

PROYECTO FONDEF DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

INFORME FINAL

TÍTULO DEL PROYECTO: PLATAFORMA DE PROCESAMIENTO Y GESTIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS D EL VOLCÁN LLAIMA.

CÓDIGO DEL PROYECTO: CA13I10273

FECHA DE EMISION: 28/11/2016

FIRMA DEL (DE LA) DIRECTOR(A) DEL PROYECTO
GLORIA MILLARAY CURILEM SALDÍAS

I. Acta De Término Del Proyecto

1.1 Identificación del proyecto

TITULO DEL PROYECTO	PLATAFORMA DE PROCESAMIENTO Y GESTIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS D EL VOLCÁN LLAIMA.
CÓDIGO FONDEF	CA13110273
DIRECTOR(A) DEL PROYECTO	GLORIA MILLARAY CURILEM SALDÍAS
INSTITUCIÓN(ES) BENEFICIARIA(S)	UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA UNIVERSIDAD DE CHILE
EMPRESA Y OTRAS ENTIDADES ASOCIADAS	ONEMI SERNAGEOMIN

1.2 Ejecución del proyecto

FECHA DE TOMA DE RAZON POR LA CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA	18/12/2013
DURACIÓN CONTRACTUAL	24
FECHA EFECTIVA DE INICIO	01/03/2014
FECHA EFECTIVA DE TÉRMINO	01/06/2016
DURACIÓN EFECTIVA	28

1.3 Plan de Continuidad

Nombre Institución Beneficiaria	Nombre Representante Legal	Firma
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA	SERGIO ANTONIO BRAVO ESCOBAR	Firma Electrónica
UNIVERSIDAD DE CHILE	FLAVIO ANDRÉS SALAZAR ONFRAY	Firma Electrónica

1.4 Tabla de Conformidad

Nombre Institución Empresa u Otra Entidad Socia	Nombre Representante Legal	Documento conformidad
ONEMI		
SERNAGEOMIN	WALDO PATRICIO VIVALLO SANDOVAL	
ONEMI		
SERNAGEOMIN	WALDO PATRICIO VIVALLO SANDOVAL	

II. Informe Ejecutivo

2.1 Resumen Ejecutivo

Versión en Castellano

La vigilancia volcánica en Chile requiere de una gran capacidad de infraestructura y personal, debido a la cantidad de volcanes activos y a la gigantesca cantidad de señales que provienen de los sensores instalados en los volcanes. Las señales sísmicas de los volcanes son la variable más analizada por el Observatorio Vulcanológico de los Andes Sur (OVDAS). Para apoyar esta tarea, es posible aplicar técnicas de procesamiento de señales con el objetivo de automatizar el reconocimiento de patrones sísmicos de los volcanes, una de las etapas básicas del monitoreo, pero que demanda mucho tiempo de los analistas. Esta no es una tarea fácil ya que depende por un lado de cada volcán y por otro lado, de la dinámica en la que se encuentra. El presente estudio se focalizó en un único volcán, el volcán LLaïma, para el que se confeccionó una base de datos de señales con los eventos sísmicos sensados en varias estaciones. Se definieron tres clases de eventos que representan diversos procesos volcánicos. Los eventos tremor (TR) representan el paso continuo de fluidos por los ductos internos del volcán. Los eventos de Largo periodo (LP) representan el paso brusco de fluidos. Los eventos volcano-tectónicos (VT) representan quiebre de roca dentro de la estructura. Se agregó una clase llamada Otros (OT) que contiene todos los demás tipos de eventos que pueden ser sensados por las estaciones (avalanchas, sismos tectónicos, híbridos, ruido, etc.). Por su similitud con los VT se decidió posteriormente separa en un nuevo grupo los eventos tectónicos (TC). El proyecto propuso implementar una Plataforma de Procesamiento y Gestión de señales sísmicas para apoyar la identificación de eventos del volcán LLaïma. La plataforma consta de tres módulos. El primer módulo es el de Identificación automática que a su vez consta de dos etapas: una etapa de detección que recorta los eventos, diferenciándolos del ruido de fondo y una etapa de clasificación que recibe el segmento recortado y determina a qué clase pertenece, asignándole una etiqueta. El módulo de gestión de las señales sísmicas permite leer las señales desde las bases de datos de las señales de OVDAS y escribir las etiquetas en la base de datos de etiquetas. Finalmente, el módulo del procesamiento primario permite a los analistas revisar las señales clasificadas por el módulo de identificación. La plataforma fue exitosamente instalada y puesta en marcha en el OVDAS y sus módulos de Gestión de Archivos y Procesamiento Primario fueron bien evaluados por los analistas, respecto de su funcionalidad e interface amigable. Respecto del rendimiento del Módulo de identificación, la etapa de detección presentó una tasa de acierto superior al 90%, cuando el sistema funciona en línea, o sea leyendo de manera continua la base de datos de señales. La exactitud de la clasificación, superó el 80% sin embargo, la sensibilidad decayó al 66% cuando el sistema fue probado en línea. Las causas de este resultado fueron analizadas y varias estrategias para mejorar la clasificación fueron propuestas en la segunda etapa del proyecto. A pesar de esto, los resultados fueron alentadores y dieron lugar a tres publicaciones en la revista *Journal of volcanology and geothermal research* [1-3]. Los resultados de este proyecto permitieron adquirir mayor conocimiento sobre los fenómenos asociados a la sismicidad volcánica, así como generar un interesante trabajo conjunto con los expertos de OVDAS. La segunda etapa permitirá generar un prototipo que considere la información de varias estaciones para la identificación, proponiendo un método integral de monitoreo de la sismicidad del volcán LLaïma, el que será probado en otro volcán.

