

Base de Datos de Mejores Prácticas para Perforar Yacimientos de Petróleo Offshore Profundos y Ultra-profundos a Nivel Mundial, Aplicación para el Caso Colombiano.

Nestor Fernando Moreno Toloza

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero de Petróleos

Director

Zuly Himelda Calderón Carrillo

Ingeniera de Petróleos, PhD.

Docente Escuela de Ingeniería de Petróleos

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas
Escuela de Ingeniería de Petróleos

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

Este gran logro principalmente va dedicado a mi madre Doris Toloza y mi padre Néstor Moreno, pues es gracias a ustedes, su incondicional apoyo, su gran fuerza y templanza, y por sobre todo el respeto y cariño ofrecidos a lo largo de toda mi vida, siendo un pilar fundamental y la motivación más grande para culminar con éxito esta etapa, esto es solo un paso de muchos por dar para que nunca dejen de sentirse orgullosos y felices.

A mis hermanos David, William y Fabio, que sin dudarlos siempre me brindaron de su ayuda, a pesar de las discusiones y las diferencias, han sido un modelo a seguir y la fuente más grande de confianza y amistad.

A todos y cada uno de mis primos, sus charlas y consejos siempre fueron una gota de sabiduría la cual compartieron y dejaron una marca en mi persona, que me ayuda a ser mejor a cada segundo.

A Elisa, mi pareja, amiga, compañera, confidente y familia, todas tus lecciones, tus regaños y esa entera muestra de disciplina y responsabilidad, sumado a todo el apoyo, constancia y compañía hacen que cada día sea mejor que el anterior, deseando así poder compartir muchos más logros a tu lado.

A mis amigos de la infancia, mis amigos y docentes del colegio, por todos esos buenos momentos, risas, travesuras y enseñanzas que forjaron lo que hoy es una persona sencilla pero dedicada a sus pasiones.

Agradecimientos

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que a lo largo de esta etapa contribuyeron de una u otra forma a mi crecimiento como persona y a la realización de este proyecto, especialmente a:

La doctora Zuly Calderón, por la paciencia y los consejos ofrecidos.

A todos los docentes, los cuales compartieron un poco de su conocimiento y enseñanzas en pro de mi formación integral como ingeniero.

Compañeros, colegas y amigos, por su compañía a lo largo de mi paso por la universidad.

La Universidad Industrial de Santander, mi alma máter, la cual brindo el espacio para mi continua evolución como un profesional y persona crítica ante la sociedad.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Yacimientos offshore	16
1.1 Definición de Yacimientos Offshore Profundos y Ultra profundos	16
1.2 Plataformas de Perforación Offshore para Aguas Profundas y Ultra profundas	17
1.3 Yacimientos Offshore en el Mundo	19
1.3.1 Offshore en África	19
1.3.2 Offshore en América.....	23
1.3.3 Offshore en Asia	26
1.3.4 Offshore en Europa	28
1.3.5 Offshore en Oceanía	30
1.4 Cuencas Offshore en Colombia	30
1.4.1 Cuenca Choco off-shore	30
1.4.2 Cuenca Guajira off-shore.....	31
1.4.3 Cuenca Sinú-Urabá off-shore	32
1.4.4 Cuenca Tumaco off-shore.....	32
1.4.5 Cuenca Colombia.....	33
1.4.6 Cuenca Pacífico profundo colombiano.....	33
1.4.7 Offshore en Colombia.....	33
2. Parámetros sensibles en la perforación offshore.....	37

2.1 Parámetros Sensibles Ambientales	39
2.2 Parámetros Sensibles Humanos	40
2.3 Parámetros Sensibles Técnico - Mecánicos	42
2.4 Parámetros sensibles de Yacimiento.....	48
3. Base de datos de los parámetros sensibles al perforar yacimientos offshore profundos y ultra profundos	50
3.1 Generalidades de una Base de Datos	51
3.2 Construcción de la Base de Datos.....	51
3.3 Prueba de la Base de Datos y Aplicación a un Caso Colombiano.....	55
4. Mejores prácticas para perforar yacimientos offshore profundos y ultra profundos	58
4.1 Recomendaciones Generales para el caso Colombiano según los artículos consultados	64
4.2 Importancia de las Buenas Prácticas en Conjunto con la Base de Datos.....	66
5. Conclusiones	67
6. Recomendaciones	69
Referencias bibliográficas.....	70

Lista de Tablas

Tabla 1. Parámetros de profundidad del agua en diferentes países	16
Tabla 2. Offshore en aguas profundas y ultra profundas Africanas	22
Tabla 3. Offshore en aguas profundas y ultra profundas Americanas.	25
Tabla 4. Offshore en aguas profundas y ultra profundas Asiáticas.	27
Tabla 5. Offshore en aguas profundas y ultra profundas Europeas.	29
Tabla 6. Artículos consultados de parámetros sensibles.....	37
Tabla 7. Distribución de la aplicabilidad de los parámetros.	38
Tabla 8. Área Ambiental.....	39
Tabla 9. Área Humana	41
Tabla 10. Área Técnico-mecánica	43
Tabla 11. Área de Yacimiento	49

Lista de Figuras

Figura 1. Unidades de Perforación Offshore	18
Figura 2. Principales Zonas Offshore en el Mundo	19
Figura 3. Bloques offshore en el caribe Colombiano	36
Figura 4. Bloques offshore en el pacifico Colombiano	36
Figura 5. Distribución grafica de los Artículos recopilados.	38
Figura 6. Tabla de parámetros en Access 1	52
Figura 7. Tabla de parámetros en Access 2	52
Figura 8. Tabla de parámetros en Access 3	53
Figura 9. Vista general de la tabla en Access	53
Figura 10. Distribución de tablas y consultas	54
Figura 11. Interfaz de usuario de la base de datos	55
Figura 12. Consulta parámetro sensible.....	56
Figura 13. Consulta de “falla”	56
Figura 14. Consulta de “presión de Fractura”.....	56
Figura 15. Consulta Área general	57
Figura 16. Consulta área general “humano”	57
Figura 17. Informe general	58

