



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN SATELITAL PARA ALERTA Y
REACCIÓN ANTE EVENTOS SÍSMICOS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

EDUARDO SOTOMAYOR VERDUGO

PROFESORA GUÍA :

MARIA CECILIA BASTARRICA PIÑEYRO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

SERGIO OCHOA DELORENZI

JOSE MIGUEL PIQUER GARDNER

XAVIER BONNAIRE FAVRE

SANTIAGO DE CHILE

OCTUBRE 2012

Tabla de contenido

Tabla de contenido	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Cuadros	iv
Glosario	v
Resumen	vi
Capítulo I	
INTRODUCCIÓN	01
1.1 Sistema de alerta temprana referido a sismología	01
1.2 Sistemas de Alerta temprana Sismológica a nivel mundial	01
1.3 Detección y análisis sismológicos en Chile	04
1.4 Limitaciones de un sistema de alerta temprana	08
1.5 Objetivo General	09
1.6 Objetivos Específicos	09
1.7 Metodología	09
Capítulo II	
BACKGROUND TEÓRICO	10
2.1 Arquitectura de red de un sistema de comunicación satelital	12
2.2 Redes satelitales privadas	15
2.3 Enfoques de usos de la tecnología satelital propuesta	16
Capítulo III	
SOLUCIÓN PROPUESTA	18
3.1 Análisis de redes satelitales	19

3.1.1 Inmarsat	19
3.1.2 Orbcomm	20
3.1.3 Iridium	21
3.2 Arquitectura de la solución	22
3.3 Trama de mensajería enviada por los sismógrafos	26
3.4 Tiempo de respuesta de comunicación satelital	28
3.5 Parámetros asociados a la recuperación de los mensajes	30
Capítulo IV	
EXPERIMENTACIÓN	32
4.1 Diseño experimental	33
4.2 Datos teóricos	34
4.3 Resultado de los experimentos realizados	35
Capítulo V	
CONCLUSIONES	40
Capítulo VI	
BIBLIOGRAFÍA	42
Capítulo VII	
APÉNDICES	44
7.1 Datos recibidos con sus tiempos de respuesta	44
7.2 Especificaciones técnicas de los equipos satelitales	46
7.2.1 Terminal Satelital/GPRS SKYWAVE SURELINX 8100	46
7.2.2 Terminal GPS/GSM virloc10	49
7.2.3 Módem satelital orbcomm digi M10	51

ÍNDICE DE FIGURAS

N° 1: Esquema de EWS propuesto por JMA	2
N° 2: Estructura de distribución de información propuesta por JMA	3
N° 3: Ruta de la información ocupada por JMA	4
N° 4 Página de twitter de la cuenta @AlarmaSismos	8
N° 5: Interpretación gráfica del tiempo de respuesta entre sucesos y alertas	10
N° 6: Esquema simplificado de funcionamiento del sistema satelital	12
N° 7: Cobertura mundial de la red Inmarsat	19
N° 8: Estaciones terrestres (GES) de la red Orbcomm, cuyos radios corresponden a las zonas de cobertura de este sistema	21
N° 9: Instancias físicas de la solución propuesta	22
N° 10: Distintos bus de datos a ser utilizados en la arquitectura	24
N° 11 Bus de Datos: arquitectura de la solución propuesta	25
N° 12 Arquitectura funcional de la red	26
N° 13: Evolución de la antena y su ubicación hasta obtener un visibilidad correcta de los satélites	37

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA N° 1: Comparación entre sistemas satelitales basado en datos entregados por fabricante, y pruebas previas realizadas	35
TABLA N° 2: Resultado de las pruebas efectuadas con la red orbcomm	38
TABLA N° 3: Resultados teóricos versus datos experimentales obtenidos	39
TABLA N° 4: Datos obtenidos luego de realizar el experimento realizado	45

GLOSARIO

Epicentro: es el punto en la superficie de la Tierra verticalmente perpendicular al hipocentro, el punto donde un terremoto se origina bajo la superficie de la tierra.

EWS: Sistema de Alerta Temprana.

Hipocentro: es el punto interior de la Tierra en donde se inicia un movimiento sísmico. Corresponde también al punto donde se produce la fractura de la corteza terrestre que genera un terremoto.

JMA: La Agencia Meteorológica del Japón es el servicio meteorológico del gobierno de Japón. Depende en parte del Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transportes, y está encargada de observar y advertir la ocurrencia de terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global. Costa de una red de 24 satélites ubicadas a 22.200 km de altura, con trayectorias sincronizadas para cubrir la totalidad de la superficie de la Tierra.

Geocercas (ó Geovallas): Corresponde a un perímetro virtual sobre un mapa que se asocia a un área geográfica real.

UIT: La Unión Internacional de las Telecomunicaciones, es un organismo de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

RESUMEN

Un sismo de magnitud considerable tiene como efecto inmediato el corte del suministro eléctrico por sistemas de seguridad o daño en las líneas de transmisión eléctricas, sobre un área tan vasta como la cobertura del movimiento o las limitaciones de la dependencia del sistema eléctrico. El sistema de comunicaciones de red fija y móvil se ve afectado por la ausencia de energía y la excesiva demanda por parte de los usuarios, tanto de particulares como organismos gubernamentales, provocando que la población quede totalmente desinformada respecto a qué ocurrió e incomunicada frente a nuevas advertencias que se puedan llegar a generar.

Sin embargo existen redes de telefonía y de datos satelitales orientadas al envío de mensajes cortos, que pueden estar en operación mediante baterías o generadores de respaldo, y que no requieren la existencia de una red telefónica funcional o de una red celular, o condiciones climáticas ideales, ya que están diseñados para funcionar en vehículos en zonas sin cobertura de otras comunicaciones.

Este proyecto consiste en proponer el uso de esta tecnología para brindar la información oportuna de sucesos sísmicos, de tal modo que un tomador de decisiones pueda ejecutar acciones remotas a través del mismo medio.

Para argumentar esta propuesta, se describen sistemas satelitales móviles, y posteriormente se realizan pruebas sobre uno de ellos, simulando el entorno de trabajo durante la ocurrencia de un sismo.

Los resultados demuestran que la mensajería satelital es una alternativa viable para establecer comunicación en ausencia de redes tradicionales y carencia de suministro eléctrico.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Sistema de alerta temprana referido a sismología.

Un sistema de alerta temprana (EWS por sus siglas en inglés: Early Warning System) se define como un sistema que entrega información sobre sucesos futuros peligrosos para las personas. En el contexto de la sismología, podemos diferenciar dos tipos de EWS referidos a la predicción de la magnitud de un sismo, y a la ocurrencia y magnitud de un tsunami.

Los EWS de sismos se basan en un análisis continuo de la actividad sísmica de una región. La tecnología actual no permite predecir la ocurrencia de los sismos, pero una vez ocurridos permite hacer una estimación de magnitud y localización del epicentro, y realizar predicciones de cómo llegará la onda sísmica a otras localidades. Este tiempo en general es muy pequeño, en magnitud de segundos hasta minutos en el mejor de los casos, pero igualmente útil en la prevención. Su implementación permite además de alertar a la población, activar sistemas preventivos de corte en sistemas eléctricos, de transporte, etc. ^[7,8]

Asociado a la detección precisa de un suceso sísmico, existen también EWS orientados a la predicción de tsunamis, ya que estos sucesos habitualmente son provocados por sismos previos de magnitudes en general por sobre 7 grados en la escala de Richter. Los EWS de tsunami permiten una predicción mucho más anticipada por la diferencia de tiempo entre el sismo y el tsunami, que puede llegar a ser varias horas.

1.2 Sistemas de Alerta temprana Sismológica a nivel mundial

Actualmente el país más avanzado respecto a los EWS de sismos y tsunamis es Japón. En el proceso que se ejecuta una vez detectado un suceso sísmico se aprecia que la etapa más crítica es asegurar que la información de los sismógrafos sea recepcionada por las oficinas encargadas de generar las correspondientes alertas, para hacer análisis, sin importar las condiciones de las redes eléctricas o de

comunicaciones imperantes. Para ilustrar esta idea se muestra la Figura N°1 extraída de la Agencia Meteorológica Japonesa (JMA – Japanese Meteorology Agency), donde se indica que la información de los sismógrafos, por medio de diferenciación de los tipos de ondas sísmicas, permite alertar a la agencia, y por tanto la implementación de un EWS.

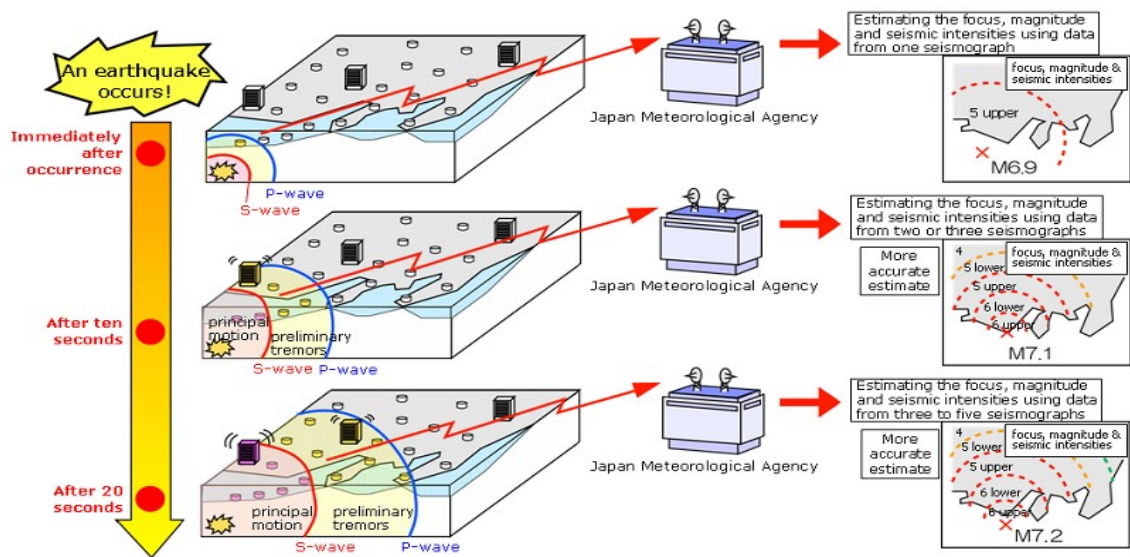


Figura N° 1: Esquema de EWS propuesto por JMA^[10]

Japón posee una red de sensores sismológicos muy extensa: centenares de sismógrafos miden las intensidades sísmicas ubicadas alrededor de todo su territorio. Redes redundantes de fibra óptica y fuentes de energía ininterrumpidas (UPS), además de sistemas satelitales, aseguran que la información capturada por estos sensores será recibida en la JMA, permitiendo tomar medidas de alerta a la población.

El análisis de la actividad sísmica se realiza usando la mayor cantidad posible de datos, ya que teóricamente un mismo sismo es percibido por todos los sismógrafos en mayor o menor medida. Mientras se pueda contar con más datos de diferentes sismógrafos, con mayor precisión se puede determinar el epicentro, el hipocentro y su magnitud.

Por ello la cantidad de sensores a utilizar es el factor más relevante respecto a la precisión del modelo predictivo. En Japón existe una red con más de 3600 sensores ubicados cada 5 km que envían señales permanentes del movimiento del suelo a una oficina central, de manera que al momento de la ocurrencia de un terremoto se tiene una imagen del territorio cuyos colores indican la intensidad del sismo por zona. ^[10]

Luego de la generación de información por parte de los sensores, un segundo factor crítico en que se basa un EWS es la recolección de esta información transmitida hasta un punto central. Este hecho es muy relevante ya que la precisión de la predicción será directamente proporcional a la cantidad de sensores efectivamente analizados en el modelo. La Figura N° 2, obtenida de la JMA, muestra la arquitectura de cómo los diferentes organismos van recibiendo la información de alertas: desde las agencias locales, a los servicios públicos e incluso internacionales. Se aprecia en la Figura N° 2, una fuerte integración de los canales de información entre las distintas entidades. Las estaciones meteorológicas de diferentes distritos generan información que converge al sistema integrado de cómputo para servicios meteorológicos (COSMETS).

