

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

1. DATOS GENERALES

Nombre o Título del proyecto (Español): GENERACIÓN DE UN MODELO DE VELOCIDADES NO LINEALES DE LA CINEMÁTICA DE LA CORTEZA TERRESTRE PARA ECUADOR CONTINENTAL				
Nombre o Título del proyecto (Inglés): GENERATION OF A NON-LINEAL VELOCITY MODEL OF THE CINEMATICS OF THE CONTINENTAL CRUST OF ECUADOR				
Nombre del Departamento/ Centro Responsable: Ciencias de la Tierra		Carrera: <i>(Si la carrera no se encuentra en el listado por favor agregue)</i> Geoespacial		Programa de Postgrado: <i>Elija un elemento.</i>
No. Convocatoria ESPE-HCU-RES-2018-181		Nombre del Programa (Dominios Académicos) Geodinámica interna y externa		
Línea de Investigación: Estudios Geoespaciales		Grupo de Investigación Asociado: Geoespacial		
Tipo de Investigación: Investigación Aplicada		Disciplina Científica: Ciencias Naturales y Exactas		Objetivo Socio Económico: Educación
COBERTURA Y LOCALIZACIÓN				
Internacional	Nacional X	Provincial	Cantonal	Parroquial
Provincia		Cantón		Parroquia
Objetivos del Plan de Desarrollo Nacional Toda una Vida.				
Objetivos Objetivo 7: Incentivar una sociedad participativa, con un Estado cercano al servicio de la ciudadanía				
Políticas Fomentar y fortalecer la auto-organización social, la vida asociativa y la construcción de una ciudadanía activa y corresponsable, que valore y promueva el bien común.				
Área de Conocimiento:				
ESPE Geoespacial		Área de Conocimiento Unesco Ciencias de la tierra y del espacio		Subárea de Conocimiento Unesco: 2504. GEODESIA, 250407 Geodesia por satélites
Campo Amplio Geoespacial		Campo Específico Geoespacial		Campo Detallado Geoespacial
INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO				
Datos de las Instituciones Ejecutoras UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE				
<i>Nombre de Institución que co-ejecutora</i>				
Representante Legal		Tcrn. Humberto Anibal Parra Cárdenas		Cédula de Identidad 1707757389
Teléfonos	23989-400	Fax		Correo Electrónico haparra@espe.edu.ec
Dirección		Av. General Rumiñahui s/n y Ambato, Sangolquí		
Página Web Institucional		www.espe.edu.ec		

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Órgano Ejecutor		Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción			
Monto					
Presupuesto de Riesgos	Presupuesto aporte ESPE		Presupuesto entidad auspiciantes/beneficiaria		Presupuesto Total
	INVERSIÓN	0	INVERSIÓN	0	INVERSIÓN
	CORRIENTE	0	CORRIENTE	0	CORRIENTE
	TOTAL	0	TOTAL	0	TOTAL
PLAZO DE EJECUCIÓN					
Fecha de inicio (dd/mm/aa) 01/04/2020			Fecha de finalización (dd/mm/aa) 01/10/2021		
Duración en meses: 18		Estado: Nuevo: <input checked="" type="checkbox"/> En Ejecución <input type="checkbox"/> Continuación: <input type="checkbox"/>			
PERSONAL RESPONSABLE DEL PROYECTO					
Ingresar a Módulo de Currículum Vitae					
* En caso de que existan más de dos Asistentes o Ayudantes de Investigación, favor insertar más filas.					
• En caso de que no se tenga el nombre del estudiante que ejercerá como Ayudante de Investigación, favor colocar la participación como Estudiante 1.					
Para el caso de Investigadores externos a la universidad se debe incluir el Currículo Vitae completo.					
FUNCIÓN	CÉDULA DE IDENTIDAD <i>Ej: 0400299110</i>	NOMBRE COMPLETO <i>Nombres y Apellidos (Grado académico y especialización)</i>	DEPARTAMENTO/INSTITUCIÓN A LA QUE PERTENECE <i>Nombre de la entidad</i>	TELÉFONO FIJO, CELULAR Y CORREO ELECTRÓNICO	FIRMAS
Director del Proyecto	1102596044	ING. MARCO PATRICIO LUNA LUDEÑA PhD	DECTC / Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	2072072, 0984581943 mpluna@espe.edu.ec	
Asistente de Investigación	0601803273	ING. ALFONSO RODRIGO TIERRA CRIOLLO PhD	DECTC / Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	2835502, 0996651440 artierra@espe.edu.ec	
Asistente de Investigación					
Asesor de Investigación					
Ayudante de Investigación	Estudiante 1	JESSENIA BELÉN CRUZ BALSECA	CIGMA/ DECTC / Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	2754349, 0982287600, jbcruz@espe.edu.ec	
Ayudante de Investigación	Estudiante 2	ANDREA BELÉN CRUZ BALSECA	CIGMA/ DECTC / Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	2754349, 099629 0768, abcruz@espe.edu.ec	
Técnico de Laboratorio					
Otros (detallar)					
CONSIDERACIONES DE GÉNERO Y CONOCIMIENTO ANCESTRAL					
<i>En caso de ser pertinente, se deberán tomar en cuenta las consideraciones de género y conocimiento ancestral.</i>					
CONSECUENCIAS NO INTENCIONALES					
<i>Se deberán identificar los posibles riesgos y presupuestos con estrategias de mitigación.</i>					