Glosario

AGIP	Agenzia Generale Italiana Petroli
AHC	Active Heave Compensating
AHP	Analytic Hierarchy Process
AP	Alkylphenols
APC	Annular Pressure Control Mode
APPM	Accident Precursor Probabilistic Method
BHA	Bottom Hole Assembly
BHP	Bottom Hole Pressure
BIM	Building Information Modeling
BOP	Blow Out Preventer
CBHP	Constant Bottom Hole Pressure
CFD	Computational Fluid Dynamics
CNOOC	China National Offshore Oil Corporation
DBN	Dynamic Bayesian Network
DFFRAR	Drilling Fluid Flow Rate Allowable Range
DGD	Dual Gradient-Drilling
DPG	Drilling Parameter Group
DWH	Deepwater Horizon
ERW	Extended-Reach Well
FEM	Finite-Element Model
FPN	Fuzzy Petri Net
HIL	Hardware-in-the-Loop

HMI	Human-Machine Interface
HRA	Human Reliability Assessment
HSE	Health, Safety, and Environment
IOGP	International Association of Oil and Gas Producers
IOR	Improve Oil Recovery
KRI	Kick-Risk Index
LIP	Large Igneous Province
LOT	Leak of Tests
LWD	Logging While Drilling
MD	Molecular Dynamics
MODU	Mobil Offshore Drilling Units
MPC	Model Predictive Controller
MPD	Managed Pressure Drilling
MWD	Measurement While Drilling
NAF	Non-Aqueous Fluids
NPT	Negative Pressure Test
OBM	Oil-Base Mud
O&G	Oil and Gas
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PDC	Polycrystalline Diamond Cutter
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PMCD	Pressurized Mud Cap Drilling
PSD	Particle Size Distribution
QRA	Quantitative Risk Analyses

RBM	Dynamic Risk-Based Maintenance
RIF	Risk Influencing Factors
RMR	Riserless Mud Recovery
RNNP	Risk Level Project
ROP	Rate of Penetration
ROV	Remote Operated Vehicles
SA	Situation Awareness
SBM	Synthetic-Based Mud
SBP	Surface Back Pressure
SECURE	Micro-Flux Control Method
SPC	Surface Pressure Control
SSDU	Semi-Submersible Drilling Unit
WBDF	Water-Base Drilling Fluids
WBM	Water-Base Mud
WSA	Work Situation Awareness

Resumen

Título: Base de datos de mejores prácticas para perforar yacimientos de petróleo offshore profundos y ultra-profundos a nivel mundial, aplicación para el caso colombiano.*

Autor: Nestor Fernando Moreno Toloza.**

Palabras Clave: Yacimientos, Offshore, Parámetros, Base de datos.

Descripción: Este trabajo presenta un panorama de la perforación offshore en aguas profundas y ultra profundas. Aquí, se tienen en cuenta los diferentes parámetros que influyen directamente en la perforación, indagando sobre las innovaciones tecnológicas y de herramientas que hacen parte de los parámetros técnico mecánicos, las medidas y políticas de seguridad para los trabajadores y el medio ambiente que conllevan los parámetros humanos y ambientales y las condiciones geológicas del suelo y subsuelo de los diferentes pozos que nutren el parámetro de yacimientos. Todo esto se realiza desde una perspectiva mundial, por lo que se crea una base de datos que recopile toda la información de cada país clasificada por parámetros. Así, se implementa una herramienta accesible en la que se puedan consultar las mejores técnicas de perforación para emplearlas en Colombia en las aguas profundas del caribe y el pacífico, haciendo que se lleve el proceso de manera integral en el desarrollo de futuros proyectos de geología, ingeniería de yacimientos, e ingeniería de petróleos en el caribe y pacifico colombiano, convirtiendo al país en una posible potencia en el desarrollo de yacimientos costa afuera en zonas profundas y ultra profundas, gracias a la experiencia adquirida alrededor de todo el mundo.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniarías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de petróleos.
Director: PhD. Zuly Himelda Calderón Carrillo.

Abstract

Title: Database of better practices for drilling deep and ultra-deep offshore oils reservoirs worldwide, application for the Colombian case. *

Author: Nestor Fernando Moreno Toloza**

Key Words: Reservoirs, Offshore, Parameters, Database.

Description: This work presents an overview of offshore drilling in deep and ultra-deep waters. Here, the different parameters that directly influence drilling are taken into account, inquiring about the technological innovations and tools that are part of the technical mechanical parameters, safety measures and policies for workers and the environment that carry the parameters human and environmental and the geological conditions of the soil and subsoil of the different wells that nourish the reservoir parameter. All this is done from a global perspective, so a database is created that collects all the information of each country classified by parameters. Thus, an accessible tool is implemented in which the best drilling techniques can be consulted for use in Colombia in the deep waters of the Caribbean and the Pacific, causing the process to be carried out comprehensively.

* Work degree

** Faculty of Physicochemical Engineering. Petroleum Engineering School.
Director: PhD. Zuly Himelda Calderón Carrillo.

Introducción

La constante demanda de hidrocarburos y su continuo aumento obligan a que las empresas petroleras constantemente desplieguen proyectos de exploración y explotación de yacimientos de aceite y/o gas convencionales o no convencionales con el fin de aumentar las reservas que son su principal activo económico. Según Figueroa (2006) dichas reservas son variables en el tiempo, por lo cual, cada año se hace un análisis de las mismas, puesto que por condiciones económicas, tecnológicas y sociales afectan directa e indirectamente oscilando entre comerciales y no comerciales; lo que se ve reflejado en el total de reservas de un país.