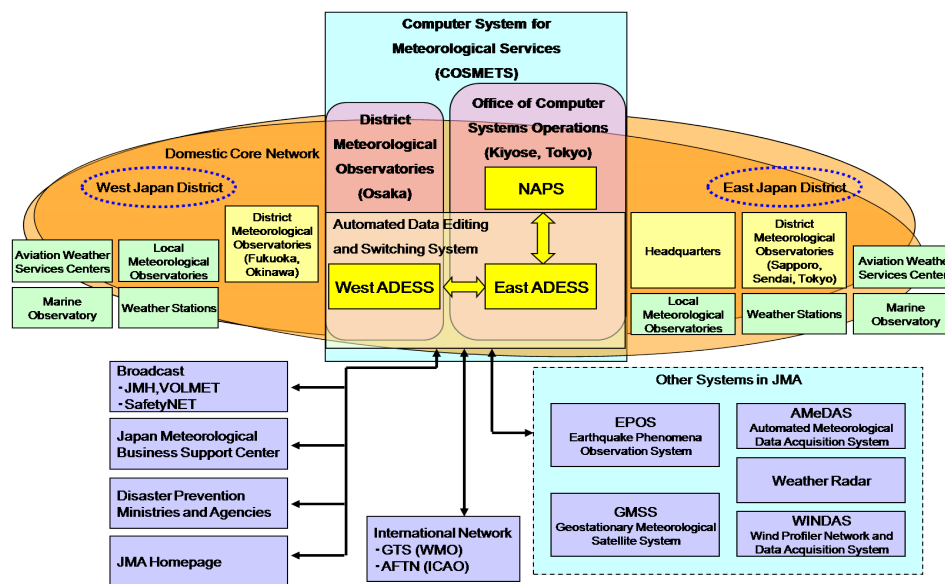


Figura N° 2: Estructura de cómo la información es distribuida (JMA)[10]

Las alertas de sismos normalmente se dispersan en los territorios cercanos al epicentro, pero la situación es diferente en el caso de alerta de tsunamis, ya que este fenómeno puede recorrer miles de kilómetros manteniendo una fuerza considerable. Es por ello que el EWS de Japón también posee un procedimiento de aviso internacional de eventos sísmicos que pueden provocar un tsunami, como se muestra en la Figura N° 3. Esto impacta en que no sólo hay redundancia en las redes nacionales sino también en las rutas de las redes internacionales.

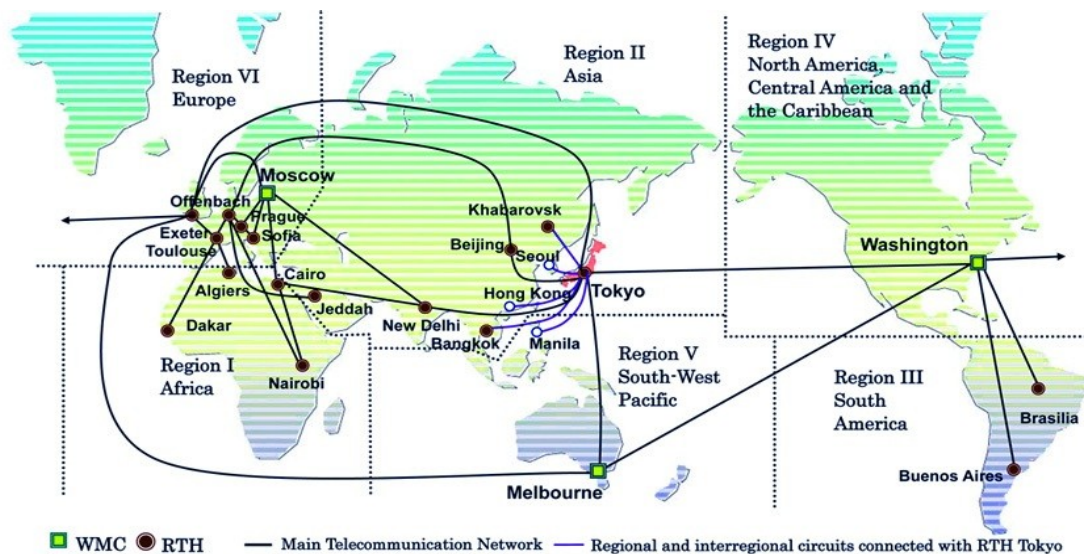


Figura N° 3: Ruta de la información ocupada por JMA [10]

1.3 Detección y análisis sismológicos en Chile

Comparativamente al caso de Japón, en Chile existe una red de sismógrafos de una envergadura pequeña, especialmente si se compara con la longitud del territorio nacional, lo que hace muy difícil alimentar un sistema de alerta temprana, a pesar de la evidente necesidad de contar con estos servicios, que ha sido puesta en evidencia por los sucesos telúricos recientes de Chile 2010 y Japón 2011.

El estudio y alerta de los sismos en Chile depende del Servicio Sismológico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, desde un punto de vista

primordialmente científico. Indirectamente este organismo tiene la responsabilidad de proveer de información oportuna a las oficinas gubernamentales. La Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI) recibe la información del Servicio Sismológico y es quien informa las alertas a la ciudadanía y toma las decisiones pertinentes.

De igual forma que el modelo ocupado en Japón y el resto del mundo, la red sismológica de Chile es un sistema de procesamiento centralizado de la información. Todos los sismógrafos instalados en el territorio nacional capturan continuamente una gran cantidad de información, cerca de 100 muestras por segundo, correspondientes a los movimientos percibidos en cada eje espacial: X, Y, Z, con tanta precisión como permita el sensor del sismógrafo. Las señales de los distintos sismógrafos deben ser sincronizadas entre sí, por lo que cada unidad obtiene una señal horaria de alta precisión a través de un reloj a tiempo real ajustado continuamente en base al Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Luego de la recolección de la señal análoga, estos dispositivos digitalizan la señal con un conversor Análogo/Digital cuya precisión suele ser de 24 bits (aunque existen en operación modelos más antiguos de menor precisión) y envían la señal binaria vía TCP/IP a través de una interfaz concentradora con soporte ethernet. La información de los sismógrafos capturada en tiempo casi-real no posee ningún tipo de filtro o selección de los datos. Nótese que estamos hablando de un volumen realmente significativo de información y por tanto cada sismógrafo necesita una conexión de internet de banda ancha que estará todos los días siendo utilizada a la misma capacidad, las 24 horas enviando un volumen de información igual de grande haya actividad sísmica significativa o no. Así mismo todas las mediciones erróneas o ruido de vibración, serán igualmente procesados y enviados por este sistema sin ser discriminados.

Es el Servicio Sismológico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, ubicado en Santiago donde se recibe la totalidad de estos enormes flujos de datos en bruto, es decir con ningún tipo de preprocesamiento. Visualizables como curvas de

posición de un acelerómetro, digitalizadas, se guardan millones de registros por segundo en grandes bases de datos que almacenan toda esta información.

Recién al obtener toda la información desde tantos sismógrafos como sea posible, un software, que continuamente está procesando los datos nuevos, empieza a hacer análisis sobre las muestras para, en caso de detectar un sismo, encontrar hipocentros y magnitud de los sucesos que han ido ocurriendo. Sólo las señales que se repitan, con distinta intensidad, entre distintos sismógrafos, pueden dar pie a considerar que corresponden a un sismo y no a ruido en las señales.

La arquitectura del sistema actual implica que, para conocer la magnitud del sismo, siempre existirán retrasos en la información, desde la duración misma del evento, el transporte total de la información, considerando que el canal de comunicación esté habilitado, hasta el procesamiento de los datos y su posterior evaluación manual por un usuario experto del sistema. Se analiza minuciosamente la información recibida de manera de decidir si es una alerta real, si merece ser publicada, o si sólo se trata de ruido en el sistema o falla de algún equipo de medición. Todo lo indicado anteriormente toma un tiempo. Este tiempo se puede modelar como el “Tiempo total de retraso del sistema”, el cual siempre existirá como un total entre el fin de la ocurrencia real del evento y la publicación de la ocurrencia, con cierta variabilidad dependiendo de las condiciones de los diversos componentes que generan el canal de comunicaciones.

El riesgo del análisis centralizado es que si un sismógrafo presenta un desperfecto, existirán menos muestras, pero si algo le llega a pasar a esta central y a sus enlaces de Internet y de comunicaciones, se interrumpirá el análisis de datos y todas las alertas; así mismo quedarán desinformadas el resto de las agencias y entes gubernamentales, y público en general.

El Servicio Sismológico tiene como uno de sus planes a futuro la idea de crear una malla de equipos GPS geodésicos de manera de tener un control de alta precisión sobre todo el territorio nacional, el cual funcionará de manera diferente, ya que esta

información es de desplazamiento absoluto respecto a la ubicación anterior. Por tanto al indicar valores de corrimientos milimétricos del terreno, es muy alta la probabilidad de que realmente esté ocurriendo un evento sísmico significativo. La gran diferencia de este sistema es que sólo será necesaria la transmisión de eventos significativos, ya que a diferencia de los sismógrafos convencionales que sólo detectan vibración, los sistemas de GPS geodésicos detectan desplazamiento de un punto sobre la superficie.

Cabe recordar que la función primordial del Servicio Sismológico consiste en poder entregar datos minuciosos para fines de investigación científica, lo que explica el espíritu de esta institución y el por qué de su arquitectura sistémica. Sin embargo, desde un punto de vista de generar alertas a la población, con tanta prontitud como sea posible, es que se propone que sean los mismos terminales los que envíen alertas de ocurrencias significativas, de manera de contar con un modelo distribuido de información sólo para eventos que se encuentren sobre un cierto umbral de normalidad, referido a que pueda poner en riesgo la seguridad de los habitantes.

También existen en la actualidad algunos enfoques menos convencionales basados en las redes sociales de internet, en donde la alerta apenas tenga confirmación manual, se publica a través de cuentas tweeter de los entes responsables. Un ejemplo es la cuenta de twitter “@AlarmaSismos” creada por el joven estudiante chileno Sebastián Alegría. Su sistema consiste en que su servidor, que tiene acceso vía internet a una red de sismógrafos en varias ciudades de Chile, avisa apenas comienza un suceso sísmico.

Cuando comienza un sismo en una localidad, el sistema de medición llamado Quake Alarm, detecta la posibilidad de un sismo entre 5 y 20 segundos antes que sea percibido por la población. La señal que genera está vinculada a su cuenta de twitter, la que publica automáticamente un mensaje que dice “Posible alerta de sismo en las cercanías de...”, como se aprecia en la Figura N° 4 indicando a continuación la ciudad más cercana al sismógrafo que detectó la anomalía. Si bien es un sistema completamente dependiente de la red telefónica convencional, se destaca por su amplia capacidad de difusión e independencia de que los usuarios tengan que acceder

a una página específica, sino que reciben automáticamente la actualización de estado. Esta cuenta tiene cerca de doscientos mil seguidores, y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) está implementando un sistema muy parecido como medio masivo de informe preventivo a la población.



Figura N° 4 Página de twitter de la cuenta @AlarmaSismos

1.4 Limitaciones de un sistema de alerta temprana

Pese a las grandes ventajas que entrega a la población un sistema de alerta temprana, también posee importantes limitaciones debido al análisis de datos sesgados. ^[10]

Tiempo de respuesta: La ventana de tiempo entre el anuncio de terremoto y la ocurrencia del mismo es muy pequeña, del orden de segundos normalmente. También ocurre que a medida que el área a ser alertada está demasiado cercana al epicentro del terremoto, la alerta temprana puede llegar al mismo tiempo que la onda sísmica.

Alertas Falsas: Cuando se usan datos de uno o pocos sismógrafos, se pueden gatillar alertas falsas de debido a ruido, que puede ser producido tanto por accidentes vehiculares, como tormentas eléctricas o incluso fallas en los dispositivos.

