fuera de operación, como podemos observar en el Anexo 4, esto se debe a factores externos (desconocimiento de la ciudadanía) los cuales han causado daños en la infraestructuras de estos equipos, por lo que han tenido que ser retirados para mantenimiento, pero en este momento no se cuenta con los recursos necesarios para poder solventar este tipo de afectaciones, por lo que algunos de estos se encuentran a la espera de repuestos para su integración a las redes de monitoreo.

Se ha podido conocer también, que para la detección de posibles inundaciones causadas por desborde de ríos en el Ecuador, como se menciona en el Cap. 1.6, no se cuenta con la tecnología correspondiente para una alerta temprana hacia la población, a pesar de la creación de proyectos de gran envergadura como el control de inundaciones Bulubulu, y el multipropósito Chone, los cuales son de gran ayuda para la contención y control de flujo del agua en los ríos donde se encuentran estos ubicados, pero en otras partes del país, todavía se ha podido contener las inundaciones y estas han afectado a las poblaciones cercanas a sus riveras, a sus cultivos y animales también.

Los sistemas de transmisión con los que cuentan las estaciones de monitoreo no cuentan con los soportes necesarios o no cumple con los estándares

necesarios para su funcionamiento, estas han sido colocadas si tomar en cuenta las recomendaciones técnicas para las mismas, como referencia a lo mencionado, se puede observar un gran ejemplo de esta situación en el anexo 4.

La mayor parte de los equipos con los que se cuenta actualmente para el monitoreo de eventos naturales con afectación a la población, ya han cumplido su tiempo de vida útil, a pesar de que las instituciones realizan el mayor esfuerzo (Técnico y Humano) para que continúen en funcionamiento, estos están presentado problemas en su funcionamiento y pueden estar generando información errónea, o simplemente pueden dejar de funcionar en cualquier momento.

En el Ecuador, aun no se ha desarrollado un sistema que alerte automáticamente a la población, como el que ha sido desarrollado Japón que es uno de los países que más ha sufrido con este tipo de desastres naturales, y que utiliza medios digitales de comunicación para la emisión de alertas de posibles eventos naturales que se puedan presentar en zonas localizadas, los cuales han sido explicados en el Cap. 1.7.

Pese al esfuerzo de las autoridades para la concientización de las personas a partir de los eventos suscitados en el año 2016 (terremoto y activación volcánica), en lo que respecta al comportamiento que deben tener frente a una emergencia de tipo natural, implementación de señalética auditiva y visual, la ciudadanía en general desconoce en gran parte las ubicaciones de los lugares seguros, rutas de evacuación y demás acciones que se deben tomar o realizar ante una emergencia.

5.2. Recomendaciones

Un SAT debe ser creado desde una perspectiva y enfoque hacia la gestión de riesgo, con una mirada integral en búsqueda del bienestar de las personas. Esto significa que todo el proceso debe buscar el vínculo entre la parte técnica y la parte humana.

Se debe incentivar la participación técnico-científico de universidades, institutos tecnológicos y sector privado a nivel nacional, para que se puedan crear mejores tecnologías en función del desarrollo tecnológico.

Se debe fomentar la creación de estándares sobre la creación de los sistemas de alerta temprana, así como de la instalación de los mismos, pues estos equipos al ser muy sensibles pueden ser afectados muy fácilmente, ya sea por condiciones ambientales en las que se encuentran o por agentes externos en su funcionamiento.

Incentivar a los gobiernos nacionales, a realizar inversiones considerables para el desarrollo de tecnologías para la implementación y mejora los sistemas de alerta temprana, para que se pueda tener un manejo adecuado, en base a normas y estándares de calidad para su conformación, así se podrá evitar que el mal uso de recursos tanto técnicos como económicos.

Se debe reforzar la investigación científica en las entidades públicas y privadas, en la búsqueda de opciones tecnológicas que permitan aminorar los costos de implementación de este tipo de sistemas y de disponibilidad de los mismos.

Reforzar y actualizar los estudios de los posibles riesgos que se puedan tener, en términos de amenaza y vulnerabilidad.

Se debe incorporar nuevas tecnologías en los procesos de monitoreo, para obtener nuevas variables o condiciones de estado y así, realizar actualizaciones en los protocolos, planes y demás acciones que se puedan tomar para la mitigación de las emergencias.