Las tendencias mundiales actuales muestran que diferentes países han adquirido nuevos conocimientos y tecnologías en exploración y explotación de yacimientos offshore, experiencias que pueden servir como punto partida para nuevos estudios. Por falta de información en Colombia y el creciente deseo en aumentar las reservas del país, para poseer una mayor estabilidad energética y económica, comienza la búsqueda de nuevas alternativas en los procesos con buena calidad, eficientes y comercialmente viables, con gran potencial en el caribe y pacifico colombiano para su exploración y explotación en zonas profundas y ultra profundas.

El presente trabajo consta de una recopilación de información que permite la construcción de una base de datos la cual contiene parámetros que proporcionan información sobre las mejores prácticas para perforar yacimientos de petróleo offshore profundos y ultra profundos a nivel mundial, lo cual posibilita de manera eficiente información útil en el desarrollo de proyectos futuros de ingeniería de yacimientos en las costas colombianas.

Esta base de datos se realizó con el programa Microsoft Access y se dispondrá para la consulta un archivo .accdb

1. Yacimientos Offshore

1.1 Definición de Yacimientos Offshore Profundos y Ultra profundos

De manera genérica el término inglés offshore (costa afuera) se aplica para las actividades realizadas fuera de la línea de costa o en tierra (onshore) (Visbal, et al, 2017), a partir de esto, un yacimiento offshore es todo aquel yacimiento de petróleo o gas que se encuentra por fuera de la línea costera, estos yacimientos se dividen es 3 tipos diferentes, los cuales están ligados a la profundidad del cuerpo de agua, es decir, la distancia que hay del lecho marino a la superficie. En Colombia, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) se considera Aguas profundas, a aquellas que se encuentran entre 300 y 1000 metros de profundidad; y a Aguas Ultra-Profundidad las que se encuentra a más de 1000 metros de profundidad.

La tabal 1 contiene los parámetros de la profundidad de las aguas en diferentes países.

Tabla 1.
Parámetros de profundidad del agua en diferentes países.

País	Aguas someras (metros)	Aguas Profundas (metros)	Aguas Ultra-profundas (metros)
Brasil	< 500	500-1500	≥ 1500
Estados Unidos	< 400	400-2000	≥ 2000
Noruega	< 305	305-1524	≥ 1524
México	< 300	300-1500	≥ 1500
Colombia	< 300	300-1000	≥ 1000

Nota: Adaptado de Fundamentos y operaciones de la industria petrolera en aguas profundas, 2013. Por Daniela Cárdenas y Víctor García.

1.2 Plataformas de Perforación Offshore para Aguas Profundas y Ultra profundas

Para el proceso de perforación en zonas profundas y ultra profundas, dependiendo de la profundidad del lecho marino varía la plataforma a utilizar, dichas plataformas se dividen en diferentes tipos (PDVSA). Ver figura 1:

- A. Plataformas elevables (Jack UP): Usadas para la perforación y reparación de pozos ya sea en pozos exploratorios o de desarrollo a profundidades hasta de 100 metros, son movilizadas por medio de remolcadores o auto propulsión.
- B. Plataformas con piernas tensionadas (TLP): Se emplean para aguas con profundidades mayores a 600 metros. Están sujetos mediante cables con anclas al fondo marino y se mantiene en superficie por columnas flotantes.
- C. Plataformas tipo SPAR: Las plataformas SPAR también están amarradas al lecho marino como el TLP. Pero mientras que los TLP tienen ataduras tensionadas verticales, el SPAR tiene líneas de amarre más convencionales, además, Su centro de flotabilidad se encuentra muy por encima de su centro de gravedad, lo que las hace muy estables.
- D. Plataformas Semi-sumergibles: Son superficies enormes, utilizadas en profundidades de mar entre 70 y 1.000 metros, donde se amarran al fondo marino con sistemas de anclas, y si la profundidad del mar supera los 1.000 metros, se amarran con un sistema de posicionamiento dinámico, que moviliza la embarcación de trabajo y otras unidades flotantes; y además mantiene la embarcación en una posición fija con el uso de sus elementos de propulsión (propelas, sin necesidad de usar anclas). Estas plataformas pueden ser remolcadas al sitio, aunque algunas pueden trasladarse con su propia propulsión.
- E. Barcos Perforadores (Drill Ship): Son unidades de perforación móviles que utilizan un sistema de anclas en profundidades marinas entre 200 y 1.000 metros. En aguas con

profundidades mayores a 1.000 metros, se utiliza un sistema de posición dinámica. Estos son, básicamente, grandes barcos a los cuales se les ha instalado un sistema completo de perforación. Son particularmente útiles en áreas lejanas puesto que necesitan un apoyo limitado. La perforación se efectúa por medio de una gran apertura en el fondo del casco. La plataforma de perforación, desde este tipo de barcos, está en constante movimiento debido a la acción del oleaje y el viento.

