

Social Impact Assessment of an Unconventional Hydrocarbons Project using the Gray Clustering Method in the Lancones Basin

Lois Bances¹, Joseph Sinchitullo, MSc.¹, Jhoan Ochoa¹ and Tatiana García¹

¹Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, lbances@fip.uni.edu.pe, jsinchitullo@uni.pe, jochoai@fip.uni.edu.pe, tgarcia@fip.uni.edu.pe

Abstract: In recent years, unconventional hydrocarbons (UH) have been playing an increasingly important role in the world's energy supply. In the Peruvian case, the potential of the Muerto formation in the Lancones basin as an unconventional reservoir has been investigated. Although there are extractive activities in the study area, one of the factors that have limited the performance of activities in the hydrocarbon sector is social conflict. This problem stems from stakeholders' fear of environmental contamination, health, and the degradation of the resources necessary for the population's subsistence (water) caused by extractive activities. For this reason, it is important to carry out an adequate evaluation of the social impact of an oil project at an early stage. In this sense, information was collected on the main concerns of the stakeholders based on the results of the Environmental Impact Study of oil block XXIX. The gray clustering methodology was applied, which allowed evaluating the social impacts associated with the exploration and exploitation of a hypothetical UH oil project in the Lancones basin, located in the Piura region, northwest of Peru. The main result of the work indicates that the project is perceived negatively by the stakeholders in the project's area of direct influence. The most critical concern being access to water, both for human consumption and for agricultural activity. The State, like the oil company, must give priority to access to water resources to avoid potential social conflict. In addition, these results will help the local and national governments to make better decisions about the management of social conflicts associated with a future UH project.

Keywords: Gray Clustering, Stakeholders, Unconventional Hydrocarbons.

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.179>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

DO NOT REMOVE

Evaluación del Impacto Social de un Proyecto de Hidrocarburos No Convencionales Mediante el Método de Grey Clustering en la Cuenca Lancones

Lois Bances¹, Joseph Sinchitullo, MSc.¹, Jhoan Ochoa¹ y Tatiana García¹

¹Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, lbances@fip.uni.edu.pe, jsinchitullo@uni.pe, jochoai@fip.uni.edu.pe, tgarcia@fip.uni.edu.pe

Resumen: En los últimos años los hidrocarburos no convencionales (HNC) han venido desempeñando un papel cada vez más importante en el suministro mundial de energía. En el caso peruano, se viene investigando el potencial de la formación Muerto de la cuenca Lancones como reservorio no convencional. A pesar de que existen actividades extractivas en la zona de estudio, uno de los factores que ha limitado el desempeño de las actividades del sector hidrocarburos, es el conflicto social. Esta problemática radica por el temor de los stakeholders a la contaminación ambiental, salud y la degradación de los recursos necesarios para la subsistencia de la población (agua) ocasionada por las actividades extractivas. Por ello es importante realizar en una etapa temprana una adecuada evaluación del impacto social de un proyecto petrolero. En tal sentido, se recopiló información sobre las principales preocupaciones de los stakeholders en base a los resultados del Estudio del Impacto Ambiental del lote XXIX. Se aplicó la metodología del grey clustering, que permitió evaluar los impactos sociales asociados a la exploración y explotación de un hipotético proyecto petrolero de HNC en la cuenca Lancones, ubicado en la región Piura, noroeste del Perú. El principal resultado del trabajo indica que el proyecto es percibido de manera negativa por los stakeholders del área de influencia directa del proyecto. Siendo la preocupación más crítica el acceso al agua, tanto para el consumo humano como para la actividad agropecuaria. El Estado, como la compañía petrolera deben atender de manera prioritaria el acceso al recurso hídrico para evitar un potencial conflicto social. Asimismo, estos resultados ayudarán al gobierno local y nacional a tomar mejores decisiones sobre el manejo de conflictos sociales asociados a un futuro proyecto de HNC.

Palabras claves: Grey Clustering, Stakeholders, Hidrocarburos No Convencionales.

