



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Multidisciplinarios, Externos): SEMILLA

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Geología y Petróleos

DEPARTAMENTO: Petróleos

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Medio Ambiente
(verificable en el SAEW)

1 **Proyecto de Investigación**

Título:

Derrames de petróleo: tiempos de respuesta, zonas de riesgo y patrones de ocurrencia

Resumen del proyecto

El presente proyecto usa sistemas de información geográfica (GIS) para entender las relaciones espaciales entre tiempos de respuesta y accesibilidad, con la generación de pasivos ambientales en la explotación y transporte de hidrocarburos, particularmente derrames de petróleo. Específicamente pretendemos analizar a nivel de todo el Ecuador a) la distribución de eventos de derrames y posibles patrones espaciales y de diseño de líneas de flujo; b) zonas de difícil accesibilidad y por tanto, mayores tiempos de respuesta en caso de contingencias; y, c) determinar zonas “de alto riesgo” dónde se junten poca accesibilidad y alto riesgo o propensión a contingencias. Para esto usaremos datos proporcionados por la Agencia de Control y Regulación de Hidrocarburos (ARCH), que serán georeferenciados y analizados usando ArcGIS 10.3. dónde se realizarán análisis de correlación espacial, “least cost path analysis” y análisis de riesgo.

Como productos de este proyecto tendremos: al menos 1 proyecto de titulación en Ingeniería en Petróleos, 2 artículos indexados y un informe técnico de los resultados del proyecto para la ARCH. Además se planea realizar un taller de socialización de resultados con actores del medio externo (ARCH, empresas de la Industria Hidrocarburífera, etc) y una charla técnica en la Facultad de Geología y Petróleos.

Palabras clave: derrame, GIS, conservación, plan de contingencia, riesgo



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



3 **Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

- **Objetivos**

General

- Determinar tiempos de respuesta y zonas vulnerables en caso de derrames de petróleo en el Ecuador

Específicos

- Analizar, bloque por bloque y en las rutas del OCP y SOTE, las zonas menos accesibles y los tiempos potenciales de respuesta en caso de contingencia, considerando el uso de distintos tipos de transporte
- Determinar patrones en eventos históricos (últimos 10 años) de derrames, para predecir zonas particularmente vulnerables
- Establecer, en cada bloque y ruta de línea de flujo, zonas de riesgo para (de ser necesario) actualizar los planes de contingencia

- **Hipótesis**

1. Los medio de transporte planeados en caso de contingencia determinan la efectividad de los protocolos en caso de un derrame
2. Factores de diseño de las líneas de flujo además de otros como la corrosión (edad de equipos) y cercanía a centros poblados podrían explicar derrames de los últimos años.

- **Resultados esperados**

Como resultados del proyecto esperamos encontrar que:

- El tipo de transporte propuesto para llegar al sitio de una contingencia tiene un alto impacto en el tiempo de respuesta
- Dentro de cada bloque, existen zonas, cuyo tiempo de respuesta es demasiado largo, volviéndolas zonas particularmente vulnerables en caso de derrames de crudo.
- Decisiones de diseño de líneas de flujo, tales como ángulos de curva, pendientes, cercanía a carreteras o centros poblados y al edad de los equipos, serían factores relevantes de derrames ocurridos en los últimos años.
- En cada bloque existen zonas de alta vulnerabilidad por combinar poca accesibilidad (tiempo elevados de respuesta) con factores de diseño o condiciones de riesgo para derrames.

El presente proyecto se enmarca dentro del Convenio Marco que esa siendo establecido entre la EPN y la ARCH; bajo el cual podrán colaborar en proyectos de investigación, intercambiar datos y la EPN brindará apoyo técnico a la ARCH. En este contexto, uno de los principales productos del presente proyecto es un informe técnico para esta agencia; mismo que será un análisis detallado de las zonas más riesgosas en cuanto a contingencias de la industria petrolera.