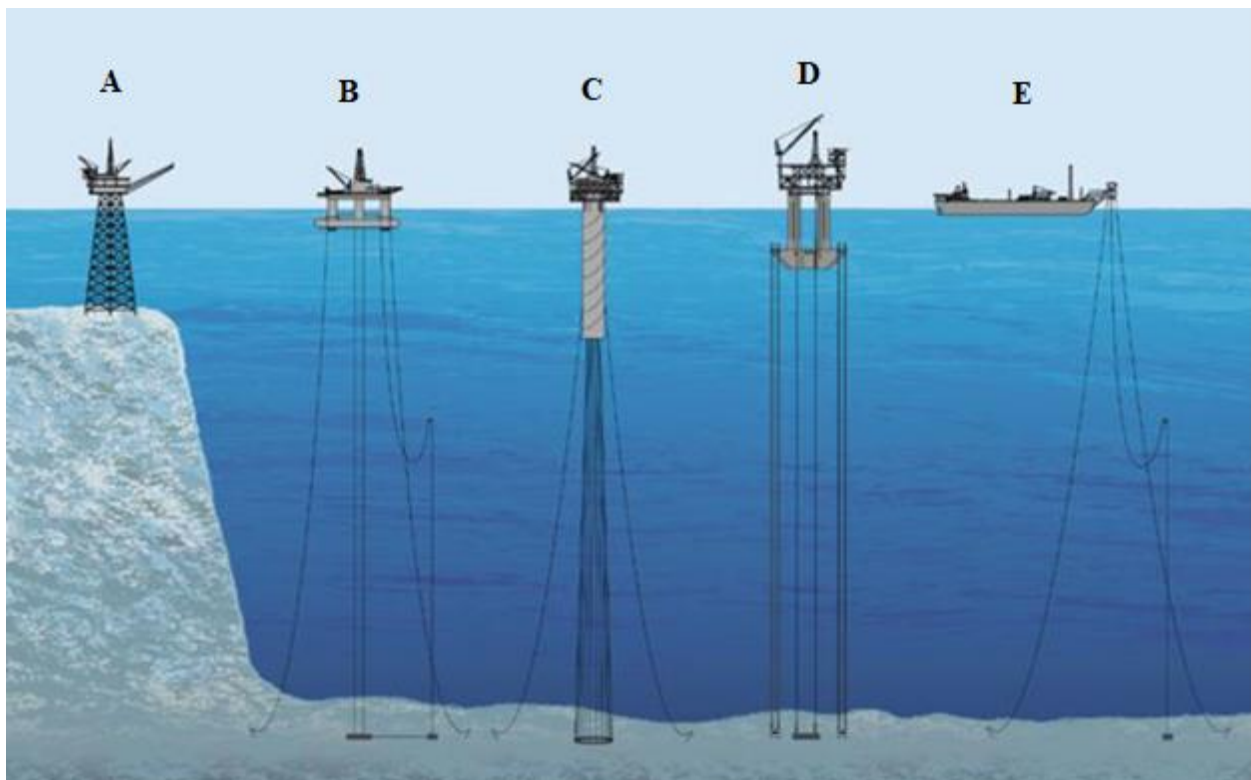


Figura 1.
Unidades de Perforación Offshore

Nota: Adaptado de Cantidad de proyectos petroleros demandantes de sistemas flotantes de producción alcanza su máximo histórico, 2012. Por Fundación Nuestro Mar.

1.3 Yacimientos Offshore en el Mundo

Aunque las plataformas en alta mar existen desde los años 50, fue tras la crisis del petróleo de 1973 cuando se comenzó a explorar masivamente el Mar del Norte y en los años 90 a plantear la búsqueda de nuevos horizontes, en busca de los más de 350.000 millones de barriles de petróleo y gas, que se estima contenga el fondo marino (Jurado, 2017). Hasta 2014, las nuevas tecnologías y el buen entorno de precios permitieron que las compañías petroleras operasen en entornos hasta entonces desconocidos (Figura 2).



Figura 2.

Principales Zonas Offshore en el Mundo

Nota: Adaptado de aguas profundas del territorio mexicano, 2014. Por Karen Ricardez.

1.3.1 Offshore en África. En África, debemos tener en cuenta que varios de los campos fueron descubiertos desde los años 90, pero su explotación comienza hasta después del 2000, esto debido al alza de precios en el barril de petróleo para dichas fechas.

Angola es el país con más desarrollo offshore en el continente africano, tiene políticas favorables que acogen a las grandes empresas petroleras, las cuales despliegan mejores y

numerosos proyectos para el desarrollo de nuevas zonas offshore profundas y ultra profundas, la colaboración con dichas compañías acarrea consigo ciertos beneficios, como el universitario, que participa en proyectos de investigación para optimizar los procesos de extracción de crudo (Embajada de Angola).

En el Congo la exploración offshore es mínima, cuenta solo con dos campos confirmados de producción para el 2008, pero con un inicio en tiempo record, le tomo solo 33 meses hacer el diseño, adecuaciones, construcción e instalación, incluyendo 80 km de oleoductos para el transporte de los fluidos a la costa. La compañía petrolera nacional del país (Congo Offshore cosechará del nuevo modelo de datos, 2019), Societe Nationale des Petroles du Congo (SNPC), en asociación con la compañía mundial de geofísica marina, Petroleum Geo-Services (PGS), ha completado un gran proyecto que implica el reprocesamiento de grandes volúmenes de datos sísmicos dentro del área costa afuera de la cuenca costera del Congo que son esenciales para el éxito de la última ronda de licencias en bloque del país.