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la desaceleración de la demanda del mercado mundial de energía en el 2019, el consumo de petróleo creció ligeramente en 1% y el consumo de gas natural aumentó en 2% [1]. Por lo que la economía mundial aún depende de los combustibles fósiles como principal fuente de energía. Por ello ara suplir esta demanda energética, las compañías petroleras aprueban planes de desarrollo de las reservas económicamente rentables. Estas reservas pueden pertenecer tanto a yacimientos convencionales, como a los no convencionales (tight oil/shale gas).

Un yacimiento convencional posee un sistema petrolero definido, donde la roca reservorio tiene buenas características porosas y permeables, junto con esto las propiedades de los

fluidos permiten que el hidrocarburo fluya con relativa facilidad hacia el pozo [2]. Históricamente estos tipos de yacimientos son los más explotados debido a la tecnología tradicional usada, la predominación de pozos verticales y no tener la necesidad de estimular la permeabilidad el yacimiento y así producir de manera económicamente rentable [3]. Por otro lado, los yacimientos no convencionales poseen depósitos del tipo continuo, una roca reservorio de muy baja permeabilidad y porosidad, por lo tanto, la necesidad de una estimulación artificial. Para la explotación de estos yacimientos se requiere mayores inversiones en cuanto costos y tecnología debido a la dificultad para la extracción, en este sentido, es necesario el desarrollo eficiente de métodos de fracturamiento hidráulico y perforación horizontal [3].

El petróleo y el gas han desempeñado un rol importante en las actividades económicas en el Perú, ya que significan más del 80% de la energía que consume el país. El desarrollo de la exploración y producción responsable en el sector hidrocarburos tiene un impacto significativo sobre la economía nacional porque aporta al incremento del producto bruto interno (PBI), la generación de empleo y la balanza comercial. En el quinquenio 2014-2018 el sector hidrocarburos aportó 4,991 millones de dólares en regalías y 3,300 millones en inversiones. Además, 2,955 millones de dólares en canon para las regiones productoras [4]. En el cuarto trimestre de 2019, el valor agregado bruto de la actividad extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos, a precios constantes del 2007, registró un crecimiento de 2,1% [5]. El sector hidrocarburos en los últimos años ha tenido una caída en la producción de petróleo y por lo tanto de sus derivados, llevando consigo uno de los principales problemas que aqueja al país, el ser importador de petróleo, representando esto una dependencia de otros países para poder desarrollar las actividades industriales.

En agosto del 2020, los conflictos socioambientales activos y latentes relacionados a las actividades hidrocarbúferas fueron 23 casos representando así el 18.1% del total registrados en dicho mes [6]. La evaluación de los recursos no convencionales en el Perú aún se encuentra en sus etapas iniciales, siendo la principal debilidad la no existencia de un marco normativo para la exploración y explotación de los Hidrocarburos No Convencionales (HNC). Este marco normativo debería ser impulsado y desarrollado por las entidades competentes del Estado para minimizar los riesgos, principalmente a los asociados con los impactos socioambientales y así garantizar un desarrollo sostenible en los futuros proyectos de HNC.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

En el Perú no está prohibido la fractura hidráulica, pese a eso, aún no hay estudio que cuantifiquen los recursos de HNC [7]. La formación Muerto es considerada una de las rocas generadoras primarias en la cuenca Talara, esta formación tiene las condiciones para ser considerada como el primer reservorio no convencional por su madurez térmica y su alto Contenido Orgánico Total. Pluspetrol perforó el pozo exploratorio Abejas 1X en el año 2000, que investigó el potencial de hidrocarburos de la cuenca Lancones [8]. Asimismo, actualmente se viene investigando el potencial de la formación muerto por el grupo de investigación WALAC de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica [8], [9].

La metodología de la presente investigación ha sido aplicada en múltiples ámbitos y en diversos países, dando diferentes resultados en cada uno de los casos [10]. Delgado et al. [11] usaron la metodología grey clustering, en el cual hicieron una recolección de información de la población más cercana al problema de contaminación minera en la ciudad de La Oroya. Para ello elaboraron preguntas con criterios tanto en el impacto social, impacto ambiental e impacto económico. En total establecieron 8 criterios y dándoles puntajes. Concluyen que se deben buscar medidas entre las partes para evitar futuros conflictos sociales. Asimismo, obtuvieron resultados positivos y negativos, teniendo en cuenta la economía, esto beneficiaba tanto a la población como al país. Pero tomando en cuenta el impacto ambiental esto era perjudicial para toda la población, ya que no solo había contaminación de suelos, sino que también problemas en la salud de la población local.