Los patrones generales de distribución de pasivos ambientales y de accesibilidad en caso de contingencias serán publicados en 2 artículos indexados en revistas internacionales. El primer artículo tratará de analizar las causas subyacentes de la distribución de pasivos ambientales y podría ser enviado a la revista Conservation Biology, una de las más prestigiosas en el campo. El segundo artículo se enfocará directamente en el manejo de contingencias y los tiempos de respuesta en dichos casos, identificando zonas particularmente vulnerables y estableciendo recomendaciones generales para el diseño de planes de contingencia en la industria hidrocarburífera; este artículo podría ser enviado para publicación en la revista International Risk Analysis, especializada en estudios de gestión de riesgos. Además, este proyecto esperamos abra nuevas líneas de investigación para el futuro; específicamente en el área de ecología espacial, planificación de líneas de flujo y estudios de riesgo para la industria hidrocarburífera.

El conocimiento en herramientas de análisis geográfico y el diseño de planes adecuados en caso de contingencias es fundamental dentro de la formación de un Ingeniero en Petróleos. Por este motivo otro de los productos del proyecto será al menos un proyecto de titulación. El estudiante se enfocará en la relación del diseño de las líneas de flujo con la probabilidad de rotura/derrame.

Potenciales Usuarios

La información y resultados que van a ser generados por este proyecto podrán ser usadas por la ARCH, las empresas públicas de explotación y transporte de hidrocarburos PetroAmazonas EP, SOTE, OCP Ecuador y las empresas operadoras privadas, por ejemplo Repsol, Agip, etc. Esta información permitirá que tomen decisiones informadas sobre sus planes de contingencia e incluso sobre potenciales zonas de riesgo de derrame para actualizar sus protocolos de acción.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



4

Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.

El presente proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de Medio Ambiente. Específicamente aportará al estudio de las actividades de transporte y explotación de hidrocarburos y como establecer planes de contingencia en caso de derrame adecuados, usando herramientas modernas de planificación. Además a través del proyecto de titulación propuesto, se analizará la relación del diseño de líneas de flujo de hidrocarburos con potenciales riesgos ambientales, para establecer recomendaciones que minimicen estos riesgos.

El Ecuador es uno de los países más biodiversos del planeta, además de contar con una diversidad de culturas aborígenes enorme. El posible impacto de una contingencia de la industria petrolera, tal como un derrame, puede tener consecuencias devastadoras que duren por varias generaciones y cuesten varios millones de dólares en reparar. El presente proyecto pretende determinar las zonas que estarían más vulnerables a este tipo de emergencias. Además permitirá revisar (de ser necesario) los planes de las empresas involucradas para minimizar los riesgos ambientales y sociales en caso de algún tipo de emergencia.

Los resultados de este proyecto serán de vital importancia para organismos gubernamentales, como la ARCH y PetroAmazonas, además de empresas privadas, ya que podrán tomar decisiones y establecer planes realmente informados. Lo que permitirá reducir riesgos, establecer mejores protocolos en caso de contingencia y ayudará a la conservación de la diversidad biológica y cultural del Ecuador, además de prevenir contaminación del suelo y agua, todos objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (Objetivos 7 y 11, Ref. 9).



