



**El Instituto Oceanográfico de la Armada en la detección temprana de Tsunamis y su  
contribución en la prevención de riesgos.**

Robayo Morcillo, Ricardo Andrés

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Ciencias Navales

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Oficial de Marina

Mgs. Benavides Redroban, Fernando Guido

7 de diciembre del 2021



**Departamento De Seguridad Y Defensa**

**Carrera De Ciencias Navales**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, **"El Instituto Oceanográfico de la Armada en la detección temprana de Tsunamis y su contribución en la prevención de riesgos"** fue realizado por el señor **Robayo Morcillo, Ricardo Andrés** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Salinas, diciembre 7 de 2021**

**Lcdo. Benavides Redroban, Fernando Guido, Msc.**

C. C. .... 1711306025

## Resultados del Análisis de Contenidos

Curiginal

## Document Information

Analyzed document	ROBAYO MORCILLO RICARDO ANDRES.pdf (D111762434)
Submitted	2021-08-27 21:09:00
Submitted by	
Submitter email	biblioteca@espe.edu.ec
Similarity	10%
Analysis address	ilbbioteca.GDC@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://www.ecu911.gob.ec/TransparenciaArchivo/ABRIL2019/anexo%20k/SENPLADES-SGPD-2017-0194-OF.pdf">https://www.ecu911.gob.ec/TransparenciaArchivo/ABRIL2019/anexo%20k/SENPLADES-SGPD-2017-0194-OF.pdf</a> Fetched: 2020-04-09 04:31:39		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/87768173-Sistema-de-alerta-temprana-para-eventos-de-tsunami-y-control-de-represas.html">https://docplayer.es/87768173-Sistema-de-alerta-temprana-para-eventos-de-tsunami-y-control-de-represas.html</a> Fetched: 2021-06-30 23:30:21		<b>6</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.ecu911.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/Informe-Fase-1-Proyecto-SAT.pdf">https://www.ecu911.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/Informe-Fase-1-Proyecto-SAT.pdf</a> Fetched: 2020-01-11 08:46:10		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-ig-epn-e-inocar-impulsan-proyecto-de-sistema-de-alerta-temprana-para-tsunamis-en-ecuador/">https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-ig-epn-e-inocar-impulsan-proyecto-de-sistema-de-alerta-temprana-para-tsunamis-en-ecuador/</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/dircent/tsunamis/DIAGNOSTICO%20SAT%20Tsunami%20-%20Pacifico%20Sur.pdf">http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/dircent/tsunamis/DIAGNOSTICO%20SAT%20Tsunami%20-%20Pacifico%20Sur.pdf</a> Fetched: 2020-11-26 02:32:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/shoiar-inicio/44-shoiar/centro-de-monitoreo-oceanico-insular">https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/shoiar-inicio/44-shoiar/centro-de-monitoreo-oceanico-insular</a> Fetched: 2020-06-07 06:06:36		<b>3</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/centro-de-monitoreo/monitoreo-y-gestion">https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/centro-de-monitoreo/monitoreo-y-gestion</a> Fetched: 2019-10-27 19:32:11		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf">https://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>4</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/noticias/1287-inocar-instalo-boyas-de-alta-sensibilidad-para-detectar-tsunamis-en-el-territorio-maritimo-nacional">https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/noticias/1287-inocar-instalo-boyas-de-alta-sensibilidad-para-detectar-tsunamis-en-el-territorio-maritimo-nacional</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.193">https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.193</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.redalyc.org/journal/5055/505554802010/html/">https://www.redalyc.org/journal/5055/505554802010/html/</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>3</b>

URL: <https://educacionderiesgos.wordpress.com/2017/05/17/tsunami/>

# Curiginal

URL: <https://edugestionderiesgos.wordpress.com/2013/03/13/tsunami/>

<b>W</b>	URL: <a href="https://edugestionderiesgos.wordpress.com/2013/03/13/tsunami/">https://edugestionderiesgos.wordpress.com/2013/03/13/tsunami/</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems">https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/secretaria-nacional-de-gestion-de-riesgos-sngr">https://cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/secretaria-nacional-de-gestion-de-riesgos-sngr</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="http://igeprn.edu.ec/nosotros">http://igeprn.edu.ec/nosotros</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>1435945933_AVANCE CON FORMATO MITAD.docx</b> Document 1435945933_AVANCE CON FORMATO MITAD.docx (D14930613)		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/oleaje-y-aguaje/1521-condiciones-de-oleaje-en-la-costa-ecuatoriana-desde-el-1-hasta-el-4-de-mayo-de-2021">https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/oleaje-y-aguaje/1521-condiciones-de-oleaje-en-la-costa-ecuatoriana-desde-el-1-hasta-el-4-de-mayo-de-2021</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.12774/eod_cr.june2014.brown">https://doi.org/10.12774/eod_cr.june2014.brown</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/116332011-Facultad-de-ingenieria-carrera-ingenieria-civil.html">https://docplayer.es/116332011-Facultad-de-ingenieria-carrera-ingenieria-civil.html</a> Fetched: 2020-12-20 23:45:40		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://ioc.unesco.org/news/ioc_unesco_launches_social_media_sites_ncamtic">https://ioc.unesco.org/news/ioc_unesco_launches_social_media_sites_ncamtic</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.5194/nhess-12-1923-2012">https://doi.org/10.5194/nhess-12-1923-2012</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://reliefweb.int/report/ecuador/dos-nuevas-boyas-son-entregadas-al-pa-s-para-la-deteccion-oportuna-de-tsunamis">https://reliefweb.int/report/ecuador/dos-nuevas-boyas-son-entregadas-al-pa-s-para-la-deteccion-oportuna-de-tsunamis</a> Fetched: 2021-08-27 21:10:00		<b>1</b>

Firma



Lcdo. Benavides Redroban, Fernando Guido, Msc.

**DIRECTOR**



## Departamento de Seguridad y Defensa

### Carrera de Ciencias Navales

### Responsabilidad de Autoría

Yo, **Robayo Morcillo, Ricardo Andrés**, con cédula de ciudadanía 1720647104 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"El Instituto Oceanográfico de la Armada en la detección temprana de Tsunamis y su contribución en la prevención de riesgos"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Salinas, diciembre 7 de 2021**

Firma  


**Robayo Morcillo, Ricardo Andrés**

C.C.: 1720647104



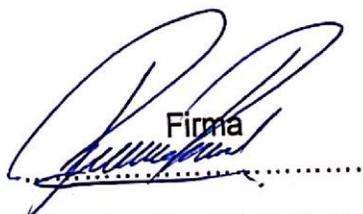
## Departamento de Seguridad y Defensa

### Carrera de Ciencias Navales

### Autorización de Publicación

Yo, **Robayo Morcillo, Ricardo Andrés** con cédula de ciudadanía n° 1720647104, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“El Instituto Oceanográfico de la Armada en la detección temprana de Tsunamis y su contribución en la prevención de riesgos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Salinas, diciembre 7 de 2021

  
Firma

**Robayo Morcillo, Ricardo Andrés**

C.C.: 1720647104.....

**Dedicatoria**

El presente estudio se lo dedico a mis padres por su amor y paciencia, por brindarme todo cuanto necesité y por motivarme siempre a mejorar, a esforzarme y a no rendirme jamás

### **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por bendecirme con la oportunidad de estudiar y aplicar con valentía mi inteligencia, mis valores y mi entrega para enfrentarme a la vida, no por el camino más fácil, sino por el correcto, a mi padre por ser esa persona especial que se sacrificó, apoyó y confió en mi para culminación exitosa de este estudio. Desde luego le agradezco a toda mi familia y a esa persona especial por esforzarse día a día para ayudarme a cumplir mi sueño y a la Escuela Superior Naval, alma máter de los hombres de mar, cuna de los futuros líderes de la patria, por enseñarme a no poner límites en mi vida y por hacer de mi un líder, un caballero, un oficial, pero, sobre todo, un hombre de bien.

## Índice de Contenido

Portada.....	1
Certificación.....	2
Resultados del Análisis de Contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	5
Autorización de Publicación.....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
Planteamiento del Problema .....	19
Contextualización .....	19
Análisis Crítico.....	19
Enunciado del Problema .....	20
Delimitación del Objeto de Estudio .....	20
Preguntas e hipótesis .....	20
Preguntas.....	20
Hipótesis .....	21
Justificación .....	21
Objetivos.....	21
Objetivo General .....	21

Objetivos Específicos .....	22
Capítulo I .....	23
Fundamentación Teórica .....	23
Antecedentes .....	23
Acontecimientos de Tsunamis .....	24
Análisis de tsunamis en el Ecuador: .....	25
Sistema De Alerta Temprana .....	29
Marco Teórico .....	30
Estado Actual y Funcionamiento del SAT Ecuatoriano .....	30
Detección del Tsunami .....	30
Tecnología Empleada por el SAT .....	31
Sensores DART que Diferencian Entre Una Ola Ordinaria y Un Tsunami .....	31
Esquema de Monitoreo y Gestión de la Amenaza de Tsunamis que Ejecuta el INOCAR .....	36
Características Indispensables en un SAT .....	38
Sistemas de Alerta Temprana Actuales y Retos Futuros .....	44
Modernización de Sistemas .....	45
Equilibrio Tecnológico .....	47
Elementos de estructuración .....	49
Marco Conceptual .....	52

Tsunami .....	52
Tsunami Según la Real Academia de la Lengua Española .....	53
NOAA.....	53
Sistemas de Alerta Temprana (SAT) .....	53
Secretaría de Gestión de Riesgos.....	53
Instituto Geofísico de la EPN.....	54
ECU 911.....	54
Sistema DART.....	54
Boyas Detectoras de Tsunamis DART .....	54
Marco Legal.....	55
Capítulo II .....	57
Fundamentación Metodológica.....	57
Enfoque o Tipo de Investigación .....	57
Alcance o Niveles de la Investigación .....	57
Diseño de Investigación .....	57
Población o Muestra .....	58
Técnicas de Recolección de Datos .....	58
Instrumentos de Recolección de Datos.....	59
Selección de expertos .....	59
Entrevistas Para Determinar el Estado Actual del SAT Ecuatoriano	60
Entrevista a Experto del INOCAR.....	62

Presentación de los resultados de encuestas.....	66
Presentación de Resultados Estadísticos de Encuestas Para Medir la Credibilidad y Estado Actual del SAT Ecuatoriano. ....	68
Capítulo III.....	76
Resultado del proyecto o propuesta .....	76
Datos informativos .....	76
Título del Proyecto de Investigación .....	76
Justificación .....	76
Objetivo de la propuesta .....	77
Objetivo general .....	77
Objetivos específicos.....	77
Fundamentación de la propuesta.....	77
Criterio de Adecuación .....	77
Criterio de factibilidad .....	78
Criterio de aceptabilidad.....	78
Diseño de la propuesta .....	78
Resultados de la investigación .....	82
Análisis de viabilidad de las propuestas .....	88
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía .....	91
Anexos .....	94

## Índice de Tablas

Tabla 1	Tabla de acontecimientos de tsunamis registrados en el Ecuador.....	24
Tabla 2	Probabilidad de ocurrencia histórica registrada de un evento de sismo en las costas ecuatorianas.....	28
Tabla 3	Tabla de los elementos interrelacionados de un SAT completo y eficaz. ...	29
Tabla 4	Selección de expertos .....	60
Tabla 5	Validación de entrevista IG-EPN.....	61
Tabla 6	Validación entrevista INOCAR.....	63
Tabla 7	Necesidad de un SAT para prevenir los daños de los Tsunamis. ....	68
Tabla 8	Confianza en la efectividad de un reporte del SAT .....	69
Tabla 9	Composición del SAT del INOCAR.....	71
Tabla 10	Población como parte importante del SAT.....	72
Tabla 11	Posible daño que puede causar un Tsunami al Ecuador.....	73
Tabla 12	Importancia de modernización del SAT. ....	74
Tabla 13	Tabla de propuestas para el ámbito de comunicación. ....	80
Tabla 14	Tabla de propuesta para el ámbito de tareas/procesos.....	81
Tabla 15	Tabla de propuesta para ámbito de personal.....	82
Tabla 16	Comparación entre SAT ecuatoriano y SAT japonés.....	84
Tabla 17	Análisis interno de la organización mediante la utilización de la matriz ERIC. 85	
Tabla 18	Viabilidad de alternativa.....	86

## Índice de Figuras

Figura 1 Magnitudes del Nido sísmico de Jama en Manabí registrado por el diario el Universo. ....	25
Figura 2 Intensidades sísmicas esperadas en el País. ....	27
Figura 3 Infografía con el modo de funcionamiento de este tipo de boyas de detección de tsunamis, en la red DART del NOAA (2019). ....	32
Figura 4 Tabla de Dirección, máximo y mínimo, periodo de olas y estado de mar..	33
Figura 5 Pronóstico de olas en mar abierto (aguas profundas):.....	34
Figura 6 Estado de mar: .....	34
Figura 7 Esquema de Monitoreo y gestión de la amenaza de Tsunamis que ejecuta.	35
Figura 8 Conceptos para la logística de información de los sistemas de alerta temprana.	47
Figura 9 Porcentaje de necesidad del SAT para prevenir daños de los Tsunamis..	68
Figura 10 Porcentaje de confianza en la efectividad de un reporte del SAT .....	70
Figura 11	71
Figura 12 Porcentaje de conocimiento de la población como parte importante del SAT.	72
Figura 13 Porcentaje de posible daño que puede causar un Tsunami al Ecuador.	73
Figura 14 Porcentaje de importancia de modernización del SAT.....	74
Figura 15 Escalafón de evacuación.....	51
Figura 16 Torre en Nishiki para evacuación.....	52
Figura 17 Diagrama de FODA .....	83

### **Índice de Anexos**

Anexo A. Entrevistas Para Determinar el Estado Actual del SAT Ecuatoriano.....	94
Anexo B. Entrevistas Para Determinar el Estado Actual del SAT Ecuatoriano.....	97
Anexo C. Entrevista Para Analizar los Retos del SAT de Tsunamis y el Cumplimiento de las Características Objeto del Estudio. ....	105

## Resumen

El presente estudio tiene por objeto diagnosticar el estado actual del Sistema de Alerta Temprana (SAT) para tsunamis monitoreado por el INOCAR y operado mediante un trabajo conjunto con otras instituciones especializadas. A lo largo del estudio se buscará determinar las características consideradas indispensables para, poder mediante un análisis comparativo, verificar si el SAT ecuatoriano alcanza los niveles deseados en materia de tecnología, equipamiento, difusión, prevención, comunicación, educación, entre otras características fundamentales para un sistema como el analizado. Desde esta perspectiva, el estudio podrá ampliar su panorama a nivel mundial en materia de tsunamis, para poder plantear alternativas que impliquen la menor inversión posible, tomando como pilares fundamentales la telecomunicación, la tecnología y el mejoramiento de procesos internos. Es importante resaltar que el proceder de todas las entidades participantes en el SAT para tsunamis y su esfuerzo conjunto suma tiempo, factor determinante del que depende la población del litoral para la prevención de pérdidas humanas y materiales. Por otro lado, el desenlace de una crisis natural causada por el fenómeno tsunami, no solo depende del desempeño del SAT sino también del comportamiento de los habitantes del litoral ya que son ellos quienes al afrontar la crisis deberán tomar decisiones de las que dependerá su vida. Es por ello que la mejor apuesta es la prevención que únicamente se puede consolidar con una educación adecuada, progresiva y constante sobre este fenómeno latente por la ubicación geográfica del Ecuador.

*Palabras claves:* tsunamis, SAT, alternativa, INOCAR.