En el Perú, también se desarrollaron otras investigaciones basadas en el método grey clustering, como la evaluación de la calidad de agua en los principales afluentes del río Rímac por medio de algunos tratamientos con métodos convencionales [12]. Asimismo, en la evaluación de la criminalidad en la ciudad de Lima, identificando los principales distritos con alta criminalidad [13].

En otros países se desarrollaron estudios utilizando la metodología grey clustering. El primer caso en México donde se evaluó la calidad del aire en cuatro ciudades cerca de las actividades mineras, donde los resultados demostraron que no habría una relación directa de la calidad del aire con la minería, por lo que otros aspectos pueden afectar al aire como la actividad industrial, vehículos contaminantes, etc. [14]. El caso que se realizó en España, el método fue aplicado para un proyecto de exploración petrolera ubicado en el Golfo de Valencia. Los resultados revelaron que, para el grupo de la población directamente vinculada, el proyecto tendría un impacto social muy negativo; y para el grupo de ciudadanos indirectamente vinculados, el proyecto tendría un impacto social negativo [15].

Basado en los buenos resultados de los estudios realizados con la metodología propuesta en los casos anteriormente mencionados, en el presente proyecto se realiza un estudio de impacto social para futuros proyectos de HNC en el noroeste del Perú. Para identificar a los principales stakeholders se enfoca principalmente en los resultados de la audiencia pública realizada en el Lote XXIX. Este evento presencial se desarrolló el 06 de mayo del 2014, en el auditorio de la Municipalidad

Distrital de Lancones, Distrito Lancones, Provincia Sullana. Se contó con la presencia de 56 personas registradas, entre ellos autoridades locales, representantes de las comunidades campesinas, de los caseríos, centros poblados en la ciudad de Lancones y entidades que representan al Estado en el sector de energía y ambiente. Desde el punto de vista económico la población se encuentra de acuerdo con la inversión privada, pero la principal preocupación es el acceso al agua tanto para consumo humano, como para las actividades agropecuarias [16].

El sector hidrocarburos en el Perú ha tenido fluctuaciones positivas y negativas desde el punto de vista de la producción y exploración. Esto, debido a las variaciones del precio del crudo y a los problemas sociales que afectan a esta industria, lo que ha llevado a las empresas parar la producción, poner en estado de fuerza mayor o en el peor de los casos devolver los lotes petroleros a Perupetro.

El presente trabajo de investigación busca identificar de manera temprana los potenciales conflictos sociales asociados al desarrollo de un proyecto de HNC. Para de esa manera garantizar el desarrollo sostenible de las actividades petroleras en la cuenca Lancones. Se espera contribuir con el desarrollo de los HNC en el Perú, a través de la prevención de potenciales conflictos sociales. Asimismo, permitirá que las entidades involucradas tengan un rol más proactivo en la prevención y gestión de los problemas sociales, dado que es muy importante obtener la aprobación de la licencia social para el inicio de las actividades extractivas en el Perú.

II. MÉTODO GREY CLUSTERING

El método grey clustering se basa en la teoría del sistema gris, desarrollado originalmente por Deng en 1985 [17]. El sistema gris es una teoría que se centra en el estudio de problemas que involucran pequeñas muestras e información limitada [18]. Este método se desarrolló para clasificar índices de observación u objetos de observación en clases que se pueden definir utilizando matrices de incidencia de grises. El método de grey clustering utiliza funciones que se aplica principalmente para probar si los objetos de observación pertenecen a clases predeterminadas, de modo que puedan tratarse en consecuencia. Además, dado que los encuestados tienden a estar más seguros sobre el punto central de una clase gris en comparación con otros puntos dentro de la clase, las conclusiones basadas en dicha certeza cognitiva son más científicas y confiables [18]. Este hecho es importante para recopilar información de los stakeholders y para evaluar objetivamente el impacto social por el que pueden verse afectados.