Se debería adquirir sistemas que complementen los grandes proyectos creados para el control de inundaciones, y realizar un análisis más profundo de las

posibles zonas que puedan ser afectadas por las crecientes de ríos, así como también la concientización de las personas para el uso de estos.

Impulsar el desarrollo tecnológico por parte de las universidades y centros de estudio en general, para la creación de sistemas de alerta hacia la población, usando medios digitales para la misma, ya sean a través de internet o mensajes de texto como por ejemplo el sistema implementado por JAMA para la generación de alertas hacia la población.

Capacitar a la población en general, sobre el uso y las prohibiciones que se debería tener con los equipos que se encuentran en locaciones de fácil acceso, para que se evite daños tanto en la infraestructura como en las lecturas que se puedan tener de este tipo de elementos.

Se debe realizar un compromiso por parte del gobierno local y regional, para la implementación de nuevas tecnologías y mejoras en los protocolos de comunicación de los sistemas de alerta temprana en el territorio nacional.

Se deben socializar más las rutas de evacuación, los peligros existentes en las diversas regiones del Ecuador y las acciones que se deben seguir ante una emergencia.

REFERENCIAS

- 24 HORAS. (2017). *¿Cuándo será el gran terremoto anunciado para el norte?* Recuperado de <http://www.24horas.cl/nacional/cuando-sera-el-gran-terremoto-anunciado-para-el-norte-1133574>
- Agencia Meteorológica de Japón. (2015). *Monitoring of Earthquakes, Tsunamis and Volcanic Activity*. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html>
- Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Sudamérica. (2016). *Fuerte temporal causa estragos en distintas localidades de Ecuador*. Recuperado de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/fuerte-temporal-causa-estragos-distintas-localidades-ecuador.html>
- Animal Politico. (2017). *Katia, Irma y José: los tres huracanes que amenazan a México, EU y el Caribe*. Recuperado de <http://www.animalpolitico.com/2017/09/katia-irma-jose-los-tres-huracanes-amenazan-mexico-eu-caribe/>
- Armada del Ecuador. (2014). *Nueva boya de detección de tsunamis frente a las costas de la provincia de Esmeraldas*. Recuperado de <http://www.armada.mil.ec/?p=4583>
- Armién, F. (2011). *Manual Sistema de Alerta Temprana*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2009). *Ley de Seguridad Pública y del Estado*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de http://eempn.gob.ec/documentos_2017/Ley-de-Seguridad-Publica-y-del%20Estado.pdf

- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2014). *REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PUBLICA Y DEL ESTADO*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de http://www.seguridad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/reglamento_a_la_ley_de_seguridad_publica_y_del_estado.pdf
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2015). *Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública*. Recuperado de <http://www.justicia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/05/LEY-ORGANICA-DEL-SISTEMA-NACIONAL-DE-CONTRATACION-PUBLICA.pdf>
- BBC Mundo. (2015). *Huracán Patricia amenaza el Pacífico mexicano con "consecuencias potencialmente catastróficas"*. Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151023_mexico_huracan_patricia_jalisco_colima_az
- BETA - Inforural. (s.f.). *Los Volcánes de Santa Pau*. Recuperado de <http://www.inforural.com/accion/imprimir.ruta.asp?id=448>
- Biblioteca de Investigaciones. (2014). *Estructura Interna de la Tierra*. Recuperado de <https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/geologia/estructura-interna-de-la-tierra/>
- Biblioteca de Investigaciones. (2016). *Ciclones Tropicales - Huracanes*. Recuperado de <https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/huracanes-tifones-ciclones-tropicales-o-baguios/>
- Comunicadores Gestión de Riesgos de Desastres. (2011). *Sistemas de Alertas de Tsunamis*. Recuperado de <http://redrepiensa.blogspot.com/2011/03/sistema-de-alerta-temprana-en-japon.html>
- Coordinación Nacional de Protección Civil - Mexico. (2016). *Sistema de Alerta Temprana*. Recuperado de http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/curso_Alerta_Temprana.pdf