Costa de Marfil es un país que hasta hace poco comenzó con la exploración y explotación de campos offshore en zonas profundas y ultra profundas, fue hasta el 2015 que grandes empresas petroleras como Eni regresaron al país para aprovechar los nuevos proyectos en zonas offshore profundas y ultra profundas dichas zonas, adjudicándose dos bloques, CI-501 y CI-504, estos están ubicados a unos 30 km de la costa y cubren un área total de aproximadamente 911 kilómetros cuadrados. El bloque CI-501 (512 km²) se encuentra a 80 km al sudoeste de la capital Abidjan a una profundidad de agua de entre 100 y 2.400 m, mientras que el bloque CI-504 (399 km²) está a unos 60 km al sudoeste de la capital y Entre 1.000 y 2.350 m de profundidad de agua. (Eni se adjudica dos bloques de exploración offshore de Costa de Marfil, 2019)

El caso de Guinea Ecuatorial es especial, este desarrollo su primer campo offshore un año después de su descubrimiento, gracias a una política llamada “a fast track development” eso es posible que se diera por circunstancias socio políticas, puesto que, el campo descubierto se ubica en una zona cuyas fronteras marítimas estaban indefinidas, esto para anticiparse a cualquier disputa gubernamental (Topacio-1 Well Extends Zafiro Field Offshore Equatorial Guinea, 1996). Para el año 2019 se anunció el descubrimiento de hidrocarburos en el pozo Aseng 6P a una profundidad de 4471 metros (Noble Energy halla petróleo en alta mar de Guinea Ecuatorial, 2019), esto indica, un mayor crecimiento económico y la posibilidad de aumentar los descubrimientos en los años posteriores.

Ghana es otro de los países africanos en desarrollar sus proyectos offshore hasta en el alza de precios, en el 2008 se dio primer descubrimiento en zonas profundas, e inclusive solo en estos últimos años se han visto nuevos proyectos para la exploración y explotación de agua profundas y ultra profundas. La Administración de Springfield E&P, la primera compañía de energía africana independiente en perforar en aguas profundas, anunciará el resultado del descubrimiento de Afina-1x junto con sus socios, Ghana National Petroleum Corporation (GNPC) y el Gobierno de Ghana a su debido tiempo (Springfield E&P completes maiden deepwater campaign offshore Ghana, 2019).

Mauritania es uno de los países con menos desarrollo en las zonas profundas y ultra profundas, la petrolera Woodside de Australia hace su primer descubrimiento en el 2001, siendo este un pequeño yacimiento, con una producción moderada de 15 mil barriles diarios (Doe, eia, Arab Mghreb Union, s. f). En el futuro, Mauritania parece estar lleno de expectativas de que todos los operadores upstream con licencia acelerarán la evaluación de los recursos de gas en alta mar ya descubiertos y, lo que es más importante, definirán sus conceptos de desarrollo de proyectos que

les permitirán alcanzar la decisión final de inversión y, con suerte, respaldar los ambiciosos planes de producción del país (Aumento total de los activos offshore de Mauritania, 2018).

Las primeras licitaciones para aguas profundas y ultra profundas en Nigeria se dieron a inicio de los años noventa, pero, por causas antes dichas su explotación comenzó solo hasta después del 2000, Quizá el gobierno de Nigeria se impacientó por no recibir los ingresos que le correspondían por la explotación petrolera, pues en 1998, 2000 y 2005 revocó las concesiones otorgadas a las empresas extranjeras en diversos bloques, para volver a licitarlas a otras que, suponemos, prometieran acelerar la explotación (Department of Energy, “Energy profile of West Africa”, s. f).

Ubicado a unos 130 kilómetros de la costa de Nigeria a profundidades de más de 1.500 metros, el campo petrolífero de Egina es uno de nuestros proyectos marinos ultra profundos más ambiciosos. Desarrollado principalmente a nivel local para acelerar el ritmo del tejido industrial de Nigeria y la transferencia de tecnología, el proyecto producirá 200,000 barriles de petróleo por día, es decir, cerca del 10% de la producción total de petróleo del país (Total, 2018). La tabla 2 contiene un resumen del offshore en África.

Tabla 2.
Offshore en aguas profundas y ultra profundas Africanas.

País	Fecha de descubrimiento del primer campo offshore profundo y/o ultra profundo	Profundidad promedio (metros)	Tipo de hidrocarburo	Campos confirmados en producción (2008)
Angola	1996	1303,06	Petróleo	10
Congo	1995	907,75	Petróleo	2
Costa de Marfil	2001	843,33	Petróleo	2
Guinea Ecuatorial	1995	666,85	Petróleo	2
Ghana	2008	1320	Petróleo	0

Mauritania	2001	935,5	Petróleo	1
Nigeria	1996	908,7	Petróleo	4
Egipto	1998	723	Gas	4

Nota: Los datos presentes en esta tabla fueron obtenidos de diferentes fuentes: Barbosa, F. (2009). Situación de los campos petroleros en aguas profundas del mundo, Artículos de revistas económicas, páginas web, artículos científicos, paginas gubernamentales y páginas oficiales de las empresas petroleras. Descritos en la bibliografía.

1.3.2 Offshore en América. En América, Según la consultora Douglas Westwood, geográficamente, la región en la que se verá más dinamismo en esta industria será América Latina. Su informe afirma que esta zona del planeta acumulará gran parte del capital invertido, por la necesidad de buscar petróleo en aguas ultra profundas en países como Brasil, requiriendo con ello una mayor inversión (Risks, 2018).

Brasil es uno de los países con más desarrollo de yacimientos offshore en zonas profundas y ultra profundas. En abril y noviembre de 2007 y enero de 2008 se realizaron tres descubrimientos que conmovieron al mundo: Tupi, Sugar y Júpiter. Se destaca un componente tecnológico en los hallazgos: los tres campos se encuentran en una antigua cuenca en la que ya se habían perforado unos 100 pozos, es decir, se trata de una “reentrada”, con herramientas de sísmica con mejor resolución, que permitió mejorar las imágenes superando los problemas de los cuerpos salinos en el subsuelo. Los funcionarios de Petrobras esperan que entre cinco y siete años más Brasil se encontrará explotando campos en más de 2,230 metros de profundidad de agua (Barbosa, 2009). Pre-sal es una zona que se encuentra a unos 300 Km costa afuera, en condiciones de alta presión a profundidades de más de 2000 m y características únicas. Constituyen grandes acumulaciones de crudo ligero de excelente calidad y alto valor comercial, lo cual coloca a Brasil en una posición estratégica para satisfacer la gran demanda mundial de energía (Brasil: En 2019 las operaciones offshore han impulsado la producción petrolera, 2019).