El método de grey clustering basado en Center-point Triangular Whitenization weight Functions (CTWF), se desarrolla de acuerdo con la siguiente definición: Suponiendo que hay un conjunto de m objetos, un conjunto de n criterios y un conjunto de s diferentes clases de grises, de acuerdo con el valor de la muestra x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$) del objeto i -ésimo ($i = 1, 2, \dots, m$), para el criterio j ($j = 1, 2, \dots, n$).

Los pasos para la agrupación de grises basada en CTWF se pueden expresar de la siguiente manera [18]:

III. METODOLOGÍA

Paso 1: Los rangos individuales de los criterios se dividen en s clases grises, y luego se determinan los puntos centrales $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$ de las clases grises 1, 2, ... s .

Paso 2: Las clases grises se expanden en dos direcciones, agregando las clases grises 0 ($s+1$) con sus puntos centrales λ_0 y λ_{s+1} respectivamente. Por lo tanto, la nueva secuencia de puntos centrales se establece $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s, \lambda_{s+1}$ (ver Fig. 1).

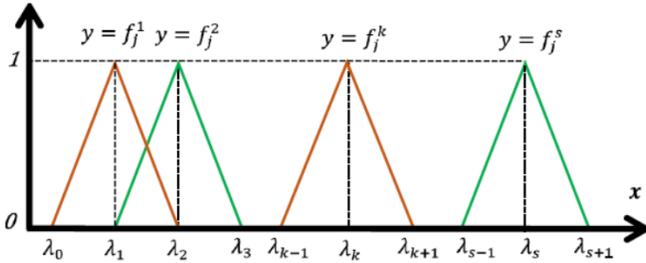


Fig. 1. Center-point triangular Whitenization weight functions (CTWF), [18].

El CTWF para la clase gris k_{th} , $k = 1, 2, \dots, s$, del criterio j_{th} , $j = 1, 2, \dots, n$, para un valor observado x_{ij} se define por la siguiente función para cada criterio:

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x - \lambda_{k-1}}{\lambda_k - \lambda_{k-1}}, & x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1} - x}{\lambda_{k+1} - \lambda_k}, & x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (1)$$

donde: $f_{jk}(x_{ij})$ es el CTWF de la clase gris k_{th} del criterio j_{th} , y n_j es el peso del criterio j .

Paso 3: El coeficiente integral de agrupamiento σ_{ik} , para el objeto i , $i = 1, 2, \dots, m$, con respecto a la clase de gris k , $k = 1, \dots, s$, se pasa a calcular s , con la siguiente ecuación:

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{ij}) \cdot n_j \quad (2)$$

Paso 4: Si $\max \{\sigma_{ik}\} = \sigma_{ik}^*$, se decide que el objeto i pertenece a la clase gris k^* . Cuando hay varios objetos en la clase gris k^* , estos objetos pueden ser ordenados de acuerdo con las magnitudes de sus coeficientes integrales de agrupamiento.

El método Grey Clustering basado en CTWF es una buena herramienta para analizar el impacto que puede tener un proyecto de exploración y explotación en reservorios no convencionales, además se debe considerar también que este método es muy útil cuando hay poca base de datos para el proyecto. Por lo tanto, existe una muy buena certeza sobre los resultados que se obtendrán al aplicar este método.

Para el desarrollo de la investigación se ha elaborado en base a los siguientes puntos.

- Identificar y delimitar el área de estudio (área de influencia directa del proyecto).
- Búsqueda de información en los estudios de impacto ambiental (EIA's) o audiencias públicas realizadas para actividades extractivas de la zona de interés.
- Identificar los principales stakeholders del proyecto mediante la recolección de datos, de las poblaciones que están directamente vinculadas al impacto del proyecto.
- Determinar los criterios de evaluación de stakeholders.
- Caracterizar los criterios de evaluación mediante la discretización de la recolección de datos, tomando en cuenta la situación económica, política y social del área de estudio.
- Realizar encuestas en la zona de estudio de acuerdo con los stakeholders previamente identificados¹.
- Aplicar el método grey clustering en la evaluación del impacto social en proyectos de HNC.
- Evaluar los resultados.