Estimación de la Magnitud e Intensidad Sísmica: Existen importantes limitaciones en la precisión de la magnitud e intensidad para grandes terremotos, por la dificultad de separar la información múltiples sismos y la diferencia en la amplificación real que producirá el terreno en la ecuación de atenuación estática.^[8]

1.5 Objetivo General

El objetivo general de este proyecto de tesis es demostrar que un sistema de transmisión, utilizando redes satelitales, es una alternativa consistente al medio de comunicación requerido por un EWS, y realizar un análisis comparativo entre las redes estudiadas. Adicionalmente se realizará experimentación con una de estas redes a fin de poder corroborar la magnitud de los tiempos de respuesta del sistema.

1.6 Objetivos Específicos

- Analizar en profundidad, y con pruebas de campo, el funcionamiento de una de las redes satelitales disponibles.
- Diseñar un experimento que simule las condiciones de trabajo del entorno real del problema, y probar así la funcionalidad del sistema propuesto.
- Comparar los datos experimentales con la información teórica disponible

1.7 Metodología

Para lograr el objetivo propuesto, se hará una descripción de las alternativas de sistemas de comunicación satelital que pueden servir para la solución deseada. Luego se hará una propuesta utilizando la tecnología que está al alcance de este proyecto. Finalmente se hará una prueba experimental, en la que se simulará un sismógrafo conectado a un módem satelital para enviar información mediante esta vía, a fin de medir la confiabilidad del sistema elegido como medio de comunicación. Se compararán luego los resultados experimentales con las especificaciones técnicas de los equipamientos utilizados.

2. BACKGROUND TEÓRICO

Un sistema de alerta temprana debe ser capaz de funcionar bajo condiciones extremas y con un mínimo de datos disponibles, pues no es su espíritu informar con una alta exactitud, sino con la mayor anticipación posible. El sistema de comunicación deberá ser muy robusto, y tener información de eventos significativos tan pronto como sea posible a partir de la red de sismógrafos. Es en este punto, donde surge el desafío de transmitir de manera segura y eficiente la información entre la red de sismógrafos y las oficinas gubernamentales; y entre estas oficinas y las localidades que deben recibir las alertas tempranas.

La Figura N° 5 expresa en forma gráfica los principales tiempos involucrados en el diseño del sistema. Por una parte está la diferencia de tiempo entre que la red de sismógrafos captura y localiza la señal anormal, y por otra parte está el tiempo que demora en ser procesada esta señal y ser generada como alerta, si cumple con las condiciones, las que tienen relación con su amplitud y repetitividad, es decir que fue sensada por más de un sismógrafo en diferentes localidades.

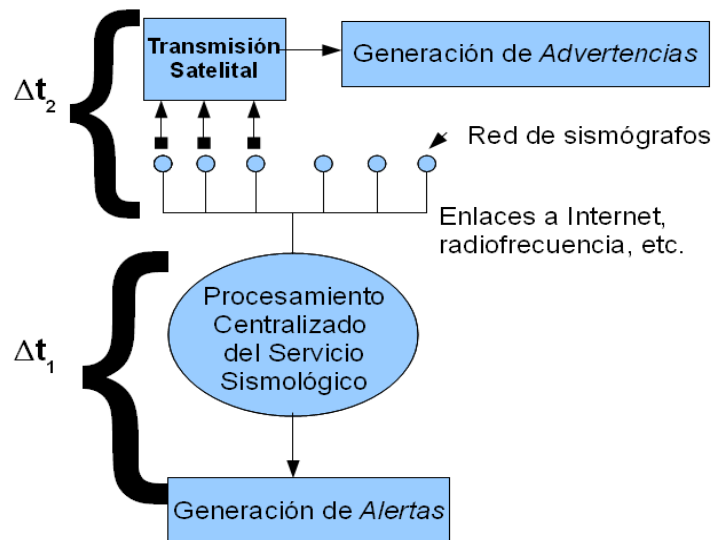


Figura N° 5: Expresión Gráfica de la separación de los tiempo involucrados entre suceso y notificación

Al comparar los 378 mil km cuadrados de superficie de Japón con los 756 mil km cuadrados de Chile, y más de 4000 km de costa, resulta evidente la necesidad de implementar una red de comunicación alternativa a los miles de kilómetros que se emplearían al usar fibra óptica.

Los grandes sismos y posteriores tsunamis ocurridos en Chile (2010) y Japón (2011) han mostrado la dependencia social de las redes de comunicaciones, y han puesto en evidencia la importancia de la existencia de un sistema de Alerta Temprana. Cientos de vidas humanas dependen de tener la información a tiempo justo después de los sucesos sísmicos.

Por ello esta investigación propone enfrentar este problema basándose en la tecnología inalámbrica de comunicación satelital bidireccional, como alternativa para ser usada en condiciones de carencia de suministro eléctrico y de cobertura telefónica, de manera de disminuir la brecha de tiempo y aumentar la confiabilidad en el traspaso de información del evento a la oficina de emergencia, y además ofrecer un canal de activación de alertas sonoras/visuales, que ocupe el mismo medio de comunicación.

Cabe señalar que los sistemas de comunicación satelitales son solamente una de las alternativas que pueden ser aplicadas a la solución de este problema. Existen también nuevas tecnologías como los nodos RF que también podrán llegar a ser una red de comunicación alternativa para los dispositivos de este tipo. Sin embargo en el escenario actual, dado los costos asociados y masividad, se ha realizado este trabajo enfocado en las redes satelitales.

Los resultados obtenidos de esta investigación serán comparados con las recomendaciones de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) para estos escenarios, y serán también comparados con la infraestructura que actualmente posee la red sismológica en Chile, a fin de determinar qué tan viable como solución al problema planteado es el uso de redes de comunicación satelitales.

2.1 Arquitectura de red de un sistema de comunicación satelital

Los sistemas satelitales de comunicación están recomendados por la UIT como una alternativa válida para casos de catástrofes, en su documento : “(...)En caso de una catástrofe la amplia zona de cobertura de un sistema de Servicio Móvil por Satélite (SMS – Satelital Mobile System) es especialmente útil, puesto que la ubicación y el instante en que se producen son impredecibles y como el funcionamiento de un sistema de SMS normalmente es independiente de la infraestructura de las telecomunicaciones locales, que pueden resultar destruidas en caso de catástrofes, y teniendo en cuenta que los sistemas del SMS tienen una cobertura terrestre de área amplia, pueden proporcionar telecomunicaciones y socorro cuando se producen dichas catástrofes. Además, la mayoría de las estaciones terrestres móviles (ETM) se alimenta por baterías y, por consiguiente, pueden funcionar durante algún periodo de tiempo aunque el suministro de energía eléctrica local no funcione.” [1]

Un sistema de comunicación satelital está compuesto por un dispositivo emisor, que envía una señal a una red privada de satélites. Dependiendo de la red a utilizar será la arquitectura satelital y las especificaciones de los equipos, lo cual deriva en diferentes tiempos de respuesta, confiabilidad y disponibilidad de los datos.

Los terminales satelitales, o módem satelitales son dispositivos diseñados para estar instalados en vehículos y para transmisión de cargas pequeñas de datos a intervalos de magnitud de minutos. Por lo anterior, basta proveer una fuente de energía similar a la batería de un vehículo para satisfacer los requerimientos eléctricos (típicos de 12 Volts consumiendo 1 Ampere). Esto significa que una UPS relativamente estándar de 600 Watts, dimensionada para un PC de escritorio, con una batería de 12V/100AH, puede mantener operativo un módem satelital por 100 horas en modo normal y unas 50 horas transmitiendo en forma constante, ya que el consumo de energía aumenta durante los lapsos de transmisión de mensajes. Esto asegura la factibilidad técnica de la propuesta, aún en caso de falta de energía eléctrica.

El documento de la UIT también destaca que para los distintos sistemas de servicio satelital, la cobertura es muy amplia: “Todos los sistemas del SMS en órbita terrestre baja (LEO - Low Earth Orbit) y en la Órbita de los Satélites Geoestacionarios (OSG) proporcionan servicio a zonas de cobertura muy amplias en comparación con los sistemas terrenales.” [1]

La información enviada es retransmitida por el satélite a una estación terrestre que actúa como centro de acopio, desde donde será redireccionada hasta ser publicada en una red pública o privada. La Figura N°6 ilustra en forma simplificada la arquitectura de red de los sistemas satelitales, específicamente el caso de Inmarsat. [2]

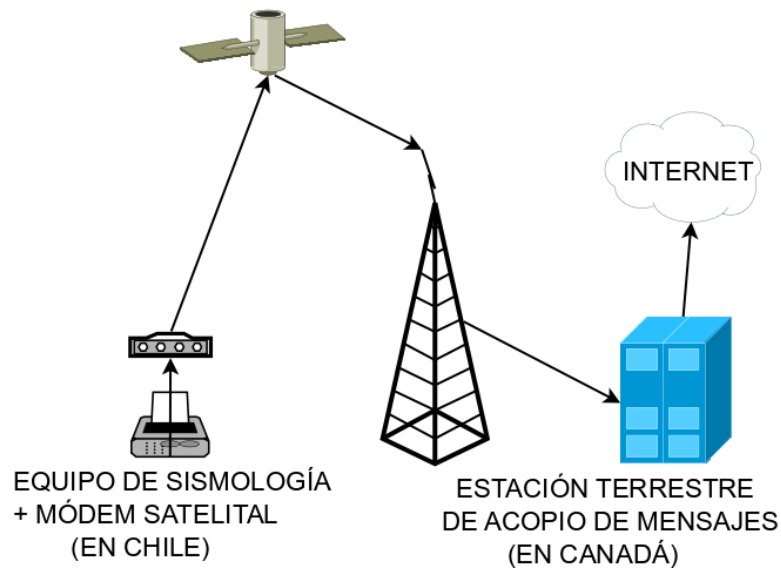


Figura N° 6: Esquema simplificado de funcionamiento del sistema satelital

Dado el tipo de aplicación que se quiere construir, las características técnicas de la red a utilizar resultan muy relevantes para determinar la factibilidad de la solución. Por ejemplo, si la alerta es recibida con una hora de retraso, será demasiado tarde. También es necesario que la confiabilidad y disponibilidad de la red sean tales que no amenacen el logro de los objetivos.

Existen varios parámetros respecto del mensaje en sí que son configurables al momento del envío, siendo uno de los más críticos el largo del mensaje. Esto se debe a que cada mensaje entre el sismógrafo y el módem satelital está limitado a una pequeña cantidad de bytes, pudiendo variar entre los distintos tipos de dispositivos, pero normalmente con una longitud promedio de 192 bytes por mensaje. La arquitectura interna de algunos proveedores (Orbcomm y módems digi M10) permite que los dispositivos acepten automáticamente mayor carga en el tamaño de los mensajes, y en forma interna hacen una partición automática, siendo luego rearmados en el extremo receptor y entregados como si se tratara del mismo mensaje enviado inicialmente.

Como ejemplo de la situación previamente descrita, si se requiere enviar un mensaje de 64 bytes de longitud, en un dispositivo cuyo mensaje unitario sea sólo de 8 bytes, será necesario que el módem satelital divida este mensaje en 8 partes, luego envíe cada una de las 8 partes y que sean recibidas exitosamente por el satélite, existiendo un cobro por cada uno de estos 8 mensajes, y finalmente cuando la estación terrestre reciba los 8 mensajes, deberá rearmar la estructura original en forma coherente. En este ejemplo se aprecia que al enviar entre 57 a 64 bytes, el sistema está obligado a enviar y cobrar los 64 bytes, por lo que lógicamente se intentará en todo caso que el mensaje a ser enviado sea múltiplo del paquete estándar del dispositivo en cuestión.

Es importante hacer notar que el uso de un mensaje de tamaño mayor que el tamaño estándar pone en riesgo la confiabilidad de la transmisión final, ya que si la tasa de éxito de las entregas fuera de un 99%, la posibilidad de perder un mensaje es del 1%, pero si el mensaje estuviese particionado en 10 mensajes, la probabilidad de pérdida aumenta a la sumatoria de las probabilidades de pérdida de cada submensaje, es decir un 10%.