- Corrales, L. (2013). *SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LA REDUCCION DE DESASTRES*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2018, de <http://www.indeci.gob.pe/sectores/reuniones/2013/06%20jun/INDECI%20-%20SAT.pdf>
- CristaLab. (2011). *Cómo funciona la tecnología anti terremotos de Japón*. Recuperado el 15 de MARZO de 2017, de <http://www.cristalab.com/blog/como-funciona-la-tecnologia-anti-terremotos-de-japon-c95902/>
- CubaDebate. (2011). *Qué es y cómo se forma un tsunami*. Recuperado de <http://www.cubadebate.cu/noticias/2011/03/11/que-es-y-como-se-forma-un-tsunami-infografia/#.WRvWdWg1-00>
- Diario El Comercio. (2016). *Un lahar obligó el cierre momentáneo del Parque Nacional Cotopaxi*. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/lahar-obligo-cierre-parque-cotopaxi.html>
- Diario El Comercio. (2017). *Cuatro viviendas afectadas por deslizamientos de tierra, en El Oro*. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/viviendas-afectadas-deslizamiento-tierra-eloro.html>
- Diario El Telégrafo. (2015). *Deslaves y desbordamiento de ríos por fuertes lluvias en varias provincias*. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/informacion-general/1/deslaves-y-desbordamiento-de-rios-por-fuertes-lluvias-en-varias-provincias>
- Diario El Tiempo. (2016). *Desbordamiento de río en Alluriquin*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/ecuador/4/372976/cuatro-muertos-y-300-afectados-por-el-desbordamiento-de-rio-en-santo-domingo>
- Diario El Universo. (2016). *Fuerte caída de ceniza del volcán Tungurahua en Quero*. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/03/04/nota/5443398/fuerte-caida-ceniza-volcan-tungurahua-quero>

- Diario El Universo. (2016). *Via Baños Penipe deshabilitada por alud*. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/02/24/nota/5423982/banos-penipe-deshabilitada-tras-alud>
- EarthSpeaking. (2015). *A 35 años de la erupción del monte Santa Helena*. Recuperado de <http://www.earthspeaking.net/a-35-anos-de-la-erupcion-del-monte-santa-helena/>
- ECU 911. (s.f.). *Servicios que presta ECU 911 para una Seguridad Ciudadana Integral*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.ecu911.gob.ec/servicios-de-ecu911/>
- ECU911. (s.f.). *Sistema de Alerta Temprana "TSUNAMI y CONTROL DE REPRESAS"*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.ecu911.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Sistema-de-Sirenas-de-Alerta-Temprana-Esmeraldas.pdf>
- Ecuavisa. (2015). *Fuerte oleaje en Malecón de Salinas*. Recuperado de <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/103942-video-continuan-labores-limpieza-tras-fuerte-oleaje-malecon>
- E-DUCATIVA. (2017). *Tiembla la tierra - Sismicidad*. Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//2500/2626/html/21_ondas_ssmicas.html
- Elina, G. (2015). *Amenazas Naturales*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <https://es.slideshare.net/elinguzzo/guzzo-elina>
- Equipo8. (2012). *Vulcanismo*. Recuperado de <http://vulcanismos.blogspot.com/>
- Fandom. (s.f.). *Emergency Procedures*. Recuperado el 16 de Marzo de 2017, de http://ishikawajet.wikia.com/wiki/Emergency_Procedures
- FullCiencia.com. (2010). *Partes de un volcán*. Recuperado de <http://fullciencia.com/partes-de-un-volcan/>
- GEOEnciclopedia. (2016). *Volcán Krakatoa*. Recuperado de <http://www.geoenciclopedia.com/krakatoa/>

- Gutiérrez, M. (2015). *La historia de los terremotos registrados en Asturias*. Recuperado de <https://elblogdeacebedo.blogspot.com/2015/09/la-historia-de-los-terremotos.html>
- HELVETAS Swiss Intercooperation. (2014). *Guía para la conformación de Sistemas Municipales de Alerta Temprana*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de https://assets.helvetas.org/downloads/conformacion_de_sistemas_de_alerta_temprana.pdf
- Huracanes Yucatán. (2016). *Como se Observan los Ciclones Tropicales*. Recuperado de <http://www.huracanesyucatan.com/explicando/observacion.htm>
- Imagexia. (2014). *Erupción Volcán Hawaiano*. Recuperado de <http://www.imagexia.com/volcanes/erupcion-volcan-hawaiano/>
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (Mayo de 2017). *Satélites NOAA*. Recuperado de <http://www.institutoespacial.gob.ec/imagenes-noaa/>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2015). *CRÓNICAS DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI*. Recuperado de <http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1376-cronicas-de-la-erupcion-del-volcan-cotopaxi-2015>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2016). *Informe Especial Volcán Tungurahua N°7 - 2016*. Recuperado de <http://www.igepn.edu.ec/tag/tungurahua?start=10>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2016). *Volcán Cotopaxi, observaciones aéreas*. Recuperado el 18 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/cayambe/tag/cotopaxi?start=20>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS (RENAC)*. Recuperado el 20 de Abril de 2017
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Redes de Transmisiones*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/redes-de-transmision>

Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional. (2012). *ACTUALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN TUNGURAHUA*. Recuperado el 16 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/690-actualizaci%C3%B3n-de-la-actividad-del-volc%C3%A1n-tungurahua-20-de-agosto-de-2012>

Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional. (s.f.). *Observatorio Vulcanológicos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>

Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional. (s.f.). *Red Nacional de Sismógrafos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-sismografos>

Instituto Geofísico de la Politecnica Nacional. (s.f.). *Redes de Transmisiones*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/redes-de-transmision>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (s.f.). *La meteorología en Ecuador*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-meteorologia-en-el-ecuador/>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (s.f.). *Red de Estaciones Automáticas Hidrometeorológicas*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>

Instituto Oceanográfico de la Armada. (s.f.). *Boya Oceanográfica se instalará en Puerto Bolívar - El Oro*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/comunicamos/258-boya-oceanografica-se-instalara-en-puerto-bolivar>

Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. (s.f.). *Boya oceanográfica instalada en Salinas fue destruida por embarcación*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/comunicamos/262-boya-oceanografica-instalada-en-salinas-fue-destruida-por-embarcacion>

Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. (s.f.). *Módulo de Observación Satelital Regional*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.inocar.mil.ec/proyectos/mosarg/>

Instituto Oceanográfico de la Armada. (s.f.). *Estaciones Meteorológicas Costaneras*. Recuperado el 10 de julio de 2017, de <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/estaciones-meteorologicas>

Instituto Oceanográfico de la Armada. (s.f.). *Sistema de Observación y Alerta Temprana*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2017, de http://www.inocar.mil.ec/boyas_olas/leer_boyas.php

Japan Meteorological Agency. (2017). *Missions of Japan Meteorological Agency*. Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de <http://www.jma.go.jp/jma/en/Background/mission.html>

La Prensa Perú. (2016). *Tsunami en Japón*. Recuperado de <http://laprensa.peru.com/cultura/noticia-efemerides-que-paso-11-marzo-59105>

LaReserva. (2009). *El volcán Sarychev en erupción visto desde el espacio*. Recuperado de http://www.lareserva.com/home/fotografia_volcan_erupcion_vista_desde_el_espacio

Las Mejores Fotografías del Mundo. (2013). *El Volcán Reventador en Ecuador*. Recuperado de <http://dosisfotografica.blogspot.com/2013/10/el-volcan-reventador-en-ecuador.html>

Lopez, D. (2016). *Formación tromenta tropical Dorby*. Recuperado de <https://lopezdoriga.com/nacional/se-forma-tormenta-tropical-darby-en-el-oceano-pacifico/>

Maldonado, G. (2011). *Geomorfología, Erosión*. Recuperado de 2011

Mardones, I. (2015). *10 impactantes volcanes alrededor del mundo*. Recuperado de <http://www.upsocl.com/comunidad/10-impactantes-volcanes-alrededor-del-mundo-que-destacan-por-su-peligrosidad-o-belleza/>

Ministerio Coordinador de Conocimiento y Taleto Humano. (s.f.). *Inamhi integra Red de Observación del clima junto a los Servicios Meteorológicos de Perú, Colombia y Bolivia*. Recuperado el 10 de junio de 2017, de <http://www.conocimiento.gob.ec/inamhi-integra-red-de-observacion-del-clima-junto-a-los-servicios-meteorologicos-de-peru-colombia-y-bolivia/>

Ministerio de Coordinación y Seguridad. (2016). *Mision, Vision y Objetivos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.seguridad.gob.ec/valores-mision-vision/>

Ministerio de Defensa Nacional. (2016). *Misión y Funciones del INOCAR*. Recuperado de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/institucion/mision-y-funciones>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN PÚBLICA DE COSTA RICA - UNESCO. (2017). *CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS SOBRE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA*. Recuperado el 19 de junio de 2017, de <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Costa%20Rica.pdf>

Ministerio de Turismo - Ecuador. (2014). *El Quilotoa considerada una de las lagunas más bellas del Mundo*. Recuperado de <http://www.turismo.gob.ec/el-quilotoa-considerada-una-de-las-lagunas-mas-bellas-del-mundo/>