Estados Unidos es pionero en la explotación de todos los tipos de hidrocarburos (convencional, no convencional y offshore), asimismo es el mayor productor de yacimientos profundos y ultra profundos en todo el mundo, esto se debe, a su gran política extractivista y su gran inversión al desarrollo de nuevas y más confiables tecnologías para desplegar proyectos de tal magnitud minimizando los riesgos, además de, mejorar y adecuar las instalaciones para las condiciones hostiles de trabajo.

Un caso interesante es el descubrimiento de Gunflint que se registró en el 2008 por parte de BP. En marzo de 2013, Ecopetrol América Inc. adquirió la participación que tenía BP y en los últimos dos años participó en los trabajos de perforación, completamiento submarino e instalación de facilidades para el desarrollo del campo, uno de los pozos cuenta con una profundidad que supera los 7,5 kilómetros y una columna de agua de 1,8 kilómetros. Ya para el 2016, con una producción de 20.000 barriles diarios de petróleo equivalente, Ecopetrol a través de su filial en Estados Unidos, Ecopetrol América Inc. (EAI), comenzó a producir hidrocarburos en el campo Gunflint ubicado en el Golfo de México (EEUU) (Ecopetrol triplica producción en Estados Unidos, 2016). Además, está en proceso para abrir zonas federales offshore para su posterior exploración y explotación.

En México, las actividades de Pemex en aguas más profundas a las tradicionales comenzaron desde los años noventa. El interés de avanzar a las aguas profundas, en esos años, estaba relacionado con la preocupación por el desarrollo tecnológico y la capacitación profesional en Pemex. El doctor Guillermo Domínguez Vargas, quien encabezó el Colegio de Ingenieros Petroleros de México, en un artículo publicado en la revista Ingeniería Petrolera, advertía que "México tenía que prepararse técnicamente para perforar, desarrollar y explotar estructuras en aguas profundas". Fue hasta el 2004 con la perforación del pozo Nab a 650 metros y dos años más tarde el pozo lakach a casi 1000 metros (Barbosa, 2008).

La Unidad Especializada en Aguas Profundas de Pemex había elaborado un programa planteando avances graduales hacia el Golfo de México profundo; se proponía perforar 11 pozos exploratorios entre 2002 y 2007 (Pemex Exploración y Producción, Documento representativo y Anuario Estadístico, 2006), además de investigaciones con instrumentos modernos de sísmica.3D Pero al coincidir con la inesperada elevación de los precios, la Secretaría de Energía reformuló su programa y desde finales de 2006 Pemex se propuso perforar 47 pozos profundos sólo entre 2007 y 2012 (Secretaría de Energía, Diagnóstico: situación de Pemex, 2009). La tabla contiene un resumen del offshore en América.

Tabla 3.
Offshore en aguas profundas y ultra profundas Americanas.

País	Fecha de descubrimiento del primer campo offshore profundo y/o ultra profundo	Profundidad promedio (metros)	Tipo de hidrocarburo	Campos confirmados en producción (2008)
Brasil	1985	1147,2	Petróleo	19
Estados Unidos	1984	-	Petróleo	115
México	2004	813,8	Petróleo	5

Nota: Los datos presentes en esta tabla fueron obtenidos de diferentes fuentes: Barbosa, F. (2009). Situación de los campos petroleros en aguas profundas del mundo, Artículos de revistas económicas, páginas web, artículos científicos, paginas gubernamentales y páginas oficiales de las empresas petroleras. Descritos en la bibliografía.

1.3.3 Offshore en Asia. Indonesia es otro de los países que iniciaron su exploración en aguas profundas y ultra profundas en la década de los noventa, pero el primer campo en comenzar la producción fue el West Seno en el 2003 y en la actualidad explota más de 20 pozos (Unocal. West Seno. Makassar Strait Deepwater Development, s. f). En este campo se construyó un sistema combinado de plataformas marinas con equipos de proceso en tierra. Comprende una plataforma de patas tensionadas (llamada TLP por sus siglas en inglés), dos unidades flotantes y ductos que conducen los hidrocarburos a tierra firme. Desde entonces Indonesia no ha ofertado bloques de zonas profundas y ultra profundas hasta la fecha.

Curiosamente Israel descubrió 3 campos en zonas profundas y que por motivos desconocidos hasta el 2008 no se habían puesto en producción. Para el 2007 la empresa petrolera estadounidense Noble Energy descubrió el pozo Mari-B, el cual supone el hallazgo más importante del país (Oil & Gas Journal, 2007). Para el 2019 Israel ofertó nuevos bloques offshore para el desarrollo de exploración en estas zonas. El ministerio de energía israelí dijo que las licencias de exploración se otorgarían por un período de 3 años. Durante este período, se espera que los licenciatarios lleven a cabo el programa de trabajo comprometido, que se centra en examinar el área. Después de esto, pueden solicitar otra prórroga de dos años, dependiendo de que se envíe un programa de trabajo actualizado para incluir la perforación de un pozo en al menos una de las licencias que los grupos respectivos. La tercera ronda de licencias se celebrará en 2021 (Israel recibe ofertas por 12 bloques offshore, 2019).

Malasia incursiono en aguas profundas en el 2002 gracias al alza de precios del petróleo, gracias a estos descubrimientos en aguas profundas y ultra profundas, malasia ahora exporta petróleo además de convertirse en un foco para las grandes empresas petroleras. El GK-Semi FPS fue el primer desarrollo de aguas profundas de Shell en Malasia, comenzando su producción en 2014.