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

2. DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA

2.1 Descripción de la situación actual del tema a investigar:

El GNSS (Global Navigation Satellite System) permite determinar la posición relativa tridimensional de un objeto sobre la superficie terrestre con precisión milimétrica. Tiene gran utilidad en la obtención de los desplazamientos horizontales y verticales de la superficie de la Tierra, en cualquier momento, lugar y bajo cualquier condición meteorológica (Hofmann-Wellenhof, 2007).

En la actualidad con el desarrollo de las nuevas tecnologías cada vez es más extendida la implantación de redes de estaciones permanentes GNSS denominadas redes activas, que dotan a los usuarios (geodestas, topógrafos, investigadores y público en general) de un marco de referencia preciso, actualizable, con coordenadas y velocidades de las estaciones, y a su vez suministran datos GNSS para poder realizar mediciones precisas asociadas a dichas estaciones (Specht et al., 2011).

Las medidas obtenidas con GNSS son ampliamente utilizadas en las investigaciones de fenómenos geofísicos, como por ejemplo la cuantificación de la deformación cortical y determinación del movimiento de las placas tectónicas, así como para la determinación de deformaciones asociadas a volcanes, ajuste isostático glacial y variaciones del nivel medio del mar (Petrovski y Tsujii, 2012).

En nuestro país se han realizado algunas investigaciones con el fin de obtener el campo de velocidades y su modelamiento. Cisneros y Nocquet (2011) presentan el primer campo de velocidades para el Ecuador. A partir de este trabajo, Tierra (2016) presenta un primer modelo de velocidades de la corteza terrestre a nivel nacional utilizando para ello el método de redes neuronales artificiales mediante aprendizaje supervisado.

A nivel regional, Drewes y Heidbach (2005) presentan el primer modelo de velocidades de la corteza para América del Sur VEMOS (Velocity Model of South America) obtenido a partir de las observaciones geodésicas realizadas en toda la región. Basándose en ese trabajo, posteriormente presentan el modelo de velocidades para América del Sur y el Caribe, denominado VEMOS2009 (Drewes y Heidbach 2012), usando para ello el método de los elementos finitos con un modelo geofísico y el método de Mínimos Cuadrados Colocación con funciones de correlación empírica.

Sánchez y Drewes (2016) presentan el modelo regional actualizado VEMOS2015, con datos de estaciones de América Latina y El Caribe en el periodo 2010–2015, obtenido mediante el método de colocación mínimos cuadrados.

Luna (2017) presenta una contribución a la definición de un modelo de velocidades de la corteza terrestre para Ecuador a partir de datos GNSS, mediante los métodos kriging y mínimos cuadrados colocación; para la obtención del campo de velocidades realizó un análisis exhaustivo de las series temporales mediante la su descomposición aditiva en tendencia, estacionalidad y ruido.