### **Abstract**

The purpose of this study is to diagnose the current status of the Early Warning System for tsunamis EWS monitored by INOCAR and operated through joint work with other specialized institutions that complement it. Throughout the study, it will be sought to determine the characteristics considered essential to, through a comparative analysis, verify if the Ecuadorian EWS reaches the proper level in terms of technology, equipment, dissemination, prevention, communication, education, among other fundamental characteristics for a system like the one analyzed. From this perspective, the study will be able to broaden its outlook to worldwide scale on tsunamis, in order to be able to propose alternatives according to the time that imply the least possible investment, taking telecommunication, technology and the improvement of internal processes as fundamental pillars. It is important to highlight that the actions of all the entities participating in the tsunami EWS and their joint efforts add time, a determining factor on which the coastal population depends for the prevention of human and material losses. On the other hand, the outcome of a natural crisis caused by the tsunami phenomenon not only depends on the performance of the EWS but also on the behavior of the coastal inhabitants since it is they who, when facing the crisis, will have to make decisions on which their lives will depend. That is why the best bet is on prevention, which can only be consolidated with adequate, progressive and constant education about this latent phenomenon due to the geographical location of Ecuador.

Key words: tsunamis, SAT, alternative, INOCAR.

## Introducción

En el primer capítulo se encuentra la fundamentación teórica del trabajo de investigación sobre las causas y efectos de los tsunamis, los acontecimientos históricos registrados en el Ecuador con respecto a este fenómeno, además de una perspectiva científica de varias publicaciones que buscan el origen de estos y la razón de frecuencia en la región.

En el segundo capítulo se encuentra la información sobre la fundamentación metodológica basada en un enfoque mixto y un alcance de investigación explicativo y descriptivo. Para la población se resumen a profesionales, Guardiamarinas de 4to año, estudiantes universitarios y especialistas en el área. La recolección de datos fue mediante entrevistas, encuestas y una recopilación de información bibliográfica de publicaciones y artículos científicos relacionados.

En el tercer capítulo se planteó la propuesta basada en la implementación de algunas alternativas que sean viables en función de su costo, impacto y tiempo de implementación, tomando en cuenta la situación económica del país y demás factores relevantes a considerarse por los miembros del SAT.

## **El Instituto Oceanográfico de la Armada en la detección temprana de Tsunamis y su contribución en la prevención de riesgos.**

### **Planteamiento del Problema**

#### ***Contextualización***

El sistema de detección temprana de Tsunamis del INOCAR es crucial para contar con el tiempo de reacción necesario que permita reducir el daño potencial de los tsunamis en el litoral ecuatoriano. El presente estudio pretende analizar, si el sistema de alerta temprana cumple con las características que establecen organismos internacionales y estudios competentes sobre este tipo de sistemas. Se espera de esta manera contribuir en la propuesta de posibles mejoras al sistema, o la identificación de falencias o vulnerabilidades que puede tener este, y cómo podrían ser superadas, hasta alcanzar un sistema con alto porcentaje de confiabilidad.

#### ***Análisis Crítico***

Del análisis previo de bibliografía referente a las características que deben cumplir los sistemas de alerta temprana de tsunamis, y del análisis de los casos de estudio de los últimos eventos de este tipo, se puede evidenciar que los sistemas de alerta temprana, deben cumplir casi de manera obligatoria con ciertos principios y características, que permiten que estos sistemas sean considerados como ayudas vigentes y útiles en el propósito de alertar a las poblaciones del litoral ecuatoriano sobre la ocurrencia de un tsunami.

***Enunciado del Problema***

Cumplimiento de las características mínimas establecidas por Organismos internacionales o estudios, para el Sistema de Alerta Temprana de Tsunamis del INOCAR y su contribución a la prevención de riesgos.

***Delimitación del Objeto de Estudio***

Área de conocimiento: Ciencias físicas

Campo: Gestión de Riesgos, Geofísica, Sismología, Meteorología

Aspecto: Organización de medios, amenazas y factores de riesgo en los espacios acuáticos.

Contexto Temporal: El estudio del sistema de detección temprana se llevará a cabo tomando como referencia las características mundialmente aceptadas para este tipo de sistemas, así como estudiando casos ocurridos y lo que se aprendió de estos.

Contexto Espacial: Armada del Ecuador a través del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.

***Preguntas e hipótesis******Preguntas***

- ¿Es totalmente confiable y eficaz el sistema de detección temprana de tsunamis a cargo del INOCAR?
- ¿Se requiere de acciones adicionales para alcanzar el grado de desarrollo deseado y de confiabilidad en el sistema de detección temprana de tsunamis del INOCAR?

### ***Hipótesis***

El Sistema de Alerta Temprana de Tsunami (SAT) del INOCAR, cumple con las características establecidas por Organismos internacionales y estudios vigentes para este tipo de sistemas.

**Variable independiente.** El INOCAR en la detección temprana de Tsunamis.

**Variable dependiente.** La prevención de riesgos.

### **Justificación**

Ante la amenaza de fenómenos naturales que como los tsunamis tienen el potencial de destrucción de vidas humanas y bienes materiales, es indispensable la existencia de un ente gubernamental altamente técnico y eficiente que se encargue de administrar un sistema de alerta temprana. En el Ecuador ha recaído esta responsabilidad en la Armada del Ecuador

La reacción de la población del litoral, depende de cuan temprana pueda ser la alerta que le provea el INOCAR a través de sus reportes.

Un estudio que analice el actual funcionamiento del sistema y lo compare con estándares internacionales, permitirá establecer el grado de desarrollo, confiabilidad, oportunidad y eficacia de nuestro sistema de detección de tsunamis y de ser procedente establecer aquellos aspectos que requieren ser mejorados.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Determinar el grado de funcionalidad del actual sistema de alerta temprana de tsunamis del INOCAR, a través de un análisis bibliográfico, con el fin de determinar su confiabilidad y eficacia.

***Objetivos Específicos***

- Determinar cuáles son las características de los Sistemas de Alerta Temprana de Tsunamis mediante una investigación bibliográfica y simultáneamente hacer el diagnóstico de las características del sistema ecuatoriano de Alerta Temprana de Tsunamis (SAT) para compararlos.
- Identificar cuáles son las actividades, tareas o particularidades, del sistema ecuatoriano de Alerta Temprana de Tsunamis (SAT), a través de la recolección de datos al personal técnico del INOCAR para el análisis y comparación con respecto a los estándares internacionales.
- Proponer alternativas para que el SAT cumpla efectivamente con las características que deben tener este tipo de sistemas que finalmente reducen vulnerabilidades que pudieron haberse encontrado durante la investigación.

## **Capítulo I**

### **Fundamentación Teórica**

#### **Antecedentes**

Para comenzar la investigación, se van a abordar brevemente algunos estudios y registros históricos sobre la ocurrencia de tsunamis, que traen consigo la idea de lo vulnerable que es el Ecuador a este fenómeno en cualquier momento, por su ubicación geográfica, y de esta manera identificar la necesidad de un sistema de alerta temprana de tsunamis que cumpla estándares mínimos, analizando brevemente los retos futuros de la materia y su impacto en la población.

Según (DeHOWITT et al., s. f.), se considera importante adelantarse a la ocurrencia de un tsunami con un monitoreo constante de la raíz del problema en la medida de lo pronosticable, es decir, en las mediciones constantes de intensidades sísmicas que pueden considerarse relevantes, tomando en cuenta también acontecimientos del pasado.

Es decir, según este mismo autor, se deben realizar investigaciones de acontecimientos pasados a manera de lecciones aprendidas y, por consiguiente, se podría determinar que los tsunamis se deben a acontecimientos sísmicos y perturbaciones de las placas tectónicas en zonas y puntos que ya son esperados, lo que a su vez permiten un estudio del registro de probabilidad.

Por ejemplo, tomando en cuenta los acontecimientos del pasado, a continuación, se presentan los registros de tsunamis que han ocurrido en el Ecuador:

### ***Acontecimientos de Tsunamis***

En el Ecuador, históricamente se han registrado seis eventos de tsunamis:

**Tabla 1**

*Tabla de acontecimientos de tsunamis registrados en el Ecuador.*

<b>Fecha</b>	<b>Lugar</b>	<b>Richter</b>
<b>1906, 03 de enero</b>	Provincia de Esmeraldas, entre San Lorenzo y Tumaco (Colombia).	Sismo generador de magnitud 8,8 Richter
<b>1933, 02 de octubre</b>	Provincia. del Santa Elena, en el mar, frente a Salinas (Puntilla).	Sismo generador 6,9 Richter
<b>1953, 12 de diciembre</b>	Provincia- de El Oro, en el mar, frente a Pto. Bolívar	Sismo generador 7,8 Richter
<b>1958, 18 de enero</b>	Provincia. de Esmeraldas, en el mar, frente a Esmeraldas	Sismo generador 7,8 Richter
<b>1979, 12 de diciembre</b>	Provincia de Esmeraldas, frente a Esmeraldas, en el mar, frente a Esmeraldas.	Sismo generador 7,8 Richter
<b>1998, 4 de agosto</b>	Provincia. de Manabí, en el mar, frente a las costas de Boca de Briceño.	Sismo generador 6,8 Richter

Fuente: (DeHOWITT et al., s. f.)

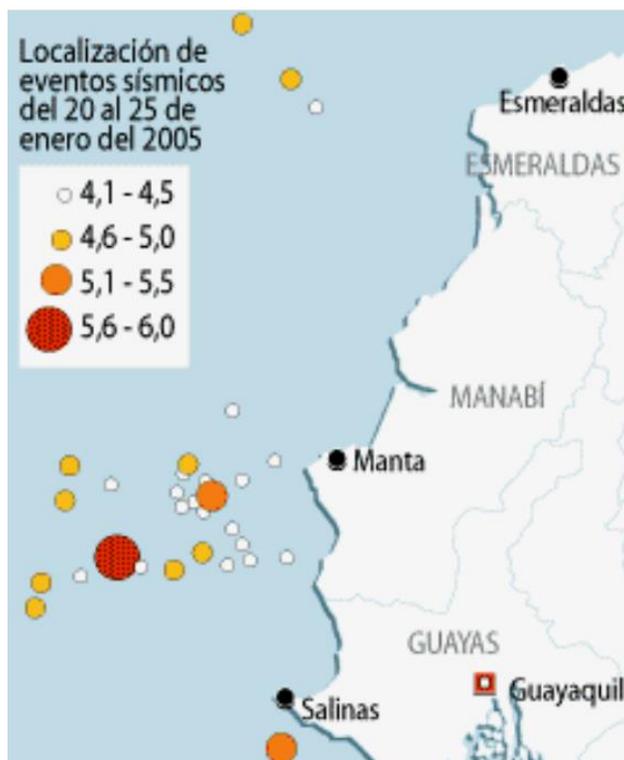
Como fue mencionado antes, las perturbaciones producidas en las placas tectónicas son una de las causas de un Tsunami en el Ecuador, (DeHOWITT et al., s. f.)

### **Análisis de tsunamis en el Ecuador:**

**Perturbaciones Producidas en la Placa Tectónica.** Los “nidos sísmicos” son zonas de alta concentración de sismos, cuyos epicentros están localizados dentro de un sector más o menos definido, y parecen estar relacionados con perturbaciones producidas en la placa tectónica oceánica que subduce bajo la continental donde se halla el Ecuador (DeHOWITT et al., s. f.).

### **Figura 1**

*Magnitudes del Nido sísmico de Jama en Manabí registrado por el diario el Universo.*



Fuente: El Universo, 2015.

Con estos antecedentes, la probabilidad de ocurrencia de un evento de tsunami en la costa ecuatoriana, es alta. Esta situación es preocupante para un país en vías de

desarrollo como el Ecuador, en donde un fenómeno de este tipo, con los efectos observados en los países asiáticos, se convertiría en “*desastre nacional*” debido a que el Estado se vería desbordado, especialmente en el ámbito social y económico, por la magnitud de la tragedia (DeHOWITT et al., s. f.).

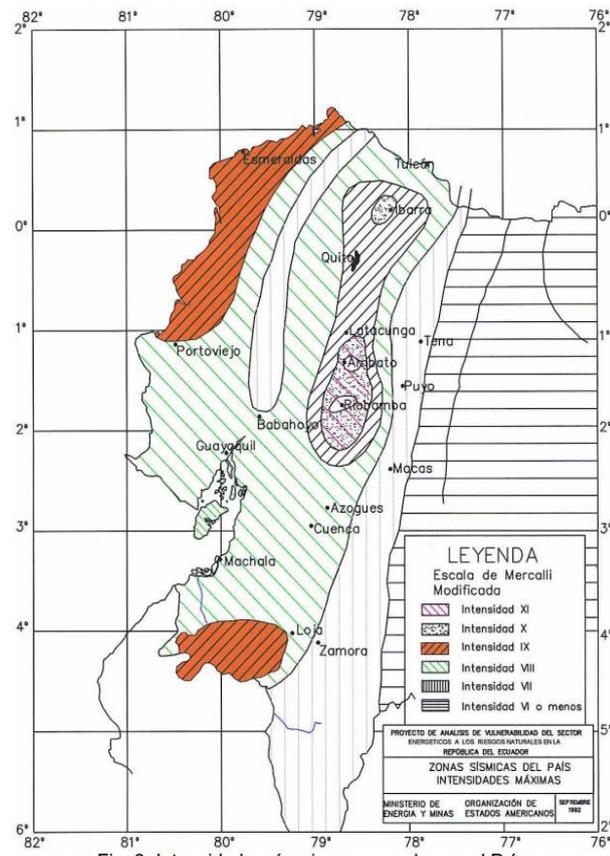
Las perturbaciones producidas por las placas tectónicas se ven reflejadas más pronunciadamente en zonas y puntos en los que constantemente las intensidades sísmicas son notoriamente mayores y esto se corrobora en el estudio de Vásquez, especialista en sismología, quien en el año 2018 realizó un estudio de la costa ecuatoriana, a continuación.

**Intensidades Sísmicas Esperadas que Provocarían Un Tsunami.** El estudio de (DeHOWITT et al., s. f.) afirmó que las mayores intensidades sísmicas esperadas son de grado IX, las mayores del país, y corresponden a las provincias de Esmeraldas y Norte de Manabí, particular que por sí sólo sería suficiente para justificar la realización del presente estudio en la costa ecuatoriana. (*SGR, IG-EPN e INOCAR impulsan proyecto de sistema de alerta temprana para tsunamis en Ecuador – Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, s. f.*)

El gráfico ilustra un proyecto de análisis de vulnerabilidad de sectores emergentes a los riesgos naturales, dependiendo de las zonas sísmicas más propensas del país y con intensidades mayores a las del resto. Certamente se nota que en gran parte de la costa ecuatoriana una zona con intensidad IX que evidentemente provocarían un Tsunami.

**Figura 2**

*Intensidades sísmicas esperadas en el País.*



Históricamente el Ecuador ha tenido que enfrentarse a seis Tsunamis hasta la presente fecha, lo que trae consigo no solo catástrofe y pérdidas humanas sino demás problemas sociales tales como desempleo, discontinuación de clases, encarecimiento de productos, enfermedades, etc.

Por otro lado, organismos internacionales y la academia que se dedican a estudiar los Tsunamis. Afirman en sus reportes los registros de probabilidad de un acontecimiento en ciertos periodos de tiempo prolongado.

Lo que abre paso a los registros de probabilidad que no es más que un análisis estadístico de recurrencia y periodos de retorno, estos registros son probabilidades que se dan en porcentajes durante periodos de años, esto se debe a las llamadas perturbaciones producidas en las placas tectónicas oceánicas bajo la continental del Ecuador.

Una vez que se ha determinado el origen de los Tsunamis en el Ecuador, es válido mencionar el análisis de Stuart Nishenko con respecto a la recurrencia y períodos de retorno, ya que este fue el prefacio para el estudio de Vásquez, quien el 2018 dejaría un registro histórico de las probabilidades con porcentajes puntuales en las costas ecuatorianas desde 1989 a 1994 tomando en cuenta que el último acontecimiento de tsunami fue en 1998.

A continuación, los resultados del estudio:

**Registros de Probabilidad.** El investigador estadounidense Stuart Nishenko, basado en análisis estadísticos de recurrencia y períodos de retorno, afirmó en su reporte “Circum-Pacific Seismic Potencial”, que entre los años 1999 al 2009 existió la probabilidad condicional de que se produzca un sismo de Magnitud 7.9 con epicentro en el lecho marino o muy cercano al mar, frente a las costas de Manabí y Esmeraldas, (Jama – Cojimíes).