Para evitar que los puntos mencionados sean instancias de fallas, en este trabajo se considerará siempre el envío de una longitud de mensaje de 192 bytes, de manera de que se pueda codificar los datos relevantes de posición, fecha, hora, ocurrencia del

evento sísmico, y desde el punto de vista de las comunicaciones, no generar un tamaño desmesurado de submensajes.

Estos módem satelitales permiten que la información generada esté disponible en internet, independientemente de las condiciones de la red eléctrica y telefónica del lugar donde están ubicados los sismógrafos, para que la información pueda llegar a una agencia de emergencia.

Aunque la arquitectura básica es similar, diferentes redes poseen importantes diferencias en la forma de implementar la mensajería. Por tanto las métricas de este modelo de red presentan diferencias en características tales como: tiempo de respuesta de comunicación satelital, y parámetros asociados a la recuperación de mensajes.

2.2 Redes satelitales privadas

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) ha publicado algunos informes en los cuales se recomienda el uso de los sistemas satelitales como servicios de mensajería en situaciones de emergencia. Según indica el Informe UIT-R M.2149 [2009]: “Los servicios de mensajería satelital actualmente en funcionamiento pueden proporcionar radiocomunicaciones de voz y datos así como acceso a Internet (...) algunos sistemas LEO (Low Earth Orbit) actualmente en funcionamiento, así como un sistema OSG, soportan una aplicación conocida como «servicio de mensajes cortos» (SMS) que ofrece la posibilidad de transmitir o difundir mensajes de texto breves directamente a terminales portátiles. El sistema OSG también soporta un servicio de radiocomunicaciones móviles por paquete geostacionario (GMPRS) que se trata del servicio general de telecomunicaciones por paquetes (GPRS) a través de un satélite dirigido directamente a los terminales portátiles de bolsillo, permitiendo de esa forma a dichos terminales el acceso a Internet.” ^[1]

“Los servicios de datos por ráfaga corta constituyen un método extremadamente robusto y eficaz para enviar o recibir en tiempo real pequeñas cantidades de datos (por ejemplo, coordenadas del sistema mundial de determinación de la posición (GPS),

datos de sensores sísmicos o atmosféricos) que pueden ser fundamentales para la recuperación en caso de catástrofes o la función de predicción de catástrofes.” [1]

2.3 Enfoques de usos de la tecnología satelital referidos al contexto de investigación

Los terminales satelitales mencionados en la sección anterior: Inmarsat, Orbcomm e Iridium, tienen en común que poseen un puerto de comunicación serial RS232, que por defecto viene para interconectar con algún otro sistema de posicionamiento, radio, etc, que es el generador de la información a ser transmitida. Algunos modelos más avanzados poseen entradas y salidas digitales y GPS incorporado, con lo que pueden proveer de funcionalidades más avanzadas como por ejemplo: accionar un dispositivo externo si se cumplen determinadas condiciones preestablecidas o ejecutar el accionamiento luego de recibir un mensaje desde el satélite, pudiendo además confirmar el recibimiento y la ejecución de la acción. Al poseer un GPS, estas mismas condiciones se pueden programar referidas a si el dispositivo está dentro o fuera de geocercas espaciales.

Referido al marco del proyecto, existen diferentes enfoques de cómo aplicar la comunicación satelital a la problemática señalada en la introducción. A continuación se indican algunas de las formas de uso:

- a. Integración de los sismógrafos con un módem de sistema satelital para el envío exclusivo de *eventos excepcionales* a través de este medio.
- b. Generación de alarmas para la población integradas con el sistema satelital como canal de accionamiento remoto. Éstos pueden consistir en la activación remota de sirenas, luces, balizas, entre otras mediante la recepción de un comando remoto enviado por el canal satelital de comunicación de datos.
- c. Permite conectar al “tomador de decisiones”. Mediante el canal de comunicación que provee el sistema satelital, el tomados de decisiones puede ser alimentado con información y ejecutar acciones, con la salvedad de las

restricciones de la información que puede llegar a recibir y lo que puede ejecutar. Es importante la definición de este cargo ya que puede ser un perfil tanto político como técnico, ya que recibirá la información sesgada de los envíos excepcionales, y deberá ser capaz de analizar la información del servicio sismológico si es que está disponible y luego gatillar la alerta manual, la cual obviamente tiene un costo político, económico y social

- d. Envío de alertas manuales vía el canal satelital: esto puede ser tan simple como un botón de emergencia en la oficina central, que al ser accionado gatille las alarmas en una relación de un emisor a muchos receptores remotos.

3. SOLUCIÓN PROPUESTA

Se indicó en la Introducción que el Servicio Sismológico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, considerando la máxima cantidad de información posible es que puede determinar con gran exactitud el lugar de la ocurrencia y la magnitud de un sismo, consumiendo un gran volumen de información que requiere la toma, captura y procesamiento de los datos, así como el tiempo de procesamiento. Esta lógica no es compatible con el modelo de comunicación utilizando un sistema satelital, ya que no nos permite el envío continuo de flujos de información sino que únicamente el envío de mensajes cortos.

Sin embargo, para el objetivo de esta propuesta, se ha establecido la necesidad de contar con un sistema de alerta temprana a la población independiente de los sistemas actuales de análisis de datos sísmicos. Bajo esa premisa, el sistema propuesto solamente enviará eventos relacionados con actividad sísmica fuera de lo normal, lo que sí se puede modelar como envío de mensajes cortos a través de un sistema de comunicación satelital.

Para corroborar la proposición realizada, se diseñó un experimento que permita demostrar que el sistema es capaz de enviar mensajería corta vía sistema satelital utilizando una de las redes descritas, para luego evaluar los tiempos de respuesta y confiabilidad de los datos recibidos.

El experimento ejecutado simula las condiciones de envío de señales de alerta. La trama posee los datos relevantes a ser transmitidos vía sistema satelital.

Esta trama consiste en un mensaje codificado con los datos relevantes de fecha, ubicación, y "dato sísmico". Para el propósito de los experimentos este dato sísmico está limitado a ser un valor binario de 8 bits codificado en dos caracteres hexadecimales.

3.1 Análisis de las redes satelitales

A continuación se analizarán y detallarán las características de las tres redes satelitales privadas de mayor uso mundial, respecto del contexto de este trabajo.

3.1.1 Inmarsat

Inmarsat es una red privada del tipo OSG, que posee un grupo de once satélites de órbita geostacionaria por sobre la línea del Ecuador. Se puede apuntar una antena a una dirección fija para asegurar la visibilidad del satélite cuya ubicación casi no varía en el tiempo. ^[2]

Los sistemas de Inmarsat proporcionan actualmente comunicaciones de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes dirigidas a usuarios con terminales móviles de bolsillo, terminales personales, terminales semifijos y terminales en vehículo, obteniendo conectividad en los entornos terrenal, marítimo y aeronáutico. A continuación la Figura N° 8 muestra la cobertura de esta red a nivel mundial. ^[1,2,4]

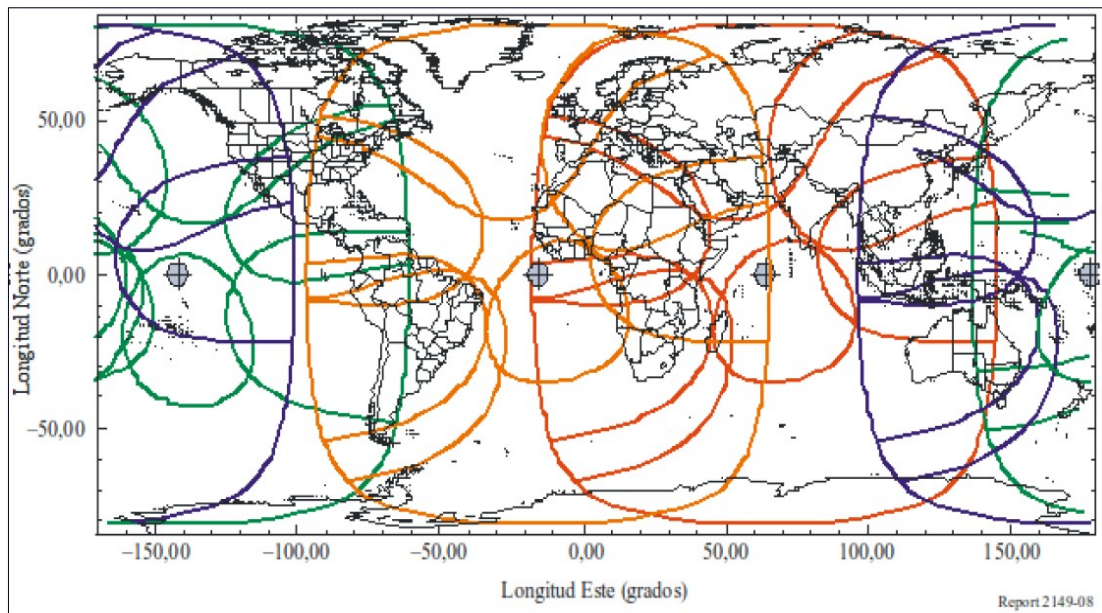


Figura N° 7: Cobertura mundial de la red Inmarsat ^[4]

Se aprecia que la cobertura es bastante amplia excluyendo únicamente los polos de la Tierra. Inmarsat actualmente es el único proveedor de comunicaciones de voz y datos por SMS para el sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (SMSSM) aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI).^[1]

Los servicios ofrecidos por Inmarsat o el SMSSM incluyen voz, télex y datos para casos de socorro, alertas y mensajería de urgencia y seguridad y provisión de información sobre seguridad marítima; por ejemplo avisos de navegación y partes meteorológicos.^[1]

En el contexto de emergencias y catástrofes, los servicios de Inmarsat pueden ayudar en la etapa de alerta temprana y para abordar tareas posteriores de salvamento. Los terminales de Inmarsat pueden instalarse fácilmente constituyendo una red de alerta temprana donde los datos observados por los sensores de supervisión se transmiten a un centro de control, similar al control de supervisión y a las aplicaciones de adquisición de datos. Estos terminales ofrecen también fácil conectividad en zonas afectadas por una emergencia o para apoyar a las tareas de socorro tras catástrofes naturales, especialmente en zonas donde resulte seriamente dañada la infraestructura de comunicaciones local. Estos sistemas pueden proporcionar un sustituto viable a los sistemas de comunicación dañados,^[1] aunque también es posible que un gran sismo pueda llegar a desalinearse las antenas cortando el enlace de comunicaciones. Para evitar este riesgo existen antenas planas tipo “aleta de tiburón” que se empotran en el plano horizontal y poseen una alta inmunidad a las vibraciones que pueda sufrir el inmueble que las albergue.

3.1.2 Orbcomm

Orbcomm es también una red privada de comunicación satelital, pero de tipo LEO, que consiste en una constelación de satélites con órbitas asincrónicas respecto a la rotación de la tierra, por tanto se requiere esperar a que exista un satélite visible en el cielo para poder transmitir. Esto significa que el dispositivo (en este caso el sismógrafo) almacena los mensajes en un buffer tipo FIFO hasta lograr establecer

comunicación. La Figura N° 8 muestra la cobertura de las estaciones terrestres de esta red. La cobertura de recopilación de información de los satélites se podría representar como círculos en movimiento sobre el mapa, que se van moviendo en tiempo real así como se mueven los satélites que conforman esta constelación. [3]

Esta característica propia de la arquitectura de esta red es una importante limitación para los objetivos del sistema propuesto ya que los tiempos de respuesta son críticos. Es decir, siempre habrán intervalos de tiempo, en que no haya visibilidad de satélites, en que los dispositivos almacenarán la información y la enviarán cuando finalmente tengan cobertura.