Cabe resaltar, que todos estos estudios han sido realizados considerando el movimiento de la corteza terrestre como una tendencia lineal (velocidad constante). Sin embargo, las series de tiempo de las coordenadas muestran variaciones estacionales generadas por efectos climáticos, variaciones de periodo largo causadas por ejemplo por efectos hidrológicos, variaciones a largo plazo (seculares) y efectos sísmicos que generan saltos en las series de tiempo de las coordenadas de las estaciones y cambios en la tendencia lineal de su movimiento (Drewes, 2012).

2.2 Identificación, descripción y diagnóstico del problema

Según Drewes (2012), las series de tiempo obtenidas de cada estación permanente, demuestran que no poseen velocidades constantes en el movimiento de las placas tectónicas a largos periodos de tiempo, debido a dislocaciones co-sísmicas abruptas (momento del terremoto), velocidades post-sísmicas anormales (después de un terremoto), efectos ambientales no lineales (cualquier momento) y cambios de antena de las estaciones.

Por lo mencionado anteriormente, al no poseer velocidades constantes en las observaciones obtenidas de cada estación permanente y que el marco de referencia se encuentra afectado en su consistencia ante fenómenos físicos en el transcurso del tiempo, es necesario el empleo de modelos no lineales que se ajusten al comportamiento más real del movimiento tectónico.

Debido al terremoto del 16 de abril de 2016, es necesario actualizar el marco de referencia geodésico para el Ecuador, conocido como SIRGAS 95, con la finalidad de homologar la información geodésica-cartográfica generada en los distintos proyectos e investigaciones a nivel nacional. Con el fin de aumentar la precisión y confiabilidad de los marcos de referencia, es necesario realizar el modelamiento de los movimientos no lineales de las estaciones que los conforman. Componentes estacionales en las series de tiempo de las coordenadas y en el modelado de desplazamientos cosísmicos y postsísmicos, que permita la corrección de la posición de un punto hacia una época de referencia deseada.

Para tal efecto se procesarán las observaciones GNSS de las estaciones de monitoreo continuo pertenecientes a la red REGME (Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador) con datos durante el periodo 2008-2018, de las que se

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

obtendrán series temporales de soluciones diarias de coordenadas. Nos centraremos primeramente en la obtención de valores de velocidades más ajustadas a la realidad mediante la modelización no lineal y con precisiones más realistas que las obtenidas por regresión lineal simple mediante el ajuste a una recta considerando solamente la tendencia. Proponemos para ello un análisis más riguroso de las series temporales mediante una descomposición aditiva determinando la periodicidad, tendencia y tipo de ruido presente en cada serie. Una vez obtenidas las velocidades de cada una de las estaciones (campo de velocidades) se procederá a la modelización de velocidades no lineales de la cinemática de la corteza terrestre para Ecuador continental mediante la aplicación de tres técnicas para representar una superficie continua de velocidades: el método geoestadístico Kriging (Matheron, 1989; Webster y Oliver, 2007) y el método de Mínimos Cuadrados Colocación (Sevilla, 1987) y Redes Neuronales Artificiales.

2.3 Línea Base del proyecto (debe contener indicadores cuantificados, que permitirán medir el impacto del proyecto, y servirá para la construcción de metas e indicadores del mismo)

Actualmente los sistemas y marcos de referencia consideran para sus cálculos solamente los movimientos lineales de las estaciones de referencia. No obstante, las series de tiempo de las coordenadas muestran variaciones estacionales generadas por efectos climáticos, hidrológicos, sísmicos, entre otros, los cuales generan saltos en las series de tiempo de las coordenadas de las estaciones y cambios en la tendencia lineal de su movimiento. La determinación del campo y modelo de velocidades de la corteza terrestre más cercanos a la realidad, contribuirá a una mayor comprensión de la tectónica y geodinámica de nuestro país; además, desde un punto geodésico, permite conocer las coordenadas geodésicas de las estaciones en cualquier época respecto a un determinado sistema de referencia, contribuyendo de esta manera a la realización de un marco de referencia geodésico del país más consistente, de mayor precisión y fiabilidad.