Versión en Ingles

Chile volcano monitoring requires a large infrastructure and personnel capacity, due to the number of active

volcanoes and the huge amount of signals from the sensors installed in volcanoes. Seismic signals of the volcanoes are the more studied by the Volcanological Observatory of Southern Andes (OVDAS). To support this task, it is possible to apply signal processing techniques in order to automate the recognition of seismic patterns of volcanoes, one of the basic and time consuming stages of the monitoring activity performed by the OVDAS analysts. This is not a trivial task as it depends on one hand of each volcano structure and on the other hand, on its internal dynamics. The present study is focused on a single volcano, the Llaima volcano, for which a unique database of seismic signals was implemented, with signals coming from several stations. Three kinds of events, representing various volcanic internal processes, were defined as the classes to identify. The tremor events (TR) represent the continuous passage of fluids through the internal ducts of the volcano. Long period events (LP) represent the sudden passage of fluids. The volcano-tectonic events (VT) represent rock break within the structure. A fourth class called Other (OT) contains all other types of events that can be sensed by the seasons (avalanches, tectonic earthquakes, hybrid events, noise, etc.) was added as a contrast group. For its similarity with the VT class, tectonic events (TC) were subsequently separated from the OT group and formed a new group. The project proposed to implement a Platform for the Processing and Management of seismic signals to support the automatic identification of Llaima volcano events. The platform consists of three modules. The first module is the automatic identification which in turn consists of two phases: a detection step that performs a segmentation of the events, differentiating them from background noise and classification stage receiving the segmented event and assigns it a class, that is a label. The second Module is the management module used to read the signals from the databases of the OVDAS and write the labels in the label database. Finally, the third Module is the Primary Processing module which allows analysts to review the signals classified by the identification module. The platform was successfully installed in OVDAS and its modules were well evaluated by analysts, regarding their functionality and user-friendly interface. Regarding the performance of the events identification, the detection step presented a rate greater than 90% of accuracy, when the system works online (continuous reading of the signal database). The accuracy of the classification, exceeded 80% however, the sensitivity dropped to 66% when the system was tested online. The causes of this outcome were analyzed and various strategies for improving the classification were proposed in the second stage of the project. Despite this, the results were encouraging and led to three publications in the Journal of volcanology and geothermal research [1-3]. The results of this project allowed to acquire more knowledge about the phenomena associated with volcanic seismicity and generate interesting work together with experts from OVDAS. The second stage will generate a prototype that will consider the information from various stations for the identification step, generating an integrative approach to monitor the seismicity of the Llaima volcano. The whole system will be tested in another volcano

2.2 Cuadro De Sintesis de Resultados y Objetivos

Objetivos Generales	
Nombre Objetivo	OBJETIVO GENERAL
Descripción	Generar un criterio uniforme que automatice la identificación de eventos sísmicos y organice las señales sísmicas, mediante el desarrollo de una plataforma de gestión asistida por computador para apoyar la vigilancia del volcán Llaima.