Figura N°8: Estaciones terrestres (GES) de la red Orbcomm, cuyos radios corresponden a las zonas de cobertura de este sistema [3]

3.1.3 Iridium

Es una tercera empresa privada de comunicación satelital, con base en Estados Unidos. Mayormente conocida por sus teléfonos personales satelitales, también provee de algunos servicios de transmisión de datos cortos. Posee una constelación de 66 satélites que orbitan la Tierra en 6 órbitas LEO a aproximadamente 780 Km de

altura sobre la superficie. Cada una de las 6 órbitas consta de 11 satélites equidistantes entre sí. Una característica de esta red que la diferencia de las demás es que los satélites no sólo se comunican con la estación terrestre (ubicada en Alaska) sino que también se comunican entre sí. [5]

Iridium ocupa la tecnología de short-burst-data (SBD) para la emisión de mensajes cortos menores a 300 bytes, mediante un transceptor que ocupa un puerto serie RS232 o comandos AT. Esta forma de trabajo consiste en que los mensajes son convertidos a un correo electrónico, y enviados directamente a través de HTTP a un destinatario preconfigurado. Según el fabricante la latencia por mensaje varía entre 6 y 22 segundos.

3.2 Arquitectura de la solución propuesta

La arquitectura física de la solución propuesta, como se aprecia en la Figura N° 9 consta de tres partes fundamentales que están ubicadas en distintos lugares, pudiendo además variar en cantidad de réplicas. Cabe destacar que esta misma arquitectura es aplicable a cualquiera de los sistemas satelitales mencionados previamente.

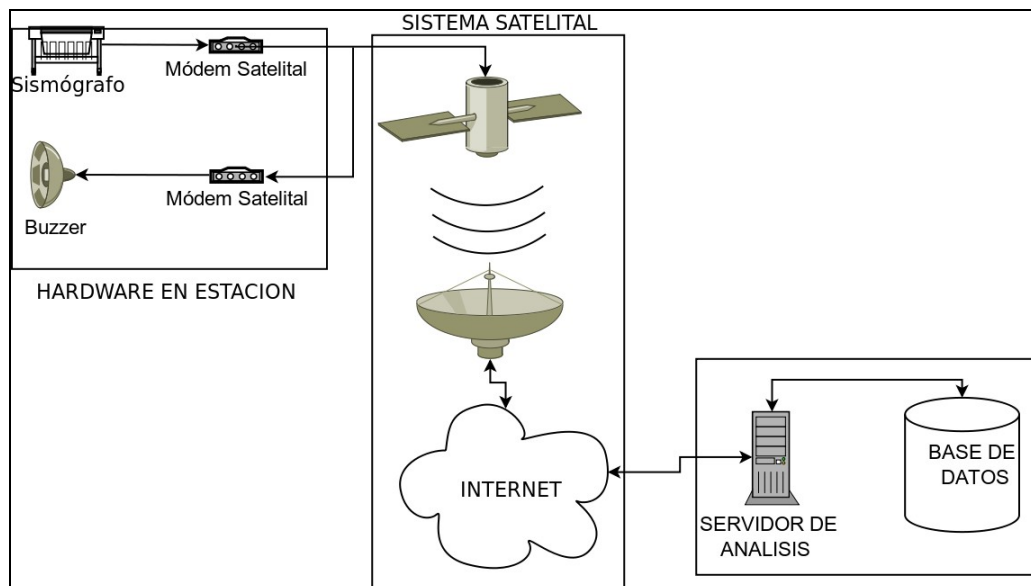


Figura N° 9: Instancias físicas de la solución propuesta

El hardware de las estaciones de monitoreo: Es aquí donde se encuentran los sismógrafos, el módem satelital que captura y envía la información, y también un generador de alertas conectado al mismo u otro módem satelital.

El sistema satelital, compuesto por la constelación de satélites y las estaciones terrestres, que dejan la información enviada por las estaciones de monitoreo publicada en internet.

El centro de procesamiento, compuesto por el servidor de análisis, y su respectiva base de datos. Este servidor posee además el software que captura e inserta los datos publicados por el gateway satelital.

Entre cada par de dispositivos existe un medio de comunicación, con su propio control de errores y norma de transmisión de datos, tal como muestra la Figura N°10. Cada uno de estos medios corresponde a un *bus* de datos, y es el elemento que permite la interconexión e integración de las diferentes tecnologías. En la Figura N° 10 se muestran a nivel de arquitectura: el *bus* serial, el *bus* satelital y el *bus* de internet. Todos ellos deben funcionar correctamente para que la alerta que nace del sismógrafo llegue al administrador.

El análisis de la información se realiza cuando esta llega a Internet. El objetivo de la arquitectura propuesta es que quienes analicen y comparen la información recibida de cada estación, a fin de poder inferir la existencia de un evento sismológico real, solamente requerirán acceso a Internet, y no tendrán que establecer ninguna conexión o configuración directa a los demás buses expuestos.

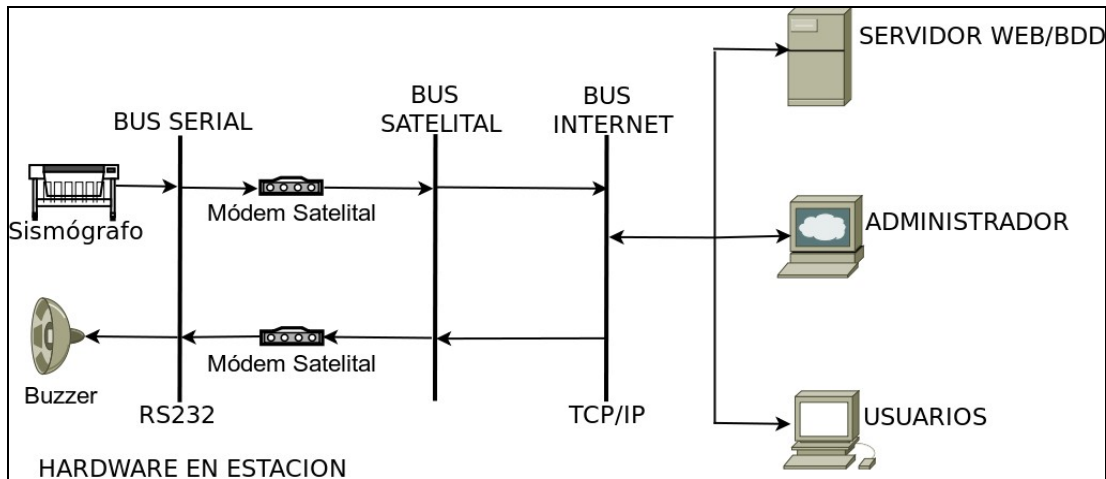


Figura N° 10: Distintos *bus* de datos a ser utilizados en la arquitectura propuesta

El diseño de la solución propuesta se basa en el patrón arquitectónico Publicador / Subscriber como mencionan Wylie y Lambros ^[11]. En esta solución se modela "un bus de mensajes o servicios que brinda funciones que se aplican a todos los mensajes entrantes y no dependen del formato".

Las unidades de medición sismológica publican en un bus la información preprocesada, sin buscar un destinatario específico, sino que simplemente queda disponible. Al mismo *bus* convergen los subscriptores los cuales pueden hacer uso de esta información para tomar decisiones, las que serán a su vez publicadas o enviadas a un destinatario específico haciendo uso del mismo medio. La Figura N° 11 ilustra las partes que componen el *bus* de la arquitectura. Cabe recordar que sólo los dispositivos publicadores están físicamente localizados en la zona afectada, y no así el *bus*, que se compone de satélites, estaciones terrestres, enlaces, WAN, LAN etc.

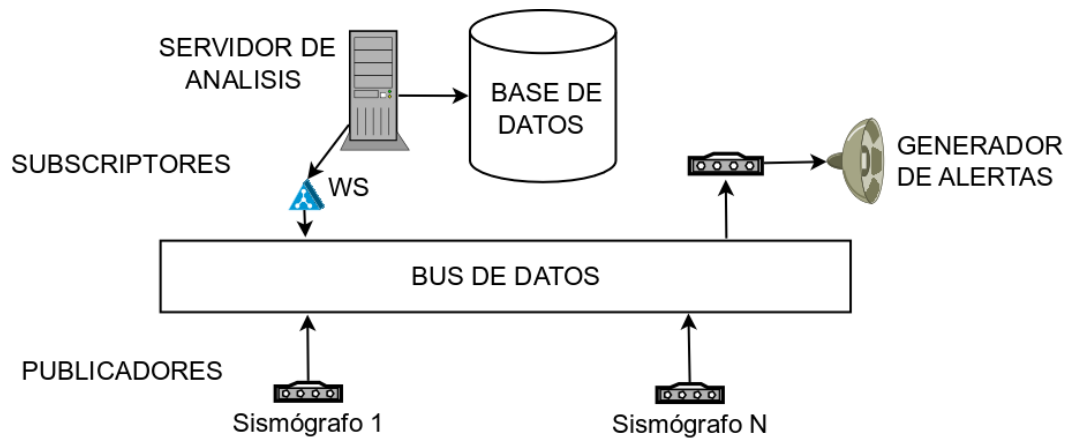


Figura N° 11: Bus de Datos: arquitectura de la solución propuesta

El enlace entre el *bus* de datos y el servidor de análisis ha sido realizado con un *web service* (servicio web), diseñado según la especificación del proveedor de red satelital.

Publicadores serán en este caso todos los actores que entreguen información de ocurrencia de sismos. Los sismos considerados serán aquellos cuya intensidad esté por sobre un parámetro considerado como umbral, el cual deberá ser configurado en los mismos equipos.

El servidor de análisis es un suscriptor que constantemente busca datos de los publicadores, almacenándolos en forma local. Puede determinar según su lógica interna cuándo la información recibida merece la creación de una alerta, la que es generada y enviada por el mismo *bus*, por ejemplo a una localidad aislada, o simplemente puede generar un reporte a un grupo de destinatarios, en cuyo caso pasaría a ser un publicador de un sistema de más alto nivel jerárquico en que los suscriptores pueden ser organismos e instituciones gubernamentales. La Figura N° 12 muestra la arquitectura funcional de la red, indicando la relación uno a muchos entre las múltiples estaciones de monitoreo, y solo un centro de procesamiento.

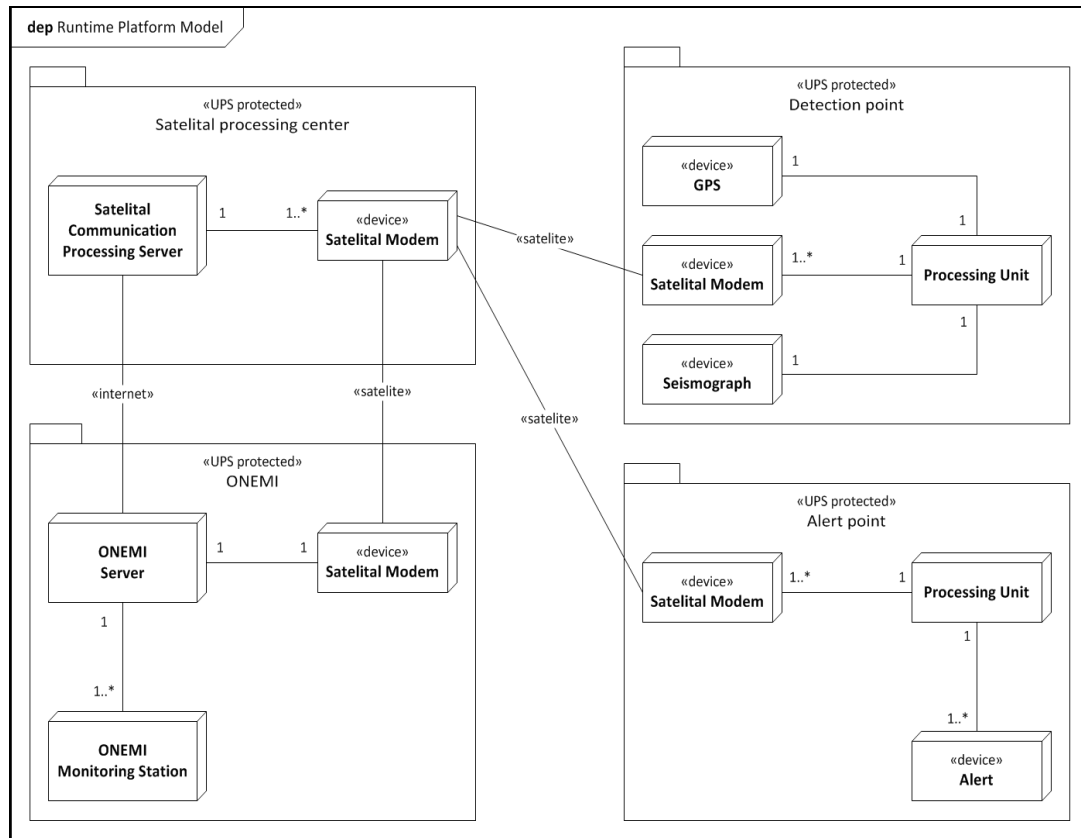


Figura N° 12 Arquitectura funcional de la red

3.3 Trama de mensajería enviada por los sismógrafos

Como se ha indicado anteriormente se asumirá una longitud de trama de 192 bytes para asegurar el uso del paquete estándar de transmisión. Internamente tanto el sistema Inmarsat como Orbcomm utilizan un paquete de tamaño fijo, de cuyas combinaciones se construyen mensajes de mayor longitud. A continuación se muestra un ejemplo del mensaje implementado:

```
>RGP270511175954-3342446-070581630003243005F0002;IDd3127;t029D;*59<
```