Para el 2019 termino su segunda fase que implico la perforación de cuatro pozos submarinos adicionales vinculados a su sistema de producción semiflotante, En el pico de producción, los cuatro pozos agregarán 50,000 barriles de petróleo equivalente por día al GK-Semi FPS, manteniendo su capacidad de producción nominal de 165,000 barriles por día. Ubicado en profundidades de agua de 1.200 metros (Shell completa la fase 2 del proyecto Gumusut-Kapap en Malasia, 2019). La tabla 4 contiene un resumen del offshore en Asia.

Tabla 4.
Offshore en aguas profundas y ultra profundas Asiáticas.

País	Fecha de descubrimiento del primer campo offshore profundo y/o ultra profundo	Profundidad promedio (metros)	Tipo de hidrocarburo	Campos confirmados en producción (2008)
Indonesia	1997	899,2	Petróleo	1
Israel	1999	1348.3	Petróleo	0
Malasia	2002	1349,5	Petróleo	2

Nota: Los datos presentes en esta tabla fueron obtenidos de diferentes fuentes: Barbosa, F. (2009). Situación de los campos petroleros en aguas profundas del mundo, Artículos de revistas económicas, páginas web, artículos científicos, paginas gubernamentales y páginas oficiales de las empresas petroleras. Descritos en la bibliografía.

1.3.4 Offshore en Europa. Europa por su gran avance tecnológico presentado desde la edad media y aún en la actualidad, es considerada una de las potencias del mundo, con una economía en constante crecimiento, y desarrollando nuevos procesos para complementar la falta de recursos antes nombrados, esto se ve reflejado en lo siguiente, a pesar de que en esta zona no posean grandes reservas de hidrocarburos, son hogar de varias de las más grandes multinacionales encargadas de dicha labor, como lo son Shell, BP, Total, Aral AG, Castrol, Eni y Repsol.

En Albania, Inmediatamente después del derrumbe del socialismo este país abrió su sector del Mar Adriático a las licitaciones internacionales. En 1993 una asociación de Chevron y la italiana AGIP perforó un pozo profundo reportado con manifestaciones de hidrocarburos. El propio gobierno ha publicado que el descubrimiento no es comercial, quizá nunca se explote (Exploration and Production History in Albania, s. f).

En Italia solo se tiene el registro de un pozo hecho en zonas profundas, el “Aquila”, este fue perforado por Chevron en asociación con AGIP, Este pozo tiene unas terminaciones horizontales, en las cuales las empresas petroleras italianas tienen gran experiencia.

Noruega es un país pionero en la exploración y explotación offshore, aunque sus zonas, al ser tan hostiles, no son muy propensas a la explotación, su primer campo gasífero en aguas profundas fue el Ormen Lange descubierto en 1997, este campo no se encuentra en el Mar del Norte sino en aguas más septentrionales del litoral de Noruega, cercanas al Círculo Polar. En temperaturas próximas al punto de congelamiento las cuales forman hidratos en las corrientes de producción (Ormen, s. f).

En la actualidad, a falta de descubrimientos tan abundantes como en las décadas de los setenta y ochenta, noruega opto por en mejorar el grado de recuperación de los campos ya productores y en la exploración de nuevas áreas del mar de Noruega y Barents (Wirth, 2015).

Reino Unido al igual que Noruega es pionero con la exploración y explotación, pero tiene los mismos problemas, poseen un gran número de campos offshore en aguas poco profundas y los campos con hidrocarburos en aguas profundas y ultra profundas son de gas, además, por sus bajas temperatura operar en dichas zonas es más complejo que en otras partes del mundo, es por esto que prefiere ofertar para adjudicarse bloques en zonas como América África y Oceanía. La tabla 5 contiene un resumen del offshore en Europa.

Tabla 5.
Offshore en aguas profundas y ultra profundas Europeas.

País	Fecha de descubrimiento del primer campo offshore profundo y/o ultra profundo	Profundidad promedio (metros)	Tipo de hidrocarburo	Campos confirmados en producción (2008)
Albania	1997	700	-	0
Italia	1998	850	Petróleo	1
Noruega	1997	888	Gas	1
Reino Unido	1994	518	Gas	0

Nota: Los datos presentes en esta tabla fueron obtenidos de diferentes fuentes: Barbosa, F. (2009). Situación de los campos petroleros en aguas profundas del mundo, Artículos de revistas económicas, páginas web, artículos científicos, paginas gubernamentales y páginas oficiales de las empresas petroleras. Descritos en la bibliografía.

1.3.5 Offshore en Oceanía. Su desarrollo en campos offshore de zonas profundas y ultra profundas, se limita a Australia, y hasta la fecha los descubrimientos no son comerciales o son de gas natural, estos últimos no fueron aprovechados en su inicio pues para la década del noventa no existía un mercado de gas licuado, impidiendo su desarrollo (Bradshaw, 2006), siendo hasta el 2006 que inicia su producción.

Equinor, anteriormente conocido como Statoil, tomó el control total de dos permisos en el Great Australian Bight, un cuerpo de agua frente a la costa sur de Australia, en 2017, donde BP había descartado planes para explorar en busca de petróleo. No ha habido pozos de exploración en Bight desde 2003 y ninguno de los pozos perforados antes de encontrar petróleo o gas, pero los consultores de la industria Wood Mackenzie estimaron que el área podría albergar 1.900 millones de barriles de líquidos equivalentes de petróleo (Equinor pretende comenzar exploración de petróleo en Australia en 2020, 2019).