IV. CASO DE ESTUDIO

La valoración cuantitativa de los efectos ambientales asociadas a la exploración y explotación de petróleo en el área de estudio y su adecuado manejo por parte de las autoridades y el inversionista son de vital importancia. Se han empleado diferentes recursos para los analistas de cambios que permitieran evidenciar cuales fueron los comportamientos más críticos en los escenarios pasados, con el fin de validar la hipótesis propuesta.

Se integró la información existente sobre áreas protegidas de carácter local, regional y nacional en el área de estudio localizado en la cuenca Lancones, como se muestra en la Fig. 2. Principalmente se ha recogido las preocupaciones y diferentes puntos de vista de las audiencias públicas realizadas para el otorgamiento de licencias ambientales para el desarrollo de la actividad petrolera (exploración y explotación).

La información analizada se obtuvo de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI); la cual cuenta con datos actualizados hasta el año 2019, y estos ayudaron en gran medida a clasificar y cuantificar para su posterior aplicación [19]. Las cuestiones que se plantean en el presente análisis son el resultado parcial de una investigación más amplia en la cual, realizando entrevistas a diversos actores y observación de participantes, se incorporarán las opiniones y recomendación de cada organización.

Para establecer los criterios se ha considerado las actividades primarias de la zona de estudio, así como las principales preocupaciones de los stakeholders. Esto basado en los resultados de la audiencia pública del EIA del lote XXIX. Se han establecido seis criterios para la evaluación de los

¹ Actividad no desarrollada debido a la pandemia del COVID-19. Para ello se realizó una encuesta simulada.

impactos sociales del proyecto HNC, que a continuación son detallados.

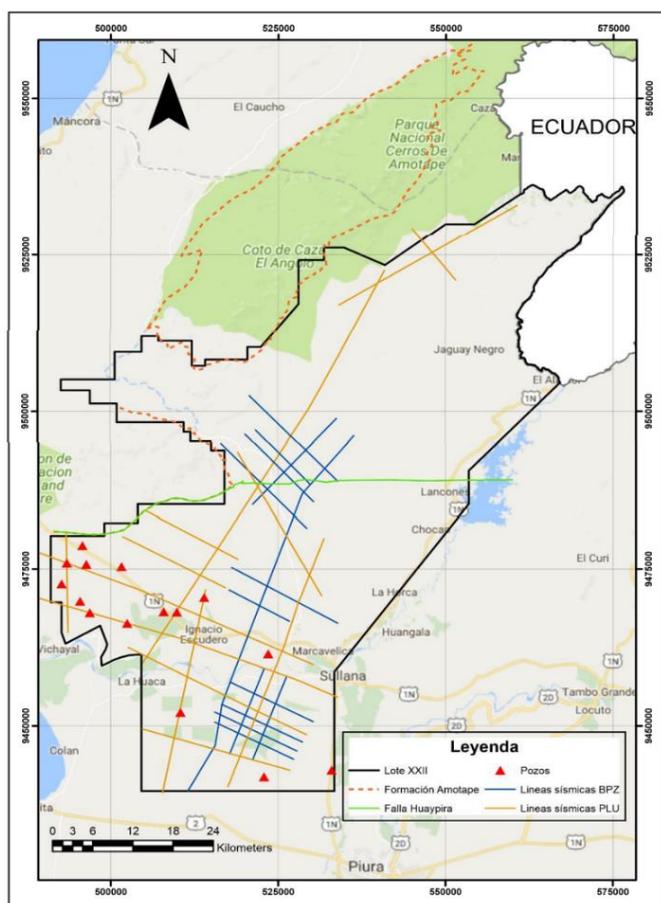


Fig. 2. Mapa de ubicación de la Cuenca Lancones [8].

En el año 2019, el sector agropecuario en Piura creció 4.9% anual, contribuyendo así al crecimiento económico regional que fue de 6,35% en el mismo año. El buen comportamiento del sector se explica principalmente por la recuperación de la producción agrícola que fue afectada en 2017 y 2018 por el fenómeno del niño. Por lo cual el primer criterio es la agricultura (C1), teniendo en cuenta que los principales productos de cosecha de la zona de interés son el banano orgánico, limón y arroz [20].