Objetivos Específicos	
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 1
Descripción	Establecer un criterio uniforme de identificación de eventos sísmicos mediante el desarrollo de un algoritmo de procesamiento de las señales.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 2
Descripción	Mejorar la gestión de datos y la rapidez del procesamiento de señales sísmicas para optimizar el proceso de análisis reduciendo los tiempos invertidos.

RESULTADO	
Tipo	Resultado de Producción
Nombre	Sistema de identificación
Descripción	Este resultado se presenta en la forma de un algoritmo implementado en Matlab para la identificación automática de eventos sísmicos del volcán Llaima. El algoritmo de identificación y el analista de OVDAS trabajarán en conjunto. El analista selecciona una señal y el sistema automáticamente detecta uno o más eventos y los clasifica. Actualmente, la identificación del evento es realizada de forma manual por los analistas, quienes clasifican la señal en base a criterios no siempre uniformes y en un tiempo superior al que debiera alcanzar el sistema automático. El objetivo de la automatización de este proceso es por lo tanto mejorar la eficiencia de la identificación (tiempo y efectividad) y así apoyar esta tarea para que los analistas de OVDAS dispongan de más tiempo para realizar los procesamientos posteriores a la identificación. Se considera aceptable un tiempo de identificación inferior a un minuto y un acierto superior al 80%. Los expertos de OVDAS realizarán además una evaluación cualitativa del desempeño del sistema de identificación.

Descripción del Logro	<p>Este resultado se presenta en la forma de un algoritmo implementado en Matlab que realiza la identificación de los eventos sísmicos de la estación LAVE del volcán Llaima. Las señales son leídas de las bases de datos SQL del Observatorio Vulcanológico de los Andes Sur (OVDAS) y las etiquetas de los eventos son almacenadas en una base de datos local, donde se guarda la fecha, la hora y el tipo de evento. El estado del arte de la identificación automática de los eventos volcánicos es una tarea que aún está en etapa de investigación. El aumento en el número de artículos sobre este tema así lo muestra. Los observatorios vulcanológicos poseen un gran número de sistemas que apoyan la tarea de identificación de eventos (Swarm, APA, Octave) pero todas son herramientas que los analistas aplican sobre las señales para apoyar su decisión, o sea dependen de la intervención de los analistas. En el presente proyecto se propone una herramienta autónoma, que trabaje en paralelo con el analista y que, en esta etapa, solicite su intervención solo cuando un evento sea detectado y con el fin de comprobar la clasificación que realiza el sistema. El principal beneficio para el observatorio es unificar los criterios de detección y clasificación de eventos, pero a la vez, el hecho de que la identificación se realice de forma automática, permite disminuir los tiempos dedicados a esta tarea, por lo que se dispone de este recurso para etapas posteriores de análisis. La disminución de los desacuerdos y de las señales que requieren al especialista permite a los analistas dedicar más tiempos al procesamiento avanzado del volcán. El sistema de identificación es aún un prototipo que requiere de mejoras para poder ser transferido al observatorio. Una segunda etapa permitirá sistematizar lo realizado con una estación, ampliando el procesamiento a varias estaciones de manera de generar un sistema más robusto y confiable. Un contrato de licenciamiento entre las universidades de La Frontera, la Universidad de Chile y el OVDAS permitirá definir la forma de transferencia del sistema.</p>
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción
Nombre	Plataforma de Gestion y Procesamiento de senales sismicas