Según un estudio de (DeHOWITT et al., s. f.) con probabilidad de ocurrencia de:

**Tabla 2**

*Probabilidad de ocurrencia histórica registrada de un evento de sismo en las costas ecuatorianas.*

<b>Años</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>Entre 1989-1994</b>	el 41%
<b>Entre 1989-1999</b>	el 66%
<b>Entre 1989-2009</b>	el 90%

Ahora si bien es cierto los tsunamis guardan relación con los sismos por las perturbaciones ocurridas en el fondo marino, incrementando el oleaje.

Es decir, un Tsunami es producto de las perturbaciones provocadas por placas tectónicas submarinas o aledañas al mar, aquí se encuentra la primera parte

del Sistema de Alerta Temprana. Estas perturbaciones son detectadas por los sensores sísmicos que tiene el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, institución que provee de información sustancial al INOCAR para la emisión de sus reportes y comunicados.

### ***Sistema De Alerta Temprana***

El objetivo de los sistemas de alerta temprana centrados en la población es facultar a las personas y comunidades que enfrentan una amenaza a que actúen con suficiente tiempo y de modo adecuado para reducir la posibilidad de que se produzcan lesiones personales, pérdidas de vidas y daños a los bienes y al medio ambiente. Un sistema completo y eficaz de alerta temprana comprende cuatro elementos interrelacionados:

#### **Tabla 3**

*Tabla de los elementos interrelacionados de un SAT completo y eficaz.*

---

#### **Elementos interrelacionados de un SAT completo y eficaz**

---

Conocimiento de los riesgos

Las vulnerabilidades

La preparación

La capacidad de respuesta

---

Fuente:(Bonn, 2006)

La relación que hay entre los elementos apunta a un mismo objetivo, el de la detección temprana de Tsunamis a través de un sistema de alerta efectivo para prevenir las pérdidas humanas y materiales, es decir la población viene a ser una

prioridad en tal virtud la tecnología es la que conecta al sistema con la gente, sin embargo, esta tecnología muchas veces no está al alcance de cualquier Estado o persona común.

### **Marco Teórico**

En el marco teórico se le va a dedicar esfuerzos y análisis a ciertos estudios interesantes acerca de aspectos que se consideran características importantes en esta investigación acerca de los sistemas de alerta temprana para la detección de tsunamis.

#### ***Estado Actual y Funcionamiento del SAT Ecuatoriano***

Primero es menester mencionar y detallar que pasa cuando se presenta un tsunami y como actúa la tecnología con la que cuenta el SAT ecuatoriano. Según el (Percival et al., 2011) y (*National Oceanic and Atmospheric Administration, s. f.*) se plantea el siguiente análisis científico acerca de la tecnología y los sensores empleados en un SAT.

#### ***Detección del Tsunami***

Cuando un tsunami es detectado, los centros utilizan datos de las redes sísmicas y de medición del nivel del mar como insumos para los modelos de pronóstico de tsunamis de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, s. f.*).

Estos modelos usan datos en tiempo real y escenarios establecidos previamente para simular el desplazamiento de tsunamis a través del océano y estimar el impacto costero, incluida la altura de las olas y la hora de llegada, la ubicación y el alcance de la inundación costera y la duración del evento (Percival et al., 2011).

### ***Tecnología Empleada por el SAT***

El sistema de alerta temprana en lo que al INOCAR respecta, se basa en los sensores DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis o en español Evaluación y notificación de tsunamis en aguas profundas) ubicados en las boyas de Tsunamis capaces de detectar las variaciones de la marea, vibraciones, sismos submarinos y demás que le permiten al INOCAR cumplir su trabajo de monitoreo y reporte (INOCAR, s. f.).

Habiendo mencionado la tecnología, es necesario citar el estudio de (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.), que habla acerca de los sensores que reciben información y distinguen las olas, a continuación, el texto del NOAA.

Como anteriormente se menciona, la tecnología empleada por el SAT del INOCAR usa sensores DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis o en español Evaluación y notificación de tsunamis en aguas profundas) en sus boyas, en tal virtud es oportuno aclarar con operan estos sensores en la distinción de las olas, ya que el presente estudio está buscando diagnosticar primeramente el estado actual del SAT del INOCAR. A continuación, una breve explicación.

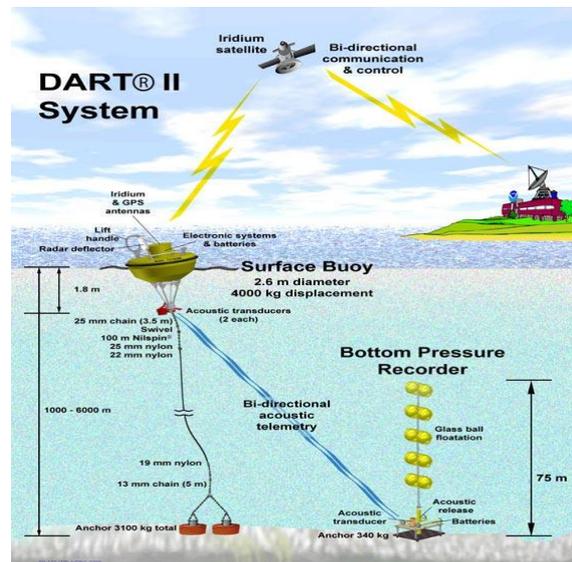
### ***Sensores DART que Diferencian Entre Una Ola Ordinaria y Un Tsunami***

Las olas de viento ordinarias solo perturban una capa muy fina de agua en la superficie del mar, por lo que no afectan el fondo del mar muy por debajo. Los tsunamis mueven toda la columna de agua, que en mar abierto tiene miles de metros de espesor. Entonces, cuando un tsunami pasa por encima de un sensor en el fondo del mar, provocará un cambio notable en la presión del agua (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.).

Finalmente es oportuno ubicar una infografía diseñada por el (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.) en que se detallada todo el funcionamiento de las boyas de detección de tsunamis.

**Figura 3**

Infografía con el modo de funcionamiento de este tipo de boyas de detección de tsunamis, en la red DART del NOAA (2019).



Una vez expuestos los artículos científicos acerca del funcionamiento de estas boyas, se obtienen los pronósticos que permiten tomar decisiones en pro de la población.

El (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.) publicó lo siguiente con respecto a los pronósticos de sus sistemas:

**Pronósticos Resultantes.** Los pronósticos resultantes, combinados con datos históricos de tsunami y un análisis sísmico adicional, ayudan a los centros a decidir cuándo se deben cancelar los mensajes o ajustarlos con información más precisa, enfocada y detallada. Estos pronósticos también ayudan a los funcionarios locales en la toma de decisiones acerca del cierre de playas y carreteras y procedimientos de evacuación (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.).

Estos complejos sistemas de aviso constan de dos elementos diferenciados: uno que es la boyas propiamente dicha, que consta con tecnología de comunicaciones y posicionamiento GPS vía satélite (y también pueden montar

instrumentación meteorológica); y otro que se ubica en el fondo marino, que incorpora una registradora de presión que es capaz de detectar el paso de un tsunami, activado los protocolos de aviso correspondientes (Percival et al., 2011).

Aterrizando estos equipos al Ecuador, el INOCAR tiene registros en línea de cómo han sido arrojados los resultados procesados, para mostrar un ejemplo se extrajo las tablas del mes de marzo del año 2021, a continuación, los resultados ya procesados por el INOCAR.

**Resultados Procesados.** Este es un ejemplo real de lo que es un resultado procesado por parte del INOCAR del mes de marzo del año 2021, donde se identifica zonas, dirección de las olas, mínimos y máximos de alturas, periodo de las olas y estado del mar en zona costera.

#### Figura 4

*Tabla de Dirección, máximo y mínimo, periodo de olas y estado de mar.*

ZONA	FECHA	DIRECCIÓN DE LAS OLAS	MÍNIMO Y MÁXIMO DE ALTURAS	PERIODO DE LAS OLAS	ESTADO DEL MAR ZONA COSTERA (Basado en Índice de amenaza)
Borde costero continental	27 de marzo	Oestenoroeste- Suroeste	Mín: 0.25 m. Máx: 1.10-1.30 m.	14 -15 segundos	Ligero y Moderado
Borde costero continental	28 hasta el 31 de marzo	Oestenoroeste- Suroeste	Mín: 0.30 m. Máx: 1.10-1.60 m.	13 -18 segundos	Moderado y Ligeramente agitado Periodo de máximo aguaje: 28 hasta 31 de marzo
Borde costero insular	27 de marzo	<b>Zona norte y noroeste del Archipiélago:</b> Oestenoroeste-Oestesuroeste <b>Zona oeste y sur del Archipiélago:</b> Suroeste- Sursuroeste	Mín: 0.50 m. Máx: 1.10-1.50 m.	15 -17 segundos	Ligero y Moderado
Borde costero insular	28 hasta el 31 de marzo	<b>Zona norte y noroeste del Archipiélago:</b> Oestenoroeste-Oestesuroeste <b>Zona oeste y sur del Archipiélago:</b> Suroeste- Sursuroeste	Mín: 0.70 m. Máx: 1.30-1.80 m.	14 -18 segundos	Moderado y Ligeramente agitado Periodo de máximo aguaje: 28 hasta 31 de marzo

*Nota:* La presente tabla establece el análisis detallado de las fechas y zonas en las que las direcciones de las olas alcanzarán un máximo y mínimo de altura en metros, así mismo analiza el oleaje en periodos de olas y el estado del mar basándose en un índice de amenaza (Arreaga, s. f.)

**Figura 5**

*Pronóstico de olas en mar abierto (aguas profundas):*

ZONA	FECHA	RANGO DE ALTURA DE OLAS(m)	ESTADO EN MAR ABIERTO (Escala de Douglas)
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 81.25° O	27 de marzo	1.25-1.50	Moderado
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 81.25° O	28 y 29 de marzo	1.20-1.40	Ligero y Moderado
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 81.25° O	30 y 31 de marzo	1.30-1.50	Moderado
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 83° O	27 de marzo	1.50-1.70	Moderado
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 83° O	28 y 29 de marzo	1.30-1.60	Moderado
Territorio marítimo de la zona continental meridiano 83° O	30 y 31 de marzo	1.50-1.80	Moderado
Territorio marítimo insular meridiano 92.5° O	27 de marzo	1.60-1.80	Moderado
Territorio marítimo insular meridiano 92.5° O	28 y 29 de marzo	1.40-1.80	Moderado
Territorio marítimo insular meridiano 92.5° O	30 y 31 de marzo	1.65-1.87	Moderado

*Nota:* La tabla muestra el rango de altura de olas, medidas en metros para determinar el estado del mar en mar abierto con un estándar internacional para la medición del mismo denominado Escala de Douglas, según coordenadas meridianas y fechas específicas (Arreaga, s. f.).

**Figura 6**

*Estado de mar:*

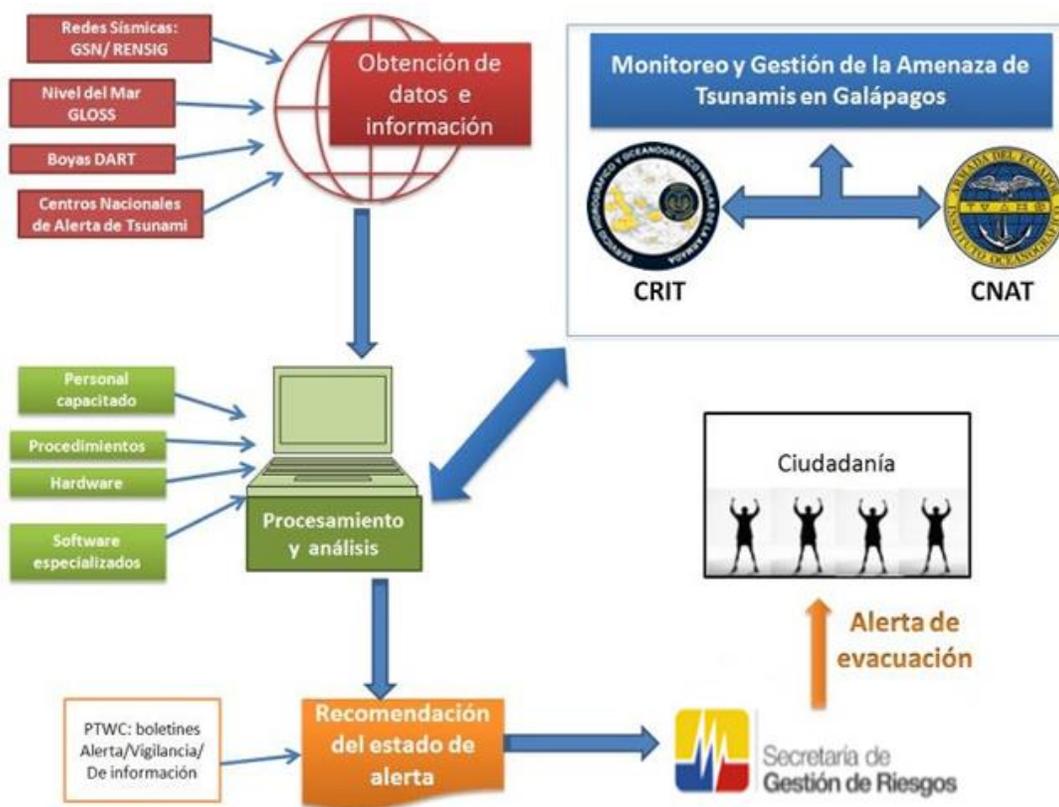
ESTADO DEL MAR ZONA COSTERA	SIGNIFICADO	OBSERVACIONES
<b>AGITADO</b>	Máximo nivel de amenaza	Peligro por la conjunción de olas altas, presencia de resacas en zona de rompientes, aumento y ascenso del nivel del mar asociado al oleaje.
<b>LIGERAMENTE AGITADO</b>	Nivel alto de amenaza	Presencia de olas medias y altas con mayor energía, posible presencia de corrientes de resaca en zona de rompientes.
<b>MODERADO</b>	Nivel medio de amenaza	Presencia de oleaje mayor a lo normal.
<b>LIGERO</b>	Sin amenaza	Mar tranquilo.

*Nota:* El estado del mar en la zona costera se evalúa determinando un significado en base a las observaciones que se llevan de acuerdo a la agresividad de las olas (Arreaga, s. f.).

En el caso del SAT ecuatoriano monitoreado por el INOCAR, se resumen a este esquema de a continuación, que muestra el monitoreo y gestión de la amenaza de Tsunamis en Galápagos, mas este sistema funciona así en toda la costa ecuatoriana.

### Figura 7

*Esquema de Monitoreo y gestión de la amenaza de Tsunamis que ejecuta.*



Fuente: (INOCAR, s. f.)

El gráfico detalla cómo funciona el SAT ecuatoriano para Tsunamis en Galápagos, sin embargo, el mismo procedimiento se aplica y funciona en el continente.

Se explica como a través del monitoreo y gestión de los datos e información obtenida por medio de las Boyas DART, el nivel del mar por parte del GLOSS (siglas en inglés de Global Sea Level Observing System), los centros nacionales de Alerta Temprana y las redes sísmicas GSN/RENSIG, la cual es procesada y analizada

mediante el personal especializado, hardware, procedimientos y software especializado para poder aportar con recomendaciones del estado de alerta como son boletines, vigilancia, alerta, información o ser compartido con PTWC y a su vez a la Secretaría de Gestión de Riesgos para poder efectuar alertas de evacuación a la ciudadanía con el tiempo que le otorga el sistema con la prontitud de su detección.

El objetivo principal del Centro Regional de Información de Tsunami (CRIT), es gestionar y atender de manera exclusiva y diferenciada la amenaza de tsunamis para la Región Insular. Para cumplir con este objetivo, el CRIT, cuenta con personal altamente capacitado y entrenado, así como con herramientas informáticas especializadas para realizar el monitoreo permanente de esta amenaza en la Cuenca del Pacífico (INOCAR, s. f.).

El esquema anteriormente explicado se puede resumir a los siguientes pasos.