Los campos más relevantes a ser enviados, serán los siguientes:

- Fecha/Hora UTC: En el mensaje mostrado corresponde a 27/05/2011 a las 17:59:54 UTC
- Latitud/Longitud: -33.42446 ; -70.58163 coordenadas del lugar donde fueron realizadas las pruebas.
- Dato sísmico “relevante”. Corresponde a “5F”, que es un dato de 8 bits de precisión codificado.

El dispositivo envía además otros datos como un ID de dispositivo, un número de mensaje que corresponde a un correlativo hexadecimal, y finalmente un cálculo de checksum que equivale a un cálculo de OR exclusivo entre cada caracter ASCII que contiene el mensaje, de modo que el receptor pueda verificar la integridad de que el mensaje inicialmente enviado es igual al mensaje finalmente recibido.

Si bien se indicó inicialmente que los sismógrafos tienen una resolución de 24 bits, se asume en este proyecto que el sismógrafo es capaz de filtrar los datos sísmicos “relevantes”, los cuales se consideran como datos de magnitud inusualmente alta que pueden indicar la ocurrencia de un evento sísmico de importancia. Esta lógica debe estar programada en el sismógrafo o en el módem satelital, ya que a diferencia del funcionamiento normal de un sismógrafo que envía todos los datos, este sistema sólo deberá transmitir información que supere el umbral programado como normal.

En la etapa de experimentación, el sismógrafo será considerado como fuente de datos puros, que discrimina entre los datos que estén sobre cierto umbral, y son solamente éstos los que serán enviados.

3.4 Tiempo de respuesta de comunicación satelital

El factor crítico para lograr los objetivos propuestos de este sistema es la combinación entre la demora del mensaje, desde su origen hasta alcanzar el destino, y el porcentaje de éxito del total de mensajes enviados que realmente llegan a destino. Por

la cantidad de redes distintas asociadas, los tiempos involucrados se pueden desglosar en distintos ítems:

Tiempo de respuesta del satélite: Medible en milisegundos dependiendo del tipo de hardware utilizado. Este tiempo es el más significativo para la aplicación en investigación. Cuando el módem satelital tiene un mensaje listo para ser enviado en su buffer, requiere establecer comunicación con el satélite, para lo que requiere ser escuchado, y además requiere que el satélite le indique que posee un cupo disponible para que pueda despachar su mensaje. Según las especificaciones de los fabricantes, este tiempo usualmente tiene un orden de magnitud de tan sólo minutos, pero experimentalmente se observaron casos en que las demoras superaron los treinta minutos.

Tiempo de subida (uplink): Medible en milisegundos por el módem, dependiendo del tipo de hardware utilizado. Consiste en lo que demora el módem en subir su mensaje, desde que recibió el "OK" del satélite respecto al cupo disponible para este. Es un tiempo que suele ser muy breve por mensaje, y depende de su longitud en bytes. También está asociado a la relación señal/ruido que tenga la comunicación, puesto que un enlace ruidoso provocará que el módem re-envíe varias veces un mismo mensaje hasta recibir una respuesta correcta con el checksum del mensaje, corroborando que fue recibido íntegramente por el satélite.

Tiempo de bajada (downlink): Es el tiempo que demora el satélite en despachar el mensaje a la estación terrestre. Debido a la alta potencia del transmisor del satélite, y de la alta sensibilidad de las estaciones en tierra, este tiempo suele ser bajo, de algunos milisegundos, y normalmente no hay reintentos. Este valor puede ser despreciado en los análisis posteriores.

Luego el tiempo total estará dado por la suma de tiempos indicados:

$$T_{tot} = T_{resp} + T_{up} + T_{down}$$

No todas estas diferencias de tiempo pueden ser fácilmente medidas, y los distintos sistemas entregan distinta información sobre los mismos. Comúnmente el servidor de análisis registra la hora del origen del mensaje UTC obtenida a través de GPS, o pudiendo ser generada por un reloj a tiempo real, y la hora en que el mensaje está publicado y disponible para ser rescatado. La diferencia de estas horas es el T_{tot} .

Mención aparte merece el método de rescate de los datos. El proveedor de servicio de comunicación satelital entrega un formato XML sobre el cuál fue posible desarrollar un software que autentifique la conexión, rescate los datos e inserte la información rescatada en nuestra base de datos.

Otro parámetro relevante, pero relativamente difícil de medir, es la disponibilidad del canal de comunicaciones del satélite en sí. Este es un parámetro indirecto ya que los módem satelitales poseen una política de reintento para cuando un mensaje no sea aceptado. Por tanto se propone la cuantificación de la disponibilidad referida al porcentaje de mensajes que suban al satélite en un tiempo menor a 1 minuto.

Nótese que el análisis expuesto sólo considera el tiempo transcurrido desde que el mensaje es generado, hasta que está disponible o “publicado” en el servidor del proveedor de servicio. En una implementación completa del sistema debería haber un software con una latencia propia que está continuamente consultando a este servidor para obtener los mensajes. Tanto el retraso entre consultas de este servicio web, como la velocidad de acceso a internet y capacidad de procesamiento del mismo, serán en suma un delta de tiempo adicional a lo ya mencionado, pero tampoco será considerado, por ser externo al sistema propiamente tal, dependiente de la implementación, y se estima que no debería superar los 30 segundos en promedio.

Otro parámetro que, dependiendo de la implementación, puede adquirir relevancia, es la capacidad de priorizar los mensajes. Las redes presentadas poseen distintos niveles de prioridad para los mensajes. Según la especificación técnica de cada fabricante, las redes definen niveles de prioridad distintos, asociados a un menor retraso en el envío, una mayor confiabilidad en la recepción, y lógicamente un mayor costo asociado por

mensaje. La red Inmarsat posee mensajes del tipo normal, de prioridad alta y de alerta (triple burst), mientras que la red Orbcomm permite que al mensaje se le configure su prioridad, pudiendo ser: baja, normal, normal con acknowledgment, urgente y entrega especial. Para propósito de este trabajo solamente se ha utilizado la prioridad normal y tipo de mensaje normal en cada comparación y experimentos realizados.

3.5 Parámetros asociados a la recuperación de los mensajes

La confiabilidad del enlace, que fue mencionada anteriormente respecto al servicio web, es el parámetro que hace referencia al “uptime” del servidor del proveedor de servicio que publica los mensajes recibidos en internet. Para permitir una conexión entrante exitosa. Se propone un 99,9% de uptime respecto al enlace de servidor de análisis hacia Internet, y del enlace que ocupa proveedor satelital también hacia Internet.

La disponibilidad del enlace de rescate de mensajes: es el parámetro que se refiere a que una vez hecha la conexión exitosa al gateway, es decir que no se produjo una negación de servicio, se envíe una segunda consulta específica de un subconjunto de mensajes (pudiendo ser por dispositivo, grupo, por fecha/hora, etc) y la respuesta traiga los datos correctamente. Esta es una probabilidad que debe estar en torno al 99%. Si existiese un problema de disponibilidad de la información, el servicio web reintentará cada 5 minutos volver a traer los datos nuevos más los datos que no llegaron en la llamada inmediatamente anterior.

Este parámetro se define exclusivamente porque puede existir el caso en que el enlace hacia la gateway funcione correctamente, hasta el login por ejemplo, pero al hacer una consulta a la base de datos de mensajes la respuesta falle por timeout u otras razones, referidas a la conexión entre la base de datos y el gateway, es decir de exclusiva responsabilidad del proveedor del servicio.

La capacidad de saturación de la red: Es el índice que se refiere a cuántas consultas simultáneas o cantidad de bytes son soportados por una única consulta, considerando un único usuario accediendo. Por ejemplo algunos gateways devuelven un mensaje de

error al solicitar una consulta que abarque 3 meses de información, por ser demasiados datos para una única consulta. Lo normal es que la consulta de los mensajes se haga en forma iterativa, por ejemplo cada 5 minutos, de manera de nunca traer un volumen demasiado grande de datos. Sin embargo, si se produce un problema en la generación de la consulta o en la respuesta a la misma, la consulta exitosa subsiguiente podrá traer todos sus datos más los datos que no pudo traer la consulta anterior, por tanto podrá duplicar su carga de información.

También se relaciona con este parámetro la capacidad del gateway de atender múltiples subscriptores simultáneamente, aunque este atributo no será analizado en este proyecto.

La confiabilidad de la red interna: es el último eslabón de la red Ethernet y enlace a Internet de manera que el servidor de análisis pueda ser accedido por las instituciones gubernamentales. También este subscriptor debe tener una conexión directa hacia una base de datos local que almacene los datos que se van rescatando desde el gateway, ya que el gateway no almacenará en forma indefinida la información recibida de los terminales satelitales. Se estima igualmente una confiabilidad interna del 99,99% referida principalmente a la comunicación entre servicio web y base de datos local.

4. EXPERIMENTACIÓN

El objetivo del experimento que será descrito en este capítulo, fue ocupar el canal de datos satelital para enviar información relevante sobre la locación, fecha, hora y datos simplificados respecto al sismógrafo, según la trama propuesta en la sección 3.3. Se analizaron los tiempos de demora involucrados en el envío de mensajes, y la tasa de pérdida de mensajes asociada.

Para la prueba se ocupó una fuente de energía de laboratorio que entrega una tensión regulada semejante a una batería automotriz, que alimenta a los equipos GPS y módem satelital, ya que en el planteamiento de la solución, en caso de un sismo los equipos serán alimentados por una UPS en vez de ocupar directamente la red eléctrica, que se estima presentará problemas. Cada equipo además posee su antena propia que está instalada en el techo del edificio.

En primera instancia se determinó implementar el experimento diseñado para usar dos o más redes satelitales, de tal modo de poder medir y comparar los distintos parámetros a tener en cuenta, pero por limitaciones técnicas y de costos este objetivo se limitó a evaluar solamente una de las redes explicadas y utilizar solamente parámetros documentados de la segunda red satelital. Para el caso de la tercera red satelital explicada, no se cuenta con información empírica de sus dispositivos.

Respecto a los estándares básicos para comunicaciones de emergencias, establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), mencionan y recomiendan las redes y sistemas satelitales explicados en este trabajo, pero no se exponen detalles respecto a su implementación ni medición de parámetros mínimos que sean requeridos para un servicio de calidad, y que cumpla el rol de ser una respuesta sólida para estas situaciones. Por ello no es posible concluir a priori si un sistema determinado cumple o no la recomendación vigente, sino que sólo se puede indicar que la solución tecnológica escogida en esta investigación sí ocupa la tecnología sugerida por las recomendaciones para el escenario descrito.