Nacional, I. G. (s.f.). *TERREMOTOS Y TSUNAMIS EN ECUADOR*. Recuperado el 20 de Aril de 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/tag/sismos>

National Data Buoy Center. (2017). *Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART®) Description*. Recuperado de <http://www.ndbc.noaa.gov/>

National Oceanic and Atmospheric Administration's. (s.f.). *National Data Buoy Center*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://www.ndbc.noaa.gov/>

National Oceanic and Atmospheric Administratio's. (Junio de 2017). *National Data Buoy Center*. Recuperado de <http://www.ndbc.noaa.gov/>

- National Weather Service. (2016). *Pacific Tsunami Warning Center*. Recuperado el 19 de Abril de 2017, de <http://ptwc.weather.gov/ptwc/index.php>
- Obando, E. (2016). *Sistema de Alerta Temprana y Monitoreo de deslizamientos de tierra en Nicaragua*. Recuperado el 19 de Mayo de 2017, de <http://www.monografias.com/trabajos108/sistema-alerta-temprana-y-monitoreo-deslizamientos-tierra-nicaragua/sistema-alerta-temprana-y-monitoreo-deslizamientos-tierra-nicaragua.shtml>
- Ocharan, J. (2007). *Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía Actual y Retos*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2016, de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4425/06_Ocharan_SAT.pdf
- OEA - Organización de Estados Americanos. (2001). *Amenazas Naturales*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea57s/ch005.htm>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2004). *Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*. Recuperado de <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2004). *Términos Principales Relativos a la Reducción del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Pernille, A. (2015). *Shipwrecks, Destruction, and Sudden Death*. Recuperado de <http://www.kunstkritikk.no/nyheter/shipwrecks-destruction-and-sudden-death/>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2016). *Tsunamis*. Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h71.html
- Red Internacional de Emergencia. (2016). *Deslizamientos de Tierra*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <https://redinternacionalemergenciachile.wordpress.com/usa/deslizamientos-de-tierra/>

- Repeat Observations by Gliders in the Equatorial Region. (s.f.). *Visualizador de Datos (ROGER)*. Recuperado el 10 de julio de 2017, de <http://alerta-temprana.wixsite.com/roger/portfolio>
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Manual de Comité de Gestión de Riesgos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe_completo_20.pdf
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Manual de Comité de Gestión de Riesgos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de [manual_del_comit_de_riesgos_actualizado_mayo_2014.pdf](#)
- Secretaria de Gestion de Riesgos. (2016). *Valores, Misión y Vision de la Secretaría de Gestión de Riesgos*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/valores-mision-vision/>
- SENAMI - CUSCO. (2012). *Guía de referencia para sistemas de alerta temprana de crecidas repentinas*. Recuperado el 20 de Abril de 2017, de http://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsrsg_es/FFG_completa_es.pdf
- Sercano. (2016). *Alerta De Huracán En El Caribe Por Tormenta Tropical Danny*. Recuperado de <http://www.sercano.com/alerta-de-huracan-en-el-caribe-por-tormenta-tropical-danny/>
- SINC - La ciencia es noticia. (2013). *Una falla delgada y resbaladiza causó el tsunami de Japón en 2011*. Recuperado de <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Una-falla-delgada-y-resbaladiza-causo-el-tsunami-de-Japon-en-2011>
- Soluciones Prácticas, Zurich. (2016). *Estudio del Impacto Económico del Cambio Climático en el Perú*. Recuperado de <https://www.solucionespracticas.org.pe/proyectosencambioclimatico>
- Soluciones Prácticas, Zurich. (2016). *Sistemas de Alerta Temprana*. Recuperado de <https://www.solucionespracticas.org.pe/zurich-flood-resilience-alliance>