### ***Esquema de Monitoreo y Gestión de la Amenaza de Tsunamis que Ejecuta el INOCAR***

**Obtención de Datos.** La obtención de datos en tiempo real y cuasi-real, es un componente fundamental en la gestión de la amenaza de tsunami en Galápagos. Las fuentes principales para estos datos, y que son monitoreadas de manera permanente por el CRIT las constituyen; la Red Sismológica Mundial (GSN por sus siglas en inglés); la Red Sísmica Nacional (RENSIG); la Red del Sistema Mundial de Observaciones del Nivel del Mar (GLOSS por su siglas en inglés) y los datos provenientes de boyas específicas para detectar, evaluar y reportar el paso de tsunamis en aguas profundas (DART, por su siglas en inglés) (INOCAR, s. f.).

El CRIT recibe para fines de asesoramiento los reportes de alerta emitidos por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) el Centro de Alerta de Tsunamis de la Costa Oeste/Alaska (WC/ATWC por sus siglas en inglés),

así como de los centros de alerta y mitigación de tsunamis ubicados en la región del Pacífico Sudeste (INOCAR, s. f.).

**Procesamiento y Análisis.** El personal técnico que forma parte del CRIT, posee las competencias profesionales necesarias para procesar y analizar la información disponible, garantizando con ello la adopción de decisiones correctas y oportunas, mismas que se traducen en el oportuno asesoramiento a las autoridades nacionales encargadas de la gestión del riesgo (INOCAR, s. f.).

Para ello, se sirven de herramientas informáticas y software especializado, mediante los cuales evalúan los diferentes datos sísmicos y del nivel del mar recibidos, con el propósito de determinar, en primer, lugar si un sismo ocurrido en el mar posee o no las condiciones para originar un tsunami y, en segundo lugar, si existen alteraciones en el nivel del mar que denoten la formación y desplazamiento de este tsunami. Es importante mencionar que paralelo a las tareas de procesamiento y análisis que realiza el CRIT, existe un contacto permanente con el Centro Nacional de Alerta y Mitigación de Tsunami (CNAT) ubicado en las instalaciones de INOCAR, en la ciudad de Guayaquil; con quienes se interactúa permanentemente, logrando un proceso de validación mutua de los resultados obtenidos, lo cual aumenta la exactitud de los productos entregados a la Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo (INOCAR, s. f.).

**Emisión de la Alerta.** De existir evidencia comprobada de una probable amenaza de tsunami para las costas del Ecuador, y en particular para las costas de Galápagos, el CRIT procederá a informar a través del CNAT a la secretaria nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), institución que emitirá las respectivas alertas de tsunamis para Galápagos (INOCAR, s. f.).

De los casos presentados anteriormente, se puede colacionar que auspicios de Naciones Unidas, a través de su Oficina para Reducción de Riesgo de Desastres y

UNESCO a través de su Comisión Oceanográfica Intergubernamental y demás organizaciones internacionales aportan con desarrollos tecnológicos y científicos además de fomentar el intercambio de información a través de organizaciones como el PTWC que es un Centro de Alerta contra tsunamis en el Pacífico de la cual el Ecuador forma parte. Desde el año 1976 para el cumplimiento de sus obligaciones ha mantenido el estudio de los tsunamis como un programa permanente dentro de sus actividades anuales como Centro Nacional de Alerta de Tsunamis, y Punto Focal Nacional de Alerta de Tsunamis para el Ecuador.

A continuación, el foco principal de la investigación, las características del SAT, nombrar en este caso las que se consideran indispensables para el suscrito con respecto al *modus operandi* del SAT ecuatoriano es primordial pues es el centro de la investigación. Se presentan los siguientes aspectos a considerar como características.

### ***Características Indispensables en un SAT***

A partir de este punto se plantean las características de un SAT de tsunamis que, en base a un análisis bibliográfico, podrían ser las más elementales. Entre estas se toma en cuenta la cultura de las personas en el conocimiento de los riesgos, el tiempo que se mide en una capacidad de respuesta, el elemento fundamental del sistema que es el seguimiento y alerta, el sistema de transmisión de la comunicación con un punto al que se le denominará difusión y comunicación, por otro lado la integración dentro de un sistema de preparación, integración en la gestión de riesgos, que abarque un entorno de pobreza para mantener credibilidad en el sistema y sostenibilidad en el sistema.

Según la (Bonn, 2006) se menciona al conocimiento de los riesgos como lo siguiente:

**Conocimientos de los Riesgos.** Los riesgos se deben a una combinación de amenazas y vulnerabilidades en un lugar determinado. La evaluación de los riesgos

requiere de la recopilación y de análisis sistemáticos de información y debe tener en cuenta el carácter dinámico de las amenazas y vulnerabilidades que generan procesos tales como la urbanización, cambios en el uso de la tierra en zonas rurales, la degradación del medio ambiente y el cambio climático (Bonn, 2006).

El conocimiento de los riesgos podría ser evidenciado a través de una constatación de la capacidad o del conocimiento que tienen las personas en el litoral ecuatoriano y también de su reacción ante esta amenaza natural.

En esta conferencia también se menciona la capacidad de respuesta con el siguiente escrito:

### **1. Capacidad de Respuesta**

Es de suma importancia que las comunidades comprendan el riesgo que corren, respeten el servicio de alerta y sepan cómo reaccionar. Al respecto, los programas de educación y preparación desempeñan un papel esencial. Asimismo, es indispensable que existan planes de gestión de desastres que hayan sido objeto de prácticas y sometidos a prueba. La población debe estar muy bien informada sobre las opciones en cuanto a una conducta segura, las rutas de escape existentes y la mejor forma de evitar daños y pérdidas de bienes (Bonn, 2006).

Para el efecto de esta característica de los SAT, se implementó en el 2019 en Ecuador el denominado Plan Específico de Gestión de Riesgos 2019-2030, elaborado por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, en el que se exponen las concepciones estratégicas, problemáticas, acciones y el seguimiento o evaluación. Tiene dentro de sus objetivos el mejoramiento de los conocimientos de riesgo de desastres a nivel local para reducir las consecuencias de riesgo.

Cabe resaltar que esta característica es medible en tiempo y le otorga a la población la capacidad de llegar a un lugar a salvo, así mismo esta característica hace alusión al tiempo en que todo el sistema integrado por todas las entidades partícipes, desarrolla su función y trabajo

La conferencia se amplía a la elaboración de parámetros para las alertas precisas como menciona a continuación:

## **2. Servicio de Seguimiento y Alerta**

Los servicios de alerta constituyen el componente fundamental del sistema. Es necesario contar con una base científica sólida para prever y prevenir amenazas y con un sistema fiable de pronósticos y alerta que funcione las 24 horas al día. Un seguimiento continuo de los parámetros y los aspectos que antecedieron las amenazas es indispensable para elaborar alertas precisas y oportunas. Los servicios de alerta para las distintas amenazas deben coordinarse en la medida de lo posible para aprovechar las redes comunes institucionales, de procedimientos y de comunicaciones (Bonn, 2006).

El servicio de seguimiento y alerta ante un posible Tsunami recae sobre el INOCAR a través de su sistema integrado que comparte responsabilidades con entidades como ECU 911 y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y lo hace mediante sus boyas de tsunamis ubicadas en las costas del mar territorial. A 45 millas náuticas de la costa de Manta, en Manabí y en Esmeraldas hay boyas que emiten señales ininterrumpidas a satélites y a su vez retransmiten estos datos a los centros de monitoreo del INOCAR para ser procesados y esta información sea precisa. Una vez realizado este proceso se informa a entidades como el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y el Sistema Integrado de seguridad ECU 911 para otorgarle a

la población del litoral un tiempo de reacción y respuesta a través de alarmas, alertas y avisos.

### **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 y 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 (Bonn, 2006).

Este quizás es de los puntos más importantes de la investigación porque es aquí que a través de la tecnología se podría mejorar el sistema, quizás con la colaboración de entidades privadas de telecomunicaciones que otorguen la velocidad y accesibilidad de la información de una manera mayor y a todos sus usuarios en la región.

### **4. Integración Dentro de un Sistema de Preparación**

Los SAT son sólo una parte de todo el entramado de la preparación. El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) enumera nueve campos dentro de la preparación para desastres: análisis de vulnerabilidades, planificación, marco institucional, sistemas de información, bases de recursos, sistemas de alerta, mecanismos de respuesta, formación y ensayos. Es fundamental entender que los SAT están encuadrados dentro de este marco y que no se pueden ni potenciar ni desarrollar de forma aislada (Ocharan, s. f.)

Es evidente que un conglomerado de actividades se converge para finiquitar una mayor, pero el objetivo mismo de la investigación es analizar vulnerabilidades, planificación, marco institucional, sistemas de información, bases de recursos, sistemas de alerta, mecanismos de respuesta, formación y ensayos para determinar si es eficiente el sistema o si es factible el mejoramiento de uno de estos aspectos.

### **5. Integración Proporcionada Dentro de un Sistema de Gestión de Riesgos**

Este sistema de preparación es, a su vez, una parte de lo que se llama la gestión de riesgos, que contiene todo el ciclo de la respuesta humanitaria (preparación, respuesta, reconstrucción y rehabilitación), además de otras acciones, como mitigación y prevención. La preparación no puede estar desproporcionada en relación a una capacidad de respuesta una vez ocurrido al desastre. De nada sirve tener un aviso temprano y certero, unido a una evacuación a tiempo ante unas inundaciones, si luego no hay posibilidad de asistencia a personas que se quedan sin viviendas o sin cosechas (Ocharan, s. f.).

Esta característica es mitigable y medible en aspectos pasados en épocas post-tsunami, pues, se verá comprobada únicamente en la capacidad que tenga un pueblo de mar para sobrellevar un fenómeno como este.

### **6. Proporcionalidad Dentro del Entorno de Pobreza**

Dentro de la lógica de muñecas rusas, según la cual los SAT están dentro de la preparación y la preparación dentro de la gestión de riesgos, hay una “muñeca” mayor que engloba a todas. Toda actividad de preparación, SAT incluidos, debe tener en cuenta el entorno de posible pobreza donde se ubica. Por ejemplo, un sistema de sirenas de aviso de tsunamis a lo largo de 300 Km. de costa con un equipo de mantenimiento que tiene uno o varios vehículos para mantenerlas, puede resultar muy

coherente para un organismo financiero que quiera pagarlo. Si en ese entorno no hay vehículos, por ejemplo, para hacer derivaciones hospitalarias desde los centros de salud primaria de la zona, inevitablemente o el vehículo de mantenimiento hará de ambulancia (lo que sería lo más lógico) o se morirá gente hoy en aras de evitar que potencialmente muera mañana (que sería lo más trágico) (Ocharan, s. f.).

Esta característica se enfoca en el aspecto económico que sin lugar a duda juega un papel fundamental, la sostenibilidad del SAT como tal, depende de este factor, en tal virtud habrá que analizar la economía del Ecuador y sus recursos destinados a este particular.

## **7. Credibilidad del Sistema**

Un SAT se diseña y se pone en práctica para el mayor servicio que se puede hacer a una población: salvar sus vidas cuando haga falta. El esfuerzo tecnológico que significa debe ir acompañado de un mecanismo de difusión y de construcción de confianza en la población. El sistema puede ser muy bueno y tener un alto índice de acierto, pero si la gente no tiene confianza en él no realizará su parte del trabajo: evacuar en caso de aviso. Como todo sistema nuevo, tendrá dificultades primero para ser conocido y luego para ser creído. Se deben poner esfuerzos y fondos en crear esta confianza (Ocharan, s. f.).

Esta característica es oportuna medirla en base a la imagen que tiene la población con respecto al SAT, su difusión y todas las características anteriores son puestas a prueba en esta particular para determinar si la población confía o no en el SAT para tsunamis en el Ecuador.

## **8. Sostenibilidad del Sistema**

Los SAT en toda su trayectoria, desde el mapeo y monitoreo hasta la toma de medidas, tienen que ser sostenibles. De nada sirven las estaciones de aviso río arriba si la megafonía de aviso no funciona. Si la megafonía está a punto, de nada sirve si no se tienen planes de evacuación actualizados y se ensayan de vez en cuando. A largo plazo, el mantenimiento es más caro que el coste de instalación del SAT y hay que tenerlo en cuenta desde el principio (Ocharan, s. f.).

De estas 9 características se pueden derivar varias más sin embargo estos 9 puntos característicos abarcan mayormente y grosso modo todo lo que conforma un SAT de tsunamis donde se realizan varias citas que dotan de validez y amplios criterios a la investigación.

Es oportuno mencionar que no existe un estándar o un tipo fijo de características, porque cada SAT se adecua a sus capacidades económicas, sociales, tecnológicas y científicas.

Habiendo expuesto todos estos antecedentes, es aquí que se converge la ubicación geográfica propensa a movimientos de placas tectónicas que pueden producir tsunamis, con la existencia de un sistema de alerta temprana eficiente a manera de necesidad. Con la ayuda de la tecnología que abunda en este mundo moderno, se permite y se abre la puerta a propuestas y alternativas para la detección temprana de un tsunami.

### ***Sistemas de Alerta Temprana Actuales y Retos Futuros***

Tal es el caso de (Montesdeoca et al., 2016), quien en su propuesta realizó estudios destinados al diseño de un sistema de alerta temprana de tsunamis en el cantón General Villamil, Playas, monitorizado y controlado desde el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), ubicado en la Base Naval Sur de la ciudad de Guayaquil. En el mismo se detalla el diseño del sistema, la tecnología de transmisión

seleccionada con los terminales más idóneos que serán necesarios instalar, la determinación de los lugares en el cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas, donde se colocarán las sirenas electrónicas, así como el tipo de red que se usará para activar los dispositivos acústicos. Adicionalmente, se describen las características principales de las sirenas requeridas para el sistema, se detalla el diseño del software que administra remotamente los terminales acústicos, así como la comunicación GSM entre sirenas mediante la utilización de arduino, y se calcula la cobertura de cada una de las sirenas del sistema de alerta temprana.

El sistema de alerta temprana enfrenta retos para el futuro debido a los eventos en la actualidad que no dejan más que lecciones aprendidas que constituyen el conocimiento y el emprendimiento de investigación para reducir el margen de vulnerabilidad desde todo aspecto.

De las causas de un tsunami y antecedentes presentados, a continuación, se ponen de manifiesto los efectos de un sistema de alerta temprana que finalmente es destinado a la población para salvaguardar su vida.

### ***Modernización de Sistemas***

Según los datos técnicos públicos que facilita la NOAA a través de su sistema de boyas DART, el principal inconveniente de estos sistemas es que los elementos deben ser reemplazados con frecuencia (anual en el caso de la boya, bianual en el caso de la registradora de presión) y son muy caros (Percival et al., 2011).

La modernización de los equipos está siempre en constante evolución entre los estudios de la Academia a nivel mundial, es así que según el artículo científico escrito en el año 2012, titulado: Development of tsunami Early Warning Systems and Future Challenges (que traducido al español significa: Desarrollo de sistemas de alerta temprana de tsunami y desafíos futuros) desarrollado por Natural Hazards and Earth

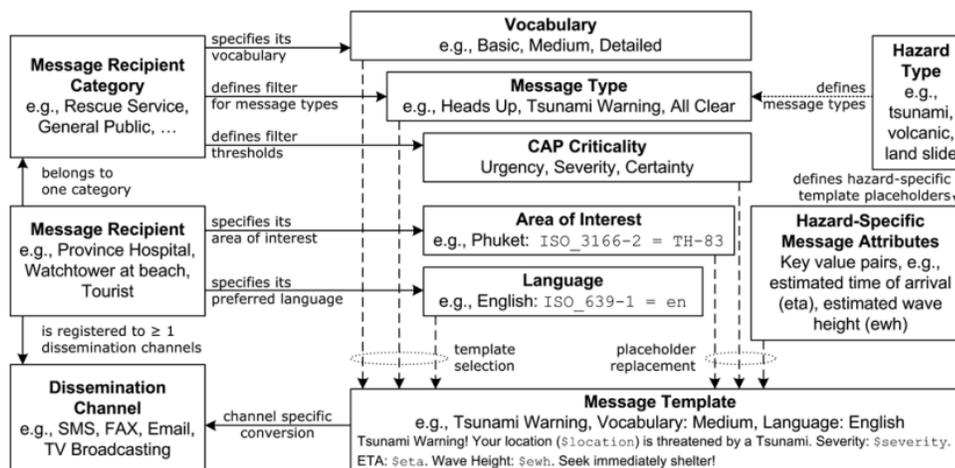
System Sciences (que traducido al español significa: Peligros naturales y ciencias del sistema de la Tierra) un aspecto clave de la modernización y el desarrollo tecnológico de un sistema de alerta temprana es que hacer con los datos una vez receptados por las boyas, repetidos por los satélites al centro de procesamiento de datos y estos puedan ser difundidos. La pronta y efectiva difusión masiva de quienes están en riesgo es crucial para el éxito de la alerta temprana. Es así que, en el desarrollo de este sistema, se ha propuesto una difusión de la información de manera masiva por medio de la telefonía y las telecomunicaciones a las cuales todo el mundo tiene acceso hoy por hoy.