Es más, inclusive las mediciones de calidad para esta clase de sistemas satelitales, no aparecen documentadas en la literatura salvo por los documentos generados por estos

mismos proveedores, cuyos resultados pueden ser subjetivos. Se aprecia en general que el área de investigación tratada tiene recomendaciones generales de buenas prácticas, pero no hay una normativa clara a cumplir; por tanto es una industria aún inmadura en estos aspectos. Más investigaciones en este campo son requeridas para normar y estandarizar el funcionamiento de estos sistemas.

Respecto a la ubicación de los dispositivos de emisión y recepción de señales es necesario que tengan una vista despejada al cielo, y estén lo suficientemente alejados de radio transmisores de alta potencia, para poder establecer comunicación con sus satélites.

4.1 Diseño experimental

Para probar, analizar y comparar la funcionalidad de las redes presentadas respecto a la aplicación propuesta, se definió la siguiente prueba experimental a realizar: sin utilizar el suministro eléctrico regular, ni red telefónica se instalaron y ocuparon los siguientes equipamientos:

- Un módem satelital DIGI M10 tipo “Orbcomm”
- Un equipo GPS Virloc10 con entradas análogas y digitales, que emulará al sismógrafo

Mediante un switch, se simularán señales ON/OFF para el equipo GPS, que responderán a las condiciones de un sismo con una escala de 8 bits. Todos los datos serán enviados y en base a la decodificación del mensaje el intérprete podrá saber qué señal es la que estaba mandando el sismógrafo simulado. Posteriormente la señal codificada, que emula el umbral del sismógrafo, se hará variar entre niveles altos y bajos. Estos datos podrán ser interpretados por el subscriptor (manual o programado) quien podrá ejecutar un accionamiento sobre el dispositivo local. Dada la naturaleza de la acción, es esperable que si bien este proceso es automatizable, es razonable que esta acción deba ser autorizada por un ser humano experto, que tenga la autoridad del caso.

Para los efectos prácticos de las pruebas, se ha decidido utilizar el esquema de enviar una única alerta por evento. Esta corresponderá al mensaje encriptado previamente descrito que como parámetros tiene fecha/hora, ubicación (Latitud/longitud) y un dato de 8 bits que emula la información de ocurrencia de alarma que emitiría el sismógrafo

Cabe mencionar que para la implementación definitiva del sistema, lo que se espera es una alerta con información totalmente depurada para ser fácilmente interpretada. Por ejemplo: "alerta tsunami en LATITUD/LONGITUD/DATOS SISMO", lo que será un breve resumen, muy diferente a la forma en que se describió funciona el Servicio Sismológico del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.

4.2 Datos Teóricos

Basado en las especificaciones de los fabricantes, y pruebas experimentales previas a este trabajo de tesis, realizadas con algunos equipamientos Inmarsat (DS100 y DMR800), se presenta en la Tabla N° 1 un cuadro comparativo entre los terminales seleccionados para las redes satelitales Orbcomm e Inmarsat. Se aprecia que en el caso del sistema Orbcomm la desviación estándar de las mediciones es mucho más alta que la obtenida en el sistema Inmarsat (que resulta cercana a cero), lo que da cuenta de la arquitectura detrás de cada red: sistema geostacionario versus órbitas asíncronas.

El costo más accesible de los equipamientos y mensajería de la red Orbcomm permitieron al autor contar con estos elementos para realizar la experimentación descrita en este trabajo, aún cuando se observa que esta red tiene un mayor retraso y pérdida de mensajes a priori. El sistema Inmarsat (conocido mejor por su fabricante de equipos: Skywave) requiere unas 8 veces más inversión en equipamientos y en el costo de la mensajería que el sistema Orbcomm, pero así mismo también posee una mayor confiabilidad, en cuanto a la cantidad de mensajes efectivamente entregados. Según especificaciones del fabricante este valor es del 99%.

Red Satelital	Orbcomm	Inmarsat	
Modelo módem	DS100	DMR800	Surelinx 8100
Tipo de Satélites	Órbitas asíncronas cercanas a la Tierra	Órbita geoestacionaria sobre el Ecuador	
Altura	775 km	35,786km	
Cantidad de Satélites	29	11	
Bytes máx por mensaje	107	25	192
Precio por unidad	US\$ 230	US\$ 500	US\$ 620
Precio por 1 KiloByte	US\$ 1	US\$ 7.5	US\$ 7.6
Funcionamiento	Requiere ver un satélite en el cielo al momento de transmitir, o esperar en su defecto	Siempre está viendo al menos uno de los satélites sobre la órbita Ecuatorial.	
Tasa de envío¹	90,00%	99,00%	(por investigar)
Tiempo de Latencia	1min. a 30min. Variable	3 min. Fijo	(por investigar)
Variación de Latencia²	<12min. 67%mensajes	<3min. 99%mensajes	(por investigar)
	<15min. 7%mensajes	>3min. 1%mensajes	(por investigar)
	<20min. 8%mensajes		
	<30min. 9%mensajes		
	>31min. 10%mensaje		
1: Considerando una espera máxima de 30 minutos.			
2: Basado en pruebas empíricas previas			

Tabla N° 1: Comparación entre sistemas satelitales basado en datos entregados por fabricante, y pruebas previas realizadas

4.3 Resultado de los experimentos realizados

La prueba realizada fue efectuada en un edificio de oficinas en la comuna de Las Condes. El edificio está ubicado entre varios edificios de gran tamaño, por lo que la visibilidad del horizonte, hacia el NorOeste se vio disminuida.

El experimento consistió en hacer la instalación de una antena de media onda, del sistema Orbcomm, en el techo del edificio, ocupando un plano de tierra metálico conductivo de 1m x 1m bajo la antena, como guía de onda para aumentar su receptividad. Desde la antena sale un cableado que llega hasta una estación de trabajo, donde fue conectada a un módem DIGI-M10, y a su vez este dispositivo se alimenta de datos y energía de un equipo GPS virloc10, también del mismo fabricante.

Este equipo GPS está continuamente indicando su posición fija y sensando el estado de las entradas digitales y análogas que posee. Fue programado para generar un mensaje codificado con fecha/hora UTC, latitud , longitud y una señal digital de 8 bits (que emula la medición del sismógrafo), que se está actualizando internamente cada 100 ms.

Se crearon eventos en el motor del equipo GPS para enviar este mensaje a intervalos programables por el usuario. El módem satelital recibe y encola los mensajes recibidos desde el GPS, intentando enviarlos cuando detecte un satélite en el horizonte. Cabe señalar que este módem sólo tiene 5 Watts de potencia por tanto requiere de buenas condiciones de visibilidad del cielo y de entorno para que su débil señal pueda ser captada por el satélite. En un caso de un sismo real, la interrupción de suministro eléctrico disminuiría significativamente la emisión de radofrecuencias vecinas, por tanto se estima que el dispositivo funcionará en mejores condiciones de transmisión que en el experimento.

El mensaje, cuando ya es enviado a través de la red satelital, incluye fecha de creación y fecha actual. Posteriormente la comparación entre la fecha/hora en que fue originado, respecto de la fecha hora a la que fue recepcionado en el servidor, entrega la información de Tiempo Total de retraso entre la generación del evento y la notificación del mismo. Durante las pruebas, el dispositivo fue programado para enviar mensajes cada 30 minutos, luego cada 5 minutos y luego cada 1 minuto, a intervalos regulares, con el fin de poder establecer la confiabilidad de que los mensajes enviados realmente lleguen a destino. Se apreció una mayor fiabilidad de la recepción de mensajes a una menor frecuencia de transmisión. Es decir, mientras menos mensajes sean encolados en el módem, y este tenga mayor posibilidad de usar su buffer a la espera de ver satélites, resulta más confiable en que los mensajes generados no se perderán. Por otra parte, al aumentar la frecuencia de transmisión, ocurren episodios en que el módem no logra ver satélites, empieza a encolar mensajes, hasta que se llena su buffer interno, y a partir de ese momento los nuevos mensajes que lleguen

sobrecribirán a los más antiguos, por tal motivo en ese escenario se producen pérdidas de mensajes que nunca llegan a destino.

La correcta instalación de la antena resulta un tema no menor, ya que su orientación debe ser precisa en 90° desde el suelo, y con la mayor visibilidad posible al eje Norte/Sur. La instalación definitiva de los equipos ocupó cerca de 5 días, ya que tuvo que ser relocalizada varias veces para evitar que edificios y paredes cercanas puedan obstaculizar la visibilidad.

La Figura N° 13 muestra de izquierda a derecha las distintas ubicaciones con que se probó la antena. Se ensayaron múltiples posiciones, y orientaciones, demostrando que el sistema es particularmente sensible a las paredes cercanas (que obstaculizan la visión del cielo) y los equipos emisores de ondas electromagnéticas como por ejemplo los router wifi convencionales, que tuvieron que ser alejados para mejorar los resultados.



Figura N° 13: Evolución de la antena y su ubicación hasta obtener un visibilidad correcta de los satélites. (de izquierda a derecha)

Por lo anterior cabe mencionar que si el sismo fuese lo suficientemente intenso podría llegar a dañar la posición de las antenas y afectar el funcionamiento de la red indicada. Es necesario entonces tomar medidas rigurosas para asegurar que la instalación de los equipamientos resista al menos altos niveles de vibración. En este experimento, la antena fue instalada en el techo plano del edificio, con una amplia base metálica.

Se estima que en caso de un sismo, la vibración la podría mover algunos centímetros en el plano horizontal, pero no lograría hacer que rote en el plano vertical.

Los datos obtenidos (presentes en el Anexo 7.1) muestran una muy alta variabilidad en el tiempo de recepción de cada mensaje, siendo esto debido a que muchos intentos de envío, realizados sincrónicamente, se dan en instantes en que no hay satélite visible, por lo que el módem satelital mantiene los mensajes en una cola (buffer) hasta poder tener visibilidad y solamente ahí los puede entregar. Por tanto la lógica que normalmente se da son intervalos de tiempo largos en que sólo hay acumulación de mensajes y luego breves intervalos en que son despachados los mensajes (cuando un satélite está en el cielo visible).

La muestra de datos corresponde a 210 mensajes entregados exitosamente de un total de 250 mensajes generados por el dispositivo, lo que indica una confiabilidad del 84% respecto a los mensajes realmente recibidos. Estos mensajes fueron enviados a intervalos regulares de 30 minutos, 5 minutos y 1 minuto. La Tabla N° 2 muestra un cuadro resumen de estos datos, en donde se ha calculado la diferencia de tiempo entre la hora UTC en la que fue generado el mensaje, y la hora local en la base de datos cuando el mensaje fue correctamente rescatado y luego almacenado.

Resultado de las pruebas realizadas con Orbcmm el 30/5/2011	
Valor	Minutos
Promedio	23
Mínimo	0
Máximo	176
Desviación Estándar	29

Tabla N° 2: Resultado de las pruebas efectuadas con la red orbcomm

El experimento realizado muestra una diferencia de tiempo promedio de 23 minutos para el total de los mensajes, y los que efectivamente fueron recepcionados. Nótese que el máximo retardo fue cercano a 3 horas en que un mensaje se demoró en llegar, lo que obviamente se da por perdido para este tipo de aplicación.

En general se consideró que cualquier mensaje que demore más de 30 minutos, es un mensaje perdido para el objetivo del proyecto.

Respecto a la pérdida de mensajes pudo ser corroborada ya que el equipo GPS se configuró de tal forma que cada vez que se ejecuta la secuencia de tiempo que dispara el mensaje hacia el módem satelital, también se configuró para guardar en memoria *flash* del equipo. Con esto se pudo luego comparar la cantidad de registros almacenados con los recibidos.