* Adjuntar : Página Legal

Identificación y caracterización de la población objetivo (beneficiarios y participantes)

Número Directos Hombres:	Número Directos Mujeres:	Total Número Directos:	Total Número Indirectos:	Personas con capacidades especiales:
Número de docentes participantes: 2	Docentes participantes hombres: 2	Docentes participantes mujeres: 0		
Número de estudiantes participantes: 2	Estudiantes participantes hombres: 1	Estudiantes participantes mujeres: 1		

Factores críticos de éxito: Matriz de riesgo

Restricciones/Supuestos:

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO (Matriz de Marco Lógico)

	Indicador	Medio de Verificación/Entregables	Supuestos
Fin: Con la finalidad de incrementar la precisión y confiabilidad de los marcos de referencia, es necesario identificar la mejor estrategia posible que permita modelar adecuadamente los	Modelar los componentes estacionales en las series de tiempo de las coordenadas y el modelado de desplazamientos cosísmicos y postsísmicos, que permita la transformación entre los	Modelos no lineales de las estaciones de monitoreo continuo. Modelos de las velocidades mediante técnicas de interpolación: Kriging, mínimos cuadrados colocación y redes neuronales en software Matlab.	Que se realice una capacitación a estudiantes para el procesamiento de datos GNSS utilizando software científico.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

<p>movimientos no lineales de las estaciones que los conforman.</p>	<p>marcos de referencia anterior y posterior a un terremoto.</p>		
<p>Propósito (objetivo general): Generar un modelo de velocidades no lineales de la cinemática de la corteza terrestre para Ecuador continental, utilizando datos desde el año 2008-2018</p>	<p>Determinación de las variaciones estacionales ocasionadas por diferentes efectos que generan saltos en las series de tiempo de las coordenadas de las estaciones. Determinación del campo y modelo de velocidades de la corteza terrestre más cercanos a la realidad.</p>	<p>Verificación y ajuste de modelos no lineales mediante validación y comprobación. Obtención de los mejores modelos en base a contraste de parámetros estadísticos.</p>	<p>Modelos generados no representen un buen ajuste a los movimientos reales de la corteza terrestre. No obtener datos del año 2018.</p>
<p>Componente 1 (objetivo específico 1): Obtener las coordenadas diarias de las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME, en el periodo 2008 -2018, para la generación de series temporales.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.1 Análisis y recopilación de la información existente. • 1.2 Preparación y procesamiento de datos utilizando el software científico Bernese. 	<p>Coordenadas diarias de las estaciones de monitoreo continuo obtenidas a través del procesamiento de datos GNSS utilizando software científico Bernese. No se necesita presupuesto alguno para poder realizar a cabalidad con estas actividades.</p>	<p>La información recopilada y las coordenadas diarias obtenidas en el procesamiento serán almacenadas en un disco duro, para su respaldo y posterior análisis.</p>	<p>Daño de dispositivos de almacenamiento causados por factores no controlables.</p>
<p>Componente 2 (objetivo específico 2): Analizar la tendencia, estacionalidad y tipo de ruido, así como otros posibles efectos en cada estación, mediante el análisis exhaustivo de las series temporales obtenidas para cada estación.</p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2.1 Transformar las coordenadas de un sistema cartesiano 	<p>Coordenadas diarias transformadas a un sistema local de referencia. Obtener los parámetros de las series temporales analizadas mediante descomposición aditiva: Tendencia, periodicidad y ruido. No se necesita presupuesto para la realización de estas actividades.</p>	<p>Las coordenadas en el sistema local, así como los parámetros obtenidos por descomposición de las series temporales serán almacenadas en un disco duro, para su respaldo y posterior análisis.</p>	<p>Daño de dispositivos de almacenamiento causados por factores no controlables.</p>