Descripción	<p>Este resultado se presenta en la forma de una Plataforma que permite realizar la gestión y el procesamiento continuo de las señales sísmicas. Se desarrollará la plataforma mediante la tecnología .NET para mantener compatibilidad con el desarrollo en OVDAS, de tal manera de que los módulos desarrollados en Matlab se generarán para este framework. La plataforma consiste en la integración de un módulo de gestión de la base de datos, junto al sistema de identificación de eventos y a un módulo de procesamiento primario de las señales. La plataforma de gestión tiene dos formas de uso: - uso fuera de línea: en cualquier instante el usuario puede acceder a las señales y procesarlas mediante herramientas básicas (procesamiento primario) y/o mediante el sistema de identificación. - Uso en línea: el sistema está permanentemente leyendo los archivos con los registros sísmicos y realizando la identificación automática de los eventos. Las ventajas de esta plataforma para los analistas de OVDAS son en primer lugar que ofrece herramientas de procesamiento primario de acuerdo a las necesidades señaladas por los propios analistas. En segundo lugar ofrece el sistema de identificación automática, que no existe en la actualidad. La evaluación de la plataforma consta de dos aspectos: Un aspecto cualitativo que mide el grado de satisfacción de los expertos de OVDAS respecto del funcionamiento de la plataforma general (módulos de Gestión de Archivos, Procesamiento e Identificación). Un aspecto cuantitativo, que indica el porcentaje de eventos correctamente identificados por el sistema, así como medidas del tiempo de los procesamientos. La medición cualitativa será realizada mediante una encuesta de satisfacción que será aplicada a los analistas de OVDAS. La medición cuantitativa será comparada con la forma actual de realizar este proceso en el OVDAS, con los resultados observados en la literatura y en patentes sobre este tema.</p>
-------------	---

Descripción del Logro	<p>Este resultado se presenta en la forma de una plataforma implementada en Matlab que integra al sistema de identificación de eventos sísmicos con un conjunto de interfaces que permiten la interacción del sistema con los analistas de OVDAS. La plataforma fue instalada y puesta en marcha en las dependencias del OVDAS. La conexión con la Base de datos de señales (entrada) y con la base de datos de etiquetas (salida) fue exitosa. Las interfaces del sistema fueron evaluadas por analistas del OVDAS. En funcionamiento normal, el sistema trabaja de forma autónoma: el analista puede observar en la interface de identificación cómo se realiza el procesamiento sobre la señal, mostrando el recorte y el etiquetado automático de los eventos. El analista puede además solicitar un resumen con los tipos de evento detectados en un periodo de tiempo seleccionado. Los analistas tienen también la posibilidad de revisar y modificar las etiquetas generadas por la plataforma mediante una interface de revisión y de evaluar el rendimiento del sistema, cuando comparado con algún analista específico. Esto se realiza en la interface de evaluación. La plataforma permite por lo tanto gestionar la base de datos, procesar las señales y almacenar las etiquetas de los eventos detectados, a la vez que ofrece algunas herramientas básicas para que los analistas revisen el trabajo del sistema de identificación. La componente de innovación de la plataforma es el sistema de identificación. El principal beneficio de este sistema para el observatorio es unificar los criterios de detección y clasificación de eventos y disminuir los tiempos dedicados a este procesamiento primario para realizar más procesamiento avanzado sobre las señales de volcán. La plataforma es aún un prototipo que requiere de mejoras, en función de las observaciones hechas por los analistas y su implementación final será hecha en un lenguaje ejecutable. Un contrato de licenciamiento entre las universidades de La Frontera, la Universidad de Chile y el OVDAS permitirá definir la forma de transferencia del sistema.</p>
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO	
Tipo	Resultado de Protección
Nombre	Base de datos Clasificada
Descripción	Se pretende proteger la base de datos correctamente clasificada
Resultados de Producción Asociados	Sistema de identificación
Descripción del Logro	Se obtuvo mediando derechos de autor la protección ante la DIBAM de Base de datos de etiquetas de eventos sísmicos del Volcán Llaima con código 266.255

RESULTADO	
Tipo	Resultado de Protección
Nombre	Plataforma de Gestión y Procesamiento de señales sísmicas del volcán Llaima
Descripción	Se protegerá el algoritmo implementado para el desarrollo de la plataforma.