Parte de un artículo científico titulado: “Desarrollo de sistemas de alerta temprana y desafíos futuros” desarrollado por Natural Hazards and Earth System Sciences, también habla sobre la difusión como alternativa de modernización, tal es el caso que se propone lo siguiente:

La difusión inmediata debería ser a través de mensajes SMS, portales web, broadcasting, noticias, radio-difusión y todo tipo de alertas de internet y a su vez que este contenga información como Alerta de tsunami, Localización actual dentro del margen del Tsunami, Severidad, Tiempo estimado de Arribo de la ola, Altura de la ola y entre otros datos que detalla el organizador a continuación (Wächter et al., 2012).

Figura 8

Conceptos para la logística de información de los sistemas de alerta temprana.



Fuente: (Hammitzsch, 2011).

El equilibrio tecnológico es el nexo de estabilidad que debe haber entre los recursos de un Estado para mantener la tecnología y su sistema, para que éste no sea dependiente únicamente del recurso económico. Aquí surgen las alternativas que, sin necesidad de representarle un alto costo al Estado, ayudan, contribuyen y asisten al sistema de alerta temprana resultando ser desarrollos tecnológicos que equilibran la balanza para países del tercer mundo.

### **Equilibrio Tecnológico**

Siguiendo con la investigación, se cita el artículo científico “Diseño de un sistema de alerta temprana para tsunamis para Ecuador basado en terminales satelitales” el mismo que resalta la propuesta de microcontroladores de bajo costo con código abierto y paneles solares con ultra capacitores como unidad de almacenamiento de energía para asegurar larga duración sin mantenimiento significativo. Basados en las pruebas de campo, este diseño para un sistema de alerta temprana de tsunamis totalmente

autónomo resultó apropiado para proteger a la población de las ciudades costeras ecuatorianas. (Villao Quezada, 2017)

Habiendo aclarado este punto importante, al Ecuador le hace falta tomar en cuenta que el SAT, debe tener un desarrollo tecnológico equilibrado que le permita enfrentarse a su situación geográfica tan vulnerable y propensa a tsunamis pero a su vez que no sea dependiente de ayuda externa o necesite de una constante repotenciación debido a la limitación de recursos del Estado, tomando en cuenta que el sistema de alerta temprana incluye la gestión de riesgos que le otorgue seguridad a la población una vez avanzado el tsunami.

Únicamente cuando de verdad suceda un evento de tsunami nuevamente en Ecuador, se podrá regresar a ver las lecciones aprendidas que dejen una verdadera cultura de prevención.

Es así que la cultura de prevención de países de primer mundo ha desarrollado consigo estudios por adelantado, de esta manera la constante medición de intensidades sísmicas les permite ver cuáles de estas intensidades pronosticadas provocarían un tsunami en la costa. En el Ecuador quien aporta con esta información es la Escuela Politécnica Nacional a través de su Instituto Geofísico.

Desde el 2011, el INOCAR cuenta con un sistema de alerta temprana de tsunamis (SAT), que se encarga de monitorear los cambios del nivel del mar asociados a la ocurrencia de terremotos que generen tsunamis.

El INOCAR como Punto Focal para el Sistema de Alerta de tsunamis del Pacífico (PTWS), contribuye al monitoreo y mitigación de los efectos que los tsunamis tienen sobre los países asentados a lo largo de la costa del océano Pacífico, fortaleciendo las capacidades de respuesta no sólo a nivel nacional sino también

regional e internacional como parte del PTWS- (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2019).

Es importante definir que un sistema de alerta temprana también está conformado por la población, de la cual se obtienen lecciones aprendidas, se definen aspectos vulnerables, y se puede medir la capacidad de respuesta y los canales de comunicación para emitir las alertas.

### ***Elementos de estructuración***

**Estudios previos a la propuesta.** Previo a la propuesta es importante citar ejemplos actuales de modernización de los sistemas de detección y alerta temprana a nivel mundial, tal es el caso del artículo de la *IOC of UNESCO Launches Social Media Sites for NEAMTIC*, s. f. (2021), que a través de la IOC, que por sus siglas en inglés significa Comisión Intergubernamental Oceanográfica, ha aplicado el uso de redes sociales para NEAMTIC (North-Eastern Atlantic and Mediterranean Tsunami Information Center), que por sus siglas en inglés significa Centro de Información de Tsunami del Atlántico Noreste y Mediterráneo. Las redes sociales que se aplicarán son Facebook, Twitter, Instagram y LinkedIn, estas plataformas publicarán en su base regular las actividades en la región de NEAM (Atlántico Noreste y Mediterráneo) así como ejercicios NEAMWave, seminarios web del Día Mundial de Concientización sobre tsunamis, talleres e información en el caso de eventos reales de tsunamis, etc.

Por otro lado, un artículo científico escrito por Brown et al., (2014) titulado “*The use of social media in natural hazards Early Warning Systems*”, (El uso de las redes sociales en los sistemas de alerta temprana de peligros naturales), describe la forma en la que las redes sociales contribuyen a la comunicación, acceso a la información y toma de decisiones en el contexto de la detección temprana de peligros de carácter natural, así mismo, afirma que el uso de estos medios permiten: Proveer información

adicional en tiempo real y el monitoreo del peligro natural, la vulnerabilidad y el riesgo a través de las estaciones de observación y monitoreo, también facilita la información confiable a las personas para ser usada correctamente. En esta publicación científica también se proponen nuevas aplicaciones en las que se destina la alerta de diversos fenómenos, estas aplicaciones para teléfonos inteligentes y tablets son: *UK Snow Map*, para prevenir la caída de nieve en Reino Unido, *MyVolcano* par la actividad volcánica, *Citizen Seismology* para la actividad sísmica en Europa mediterránea, *AmritaKripa* para las inundaciones en India que desde el 2018 sirve para requerir rescate, asistencia médica, refugio, provisiones de comida, ropa, medicina, servicios de agua, electricidad y ayuda a las operaciones de rescate.

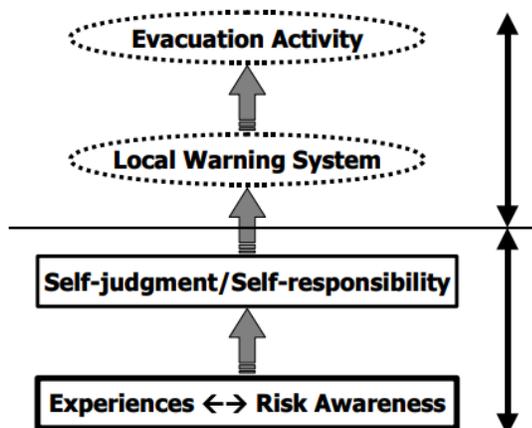
Estos son ejemplos de que la información y servicios están al alcance de todos por medio de la tecnología, estas innovaciones vienen a raíz de la idea que tuvo *Facebook* en 2010 cuando fue la inundación de *Queensland*, donde según Bird et al., (2012) en su publicación científica aclaran como la plataforma social fue usada para preguntar y obtener información acerca de las afectaciones y del estado de sus amigos y familiares.

Habiendo revisado los estudios de la tecnología en los SAT en general, se debe traer a colación una mención importante de Nakaseko et al., (2021) con respecto a las alertas y las evacuaciones, que textualmente dice: “El aumento de los progresos en materia de ciencia y tecnología de la información permite a los países desarrollados establecer el SAT a nivel nacional a través de redes de telecomunicaciones. Sin embargo, existe el escollo de pasar por alto el simple hecho de que las personas no necesariamente escaparían incluso si recibieran la advertencia. Por lo tanto, argumentar que se necesitan algunos tipos de condición de base para compensar, o para apoyar

social y culturalmente el SAT.”, haciendo alusión a que también es necesario una culturización de la población con respecto a la evacuación en caso de tsunami.

### Figura 9

*Escalafón de evacuación.*



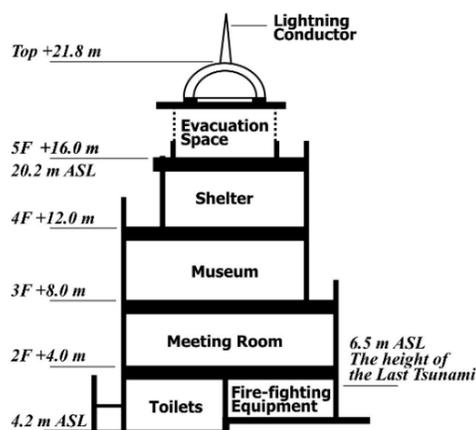
*Nota:* La figura representa el escalafón que utiliza el SAT japonés de tsunamis para una actividad de evacuación. Tomado de Tsunami Warning And Evacuation System In Nishiki Of Central Japan (p, 3) por Nakaseko et al., (2021)

Esta estructura denota según Nakaseko et al., (2021), la estructura que se usa en Japón para la actividad de evacuación efectiva, donde converge la conciencia del riesgo y las experiencias en el escalafón más bajo, después está el juicio y responsabilidad propia de la población como escalafón superior para poder confiar en un sistema local de alerta y ejecutar una evacuación efectiva.

Como se describe anteriormente, hace años Japón desarrollo este nivel de conciencia que le permite realizar evacuaciones efectivas, pero siendo Nishiki en el centro de Japón el lugar del estudio de Nakaseko et al., (2021), y siendo Japón un país marítimo con relieves muy bajos con respecto al nivel del mar, ¿cómo evacuar a la población a un lugar seguro?

Aquí nace la otra necesidad en la modernización del SAT con respecto al último peldaño que es, la evacuación. Nakaseko et al., (2021) en su estudio hacen énfasis en la necesidad de infraestructura que se preste para salvar vidas. **Figura 10**

*Torre en Nishiki para evacuación.*



*Nota:* En Nishiki, ciudad del centro de Japón, así como también a lo largo de todo el país, se han construido torres que son ejemplo de la infraestructura necesaria para socorrer en el menor tiempo posible a la mayor cantidad de gente. Así mismo con infraestructura no se refiere únicamente a las torres de evacuación sino a rompeolas y diques que permitan reducir el impacto de una ola de tsunami.

## Marco Conceptual

### *Tsunami*

Es un término de origen japonés: Tsu (puerto) nami (ola), quiere decir “grandes olas en el puerto” (diegoeduardov, 2013).

### ***Tsunami Según la Real Academia de la Lengua Española***

Ola gigantesca producida por un maremoto o una erupción volcánica en el fondo del mar (ASALE & RAE, s. f.).

### ***NOAA***

La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en monitorear las condiciones de los océanos y la atmósfera (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, s. f.).

### ***Sistemas de Alerta Temprana (SAT)***

Un sistema de alerta temprana es una medida de adaptación al cambio climático que utiliza sistemas de comunicación integrados con el fin de ayudar a las comunidades a prepararse para los peligros relacionados con el clima (Nations, s. f.).

### ***Secretaría de Gestión de Riesgos***

La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo es un órgano público descentralizado responsable de garantizar la protección de personas y colectividades ante 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 (*Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) - UNEP-REGATTA*, s. f.).

### ***Instituto Geofísico de la EPN***

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional constituye el principal centro de investigación en Ecuador para el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos, los cuales pueden causar de gran efecto en la población, en los proyectos de inversión, en el entorno natural, y, como ya se ha experimentado, pueden ser de impacto negativo en el desarrollo del país (*Presentación - Instituto Geofísico - EPN, s. f.*).

### ***ECU 911***

El Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 (SIS ECU 911) herramienta tecnológica integradora de los servicios de emergencia reafirma su compromiso con la seguridad de los ciudadanos y se encuentra presto a colaborar con todos los estamentos gubernamentales respetando las atribuciones y competencias de cada institución (*Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 – ECU 911, s. f.*).

### ***Sistema DART***

Los sistemas DART fueron desarrollados por el Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico (PMEL) de la OAR para la detección temprana, medición y reporte en tiempo real de los tsunamis en el océano abierto (Percival et al., 2011).

### ***Boyas Detectoras de Tsunamis DART***

Ubicadas en la costa, las estaciones de medición del nivel del mar miden la altura del océano en lugares costeros específicos y se usan para confirmar la hora de llegada y altura del tsunami. Estas estaciones pertenecen y son operadas por varias organizaciones nacionales e internacionales (Percival et al., 2011).

## Marco Legal

A continuación, algunos aspectos legales que se vinculan a la operación del SAT del INOCAR en el Ecuador.

Inicialmente es justo y necesario citar el decreto que da creación al INOCAR, con sus respectivas funciones, las cuales incluyen la investigación oceanográfica que hoy en día se traduce al monitoreo de sistemas y el estudio de los comportamientos naturales.

Mediante Decreto Ejecutivo N° 642 del 18 de julio de 1972 se emite la Ley de Creación del Instituto Oceanográfico de la Armada, señalando entre sus funciones la de:

- Realizar, dirigir, coordinar y controlar todos los trabajos de exploración e investigación oceanográfica, geofísica y de las ciencias del Medio ambiente marítimo.

Internacionalmente, una vez creado el INOCAR en 1972, se define al PTWC como sistema internacional de apoyo al SAT ecuatoriano.

- Desde el año 1976 el Instituto forma parte del Sistema Internacional de Alerta de tsunamis del Pacífico (PTWC) y para el cumplimiento de sus obligaciones ha mantenido el estudio de los tsunamis como un programa permanente dentro de sus actividades anuales como Centro Nacional de Alerta de tsunamis, y Punto Focal Nacional de Alerta de tsunamis para el Ecuador.

Finalmente, en el 2008 en la vigente Constitución del Ecuador, se plantea el siguiente artículo:

- La Constitución del Ecuador aprobada en el año 2008, manifiesta en su Art.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.”

Como brazo ejecutor del Estado, está a la postre la Armada del Ecuador a través del INOCAR y su SAT para garantizarle a los ecuatorianos el cumplimiento del Art. 389 para minimizar la condición de vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales mediante la prevención de riesgos.

## **Capítulo II**

### **Fundamentación Metodológica**

En el presente capítulo, una vez que se han analizado los antecedentes, el funcionamiento y la composición del SAT, se aplicará la técnica de recolección de datos a dos especialistas en el área y una encuesta a una muestra de la población, y de esta manera evaluar el estado actual del SAT de tsunamis ecuatoriano.

#### **Enfoque o Tipo de Investigación**

El enfoque de la investigación es del tipo mixto, cuantitativo ya que es un proceso deductivo, secuencial, basado en una realidad objetiva, este enfoque permite la generalización de resultados, la precisión y la réplica, por otro lado, cualitativo, puesto que para la recopilación de datos se requiere de información provista por el personal técnico del INOCAR, lo cual permitirá tener una apreciación precisa y actual del Sistema de Alerta Temprana de tsunamis.

#### **Alcance o Niveles de la Investigación**

Este proyecto de investigación es de nivel descriptivo porque detalla los perfiles de proyectos y sistemas que benefician o aportan al desarrollo de los SAT en el país como mecanismo de prevención y contribución a la disminución de riesgos y pérdidas humanas y materiales. Por otro lado, también es de nivel explicativo, ya que la investigación explica por qué ocurren los fenómenos, en qué condiciones, el funcionamiento del sistema y las causas y efectos de lo mencionado.