El segundo criterio es la pesca (C2), que mide la variación de la producción pesquera que es destinada principalmente al consumo humano directo. El producto más característico de la zona de interés es la tilapia, el cual es producido de manera artesanal.

El tercer criterio es el turismo (C3), que, de acuerdo con la Encuesta Trimestral de Turismo Interno durante el 2018, se realizaron alrededor de 3 millones de viajes por turismo interno con destino a la región Piura. Esto representa el 6,6% del total de viajes a nivel nacional, ocupando la región Piura el cuarto puesto del total de visitas por turismo interno del Perú [21]. En este criterio se mide la variación del número de turistas en general que visitan la región de Piura, tomando como referencia el año 2018, que fueron un total de 1,219,000 turistas [22].

El cuarto criterio es el acceso al agua potable (C4), la cual incorpora el volumen producido por la empresa prestadora de servicios Grau (EPS Grau), que es la encargada del abastecimiento de este recurso en la región Piura. El abastecimiento de agua potable del año 2019 descendió en 1.33% respecto al año 2018 [23].

El quinto criterio es el comercio (C5), que mide la variación de las transacciones comerciales en la zona de estudio. Esta actividad es de gran importancia en la provincia de Sullana, donde la exportación de banano orgánico es el movimiento comercial más representativo.

El sexto criterio es la pérdida de bosques (C6), el cual incorpora la cantidad de hectáreas de bosques perdidos con relación al año anterior. Este criterio es de gran interés debido a que la cuenca Lancones colinda con el Parque Nacional Cerros de Amotape, Área Natural Coto de Caza El Angolo y el Área de Conservación Regional Bosques Secos de Salitral-Huarmaca.

V. RESULTADOS

De acuerdo con el flujo de trabajo establecido en la sección III, a continuación, se muestran los resultados luego de aplicar los cuatro pasos del método grey clustering para el caso en estudio.

Paso 1:

Las clases grises se establecieron de acuerdo con la información histórica de los criterios del periodo 2012-2019 [19], esto con el fin de establecer una clase normal y reflejar el historial de estos criterios en la región de Piura, con un enfoque a tener la mayor precisión. Los rangos de los criterios se dividen en cinco clases grises, y luego se determinaron sus puntos centrales $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ y λ_5 [18]. Los puntos centrales establecidos para cada clase gris se muestran en la TABLA I.

TABLA I.
CLASES GRISES PARA CADA CRITERIO

Criterio	Clase muy Negativa (λ_1)	Clase Negativa (λ_2)	Clase Normal (λ_3)	Clase Positiva (λ_4)	Clase muy Positiva (λ_5)
	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
C1: Agricultura (miles de millones S/.)	1.191	1.41	1.63	1.85	2.07
C2: Pesca (miles de millones S/.)	0.371	0.411	0.451	0.491	0.531
C3: Turismo (millones de arribos)	1.183	1.206	1.219	1.359	1.391
C4: Agua potable (miles de millones S/.)	0.276	0.318	0.362	0.405	0.447
C5: Comercio (miles de millones S/.)	2.597	2.664	2.731	2.798	2.865
C6: Pérdida de bosques (miles de hectáreas)	0.593	0.529	0.465	0.401	0.337

Paso 2:

Las clases grises se ampliaron en dos direcciones agregando las clases grises "extra negativo" y "extra positivo", respectivamente, con sus puntos centrales λ_0 y λ_6 . Por lo tanto, la nueva secuencia de puntos centrales fue $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ y λ_6 , como se muestra en la TABLA II.

TABLA II.
PUNTOS CENTRALES DE LAS CLASES GRISAS EXTENDIDAS.