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

<p>global a un sistema de referencia local topocéntrico, para facilitar el estudio e interpretación de las series generadas en el procesamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2.2 Realizar un análisis exhaustivo de las series temporales mediante el estudio de la descomposición de las mismas: Tendencia, periodicidad y tipo de ruido existente. 			
<p>Componente 3 (objetivo específico 3):</p> <p>Estimar un campo de velocidades homogéneo para el Ecuador (velocidades horizontales y verticales de las estaciones REGME), analizadas en el periodo 2008-2018 mediante la modelización no lineal de las series temporales.</p> <p>Actividades:</p> <p>3.1 Cálculo de las velocidades mediante modelización no lineal incorporando los periodos estacionales mediante series de Fourier.</p> <p>3.2 Evaluar las incertidumbres de las velocidades estimadas.</p>	<p>Velocidades no lineales de las estaciones de monitoreo (campo de velocidades no lineales para el Ecuador continental)</p> <p>No se requiere de presupuesto para la realización de estas actividades.</p>	<p>Las velocidades obtenidas mediante la modelización no lineal serán almacenadas en un disco duro, para su respaldo y posterior análisis.</p>	<p>Daño de dispositivos de almacenamiento causadas por factores no controlables.</p>
<p>Componente 4 (objetivo específico 4):</p> <p>Aplicar, validar y comparar distintos métodos y técnicas de estimación e interpolación.</p> <p>Actividades:</p>	<p>Selección del modelo de velocidades no lineales que presente mejor ajuste.</p>	<p>El modelo de velocidades no lineales determinado será realizado en el software Matlab y almacenado en un disco duro, para su respaldo y posterior aplicación.</p>	<p>Daño de dispositivos de almacenamiento causadas por factores no controlables.</p>

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

<p>4.1 Modelamiento mediante la técnica geoestadística Kriging.</p> <p>4.2 Modelamiento mediante la técnica geoestadística mínimos cuadrados colocación.</p> <p>4.3 Modelamiento mediante redes neuronales.</p> <p>4.4 Comparación de modelos mediante validación cruzada.</p>			
--	--	--	--

Detalle de entregables del proyecto				
Bienes				
Servicios	Modelo de velocidades no lineales (Código fuente)			
Detalle de adquisiciones del proyecto				
Descripción	% Nacional	% Importado	Detalle insumo nacional	Detalle insumo importado
Bienes	0	0		
Servicios	0	0		
Categorización del Proyecto				
Indispensable	Necesario X	Deseable	Admisible	

4. METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN *(Diseño del Estudio: Detallar diseño experimental, tipo de análisis estadístico, otros)*

Primeramente se realizará el análisis y recopilación de la información existente, actualmente se cuenta con datos GNSS desde el año 2008 hasta el año 2017 de las estaciones de monitoreo continuo. Los datos deben ser transformados a formatos compatibles con el software a utilizarse, posteriormente se deben preparar los datos en carpetas junto con datos de las estaciones fiduciales o de control que se deben descargar de los diferentes organismos internacionales que proveen de esta información. Una vez con los datos preparados se procederá a realizar el procesamiento con el software científico Bernese, que nos darán como resultado coordenadas cartesianas globales diarias, las cuales deben transformarse a coordenadas locales. Este tipo de coordenadas nos proporciona una idea más clara del comportamiento de cada serie en sus respectivas componentes para facilitar

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

la interpretación, obteniéndose de esta manera las series temporales de cada una de las estaciones. Las series temporales serán analizadas mediante la descomposición aditiva para determinar la tendencia, la periodicidad y el ruido, se realizará un análisis espectral de la serie para posteriormente emplear el análisis de Fourier para el estudio de la periodicidad de las mismas a través de la descomposición de dicha función en una suma de funciones sinusoidales mucho más simple, con lo cual se obtendrán las velocidades para cada estación. Una vez que se tienen estas velocidades en las diferentes estaciones se procederá a determinar un modelo de estimación e interpolación de dichas velocidades, para determinar las velocidades en cualquier punto dentro del territorio ecuatoriano mediante las técnicas de Kriging, Mínimos Cuadrados Colocación y Redes Neuronales Artificiales. Se seleccionará el modelo que presente mejor ajuste; se tomará en cuenta el estadístico del error cuadrático medio obtenido a partir de la validación cruzada, el cual nos brindará un criterio más adecuado para juzgar la bondad de ajuste del modelo.