#### **Diseño de Investigación**

Durante la obtención de datos es notorio que esta investigación tiene un carácter no experimental ya que no he alterado ni manipulado la información o alguna variable, en tal virtud, los datos en su estado natural son los que finalmente van a ser analizados

y de tal manera que se pueda llegar a encontrar una alternativa en la que se aproveche los recursos tecnológicos y sistemáticos del país para poder hacer más eficiente el SAT sin que represente en la medida de lo posible, un costo adicional a las Instituciones del Estado.

### **Población o Muestra**

La población objetivo de la presente investigación es al personal que realiza estudios y monitorea el Sistema de Alerta Temprana de tsunamis en el Ecuador. Este personal será el beneficiario de los aportes que se generen en el presente estudio debido a que a través de las mejoras constantes que se realizan, su trabajo es más oportuno y significativo en materia de servicio al país.

La población de estudio está conformada por personal técnico con cargos jerárquicos en las instituciones involucradas en la detección de tsunamis con objeto de criterios actualizados y técnicos del tema, estudiantes de diversas Universidades Ecuatorianas, profesionales entre 25 a 40 años y de Guardiamarinas de cuarto año de la Escuela Naval para medir su nivel de conocimiento y conciencia referente a tsunamis y su SAT.

### **Técnicas de Recolección de Datos**

Las técnicas de recolección de datos las sintetizo en dos formas generales que son:

Técnica documental/ bibliográfica: Para la recopilación de información y datos verídicos y certeros se investigó en publicaciones científicas, artículos científicos y en tesis relacionadas al tema de investigación.

Técnica de campo: Esta técnica permitió analizar la situación actual del SAT ecuatoriano, a través del testimonio de especialistas que trabajan en las instituciones

que componen el SAT, tales como el INOCAR y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Adicionalmente se encuestó a 30 personas para alcanzar una mejor perspectiva de la realidad.

### **Instrumentos de Recolección de Datos**

La investigación se fundamenta en información obtenida de un estudio bibliográfico de artículos y publicaciones científicas e información pública por parte de las propias instituciones y organizaciones internacionales. Además, se realizó entrevistas no estructuradas a miembros claves del SAT de las respectivas instituciones involucradas en la detección de tsunamis, las mismas que por la naturaleza de su tipo, permitieron ser entrevistas de mayor flexibilidad en la que se pudo hacer modificaciones a las preguntas sin cambiar el sentido de las mismas. La entrevista al representante del INOCAR fue al Sr. TNNV-SU Leonardo Alvarado, Jefe del Departamento de Tsunamis del INOCAR del 2021 y la entrevista al representante del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional fue a la Dra. Mónica Segovia, Jefe del Área de Sismología del IG-EPN.

Encuestas: Se realizaron encuestas a los Guardiamarinas de cuarto año de la Escuela Superior Naval, estudiantes de diversas Universidades Ecuatorianas, profesionales entre 25 a 40 años con el fin de determinar su nivel de conocimiento en temas relacionados al SAT con enfoque de visualizar el índice de conciencia que existe con respecto a la prevención y alerta temprana de tsunamis.

### ***Selección de expertos***

A continuación, se detalla el motivo de la selección de expertos antes nombrados.

**Tabla 4***Selección de expertos*

<b>Entrevistado</b>	<b>Motivo de su selección</b>
TNNV-SU Leonardo Alvarado <b>Jefe del Departamento de Tsunamis del INOCAR</b>	Máxima autoridad del Departamento Especializado en Tsunamis del INOCAR, Maestría en Mitigación de Desastres de Tsunami en el Instituto Nacional de Posgrado de Estudios Políticos en Japón (GRIPS) en 2017.
Dra. Mónica Segovia <b>Jefe de Sismología del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica</b>	Conoce el funcionamiento de los sensores sísmicos, y de las redes sísmicas volcánicas medidas geodésicamente y de monitoreo del Ecuador, varios estudios y publicaciones científicas acerca de los sensores de movimientos de la tierra.

***Entrevistas Para Determinar el Estado Actual del SAT Ecuatoriano***

Dra. Mónica Segovia, jefe de Sismología del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica.

**Tabla 5***Validación de entrevista IG-EPN.*

<b>VALIDACIÓN</b>
<b>GRADO:</b> Doctora
<b>NOMBRE:</b> Mónica Segovia Reyes
<b>REPARTO:</b> Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica
<b>CARGO:</b> Jefe de Sismología
<b>EXPERIENCIA:</b> Docente de la Escuela Politécnica Nacional, directora del Área de Sismología del Instituto Geofísico de la EPN, Analista de sismicidad y ciclos sísmicos del Ecuador. Varias publicaciones aceptadas por la comunidad científica acerca de las zonas de subducción y fallas tectónicas que originan sismos y tsunamis.

**Fecha:** 19 de abril del 2021**Motivo:** Trabajo de Titulación**Reparto:** Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Morán Valverde"**Entrevista:** Abierta vía ZOOM.**Entrevistador:** GM4/A Ricardo Andrés Robayo Morcillo**Análisis de la entrevista**

De acuerdo con la información proporcionada por la Jefe de Sismología del IGPN, mencionado Instituto se encarga de la vigilancia de eventos sísmicos y volcánicos y la evaluación de las amenazas que representan dichos eventos. Para el efecto el IGPN está compuesto por las áreas de sismología, instrumentación y sistemas y tiene instalados y en funcionamiento 70 estaciones sísmicas a nivel nacional. El análisis de ondas sísmicas se realiza mediante un software especializado y sus

resultados son revisados y confirmados por el personal técnico de operadores del sistema informático.

El tiempo que el IGPN requiere para emitir información sobre la ocurrencia de un fenómeno sísmico es de 3 minutos, cuando se trata de un informe preliminar y 7 minutos para confirmar magnitud y profundidad del sismo.

El IGPN no tiene responsabilidad de emitir alertas y se limita a reportar a nivel general la ocurrencia de sismos de magnitud superior a 3.5 grados.

La relación del IGPN con INOCAR y las demás instituciones que conforman el SAT podría explicarse señalando que el IGPN es el primer eslabón en la cadena de acciones coordinadas entre las instituciones que conforman el SAT, toda vez que, en base a sus informes sísmicos, el INOCAR mediante sus sistemas automatizados determina si se produce o no amenaza de tsunamis, al tiempo que determina la magnitud de la onda y su tiempo de llegada a territorio continental ecuatoriano. Según la fuente de entrevista, el siguiente eslabón en la cadena es el Servicio de Gestión de Riesgos y el ECU911, que con la información recibida del INOCAR determina y ejecuta acciones de alarma para evacuación de poblaciones que podrían resultar afectadas. El eslabón final del sistema lo conforma la población costera que deseablemente debería estar organizada por sus respectivos GADS municipales para actuar de forma ordenada e inmediata en función de salvar sus vidas.

### ***Entrevista a Experto del INOCAR***

Sr. TNNV-SU Leonardo Alvarado, Jefe del Departamento de Tsunamis del INOCAR.

**Tabla 6***Validación entrevista INOCAR*

<b>VALIDACIÓN</b>
<b>GRADO:</b> Teniente de Navío – Superficie
<b>NOMBRE:</b> Leonardo Alberto Alvarado García
<b>REPARTO:</b> Instituto Oceanográfico de la Armada
<b>CARGO:</b> Jefe del Departamento de Tsunamis
<b>EXPERIENCIA:</b> Director de Oceanopolítica y Proyección de los Intereses Marítimos, Jefe de Gestión de Tsunamis en INOCAR, Director de Oceanografía Naval en INOCAR, Maestría en Oceanografía en la Escuela Naval de Estados Unidos (USNA) 2010, maestría en Mitigación de Desastres de Tsunami en el Instituto Nacional de Posgrado de Estudios Políticos en Japón (GRIPS) en 2017.

**Fecha:** 1 de abril del 2021**Motivo:** Trabajo de titulación**Reparto:** Escuela Superior Naval “Cmdte. Rafael Morán Valverde”**Entrevista:** Abierta vía ZOOM.**Entrevistador:** GM4/A Ricardo Andrés Robayo Morcillo**Análisis de la entrevista**

De la presente entrevista se debe resaltar que para que ocurra un Tsunami que afecte a las costas ecuatorianas, es necesario que se produzca un sismo en la zona de convergencia de las placas continentales ubicadas entre 35 y 40 millas náuticas de las costas de Manta, que es el punto continental ecuatoriano más cercano a dicha zona de convergencia.

Según el oficial especialista, el INOCAR se encarga de analizar y procesar los parámetros sísmicos emitidos por el IGPN y basándose en el procesamiento de esos

parámetros en su software especializado, determinar si existe o no amenaza de Tsunami, así como la magnitud y tiempo de llegada de la primera onda a la costa ecuatoriana.

Cabe resaltar que las costas del archipiélago de Galápagos se encuentran más distantes de la zona de convergencia que las costas de Manta.

El Ecuador es miembro de la red regional denominada Grupo de Trabajo de Alerta de Tsunamis del Pacífico Sudoeste y por ello comparte información que genera cada uno de los países miembros para la alerta de Tsunamis.

En caso de que los sismos con potencial para la generación de tsunamis se produzcan en zonas fuera del alcance de monitoreo del IGPN, el INOCAR depende de la información que reciba de Servicio Geológico de los Estados Unidos, de la USGS de la PTWC y del Grupo de Trabajo antes mencionado. De esto se desprende la importancia de la participación del Ecuador en estos grupos de cooperación internacional.

La tecnología que actualmente dispone el INOCAR para la detección de Tsunamis, es tecnología española, Mediterráneo Señales Marítimas, principalmente las dos únicas boyas que actualmente dispone el SAT. Estas boyas funcionan en base a un sensor que mide la diferencia de presión entre el fondo y la superficie al pasar la ola bajo la boya, Esta información es transmitida mediante una antena ubicada en la superficie de la boya a un satélite y de este al INOCAR. La boya entra en modo evento en forma automática y se desconecta de dicho modo también automáticamente cuando luego de 3 horas no se ha censado otra diferencia de presión.

En cuanto a tecnología comparativamente con otros países, el propio aún tiene bastante que mejorar, pero la gran limitante es siempre la restricción económica. El entrevistado además se refiere al desarrollo de mapas de inundación por tsunamis,

información útil para los GADS municipales y la población costera en general, ya que en base a dichos mapas se podría planificar de mejor manera el desarrollo urbanístico y delimitar las zonas de mayor riesgo.

Tal vez lo más relevante y revelador de la entrevista es el hecho de que en el año 2009, el INOCAR tardaba entre 15 y 20 minutos para emitir de forma manual un boletín de alerta de Tsunami, mientras que, con las mejoras tecnológicas actuales, ese tiempo se ha reducido a 3 minutos. Considerando que la zona de convergencia está a 40 millas náuticas de la costa de Manta, el tiempo de llegada de la primera ola se estima entre 15 a 20 minutos, por lo que, de no haberse dado este salto tecnológico, prácticamente el boletín manual no habría resultado una prevención sino un anuncio tardío.

En consecuencia, la velocidad con la que un Sistema de Alerta Temprana de tsunamis pueda emitir su reporte a los organismos encargados de dar las alarmas de evacuación a la población, es determinante para la continuidad de la vida de dicha población.

De otra parte, la capacidad económica de un estado es también determinante en su capacidad de reacción ante un evento natural destructivo como un tsunami. Por ejemplo, el Japón, considerado país del primer mundo, tiene instaladas boyas y sismógrafos a lo largo de las 300 millas náuticas que separan sus costas de la zona de convergencia de placas, adicionalmente ha invertido en diques, rompeolas y albergues con suministros para la población evacuada, etc., para atenuar los efectos de un tsunami y sin embargo en el 2011 tuvo que lamentar la muerte de 15000 personas.

El INOCAR, pese a sus limitaciones económicas, cuenta con los elementos mínimos necesarios para garantizar a la población una alerta temprana que permita proteger su vida. De hecho, las dos boyas actualmente instaladas y con su

mantenimiento actualizado, son suficientes para dar cobertura a toda nuestra costa continental y también a del archipiélago de las Galápagos. Cuenta además con un software de simulación de tsunamis que ha demostrado eficacia y personal civil y militar, capacitado no solamente para administrar el equipamiento y sistemas existentes sino también para emprender mejoras a los mismos sin que signifiquen necesariamente incremento de presupuesto.

A raíz de la entrevista también se ha determinado que la situación deseable dista mucho de la real, sin embargo, como país se ha aprendido a subsistir y sacar el máximo provecho a los recursos disponibles y su eficacia solo podrá ser evaluada en la práctica cuando se suscite un evento real.

Finalmente, en materia de tsunamis hay mucho que aprender y un ejemplo de esto es el Japón, país que, a pesar de estar en la cima del desarrollo tecnológico para enfrentar la amenaza de los tsunamis, sigue en el proceso de aprendizaje al que se ha visto sometido cada vez que ha sido azotado por estos fenómenos naturales.

### ***Presentación de los resultados de encuestas***

Para cada pregunta de las encuestas se realizó un análisis estadístico a manera de gráficos y tablas; adicionalmente, un análisis cualitativo a cada una de ellas para extraer conclusiones y posteriormente establecer la relación entre las variables.

Para el estudio de encuestas se tomó una población de 360 personas con el siguiente detalle:

107 profesionales oriundos y residentes de la provincia de Esmeraldas, egresados de las universidades: Tecnológica Luis Vargas Torres, Universidad de las Américas y Tecnológica de Pto. Quito. Este personal ronda entre edades de 30 a 40 años.

193 profesionales residentes de la provincia de Manabí graduados de la Universidad Laica Eloy Alfaro, residentes en el cantón Sucre con una media de edad de 35 años.

60 estudiantes universitarios de la provincia de Pichincha, del Distrito Metropolitano de Quito: Politécnica Nacional, Universidad Tecnológica Equinoccial con una media de edad de 35 años con edades que oscilan entre 18 a 25 años para analizar su criterio y conocimiento con respecto al SAT. Por consiguiente, se aplica la siguiente fórmula para medir la muestra de una población:

### **Ecuación 1**

*Fórmula para calcular el tamaño de la muestra.*

$$n = \frac{N \times p \times q \times Z^2}{(N - 1) e^2 + p \times q \times Z^2}$$

Donde,

N: Tamaño del universo

e: Error máximo aceptable 1- 5 %

p: Probabilidad 0,5

q: probabilidad que no se cumple 1-p

z: Nivel de confianza deseado 95-99% (Tabla distribución normal estándar)

n: Muestra

*Tamaño de la muestra = 120*

***Presentación de Resultados Estadísticos de Encuestas Para Medir la Credibilidad y Estado Actual del SAT Ecuatoriano.***

**Primera pregunta:** ¿Considera usted que un Sistema de Alerta Temprana es necesario para prevenir los daños ocasionados por los Tsunamis?

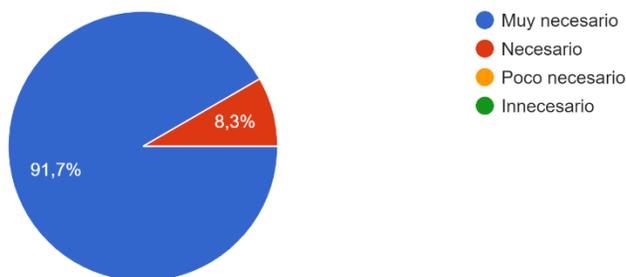
**Tabla 7**

*Necesidad de un SAT para prevenir los daños de los Tsunamis.*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Muy necesario</b>	110	91,7%
<b>Necesario</b>	10	8,3%
<b>Poco necesario</b>	0	0
<b>Innecesario</b>	0	0

**Figura 11**

*Porcentaje de necesidad del SAT para prevenir daños de los Tsunamis.*



### Análisis de pregunta

La muestra de población encuestada considera en un 91.7% que es muy necesario un SAT para prevenir los daños ocasionados por los tsunamis, por otro lado, el resto de personas encuestadas, es decir, el 8.3% considera necesario un SAT de tsunamis para la prevención de daños de los tsunamis. Es un aporte importante el hecho de que las personas consideren que el SAT es necesario y muy necesario y en ninguno de los casos se considere poco necesario o innecesario la presencia de este. Quiere decir que las personas esperan a alguien que les informe y les otorgue este tiempo para tratar de salvar su patrimonio y sus vidas respectivamente, sin embargo, hasta este punto no se logra evaluar si de verdad conocen el funcionamiento del SAT en el Ecuador.