No obstante, como ambos equipos trabajan en forma autónoma y están interconectados mediante un protocolo que posee un control de errores, puede llegar a suceder que un mensaje generado no sea recepcionado por el módem. Si bien este sería un caso raro, se debe indicar que en este experimento esas pérdidas, aunque improbables, disminuirían el índice de confiabilidad calculado para la red, pero en realidad equivalen a otro parámetro interno del *bus* existente entre ambos.

En la Tabla N° 3 se comparan los datos obtenidos a través de la experimentación realizada con los datos teóricos, mostrados previamente en la Tabla N° 1. En general hay una muy buena correlación entre lo obtenido y lo esperado.

Comparación de datos teóricos versus experimentales		
Parámetro	Teórico	Obtenido
Tiempo de respuesta del satélite [m]	12	23
Mensajes recepcionados en menos de 30min.	90%	84%

Tabla N° 3: Resultados teóricos versus datos experimentales obtenidos

5. CONCLUSIONES

Este trabajo consistió en proponer redes satelitales móviles como un medio de comunicación alternativo para alertar a la población, en ausencia de suministro eléctrico y comunicaciones tradicionales, sobre la ocurrencia de eventos sísmicos.

A partir del estudio, análisis y experimentación expuestos en este trabajo, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- i.) Las redes satelitales son una opción válida como medio de comunicación alternativo a los tradicionales, como la telefonía (fija y celular), y los enlaces estándar de Internet, considerando mensajería corta (SMS). Estas redes son un medio más robusto que el tradicional por cuanto no requieren de largas extensiones de cableado o suministro eléctrico permanente.
- ii.) Los resultados obtenidos sobre las pruebas de la red Orbcomm, muestran una pérdida de mensajes bastante elevada, y demora en la entrega de los mensajes, considerando el tipo de aplicación diseñada, y lo crítico de cada dato enviado.
- iii.) Aunque poco fiable desde el punto de vista de la pérdida de mensajes, al ser comparado con una comunicación estándar telefónica, como los SMS, para el tipo de cobertura que posee, el sistema posee un costo relativamente bajo. Además su masificación puede ser aplicada en la práctica sin mayores problemas técnicos.
- iv.) Aunque el sistema propuesto solamente fue probado unilateralmente, desde el sismógrafo hasta el servidor de análisis, cabe mencionar que la arquitectura propuesta permite establecer un canal bidireccional de comunicación. Esto permite tener información de múltiples orígenes, y en caso de emergencia, alertar a múltiples destinos.

- v.) Es razonable predecir que si el abaratamiento y masificación de este tipo de tecnología mantiene su tendencia actual, la industria de sensores y sismógrafos, así como ha incorporado elementos como puerto ethernet y GPS, posiblemente empezará a incluir módem de datos, y módem satelitales.

- vi.) Se requiere complementar este estudio, realizando pruebas prácticas con las demás redes satelitales disponibles en el mercado. También se sugiere la investigación de esta implementación ocupando tecnologías de radio frecuencia que requieren de la construcción de una red de nodos, como por ejemplo WiMax.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 Redes Satelitales

[1] **Informe UIT-R M.2149, (2010)**, Utilización y ejemplos de sistemas de servicio móvil por satélite para operaciones de socorro en caso de catástrofes naturales y emergencias similares, Ginebra, Suiza, [En Línea], http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2149-2009-PDF-S.pdf

[2] Sitio web de Inmarsat <http://www.inmarsat.com/>

[3] Orbcomm Global M2M, Connecting the Worlds Asset , [\[En Línea\]](#), <http://www.orbcomm.com/Collateral/Documents/English-US/ORBCOMMWebFINAL.pdf>

[4] [Inmarsat Mobile Communications, \(2005\). DMR 200 Hardware Guide, \[En Línea\]](#), [http://www.deltawavecomm.com/prices/Asset%20Tracking/Technical%20Documentation/DMR-200%20Hardware%20Guide%20\(34%20pages\).pdf](http://www.deltawavecomm.com/prices/Asset%20Tracking/Technical%20Documentation/DMR-200%20Hardware%20Guide%20(34%20pages).pdf)

[5] [Iridium Communications Inc., \(2011\). Iridium Global Network](#) <http://www.iridium.com/About/IridiumGlobalNetwork/SatelliteConstellation.aspx>

6.2 Sismología:

[6] **Richter, C.F., (1958)**. Elementary Seismology. San Francisco: W.H. Freeman. ISBN-13: 978-0716702115

[7] [Erhard Wielandt's, \(2002\). Seismic Sensors and their Calibration, \[En Línea\]](#), http://www.software-for-seismometry.de/textfiles/MSOP/Seismic_Sensors_and_their_Calibration_rev.doc

[8] [Randall D. Peters \(2000\), Zero Length Springs in Seismographs, Mercer University, Department of Physics, \[En Línea\]](#), <http://physics.mercer.edu/earthwaves/zero.html>

[9] **Redwood City Public Seismic Network**, [En Línea], <http://psn.quake.net/>

[10] **Japan Meteorological Agency (JMA)**, Earthquake Early Warnings, 1-3-4 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122, [En Línea], <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew.html>

6.3 Patrón Publicador / Subscriptor :

[11] **Wyle H., Lambros P., (2009)**. Patrones de Conectividad Empresarial: Implementando soluciones de integración con los productos del Bus de Servicios Corporativos de IBM, [En Línea], <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/websphere/library/ws-enterpriseconnectivitypatterns/index.html>

7.2 Especificaciones técnicas de los equipos satelitales

7.2.1 Terminal Satelital/GPRS SKYWAVE SURELINX 8100

DIMENSIONES

Tamaño:

- Transceptor: 155 x 124 x 41 mm , Antena satelital: 127 x 93 x 23 mm

Peso:

- Transceptor: ~300 g , Antena satelital 400 g (asumiendo 5 m de cable)

TOLERANCIA AMBIENTAL

Temperaturas de operación:

Transceptor: -30°C a +65°C

Antena satelital: -40°C a +85°C

Antena GPRS: -25°C a +70°C

Temperatura de transceptor y antena:

-40°C a +85°C

Humedad relativa:

95% RH @ +30°C sin condensación

Ingreso de polvo y agua:

Transceptor: IP40/NEMA1

- Antena satelital: IP67/NEMA-4X

Vibración:

- 5-20 Hz; 1.92 m2/s3 ruidos aleatorios

20-500 Hz; -3dB ruido aleatorio de octava

Impacto (supervivencia)

- Semi-seno 6ms, 300 m/s²

TOLERANCIA ELÉCTRICA

Voltaje de entrada: +9 a +32 VDC

Consumo de energía (Típicamente @12VDC, 22°C)

- Modo de transmisión: 10.3W (satélite)
- Modo de rastreo (GPS on, GPRS on): 1.2W
- Modo de hibernación: 0.3mW

Conector de acoplamiento

- Transceptor I/O: JAE IL-AG5-30S-D3C1

TAMAÑO DEL MENSAJE

Desde el terminal

- Hasta 192 bytes (IsatM2M); 200-bytes (GPRS)

Hacia el terminal

- Hasta 100 bytes (IsatM2M); 200-bytes (GPRS)

COMUNICACIONES SATELITALES (IM2M)

Frecuencia

- Rx: 1525.0 a 1559.0 MHz
- Tx: 1626.5 a 1660.5 MHz

EIRP

9 dBW max

Ángulo de elevación

- 0 a +90 grados

COMUNICACIONES GSM/GPRS y ESPECIFICACIONES GPS

Frecuencia:

850/900/1800/1900 MHz

Seguridad:

- Detección de interferencia en la señal GSM/GPRS (jamming)

Canales:

- 16 canales; 1575.42 MHz

Adquisición

- Inicio en frío: 34s; SuperSenseR: -148dBm

Precisión:

- 3 m CEP; 5 m SEP

Seguridad:

- Detección de interferencia en la señal GPS (jamming)

CERTIFICACIONES

Satélite

- Aprobación tipo Inmarsat IsatM2M

Regulaciones

- FCC (EEUU), PTCRB, RoHS (Europa), CE Mark (R&TTE), Anatel (Brasil)

REGISTRO DE DATOS (DATALOG)

Capacidad:

- 320 kB (17,200 pts)de GPRS, Satélite o RS23 2

CAPACIDAD DE PROGRAMACIÓN

Lógica de script:

- 128 Acciones; 64 Alarmas; 64 cronómetros; 32 Transformadores de datos, 128 geocercas poligonales.

- Computadora a bordo (versión SureLinx 8100c):
- Control de aplicación de bus con entorno de programación C, librería API, 256kB de memoria de programación, 30kB SRAM, 16MB flash .

INTERFACES EXTERNAS:

SureLinx 8100:

1 x RS232: 1 interfaz de consola, salida NMEA opcional

18 entradas/salidas análogas/digitales configurables

SureLinx 8100C:

- 2 x RS232: 1 interfaz de consola, salida NMEA opcional
- 1 x RS485; soporte para protocolo J1708 y Modbus
- Hasta 2 puertos CANbus; soporte para el protocolo J1939
- 18 entradas/salidas análogas/digitales configurables
- Acelerómetro de 3 ejes

7.2.2 TERMINAL GPS/GSM VIRLOC10

GPS: virtualtec low power de alta sensibilidad 16 canales

Cold start: menor a 60 segundos

Warm start: menor a 40 segundos

Refresco de posición: 1 vez por segundo

Precisión: aproximadamente 10 metros

Módem GSM: Virtualtec VM41 cuadribanda

CPU: ARM7 32bits, memoria flash integrada 120k registros. Soporta FOTA

Acelerómetro: 2/4/6G con resolución de 10 bits, frecuencia muestro 10Hz

Alimentación: 9Vdc a 40Vdc con fusible 3Amp

Consumo:

alimentación externa: 70mA@12V

batería interna: 150mA@3.8V

Entradas digitales:

5 entradas con pull-up interno a 3V de 10kohm para contar pulsos.

Tensión máx para detección de 0 = 0,7V

Detección de Ignición: 1 pull down interno 110kohm, tensión deteccion 3/4Vcc

Salidas digitales:

2 MOSFET Open Drain canal N, protegidas por polyswitch de 400mA

Tensión de caída a 400mA de 0,3V

Entrada Análoga: de 10 bits rango 0V a 40V

Puertos de comunicación:

RS232 de 1200 a 115200 bps y CAN-bus

Protección ESD: entradas y salidas soportan descargas electroestáticas de hasta 15kV

Rango de funcionamiento: -20°C a +70°C

Humedad: hasta 95% a 60°C

Dimensiones: 130x66.9x28.2 mm , Peso: 120gr

Soporte de protocolos: GPRS, SMS, CSD, CDPD, Texto plano, XVM, Binario, Orbcomm: Binario y ASCII, Inmarsat: DMR200

7.2.3 MODEM SATELITAL ORBCOMM DIGI M10

Conector de 14-pines, 1 mm pitch (Samtec P/N MLE-107-01-G-DV-K)

Puerto Serie UART (3.3V TTL), 2-cables, con control de encendido/apagado del módem a través de la señal DTR

Wake Trigger Satellite Available (SA), Data Available (DA)

Conector de antena macho MMCX (50 Ω)

Mínima Señal Detectable -120 dBm (típica)

Potencia Nominal de transmisión 5W

Frecuencias de Transmisión (TX): 148-150.05 MHz

Frecuencias de Recepción (RX): 137-138 MHz

Requerimientos de Energía

Voltaje de entrada +9 a +18VDC

Corriente (transmisión) 1.5A max @ +12VDC

Corriente de recepción 60 mA max @ +12VDC

Dimensiones (Largo x Ancho x Alto): 7.49 cm x 4.60 cm x 1.32 cm

Temperatura de Operación desde -40° C hasta +85° C

Humedad Relativa 0% to 95% (sin condensación)

Golpes y Vibración (Operacional): Cumple y excede norma SAE J1455

Emisión de Radiación: EN300 832, EN301-721

Aprobaciones Regulatorias: EEUU (FCC), UE (CE), Australia/Nueva Zelandia (C-Tick), Canadá (IC) – Japón - pendiente (Telec)