5. FINANCIAMIENTO

(Ingresar información en Anexos)

6. VIABILIDAD Y PLAN DE SOSTENIBILIDAD

Viabilidad Técnica:

El presente proyecto es posible realizarlo debido a que se dispone de los datos GNSS de las estaciones de monitoreo continuo de la red REGME desde el año 2008 hasta 2017, y en base al convenio existente entre el IGM y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, se obtendrán los datos del año 2018. Se cuenta con equipo informático y personal capacitado para el procesamiento en software científico Bernese.

Equipamiento Tecnológico Disponible

Software científico Bernese
Computadoras
Servicio de Internet

¿Qué perdería el país si el proyecto no se ejecuta en este periodo?

No se contaría con modelos de velocidades necesarios para el mantenimiento y definición de un marco de referencia de acuerdo a estándares mundiales

¿Cuáles son los resultados o impactos esperados del proyecto?

Impacto Social:

Aporte a las instituciones públicas o privadas para mejorar trabajos relacionados con la posición de un objeto (Trabajos topográficos, geodésicos, fotogramétricos, obras civiles, etc)

Impacto Científico:

No existe hasta el momento un modelo de velocidades no lineales a nivel local ni regional (Sudamérica)

Impacto Económico:

Impacto Político:

Aportar para la definición de la Ley de la Cartografía Nacional del Ecuador, puesto que esta se encuentra obsoleta.

Otro Impacto:

Análisis de impacto ambiental

No se genera ningún impacto ambiental

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Sostenibilidad social: equidad, género, participación ciudadana Toda persona que trabaje en posicionamiento utilizará este modelo
Difusión y Transferencia Tecnológica
Para la transferencia de resultados se lo realizará a través de los siguientes medios: publicaciones científicas, organización de talleres con participación de los beneficiarios del proyecto, participación de los investigadores en congresos nacionales e internacionales y docencia
Artículo Científicos Dos artículos científicos con factor de impacto
Prototipos
Registro de Propiedad Intelectual
Empresas Spin Offs
Otros: Difusión
Análisis de riesgos: Ingresar la información en el ANEXO

7. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN
Los datos que ingrese en este ítem serán empleados para hacer seguimiento

Hitos del proyecto (Un hito x mes)							
No.	Fecha Inicio	Fecha Fin	Actividades (1)	Entregables (1)	USD. Presupuesto (3)		
					INV.	CTE	TOTAL
1	01/06/2020	01/08/2020	Análisis y recopilación de la información existente.	Información recopilada en formato digital.	0	0	0
2	01/08/2020	01/02/2021	Preparación y procesamiento de datos utilizando el software científico Bernese.	Coordenadas diarias en sistema cartesiano global en formato digital.	0	0	0
3	01/02/2021	01/03/2021	Transformar las coordenadas de un sistema cartesiano global a un sistema de referencia local.	Coordenadas diarias en sistema topocéntrico local en formato digital.	0	0	0
4	01/03/2021	01/04/2021	Análisis exhaustivo de las series temporales mediante el estudio de la descomposición de las mismas: Tendencia, periodicidad y tipo de ruido existente.	Descomposición y estudio de las series en formato digital.	0	0	0