**Segunda pregunta:** ¿Confía usted en el SAT (Sistema de Alerta Temprana de Tsunamis que monitorea el INOCAR) en caso de que se presente un Tsunami para que le otorguen tiempo de reacción mediante un reporte certero?

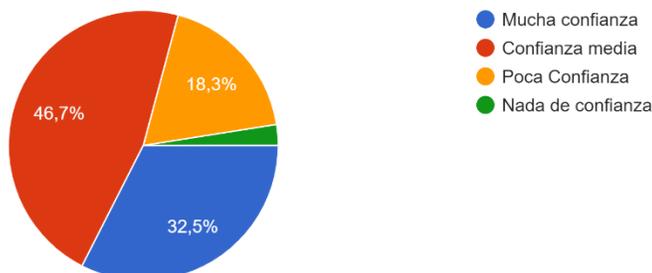
**Tabla 8**

*Confianza en la efectividad de un reporte del SAT*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Mucha confianza</b>	39	32,5%
<b>Confianza media</b>	56	46,7%
<b>Poca confianza</b>	22	18,3%
<b>Nada de confianza</b>	3	2,5%

**Figura 12**

*Porcentaje de confianza en la efectividad de un reporte del SAT*

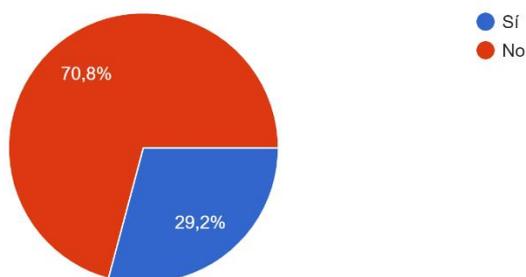


La presente pregunta tiene diversas respuestas, el objetivo de la misma es evaluar y medir el grado de confianza que tiene la población en general para con el SAT que monitorea el INOCAR en caso de un tsunami y que este le ayude con un reporte certero y con tiempo para salvar su vida principalmente. En un orden estadístico 46.7% de la población tiene confianza media en el SAT que monitorea el INOCAR, 32.5% tiene mucha confianza, 18.3% tiene poca confianza y 2.5% no tienen nada de confianza. A manera muy subjetiva considero que el conocimiento muy ambiguo que tiene la población en general del SAT y el hecho de que hasta la fecha no ha ocurrido un tsunami en los últimos años son factores que ponen todavía en tela de duda o en el margen este tipo de sistemas que son sumamente importantes para una población costera y un país marítimo como el Ecuador.

**Tercera pregunta:** ¿Conoce usted de qué está compuesto el Sistema de Alerta temprana del INOCAR?

**Tabla 9***Composición del SAT del INOCAR.*

<i>Respuesta</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Sí	35	29,2%
No	85	70%

**Figura 13***Porcentaje de conocimiento de la composición del SAT del INOCAR.*

La tercera pregunta es con la finalidad de medir el conocimiento de la composición del SAT del INOCAR y presenta resultados desfavorables debido a que mayoría en un 70.8% exactamente no conoce de qué está compuesto el SAT, y por otro lado un 29.2% sí conoce de qué está compuesto el SAT del INOCAR.

**Cuarta pregunta:** ¿Sabía Ud. que la población es parte importante y también conforma el Sistema de Alerta Temprana?

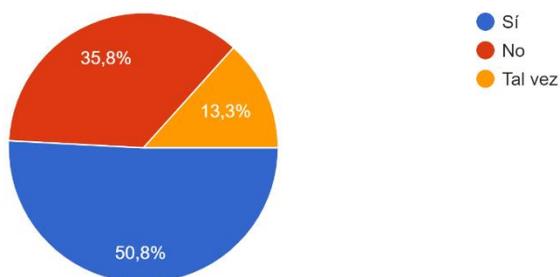
**Tabla 10**

*Población como parte importante del SAT.*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
<b>Sí</b>	61	50,8%
<b>No</b>	43	35,8%
<b>Tal vez</b>	16	13,3%

**Figura 14**

*Porcentaje de conocimiento de la población como parte importante del SAT.*



La cuarta pregunta busca medir el Porcentaje de conocimiento de la población como parte importante del SAT para ver si las personas saben que forman parte del SAT de una manera muy sustancial, se presentan los siguientes resultados en orden de porcentaje: 50.8% sí sabe que es parte importante y forma parte del SAT, 35.8% no sabe que es parte importante y forma parte del SAT, y un resultado interesante es que 13.3% de los encuestados dice que tal vez sabían que forman parte del SAT, este resultado es interesante porque nos demuestra que las personas saben que están involucradas o deberían estar involucradas con el SAT sin embargo todavía no determinan cómo.

**Quinta pregunta:** ¿Sabe Ud. cuál es el daño que puede causar un Tsunami al Ecuador?

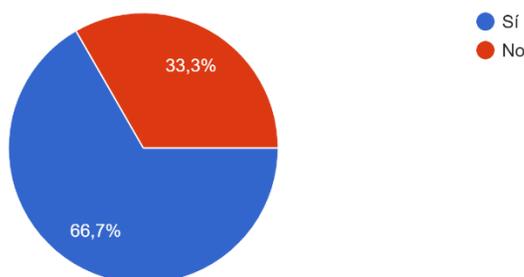
**Tabla 11**

*Posible daño que puede causar un Tsunami al Ecuador.*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
<b>Si</b>	80	66,7%
<b>No</b>	40	33,3%

**Figura 15**

*Porcentaje de posible daño que puede causar un Tsunami al Ecuador.*



Esta pregunta es importante e interesante en el sentido de que se busca medir el conocimiento del posible daño de un Tsunami en Ecuador, con un 66.7 % las personas respondieron que sí saben cuál es el daño que puede causar un Tsunami, quizás no conocen el daño total, los sectores más afectados pero al menos conocen los daños colaterales que esto trae consigo para todos los aspectos del país, quizás porque se encuentran en alguno de ellos, sin embargo es importante que sepan que un Tsunami le afecta a todo el país más allá del daño que la ola pueda generar. Por otro lado, un 33.3% de los encuestados no tienen conocimiento del daño que puede causar un Tsunami.

**Sexta pregunta:** Tomando en cuenta que la ubicación geográfica del Ecuador es muy propensa a un Tsunami y que este trae consigo daños materiales, sociales, pérdidas humanas, económicas y de desarrollo del país. ¿Qué tan importante considera Ud. que un Sistema de Alerta esté siempre a la vanguardia?

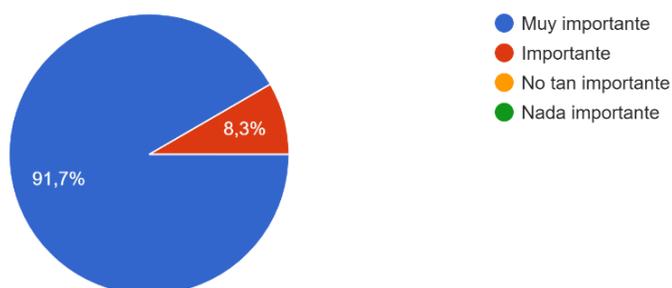
**Tabla 12**

*Importancia de modernización del SAT.*

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
Muy importante	110	91,7%
Importante	10	8,3%
No tan importante	0	0
Nada importante	0	0

**Figura 16**

*Porcentaje de importancia de modernización del SAT.*



El Ecuador ha presentado muchos movimientos telúricos como en el 2016 el terremoto que azotó Manabí donde quedó claro que la situación geográfica del Ecuador

es muy propensa al movimiento de placas, por consiguiente, es muy propensa a Tsunamis. En tal virtud 91.7% de las personas encuestadas destaca que es muy importante modernizar el SAT para poder adelantarse al riesgo de estos fenómenos. Por otro lado 8.3% considera importante un SAT moderno para el Ecuador considerando el daño que un tsunami trae consigo.

## Capítulo III

### Resultado del proyecto o propuesta

Como resultado de las entrevistas y los datos estadísticos obtenidos en esta investigación, a continuación, se proponen alternativas para mejorar aspectos del SAT de tsunamis en materia de comunicación, procesos, personal y educación, que contribuirán sustancialmente en la reducción de tiempos de reacción y en la eficacia general del sistema.

### Datos informativos

#### *Título del Proyecto de Investigación*

Propuesta de alternativas para el SAT de tsunamis del INOCAR y el cumplimiento de las características determinadas en el presente estudio para mejorar su eficacia.

**Tipo de proyecto:** Gestión de riesgos en el ambiente marino-costero

**Cobertura poblacional:** Población del litoral, personal técnico y militar del INOCAR.

**Cobertura territorial:** Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada.

**Fecha de inicio:** 10 de enero del 2021

**Fecha Final:** 4 de diciembre del 2021

### Justificación

Una propuesta de alternativas que empleen medios tecnológicos, que no representen un costo muy alto al estado, así como la cooperación de entidades privadas y que estén orientados a reducir los tiempos de respuesta. Esto permitirá contar con un sistema más moderno y confiable.

## **Objetivo de la propuesta**

### ***Objetivo general***

Realizar un análisis situacional del SAT para establecer el cumplimiento de las características que deben tener este tipo de sistemas con el fin de reducir las vulnerabilidades.

### ***Objetivos específicos***

- Determinar las condiciones bajo las cuales opera el SAT en las diferentes localidades de la costa ecuatoriana.
- Buscar alternativas que involucren el trabajo conjunto de entidades del sector público y privado para incrementar las defensas de los lugares más vulnerables ante un posible tsunami, con el estudio de inundaciones del INOCAR.
- Incrementar alternativas tecnológicas que aún no han sido implementadas en el SAT de tsunamis del Ecuador monitoreado por el INOCAR para reforzar los medios ya existentes de este sistema.

## **Fundamentación de la propuesta**

Aplicando la matriz FODA para un análisis situacional del SAT y verificar que cumpla efectivamente con las características que deben tener este tipo de sistemas, se pudo determinar:

### ***Criterio de Adecuación***

En este criterio se puede argumentar que mediante los recursos tecnológicos que se han implementado, aunque son limitados son útiles para la detección temprana de tsunamis por lo que la efectividad de la generación de información puede ayudar a minimizar los riesgos de la población.

En los últimos años se aplicó un sistema integrado de comunicación en el que participan el ECU 911, INOCAR, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y Secretaría de Gestión de riesgos, el mismo que ha cumplido el objetivo de emitir información temprana en caso de posibles tsunamis.

### ***Criterio de factibilidad***

Bajo este criterio se pretende determinar si los organismos de seguridad y gestión de riesgos tienen los medios, capacidades y recursos necesarios para reaccionar efectivamente en caso de tsunami.

### ***Criterio de aceptabilidad***

Con este criterio se pretende concluir si los beneficios alcanzados con la aplicación del sistema de alerta temprana SAT, son mayores que los costos generados y a su vez, si la población conoce como actuar en caso de algún desastre natural de este tipo.

## **Diseño de la propuesta**

El resultado final de estudio contempla lo siguiente:

Elaboración de una matriz FODA para determinar si el SAT cumple con las características que deben tener este tipo de sistemas y que se reduzcan las vulnerabilidades,

Elaboración de una Matriz ERIC que valore la efectividad de los recursos aplicados al sistema de alerta Temprana SAT, no se consideró un análisis PESTLE puesto que no existen competidores.

Descripción de las propuestas de mejoramiento, que se plantean como producto del presente estudio.

Tabla de valoración de viabilidad de las propuestas de mejoramiento, en base al tiempo, impacto y costo invertidos en cada una de ellas.

**Tabla 13**

*Tabla de propuestas para el ámbito de comunicación.*

<b>Comunicación</b>
<p>Desarrollar una aplicación, que pueda ser instalada gratuitamente en todos teléfonos celulares y dispositivos electrónicos. Dicha aplicación debería estar diseñada para proveer la siguiente información a los usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notificaciones de alertas tempranas de eventos catastróficos y Tsunamis en especial, en tiempo real.</li> <li>- Información actualizada referente a los eventos naturales con potencial catastrófico en la región y el mundo.</li> <li>- <i>Tips</i> educativos que generen conocimiento de la causa de los fenómenos naturales y sus potenciales consecuencias.</li> <li>- Información de los sitios de evacuación más cercanos a la posición del usuario.</li> <li>- Notificaciones e invitaciones a ejercicios de simulacros programados.</li> </ul> <p>El Estado ecuatoriano debe integrar a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), para que forme parte del SAT, y así mismo actuar con empresas privadas de telecomunicaciones, debido a que su contribución en la difusión de alertas de eventos catastróficos sería crucial en la modernización del sistema. Estas contribuciones, tanto de CNT como de las telefónicas privadas, deberían formar parte de sus políticas de responsabilidad social y por lo tanto no deben tener ningún costo.</p> <p>Adicionalmente, a través de convenios gestionados por el Estado ecuatoriano con todas las plataformas de redes sociales como Facebook, Instagram y Twitter, el SAT podría coordinar alertas a todos sus usuarios.</p> <p>Proponer una mejora en la plataforma digital de alertas, datos estadísticos, donde se actualice minuto a minuto la actividad sísmica de los países miembros del Grupo de Trabajo de Alerta de tsunamis del Pacífico Sudeste.</p>

**Tabla 14**

*Tabla de propuesta para el ámbito de tareas/procesos*

<b>Tareas / Procesos</b>
<p>A través del INOCAR, continuar con la estandarización de lineamientos, procedimientos estándar y equipamiento mínimo requerido por los países miembros de la Organización para una colaboración eficiente.</p>
<p>Ampliar el estudio de datos de inundación del INOCAR a cada GAD municipal para tener toda la costa ecuatoriana cubierta, que le permitan a la población familiarizarse con los lugares de mayor afectación y los lugares de posible evacuación.</p> <p>Estos mapas se encuentran elaborados en un 100% para las ciudades costeras de: Esmeraldas, Crucita, Bahía de Caráquez, Salinas y Atacames. Estudios y mapas que se encuentran la página Web del INOCAR con la información actualizada.</p>
<p>El éxito de este estudio sería culminar los mapas para todas las ciudades de la costa ecuatoriana, provincia por provincia, incluyendo las Islas Galápagos.</p> <p>Gestionar con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército el apoyo para en base a los mapas de mayor afectación y lugares de inundación, se debe reforzar la defensa con la construcción de diques y rompeolas que disminuyan el impacto de un tsunami antes de azotar la costa ecuatoriana en sus puntos más vulnerables.</p>