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



5	Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido
	<p>-Descripción del Proyecto</p> <p>La explotación y transporte de hidrocarburos es fundamental para la Economía del Ecuador, siendo una de las principales fuentes de ingresos del país. El Ecuador es uno de los países megadiversos del mundo, por lo que actividades consideradas de alto impacto, como la explotación de hidrocarburos, pueden tener consecuencias desastrosas.</p> <p>A lo largo de la historia de producción de hidrocarburos en el Ecuador ha habido varios casos conocidos de desastres o pasivos ambientales. Esto ha llevado a un refinamiento en las regulaciones, licenciamiento y control de las actividades de la industria hidrocarburífera (entre otras). Uno de los requerimientos es un Plan de Manejo Ambiental (PMA), que contempla entre otros aspectos, el protocolo a seguirse en caso de emergencias en el plan de contingencias. Este documento es fundamental, pues define los responsables, líneas de comando y sobretodo las técnicas y metodologías a ser desplegadas en caso de un derrame (1, 6, 9,10).</p> <p>Para que un plan de contingencia funcione adecuadamente se necesita de una adecuada coordinación entre los involucrados (personal de la Empresa Operadora, Policía, Defensa Civil, etc) y de un adecuado tiempo de respuesta frente a estas emergencias. El tiempo de respuesta, es decir el tiempo transcurrido desde la notificación de la emergencia hasta la llegada de cuadrillas de trabajo e implementación del plan de contingencia, depende principalmente de que tan rápido puedan llegar los técnicos, es decir de la accesibilidad de la zona (10). En el caso de un derrame, el tiempo transcurrido determinará las pérdidas, los daños y por tanto gastos en los que deberán incurrir las empresas involucradas (6).</p> <p>Los sistemas de información geográfica se han constituido en herramientas fundamentales en varias áreas de la investigación básica y aplicada. Entre esos, determinar la accesibilidad de distintas zonas, para determinar los potenciales tiempos de respuesta en caso de contingencias, tales como un derrame (5, 7). Este tipo de sistemas además permite entender patrones de distribución y por tanto de causas subyacentes de distintos procesos, tales como accidentes y contingencias (4). Esta son herramientas altamente eficientes que permiten analizar patrones generales de distribución de datos en grandes extensiones de terreno simultáneamente; además de permitir la producción de información visual (mapas) ideales para la socialización de la información. Siendo la única limitación la necesidad de computadoras de alto poder de procesamiento.</p>



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



- Metodología

Trabajaremos con la ARCH para obtener los datos básicos de ubicación geográfica de: pozos de producción e hidrocarburos, centrales de producción, rutas de oleoductos, poliductos y líneas de flujo; además de la ubicación y descripción de las contingencias y pasivos ambientales generados en los últimos 10 años. Esta información será compilada y formateada en shapefiles incluyendo información específica como edad de la construcción o equipo, volúmenes transportados en las líneas de flujo, etc. En base a los planes de manejo ambiental de cada bloque se extraerá y georeferenciará información sobre las distintas comunidades presentes en cada área y se determinará los métodos de transporte a ser usados en caso de contingencias. También se recopilará otras capas relevantes, tales como centros poblados y densidad poblacional (INEC), vías terrestres y ríos (Diva-GIS Database).

Una vez que la base de datos haya sido completada y depurada se procederá a realizar los análisis espaciales pertinentes usando el paquete informático ArcGIS10.2. En este programa se realizarán conversiones a raster de los datos vectoriales, determinación de "buffers" de riesgo, correlaciones espaciales, análisis del camino menos costoso y estimación del tiempo potencial de respuesta para cada bloque, según los medios de transporte establecidos en el plan de contingencias (1, 2, 4, 5, 7).

Finalmente se usará ArcGIS 10.3 para producir mapas de resumen de los resultados, identificando las zonas más vulnerables a contingencias debido a su accesibilidad y mapas de patrones de ocurrencia de contingencias. Estos mapas se realizarán bloque por bloque para que puedan ser usados efectivamente por los actores directamente involucrados en el manejo de estas áreas.