- Teleamazonas. (2015). *IGEPN emite nuevo informe de la actividad en el volcán Cotopaxi*. Recuperado de <http://www.teleamazonas.com/2015/07/igepn-emite-nuevo-informe-de-la-actividad-en-el-volcan-cotopaxi/>
- Telesur. (2015). *Alerta roja tras erupción de volcán Villarrica en Chile*. Recuperado de <http://www.telesurtv.net/news/Alerta-roja-tras-erupcion-de-volcan-Villarrica-en-Chile-20150303-0011.html>
- The Pale Blue Dot. (2015). *DOUBLE WARNING TIME FOR VOLCANIC LAHARS*. Recuperado el 20 de abril de 2017, de <https://thepalebluedot.co.uk/category/landslide/>
- Turismo, Ambiente y Transporte Aereo. (2010). *Volcán Tungurahua, una nueva erupción*. Recuperado de <http://blog.espol.edu.ec/ricardomedina/2010/06/04/el-volcan-tungurahua%E2%80%A6-una-nueva-erupcion/>
- United States Geological Survey. (2016). *Earthquake Statistics*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/stats.php>
- Valencia, J. (2013). *Protocolos de prevención a la población en lugares de alto riesgo de eventos naturales*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6218/1/CD-4840.pdf
- Villanueva, F. (2016). *El ROJ y el sistema de alerta temprana de huaico*. Recuperado de http://jro.igp.gob.pe/newsletter/200612/news_huaycos.htm
- Vista al Mar. (2015). *la erupción más destructiva del volcán Mayon*. Recuperado de <https://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/fenomenos-naturales/4585-mirando-hacia-atras-la-erupcion-mas-destructiva-del-volcan-mayon.html>
- Vista al Mar. (2016). *Sistemas de alerta temprana de tsunamis*. Recuperado de <https://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/tsunami/1379-6-anos-despues-de-la-catastrofe-del-tsunami-de-indonesia.html>
- Vistazo. (2016). *Ceniza sobre poblados cercanos al Volcán Tungurahua*. *Vistazo*.

Volcanpedia. (s.f.). *Tipos de erupciones volcánicas*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://www.volcanpedia.com/tipos-de-erupciones-volcanicas/>

ANEXOS

ANEXO 1: Instalaciones de estación sísmica para el volcán Tungurahua.

Ubicación: Terreno donde se encuentra la “Casa del Árbol” Baños – Tungurahua.

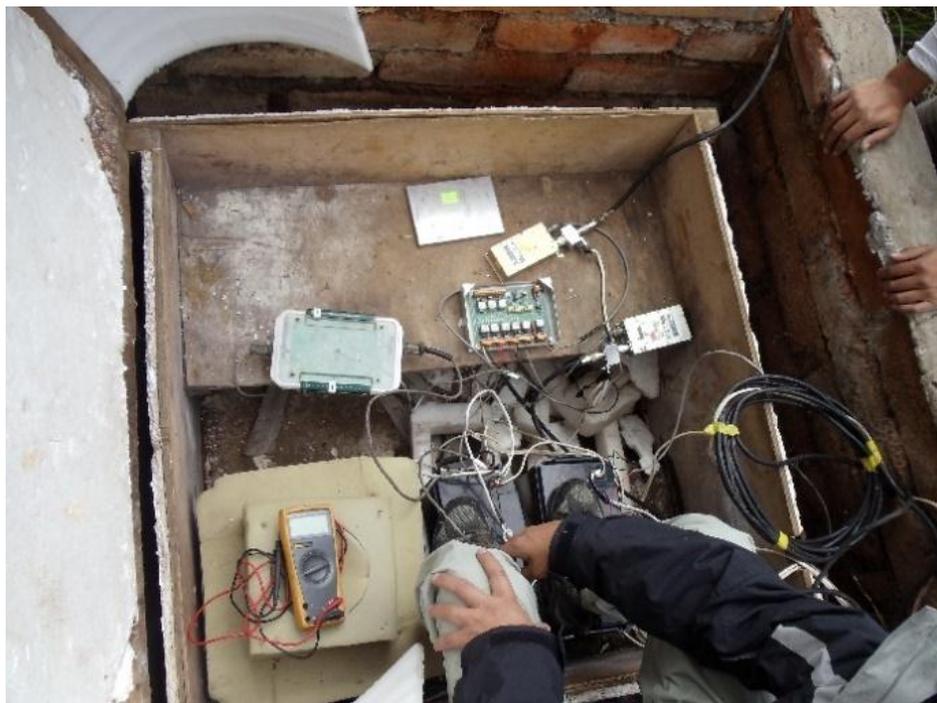


ANEXO 2: Estación de monitoreo del Guagua Pichincha

Ubicación: Faldas del Guagua Pichincha, Quito – Pichincha



ANEXO 3: Interior de una estación sísmica – IG-EPN



ANEXO 4: Captura del sistema internacional de monitoreo para tsunamis del Pacífico.

Tomado de: National Oceanic and Atmospheric Administration's, 2018.