Resultados de Producción Asociados	Plataforma de Gestion y Procesamiento de senales sismicas
------------------------------------	---

Descripción del Logro	Se obtuvo mediando derechos de autor la protección ante la DIBAM de Algoritmo de identificación de eventos sísmicos del Volcán Llaima con código 266.254
-----------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Conferencia Internacional en Mexico sobre Inteligencia Artificial MICAI
Descripción	Presentación de trabajo titulado "\"Feature Selection for the classification of seismic signals of Llaima Volcano \", esta presentación será muy útil para la difusión de los resultados a nivel internacional y la proyección de trabajo en conjunto con otras Universidades que estén trabajando en proyectos similares

Descripción del Logro	Se presentó la siguiente publicación en la Conferencia Internacional en Mexico sobre Inteligencia Artificial MICAI. Curilem M., Huenupan F., San Martin C., Fuentealba G., Cardona C., Franco L., Acuña G., Chacón M. Feature analysis for the classification of volcanic seismic events using Support Vector Machines. A. Gelbukh et al. (Eds.): MICAI 2014, Part II, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 8857, pp. 160–171. © Springer International Publishing Switzerland 2014.
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Funcionamiento y manejo de la Plataforma.
Descripción	Minicurso para los analistas de OVDAS sobre funcionamiento y manejo de la plataforma propuesta, así como integración de la plataforma al trabajo de OVDAS.

Descripción del Logro	<p>Se realizó el Minicurso para los analistas de OVDAS sobre funcionamiento y manejo de la plataforma propuesta, así como integración de la plataforma al trabajo de OVDAS. Ocho analistas, cuyos nombres se identifican más abajo, participaron de la capacitación. La actividad fue realizada de manera individual, en dependencias del OVDAS, en el computador adquirido por el proyecto y que es donde se encuentra instalada la plataforma que ya está funcionando en línea con la Base de Datos del observatorio. Cada analista fue informado del alcance y objetivos del proyecto. Se realizó además una breve presentación en power point que describe en términos generales el funcionamiento del sistema, los módulos que lo conforman y las interfaces de interacción con los analistas. Luego de la etapa de presentación general de la plataforma, los analistas fueron invitados a trabajar con la interface, de manera semi-guiada. Esta actividad estuvo a cargo de uno de los desarrolladores de la interface. Se presentaron las tres interfaces donde los usuarios deben interactuar con el sistema: la Interface de Revisión, la Interface de Identificación automática y la interface de Evaluación. Durante la interacción de los analistas con la plataforma se analizó cuan auto-explicativa es cada interface y se aclaró dudas en los casos necesarios. Finalmente los usuarios llenaron una breve encuesta que evalúa la funcionalidad, usabilidad y amigabilidad de las tres interfaces analizadas, así como cuáles son las mejoras sugeridas. La actividad duró aproximadamente hora y media por analista. Los resultados de las encuestas están aún siendo evaluados. La mayor parte de los cambios sugeridos están orientados a la interface de revisión de las señales que es en la que los analistas tienen más interacción. Esta actividad permitió el logro del objetivo de la capacitación ya que los analistas comprendieron el funcionamiento y los alcances de la plataforma, durante el funcionamiento normal de la misma. Participantes Actividad de la Capacitación 2. Luis Franco, sismólogo. Alberto Valderrama, analista. Cristian Carter, analista. Sergio Morales, analista. Boris Fernández, analista. Luis Barrientos, analista. Jonathan Lazo, analista. Juan San Martin, analista.</p>
-----------------------	---

RESULTADO

RESULTADO	
Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Tecnicas de Procesamiento de senales y clasificacion
Descripción	Minicurso para los especialistas (geólogos, sismólogos, etc.) de OVDAS sobre las técnicas de Procesamiento de señales y clasificación usadas en el proyecto.
Descripción del Logro	El día 24 de Julio se capacitó al personal del OVDAS en los resultados del Proyecto, sobre las técnicas de procesamiento y clasificación de señales. A dicha capacitación asistieron 9 personas en las dependencias del Observatorio Vulcanológico de los Andes del Sur.