Literatura Citada

1. Bodnar, J., Jacobi, M., Bock, E., Doucette, E., Muskat, J., & Barr, T. (2014, May). Understanding the Keys to Effective Information Management and Situation Display During a Pollution Response. In *International Oil Spill Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1, pp. 1596-1606). American Petroleum Institute.
2. Cheng, J. X., Zhang, C. C., Xu, H. L., & Wang, S. D. (2014, May). Oil Spill Response Capability Building in China and Her Road Map. In *International Oil Spill Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1, pp. 837-846). American Petroleum Institute.
3. Dean, D. B., & Lawrence, P. L. (2013). Use of geospatial technology for oil spill response planning in the Western Basin of Lake Erie. In *Geospatial Tools for Urban Water Resources* (pp. 177-192). Springer Netherlands.
4. Jiang, J., Wang, P., Lung, W. S., Guo, L., & Li, M. (2012). A GIS-based generic real-time risk assessment framework and decision tools for chemical spills in the river basin. *Journal of hazardous materials*, 227, 280-291.
5. Laborde, D., Wenke, A., Aarnes, Ø., Rudberg, A., & Endresen, Ø. (2015, June). Platform for Oil Spill Response Gap Analysis Case Barents and Norwegian Seas. In *Offshore Mediterranean Conference and Exhibition*. Offshore Mediterranean Conference.
6. Leschine, T. M., Pavia, R., Walker, A. H., Bostrom, A., & Starbird, K. (2015). What-If Scenario Modeling to Support Oil Spill Preparedness and Response Decision-Making. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(3), 646-666.
7. Miller, J. B., & Onwuteaka, J. (1999). Oil Spill Emergency Response GIS: Using GIS to Model Environmental Vulnerability in Coastal Oil Fields, East Central Nigeria. In *Proceedings of ESRI Users Conference*.
<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap460/p460.htm>.
8. Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. (2009) Senplades.
9. Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE). (2001) Decreto Ejecutivo 1215.
10. Walker, A. H., Pavia, R., Bostrom, A., Leschine, T. M., & Starbird, K. (2015). Communication practices for oil spills: Stakeholder engagement during preparedness and response. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(3), 667-690.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



**Cronograma de trabajo anual:
Año 1**

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Recopilación y digitalización de información						
Análisis espaciales y producción de mapas						
Desarrollo proyecto de titulación						
Graduación estudiante						
Escritura informe técnico y manuscritos para artículos indexados						
Envío manuscritos para publicación						
Taller de Socialización de resultados						

- Justificación del equipo requerido

El equipo requerido puede ser desglosado y justificado de la siguiente manera:

Licencias de ArcGIS incluyendo la extensión Stapial Analyst: Paquete informático fundamental para los análisis espaciales propuestos. La extensión Spatial Analyst además permite usar herramientas como calculadora de raster y realizar análisis como least cost path analysis, establecer pendientes, etc; todos ellos fundamentales para la realización del proyecto.

Computadora de 8 núcleos, 4Gb en RAM y 1Tb de memoria + monitor de 22 pulgadas: computadora con capacidades de alto procesamiento para manejar de forma adecuada y eficiente los extensos sets de datos con los que esperamos trabajar. Fundamental para correr efectiva y eficientemente el programa ArcGIS.

6 Fecha de inicio

1 de Febrero del 2016

7 Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.

- El Director, José Luis Rivera, dedicará alrededor de 200 horas por semestre al proyecto; incluyendo análisis de datos, tutoría a estudiantes, escritura de artículos científicos y otros textos de divulgación científica.
- Un estudiante de la carrera de Ing. en Petróleos será Asistentes de investigación durante 20 horas a la semana por un período de 10 meses. Este estudiante además desarrollará su proyecto de titulación como parte de este proyecto.

8 Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto

Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, **estén sustentados con proformas actuales:**

Año 1

Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)
1. Contrataciones	
1 Estudiante como Asistentes de investigación por 10 meses.	3900
Subtotal	3900



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



2. Equipos	
Computadora de escritorio con 4Gb en RAM, disco de un Tb y procesador de 8 núcleos + pantalla de mínimo 21"	1500
Disco duro externo de 1Tb para respaldos	100
Licencia de ArcGIS con la extensión Spatial Analyst	672
Subtotal	1272
3. Literatura especializada	
Costos de publicación de 2 artículos indexados	1200
Subtotal	1200
4. Difusión de resultados	
Taller de socialización de resultados	300
Subtotal	300
TOTAL	7 672
Nombre: José Luis Rivera CC: 1716763782	