**Tabla 15***Tabla de propuesta para ámbito de personal*

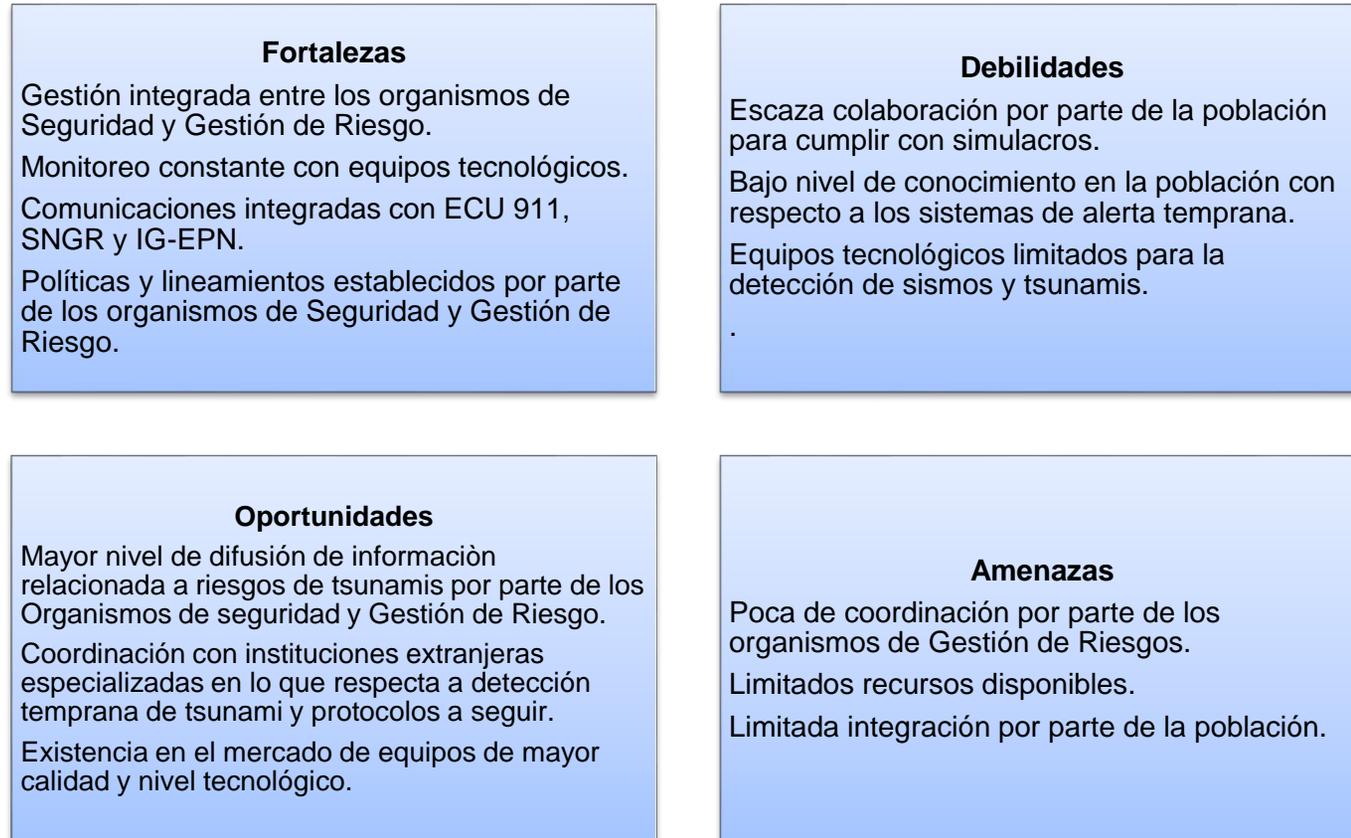
<b>Personal</b>
<p>Plan de Entrenamiento Semanal en el que el Jefe del Departamento de Tsunamis, plantee en un momento y día inesperado de la semana, un simulacro para que el personal, conocidas la magnitud y profundidad del sismo, mejore su tiempo de respuesta y emita el reporte en un tiempo máximo de 3 minutos.</p>
<p>Efectuar censos y coordinaciones a nivel nacional para realizar ejercicios de evacuación en los lugares de inundación inminentes, para tomar tiempos y medir la aceptación, conciencia, credibilidad y tiempos del sistema.</p>

***Resultados de la investigación***

El presente estudio entrega como producto dos tablas estructuradas y resumidas que evalúan eficiencia, respuesta, innovación y calidad en lo que respecta a la matriz ERIC y por otro lado se efectúa una tabla de viabilidad que determina en función del impacto de la alternativa, el tiempo de implementación, pero sobre todo en el costo de implementación de dicha alternativa es viable.

Se ha tomado en cuenta todos los factores del estudio analizados en los capítulos I y II respectivamente, proyectándose a alternativas de carácter tecnológico inclinadas a las telecomunicaciones además de estudios previos con referentes internacionales de carácter científico.

A continuación, se presentan los resultados de la investigació

**Figura 17***Diagrama de FODA*

**Tabla 16**

*Comparación entre SAT ecuatoriano, según Alvarado, (2021) y SAT japonés, según Nakaseko et al., (2021).*

Aspecto	SAT Japón	SAT Ecuador
<b>Difusión</b>	Tecnología de punta por uso de telecomunicaciones a nivel nacional que entrega información detallada de tiempo de llegada de la ola, lugar de resguardo más cercano, entre otros datos, además información por radio, televisión y alarmas.	Boletines a través de redes sociales y canales de información.
<b>Educación</b>	Alta cultura de conciencia en materia de catástrofes naturales en general.	Bajo nivel de educación y conciencia respecto a tsunamis.
<b>Infraestructura</b>	Construcción de diques, rompeolas, torres de resguardo y refugios.	Ninguna destinada a la prevención del impacto de la ola de tsunami.
<b>Tecnología</b>	Red de boyas inteligentes, amplia red de sensores submarinos, red de comunicación y alerta automática.	Dos boyas de tsunamis frente a sus puntos más vulnerables, sensores de sismos en tierra que sirven como información para los reportes.
<b>Entrenamiento de población</b>	La población tiene una doctrina de conciencia para reacción y prevención de tsunamis.	Escasa doctrina de procedimientos de emergencia.

Tabla 17

*Análisis interno de la organización mediante la utilización de la matriz ERIC.*

	<b>Eficiencia (E)</b>	<b>Respuesta (R)</b>	<b>Innovación (I)</b>	<b>Calidad (C)</b>
<b>Comunicación</b>	Desarrollo de una aplicación con el aporte de las instituciones miembros del SAT, para que sus usuarios puedan mantener información como: Notificaciones en tiempo real, información eventos naturales en la región y el mundo, tips educativos, información de los sitios de evacuación más cercanos a la posición del usuario.	Mejora en la plataforma digital alertas, datos estadísticos, donde se actualice minuto a minuto la actividad sísmica de los países miembros del Grupo de Trabajo de Alerta de tsunamis del Pacífico Sudeste.	Integración por parte del Estado ecuatoriano a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), para que forme parte del SAT, así como las empresas privadas de telecomunicaciones debido a que su contribución en la difusión de alertas de eventos catastróficos sería crucial en la modernización del sistema.	Convenios gestionados por el Estado ecuatoriano con todas las plataformas de redes sociales, el SAT podría coordinar alertas a todos sus usuarios.
<b>Tareas / Procesos</b>	Ampliar el estudio de datos de inundación del INOCAR a cada GAD municipal para tener toda la costa ecuatoriana cubierta, esto le permite a la población familiarizarse con los lugares de mayor afectación y los lugares de posible evacuación.		Gestionar con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército el apoyo para en base a los mapas de mayor afectación y lugares de inundación, se debe reforzar la defensa con la construcción de diques y rompeolas que disminuyan el impacto de un tsunami antes de azotar la costa ecuatoriana en sus puntos más vulnerables.	Continuar con la estandarización de lineamientos, procedimientos standard y equipamiento mínimo requerido por los países miembros de la Organización para una colaboración eficiente.
<b>Medios</b>	Plan de Entrenamiento Semanal en el que el Jefe del Departamento de Tsunamis, plantee en un momento y día inesperado de la semana, un simulacro para que el personal, con la magnitud y profundidad confirmadas del sismo, mejore su tiempo de respuesta y la misma tenga un máximo de 3 minutos.			Censos y coordinaciones a nivel nacional para ejercicios de evacuación de los lugares de inundación inminentes para tomar tiempos y medir la aceptación, conciencia, credibilidad y tiempos del sistema.

Fuente: Elaboración del autor

**Tabla 18***Viabilidad de alternativa*

<b>Alternativa</b>	<b>Costo</b>	<b>Impacto</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Viabilidad</b>
El INOCAR podría desarrollar una aplicación con el aporte de las otras instituciones miembros del SAT, para que usuarios mantengan en tiempo real información referente a un tsunami y su posición actual.	Bajo	Alto	Corto	Viable
Mejora en la plataforma digital de alertas y datos estadísticos, donde se actualice minuto a minuto la actividad sísmica de los países miembros del Grupo de Trabajo de Alerta de tsunamis del Pacífico Sudeste.	Bajo	Alto	Corto	Viable
Integración por parte del Estado ecuatoriano a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), para que forme parte del SAT, así como las empresas privadas de telecomunicaciones debido a que su contribución en la difusión de alertas de eventos catastróficos sería crucial en la modernización del sistema.	Bajo	Alto	Medio	Viable
Convenios gestionados por el Estado ecuatoriano con todas las plataformas de redes sociales, el SAT podría coordinar alertas a todos sus usuarios.	Bajo	Alto	Medio	Viable
Ampliar el estudio de datos de inundación del INOCAR a cada GAD municipal para tener toda la costa ecuatoriana cubierta, esto le permite a la población familiarizarse con los lugares de mayor afectación y los lugares de posible evacuación.	Alto	Alto	Medio	Viable
Gestionar con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército el apoyo para en base a los mapas de mayor afectación y lugares de inundación, se debe reforzar la defensa con la construcción de diques y rompeolas que disminuyan el impacto de un tsunami antes de azotar la costa ecuatoriana en sus puntos más vulnerables.	Alto	Medio	Largo	No viable
Continuar con la estandarización de lineamientos, procedimientos y equipamiento mínimo requerido por los países miembros de la Organización para una colaboración eficiente.	Bajo	Medio	Corto	Viable
Plan de Entrenamiento Semanal en el que el Jefe del Departamento de Tsunamis, plantee en un momento y día inesperado de la semana, un simulacro para que el personal, con la magnitud y profundidad confirmadas del sismo, mejore su tiempo de respuesta y la misma tenga un máximo de 3 minutos.	Bajo	Alto	Medio	Viable

Censos y coordinaciones a nivel nacional para ejercicios de evacuación de los lugares de inundación inminentes para tomar tiempos y medir la aceptación, conciencia, credibilidad y tiempos del sistema.

---

Medio

Alto

Medio

Viable

***Análisis de viabilidad de las propuestas***

Para la selección final de las alternativas por su viabilidad es necesario priorizar cada una de las valoraciones realizadas de manera que sea más comprensible la razón de su selección:

Prioridad uno: el costo, debido a que siempre los recursos son escasos para mejoras en las distintas instituciones que conforman el SAT.

Segunda prioridad: el impacto; debido a que a mayor impacto mayor cobertura poblacional, así como mayor impacto del proceso de detección y difusión informativa para la prevención de riesgos.

Tercera prioridad, el tiempo ya que, sin dejar de ser un factor crítico en la implementación, no es determinante si el costo es alto y el impacto es bajo, en vista de que aun cuando fuere a largo plazo, ya sería un gran avance para modernizar el SAT.

## Conclusiones

- El SAT de tsunamis aún está modernizándose en función de los factores económicos y tecnológicos, lo cual, permite que su desarrollo y eficacia proyecte nuevas alternativas que maximicen la efectividad del SAT cuando su servicio sea requerido, mientras tanto, su operatividad se refleja a través de ejercicios y simulacros.
- Las características de un SAT de tsunamis, no son estándar, varían de acuerdo a los recursos destinados, la situación geográfica, la tecnología orientada a estos estudios y demás factores que traen consigo confianza en la población y colaboración para simulacros y ejercicios.
- El conocimiento de las actividades, tareas o particularidades realizadas dentro de las instituciones que componen el SAT de tsunamis del Ecuador y su comparación con un referente internacional, permite ampliar la perspectiva y reducir las vulnerabilidades del sistema propio.

## Recomendaciones

- Integrar las redes sociales y las telecomunicaciones al SAT para incrementar la prevención y reducir los tiempos de reacción ante una posible amenaza de tsunami.
- Continuar y culminar los estudios de inundación por tsunamis elaborado por el INOCAR a toda la costa ecuatoriana.
- Implementar una *App*, impulsada por el INOCAR, con el aporte de las otras instituciones partícipes del SAT para que sus usuarios puedan mantener información como: Notificaciones en tiempo real, información eventos naturales en la región y el mundo, tips educativos e información de los sitios de evacuación más cercanos a la posición del usuario.
- Construir o adecuar infraestructura como diques y rompeolas para disipar el impacto de un tsunami, además de torres de evacuación y refugio inmediato para socorrer a la población del litoral ecuatoriano, para esto se requiere una inversión importante que el Estado podría gestionar.

## Bibliografía

- Alvarado, L. *El SAT de tsunamis del Ecuador*. Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador. Entrevista 21 de abril de 2021.
- Arreaga, F. (s. f.). *Condiciones de oleaje en la costa ecuatoriana desde el 1 hasta el 4 de mayo de 2021*. Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/oleaje-y-aguaje/1521-condiciones-de-oleaje-en-la-costa-ecuatoriana-desde-el-1-hasta-el-4-de-mayo-de-2021>
- ASALE, R.-, & RAE. (s. f.). *Tsunami | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://dle.rae.es/tsunami>
- Bird, D., Ling, M., & Haynes, K. (2012). Flooding Facebook ? The use of social media during the Queensland and Victorian floods. *Australian Journal of Emergency Management*, 27.
- Bonn, A. (2006). *Desarrollo de Alerta temprana: Lista de comprobación*. EWC III. [https://www.unisdr.org/files/608\\_spanish.pdf](https://www.unisdr.org/files/608_spanish.pdf)
- Brown, S., Cornforth, R., Boyd, E., Standley, S., Allen, M., Clement, K., Gonzalo, A., Erwin, G., Michelle, S., Haseeb, I., & Maliha, S. (2014). *Science for Humanitarian Emergencies and Resilience (SHEAR) scoping study: Annex 3 - Early warning system and risk assessment case studies* [Report]. Evidence on Demand with the assistance of the UK Department for International Development (DFID). [https://doi.org/10.12774/eod\\_cr.june2014.brown](https://doi.org/10.12774/eod_cr.june2014.brown)
- DeHOWITT, M. A. C., Acosta, M. C., & Squez, N. E. V. (s. f.). *RIESGOS POR TSUNAMI EN LA COSTA ECUATORIANA*. 15.
- diegoeduardov. (2013, mayo 13). TSUNAMI. *GESTION DE RIESGOS*. <https://edugestionderiesgos.wordpress.com/2013/05/13/tsunami/>

INOCAR. (s. f.). *Monitoreo y gestión de la amenaza de tsunamis*. Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/centro-de-monitoreo/monitoreo-y-gestion>

*IOC of UNESCO Launches Social Media Sites for NEAMTIC*. (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://ioc.unesco.org/news/ioc-unesco-launches-social-media-sites-neamtic>

Montesdeoca, L. M., Moncayo, J. P., & Quezada, F. V. (2016). Diseño de un sistema de alerta temprana de tsunamis para el cantón General Villamil Playas, provincia del Guayas. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(3), 10-18.

<https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.193>

Nakaseko, T., Kimata, F., Tanaka, S., & Takahashi, M. (2021). *TSUNAMI WARNING AND EVACUATION SYSTEM IN NISHIKI OF CENTRAL JAPAN*.

*National Oceanic and Atmospheric Administration*. (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <http://www.noaa.gov/>

Nations, U. (s. f.). *Sistemas de alerta temprana | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems>

Ocharan, J. (s. f.). *Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía actual y retos futuros*. 6.

Percival, D. B., Denbo, D. W., Eblé, M. C., Gica, E., Mofjeld, H. O., Spillane, M. C., Tang, L., & Titov, V. V. (2011). Extraction of tsunami source coefficients via inversion of DART<sup>®</sup> buoy data. *Natural Hazards*, 58(1), 567-590.

<https://doi.org/10.1007/s11069-010-9688-1>

*Presentación—Instituto Geofísico—EPN*. (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <http://igepn.edu.ec/nosotros>

*Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR)—UNEP-REGATTA.* (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://cambioclimatico-regatta.org/index.php/es/instituciones-clave/item/secretaria-nacional-de-gestion-de-riesgos-sngr>

*Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 – ECU 911.* (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://www.ecu911.gob.ec/>

*SGR, IG-EPN e INOCAR impulsan proyecto de sistema de alerta temprana para tsunamis en Ecuador – Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.* (s. f.). Recuperado 29 de julio de 2021, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-ig-epn-e-inocar-impulsan-proyecto-de-sistema-de-alerta-temprana-para-tsunamis-en-ecuador/>

Villao Quezada, F. W. (2017). Design of a Tsunami Early Warning System for Ecuador based on Satellite Terminals. *Ingenius*, 18, 84. <https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.10>

Wächter, J., Babeyko, A., Fleischer, J., Häner, R., Hammitzsch, M., Kloth, A., & Lendholt, M. (2012). Development of tsunami early warning systems and future challenges. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(6), 1923-1935. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1923-2012>