RESULTADO DE PRODUCCIÓN

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Proceso	2	2

RESULTADO DE PROTECCIÓN

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Derecho de Autor	2	2

RESULTADO DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA (EX "OTROS")

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Evento	1	1

RESULTADO DE FORMACIÓN DE CAPACIDADES (EX "OTROS")

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Capacidades de formación de redes o de equipos de trabajo	2	2

2.3 Informe financiero a la fecha de término

	Montos Comprometidos según Convenio por fuente de financiamiento	Monto Girado por Fondef	Gastos financiados por fuente de financiamiento	%
FONDEF	117.104.000	117.104.000	116.144.895	56,1 %
FONDEF	117.104.000	117.104.000	116.144.895	28,05 %
Institución(es) Beneficiaria(s)				
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA	45.316.000	No Aplica	48.585.530	23,47 %
UNIVERSIDAD DE CHILE	15.142.000	No Aplica	17.671.870	8,54 %
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA	45.316.000	No Aplica	48.585.530	11,73 %
UNIVERSIDAD DE CHILE	15.142.000	No Aplica	17.671.870	4,27 %
Empresas y otras Entidades Asociadas	24.632.000	No Aplica	24.632.740	5,95 %
Totales	202.194.000	117.104.000	207.035.035	50 %

Monto por Reintegrar		959.105		
Monto Reintegrado a FONDEF		(0)		
Costo Final del Proyecto		414.070.070		

2.4 Autoevaluación de la Ejecución del Proyecto

El(la) Representante Institucional de cada Institución Beneficiara
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
<p>Las universidades ya no solo buscan la obtención de mayores y mejores profesionales o publicaciones en revistas científicas, sino están en la constante búsqueda de innovaciones efectivas que tienen incorporadas acciones como investigación, invención, publicaciones que sean de utilidad para el desarrollo de nuevas propuestas conjuntas, acuerdos y convenios con empresas dispuestas a invertir en I+D, responder a las necesidades reales con soluciones sencillas, pero con atributos que cambiarán el enfoque de la sociedad que nos rodea. Por ello, la Universidad ha ejercido un papel relevante en la promoción de la Innovación Tecnológica, ampliando su contribución efectiva a la sociedad, dejando de ser un espacio de calificación profesional; vinculándose ágil y accesiblemente con necesidades del país a través de la empresa y facilidad administrativa para que iniciativas científico-tecnológicas, como la de este proyecto, que se orienten a mejorar los procesos y servicios que las entidades públicas ofrecen a la ciudadanía. El Proyecto CA13110273 – “PLATAFORMA DE PROCESAMIENTO Y GESTIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS DEL VOLCÁN LLAIMA”, ha logrado no solo la formación y especialización de profesionales, publicaciones en destacadas revistas científicas, sino que también el resultado principal del proyecto la Plataforma de Procesamiento, será utilizada en las dependencias del Observatorio Vulcanológico de Los Andes del Sur por sus profesionales, la cual seguirá siendo perfeccionada por las instituciones participantes del Proyecto, lo cual para la Universidad ha sido un logro extraordinario. Particularmente se destaca el esfuerzo y trabajo incesante tanto de los investigadores de nuestra casa de estudio en conjunto con los de nuestra universidad socia la Universidad de Chile sino también que el esfuerzo y disposición entregados por los miembros de la institución socia SERNAGEOMIN a través del OVDAS, los cuales dedicando importantes horas de trabajo en el Proyecto para que los resultados del mismo sean exitosos.</p>
UNIVERSIDAD DE CHILE
<p>El proyecto Fondef CA13110273 se gestó en el marco del proyecto Anillo ACT 1120 “Centro para la investigación multidisciplinaria para el procesamiento de señales”. El director e investigador principal de este proyecto anillo fue también el investigador responsable en la Universidad de Chile de este proyecto Fondef. Esta estrategia hizo posible que el grupo de investigación de la UFRO tuviera acceso a un abanico de recursos humanos y a una red de colaboración nacional e internacional mucho más productivos que aquellos que se hubieran podido financiar exclusivamente con el presupuesto de Fondef. Entre los recursos humanos se incluyen investigadores post-doctorales, ingenieros y alumnos tesistas de post-grado. Del punto de vista de la gestión administrativa, la oficina de proyecto de las FCFM-Universidad de Chile coordinó y ejecutó los procesos administrativos para llevar adelante este tipo de iniciativa. Hay que recordar que, siendo la Universidad de Chile una institución pública, tenemos una serie de barreras administrativas que requieren de un cuidado especial. En este sentido, todo los procedimientos se realizaron de acuerdo a la normativa vigente.</p>
El(la) Director(a) del proyecto