Criterio	Puntos centrales de la clase gris extendida						
	λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
C1: Agricultura	0.971	1.191	1.411	1.631	1.851	2.071	2.291
C2: Pesca	0.331	0.371	0.411	0.451	0.491	0.531	0.571
C3: Turismo	1.160	0.183	1.206	1.219	1.359	1.391	1.414
C4: Agua Potable	0.233	0.276	0.319	0.362	0.405	0.448	0.491
C5: Comercio	2.530	2.597	2.664	2.731	2.798	2.865	2.932
C6: Pérdida de bosques	0.657	0.593	0.529	0.465	0.401	0.337	0.273

Paso 3:

El método de recopilación de información fue mediante un cuestionario estructurado, el cual está basado en el criterio de evaluación y las respectivas clases grises establecidas. Las preguntas utilizadas se presentan en la TABLA III.

TABLA III.
PREGUNTAS USADAS EN EL CUESTIONARIO.

Preguntas	
1	¿Qué impacto tendría un proyecto de hidrocarburos al desarrollarse cerca a zonas agrícolas?
2	¿Qué impacto tendría un proyecto de hidrocarburos al desarrollarse cerca a zonas pesqueras?
3	Teniendo la experiencia del Lote XXIII ¿Cómo usted cree que podría afectar al turismo de la comunidad, un proyecto de HNC (fractura hidráulica)?
4	¿Cuál sería el impacto en los servicios básicos, y en el mercado interno de electricidad, agua y gas cuando se desarrolle un proyecto de exploración y explotación petrolera?
5	¿En qué medida se vería afectado el comercio interno o externo, cuando se desarrolle un proyecto petrolero?
6	¿En cuanto al tema forestal, cual es la perspectiva que se tiene sobre la instalación compañías petroleras en estas áreas de explotación y exploración?

Con la simulación realizada, se obtiene un valor en relación con las encuestas para cada criterio de estudio, estos valores se representan en la TABLA IV.

TABLA IV.
VALORES AGREGADOS DE CADA CRITERIO.

Criterio	Valores para cada criterio					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Valor	1.637	0.494	1.190	0.331	2.684	0.534

Aplicamos las ecuaciones antes mencionadas obteniendo los valores del CTWF en la TABLA V.

TABLA V.
VALORES DE CTWF Y $\Sigma \sigma_i^k$ PARA CADA CRITERIO.

G1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	σ
f_j^1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_j^2	0,000	0,000	0,978	0,712	0,704	0,000	0,599
f_j^3	0,975	0,000	0,022	0,288	0,296	0,000	0,237
f_j^4	0,025	0,924	0,000	0,000	0,000	0,922	0,281
f_j^5	0,000	0,076	0,000	0,000	0,000	0,078	0,023

Paso 4:

Para G1, $\max_{1 \leq k \leq 5} \{\sigma_i^k\} = 0.599$, donde $k=2$. Por lo tanto, G1 pertenece a una clase gris negativa.

VI. CONCLUSIONES

La Evaluación de Impacto Social indica que el proyecto HNC tendrá un impacto social negativo. Esto debido a que el criterio Agua Potable (C4) tiene una valoración muy negativa por los stakeholders en comparación con los demás criterios. La razón principal se debe a que la zona de impacto no cuenta con abastecimiento constante de agua y que el proyecto podría utilizar agua para la fractura hidráulica, la cual limitaría el uso de este recurso. Por ello, el proyecto no sería viable desde el punto de vista social, debido a que los stakeholders consideran al C4 un factor crítico y de mayor peso frente a los otros criterios.

En cuanto a los criterios de agricultura (C1), pesca (C2), turismo (C3), comercio (C5) y pérdida de bosques (C6), los resultados indican que el impacto del proyecto es normal. Lo que indica que el impacto social del proyecto no afectará de manera significativa a estos criterios por la percepción moderada de los stakeholders respecto a los beneficios del proyecto (empleo y canon petrolero).

Dado que el proyecto generará un impacto negativo, el gobierno local y nacional deben tomar decisiones para evitar y minimizar los conflictos sociales asociados al desarrollo del proyecto de HNC. Para ello deben garantizar el abastecimiento de agua potable como necesidad prioritaria.