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

5	01/04/2021	01/07/2021	Cálculo de las velocidades mediante modelización no lineal incorporando los periodos estacionales mediante series de Fourier.	Velocidades no lineales de todas las estaciones en formato digital.	0	0	0
6	01/07/2021	01/08/2021	Evaluar las incertidumbres de las velocidades estimadas	Incertidumbres de las velocidades en formato digital.	0	0	0
7	01/08/2021	01/09/2021	Modelamiento mediante la técnica geoestadística Kriging.	Modelo de velocidades mediante técnica Kriging en código fuente.	0	0	0
8	01/09/2021	01/10/2021	Modelamiento mediante la técnica geoestadística mínimos cuadrados colocación.	Modelo de velocidades mediante técnica de mínimos cuadrados colocación en código fuente.	0	0	0
9	01/10/2021	01/11/2021	Modelamiento mediante redes neuronales artificiales.	Modelo de velocidades mediante técnica de redes neuronales artificiales en código fuente.	0	0	0
10	01/11/2021	01/12/2021	Comparación y de validación modelos.	Modelo final de velocidades en código fuente.	0	0	0

Los hitos son mensuales, debido al seguimiento que realiza la Unidad de Planificación Institucional de la Universidad y SENPLADES.

(1) Debe colocarse las actividades y entregables subidas en el punto 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

(2) Debe colocarse el presupuesto de acuerdo a la planificación financiera del punto 5. FINANCIAMIENTO.

8. BIBLIOGRAFÍA Y OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA CITADA

Cisneros, D., & Nocquet, J. M. (2011). Campo de velocidades del Ecuador, obtenido a través de mediciones de campanas GPS de los últimos 15 años y medidas de una red GPS permanente. *Revista Geoespacial*, 9, 30-49.

Drewes, H., & Heidbach, O. (2005). Deformation of the South American crust estimated from finite element and collocation methods. *A Window on the Future of Geodesy*, 544-549.

Drewes, H., & Heidbach, O. (2012). The 2009 horizontal velocity field for South America and the Caribbean. In *Geodesy for Planet Earth* (pp. 657-664). Springer Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-642-20338-1_81

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2007). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science & Business Media.

Luna, M.P., (2017) Contribución a la definición de un modelo de velocidades de la corteza terrestre para Ecuador a partir de datos GNSS. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía. Madrid, España.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

- Matheron, G. (1989). Estimating and choosing. An essay on probability in practice. Translated from the French and with a preface by AM Hasofer.
- Petrovski, I. G., & Tsujii, T. (2012). Digital satellite navigation and geophysics: A practical guide with GNSS signal simulator and receiver laboratory. Cambridge University Press.
- Sánchez, L., & Drewes, H. (2016). Crustal deformation and surface kinematics after the 2010 earthquakes in Latin America. Journal of Geodynamics. DOI: 10.1016/j.jog.2016.06.005.
- Sevilla, M. J. (1987). Colocación mínimos cuadrados. CSIC-UCM-Instituto de Astronomía y Geodesia (IAG).
- Specht, C., Nowak, A., Koc, W., & Jurkowska, A. (2011). 10 Application of the Polish Active Geodetic Network for Railway Track Determination. Transport Systems and Processes: Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 77.
- Tierra, A. R. (2016). Prediction 3-D Velocity for Ecuador by Artificial Neural Network RBF. IEEE Latin America Transactions, 14(1), 386-390.
- Webster, R., & Oliver, M. A. (2007). Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons.

9. ANEXO

En los formatos que se encuentran en la hoja electrónica que se acompaña se debe ingresar la información relacionada con:

- Acta de Consejo de Departamento
- Matriz de riesgos del proyecto
- Planificación financiera
- Página Legal e Informe de búsquedas
- Currículo Vitae actualizado de todos los participantes
- Carta de auspicio del grupo de investigación al cual pertenece de ser pertinente

10. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

<p>Ciudad y Fecha:</p> <p>Sangolquí, 12 de Febrero de 2020</p> <hr/>	<p>Director del Proyecto</p>  <hr/> <p>Dr. Marco Patricio Luna Ludeña C.I. 1102596044</p>
<p>DECLARO QUE EL PROYECTO SE ENCUENTRA APROBADO Y TIENE EL RESPALDO DEL DEPARTAMENTO/CENTRO</p> <hr/> <p>Ing. Ana Gabriela Haro Báez PhD. C.I. 1713500302</p> <p>ACTA DE APROBACIÓN DE CONSEJO NO. _____</p>	

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

En el caso de las extensiones incluir la firma de respaldo de la Jefatura de Investigación.