La Plataforma de Procesamiento y Gestión de señales sísmicas para apoyar la identificación de eventos del volcán Llaima fue implementada, instalada y puesta en marcha en el OVDAS. Los módulos que componen la plataforma fueron integrados correctamente entre sí y la Plataforma interactúa correctamente con las bases de datos de OVDAS, generando un prototipo que pudo ser evaluado en el lugar donde será utilizado, o sea, trabajando en paralelo con los analistas del observatorio. El sistema fue bien evaluado por los usuarios desde un punto de vista de su funcionalidad y del carácter amigable de las interfaces, en especial del módulo de gestión de archivos y de procesamiento primario de las señales que son los módulos que requieren de la interacción con los analistas. Una evaluación cuantitativa midió el rendimiento del Módulo de Identificación. La evaluación de la detección de los eventos y del tiempo de procesamiento de las señales fue excelente, cercana al 90%, superando los compromisos asumidos por el proyecto. La mayor dificultad se presentó en la clasificación que mostró resultados inferiores al 80% comprometido en el proyecto, alcanzando el 77.5% de sensibilidad en las pruebas de laboratorio (con eventos preclasificados) y cayendo a un 66.1 % de sensibilidad en las pruebas en línea, o sea cuando la Plataforma opera leyendo directamente y de forma continua las señales almacenadas en las bases de datos del OVDAS. Una de las razones de este rendimiento es que en las pruebas en línea, la etapa de detección recorta, además de los eventos reales, eventos llamados falsos positivos (FP) que son generalmente ruido o eventos sísmicos deformados por diversas razones en la lectura del sensor. Como los FP sobrepasan los umbrales de señal a ruido, son considerados eventos y son recortados por el detector, para luego ser entregados a los clasificadores que los clasifican de manera errónea. Al ser de naturaleza muy diferente, no es posible entrenar los clasificadores para que reconozcan los FP como de la clase OT, por lo tanto, se deben buscar otras estrategias para descartarlos o para tomar decisiones respecto de su clasificación. Analizando cómo los analistas identifican este tipo de eventos, ellos indican que consideran la información proveniente de otras estaciones para clasificar o descartar estos eventos. Es por esto que surge la necesidad de replicar el estudio de casos realizado en este proyecto a otras estaciones del volcán Llaima y elaborar una estrategia de combinación de las informaciones que permita mejorar las tasas de clasificación correcta. Durante el proceso de diseño del sistema de monitoreo se deben considerar por separado las estaciones sísmicas. La prueba de concepto realizada en este trabajo permitió analizar la robustez del módulo de identificación puesto a prueba en línea y proponer las estrategias de solución que serán desarrolladas en el segundo proyecto.

2.5 Propuesta de Continuidad de la(s) Institucion(es) Beneficiaria(s)

Los resultados obtenidos durante la ejecución del Proyecto han sido valiosos tanto para las universidades como para las Instituciones asociadas. Para las universidades han consolidado los grupos de investigación tanto internamente con entre las instituciones beneficiarias, lo que ha permitido la visualización de nuevas oportunidades de proyectos y trabajos en conjunto. Además el Proyecto ha permitido la generación de nuevos conocimientos, nuevos profesionales y capacitación y perfeccionamiento de alumnos, lo cuál es clave para la continuidad de las líneas de investigación asociadas al Proyecto. En cuanto al trabajo con las instituciones asociadas, durante la ejecución del Proyecto se visualizó la necesidad de continuar trabajando en conjunto con la incorporación de nuevas estaciones de monitoreo y nuevos volcanes para mejorar y validar la tecnología desarrollada por esto se postuló y adjudicó el Proyecto IT15110027 que contempla ambas oportunidades. Con esto se pretende consolidar aún más el trabajo en conjunto entre el Observatorio Vulcanológico de los Andes del Sur, la Universidad de Chile y la Universidad de La Frontera, con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta ante una erupción y salvando así personas, animales y bienes de los sectores aledaños a la erupción.