El método de grey clustering sumado al CTWF permiten evaluar de manera eficaz el impacto social de un proyecto de HNC. Asimismo, esta metodología es una herramienta que ayuda a identificar de manera temprana los potenciales conflictos sociales en base a las preocupaciones de los stakeholders.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar charlas participativas con mayor frecuencia, con el objetivo de transparentar y concientizar las ventajas y desventajas de la ejecución de un proyecto de HNC. Para ello se debe realizar un plan de trabajo de manera conjunta entre Perupetro, stakeholders y la empresa petrolera inversionista.

Los resultados de este estudio se deben contrastar con la información recopilada en campo aplicando encuestas estructuradas a los representantes de los stakeholders. Para de esa manera tener una mayor certeza de la valoración hacia el proyecto de HNC. Se deben crear activamente espacios de consulta y participación que permitan canalizar los aportes, sugerencias, inquietudes y perspectivas de los stakeholders pertenecientes a la zona de estudio.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Investigación (VRI - UNI) por el apoyo financiero brindado durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] British Petroleum, «Statistical Review of World Energy,» 2020.
- [2] A. Satter y G. Iqbal, «Reservoir Engineering,» 2016.
- [3] M. R. Islam, «Unconventional gas reservoirs: evaluation, appraisal, and development,» *Gulf Professional Publishing*, 2014.
- [4] Perupetro, «Exploración y producción de petróleo y gas,» 2020.
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Comportamiento de la Economía Peruana en el Cuarto Trimestre de 2019,» Lima, 2019.
- [6] Defensoría del Pueblo, «Reporte de Conflictos Sociales N.º 198,» Lima, 2020.
- [7] SPE, «Status of South American countries,» *Journal of Petroleum Technology*, 2016.
- [8] W. Morales, J. Porlles, J. Rodríguez, H. Taipe y A. Arguedas, «First Unconventional Play From Peruvian Northwest: Muerto Formation,» *Unconventional Resources Technology Conference (URTeC)*, p. 14., 2018.
- [9] J. Sinchitullo, S. Armacanqui, Y. Tafur, G. Prudencio y A. Sinchitullo, «Integrated Royalties Model to Promote the Exploration and Exploitation of Tight Reservoirs in North West of Peru,» *Asia Pacific Unconventional Resources Technology Conference, Brisbane, Australia, 18-19 November 2019. Unconventional Resources Technology Conference*, pp. 238-252, 2020.
- [10] P. Prenzel y F. Vanclay, «How social impact assessment can contribute to conflict management,» 2014.
- [11] A. Delgado, B. Ayala y I. Romero, «Applying grey systems to assess social impact on a mining project in Peru,» *IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*, 2019.
- [12] A. Delgado, A. Aguirre, E. Palomino y G. Salazar, «Applying triangular whitenization weight functions to assess water quality of main affluents of Rimac river,» *IEEE*, 2017.
- [13] A. Delgado, «Citizen criminality assessment in Lima city using the grey clustering method,» *IEEE*, 2017.
- [14] A. Delgado, «Assessment of the Air Quality in Four Cities with Near Mining Activity in Mexico,» *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 2019.
- [15] A. Delgado y I. Romero, «Social impact assessment on a hydrocarbon project using triangular whitenization weight functions,» *IEEE CACIDI 2016-IEEE Conference on Computer Sciences*, 2016.
- [16] L. Valdivieso, P. Carrera y M. Jiménez, «Eventos presenciales de Participación Ciudadana por inicio del proceso de negociación del contrato de licencia de Exploración y Explotación de Hidrocarburos, Lote XXIX,» 2014.
- [17] J. Deng, «Grey System (Society and Economy),» *House of National Defense Industry*, 1985.
- [18] S. Liu y Y. Lin, *Grey Systems: Theory and Applications*, 2010.
- [19] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), «Informe de la Región Piura,» Lima, 2020.
- [20] Banco Central de Reserva del Perú, «Caracterización del Departamento de Piura,» Departamento de Estudios Económicos de la Sucursal Piura, 2020.
- [21] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Movimiento turístico en Piura,» Lima, 2018.
- [22] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), «Piura: Arribos, pernóctaciones y permanencia, según procedencia de los huéspedes,» Lima, 2020.
- [23] Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, «Producción Nacional,» 2019.