1.4 Cuencas Offshore en Colombia

Colombia está estratégicamente ubicada en la esquina noroeste de sur América con un área de 1.14 millones de kilómetros cuadrados. Es el único país en Suramérica con dos costas el pacífico (1300km) y el atlántico (1600km), gracias al contacto con estos dos grandes cuerpos de agua se delimito seis cuencas petroleras off-shore (Garzón, et al., 2019)

1.4.1 Cuenca Choco off-shore. Localizada a lo largo del ángulo arqueado del noroeste de Colombia, limitando al norte con la frontera de panamá.

Esta cuenca se extiende desde el oeste de la línea costera actual hasta la trinchera de la zona de subducción actual, al sur el límite se aproxima al rastro del sistema de fallas de Garrapatas. Cuenta con un área 37773 Km² y porosidades hasta del 42%, siendo potencial el petróleo y gas en la zona.

La roca fuente es la formación Iró, La presencia de rocas generadoras en las subcuencas San Juan y Atrato está documentada con base en la caracterización geoquímica de la Formación Iró, en el sector del alto Istmina Condoto. Del modelamiento de generación de hidrocarburos basados en esta formación y crono estratigráficamente correlacionable con las formaciones Salaquí y Clavo, se infiere que estas alcanzaron importantes procesos de generación y expulsión de hidrocarburos durante el Mioceno tardío-Plioceno.

1.4.2 Cuenca Guajira off-shore. El límite noreste de esta cuenca es el frente de deformación de la faja deformada del caribe sur originada por la intersección entre la placa sudamericana y la placa caribe; al este, el límite es hasta la frontera con Venezuela, al sudoeste, la cuenca sigue el trazo costero de la falla Oca y al sureste limita con la costa continental de la guajira. Posee un área de 52860 Km², se han perforado 48 pozos de los cuales en 3 se ha descubierto gas.

La cuenca cuenta con varios descubrimientos importantes de gas de los cuales destacan los campos Chuchupa (3500 GPCG), Ballena (1257GPCG) y Riohacha (92 GPCG); el potencial de hidrocarburos por descubrir es de 2800 MMBPE, con un 70% de gas y un 30% de petróleo.

Las formaciones de roca generadora son la Luna, Colon, Cogollo, Castilletes y Jimol. Y el tipo de hidrocarburo es gas termogénico y petróleo; Se identifica con capacidad de generar hidrocarburos en shales, limolitas calcáreas y calizas de la formación la luna, como en el pozo PGG-1 y al este de la depresión de cocinetas en Venezuela, también hay potencial en el Paleógeno y Neógeno, con querógeno tipo III, es decir generadora de gas. Los reservorios principales corresponden a las calizas y areniscas de las formaciones Macareo y Siamana la generación y migración de hidrocarburos se incrementó por la configuración estructural, la cual se enfocó en patrones de migración de una fuente termogénica temprana en la parte profunda costa afuera hacia los reservorios Chuchupa, Ballena y Riohacha.

1.4.3 Cuenca Sinú-Urabá off-shore. Ubicada en el mar Caribe, está estructurada por una serie de pliegues relacionados con la falla de contracción del noroeste y diapiros de barro asociados, limita al noroeste con la falla Oca, al noreste, con la línea que separa el empuje frontal de sedimentos de la corteza caribeña también denominado frente de deformación del cinturón deformado del Caribe sur; al sudoeste el límite es al este de la costa de la cuenca de Urabá y al sudeste es la línea costera actual.

En el año 2007 Halliburton compilo los datos del pozo Urabá 1629-1X, los cuales indicaban bajos valores de contenido de materia orgánica (%COT) entre 0.6 y 2,11%, bajos contenidos de hidrógeno entre 17 y 166 mg HC/g COT indicativos de querógeno tipo III. De esta misma manera los datos de madurez térmica corresponden a temperatura máxima que varía entre 357 y 425°C, lo que indica que la secuencia aún es inmadura, aunque puede aun así haber presencia de gas.

1.4.4 Cuenca Tumaco off-shore. Se encuentra en la región marina suroeste de Colombia en el Océano Pacífico. La configuración tectónica de esta cuenca es el antebrazo del complejo de subducción del cretácico superior. Limita al norte con el sistema de fallas de Garrapatas, al sur con la frontera ecuatoriana, al este con la línea frontera actual y al oeste con la pared interior de la trinchera de la zona de subducción actual. La cuenca tiene un cinturón de diapiros de barro que se extienden paralelamente a la costa.

La ANH clasifica las Cuencas en tres grupos: 1) Cuencas inexploradas o tectónicamente complejas; 2) Cuencas sub-exploradas y 3) Cuencas exploradas. La Cuenca Tumaco, es una Cuenca inexplorada casi en su totalidad, razón por la cual la Agencia y la UIS se encuentran interesados en coordinar diferentes estudios con el ánimo de evaluar y desarrollar estrategias de exploración que permitan conocer la geología del subsuelo presentes en este sector del país.

Por esta razón se va a realizar la perforación del pozo estratigráfico ANH-BVTURA-1- ST-P, con el fin de conocer la estratigrafía predominante en este sector del país.

1.4.5 Cuenca Colombia. Esta es una cuenca de aguas profundas ubicada en el mar Caribe. Su límite noroeste se considera la Escarpa de Hess, un rasgo importante que se extiende desde Centroamérica hasta la española, el límite sudoeste, son los límites marítimos de Costa Rica y Panamá, el límite suroeste está ubicado en el frente de la deformación de la faja deformada del caribe sur, al oriente limita con la frontera venezolana y limita en el norte con los límites marítimos de Jamaica, Haití y República Dominicana. Debido a su geología el hidrocarburo en esta zona aún se desconoce.

1.4.6 Cuenca Pacífico profundo colombiano. Cuenca más occidental de Colombia, está compuesta principalmente por rocas volcánicas oceánicas y sedimentos marinos profundos. Limita al norte con panamá, al sur con la frontera ecuatoriana, hacia el este con la zona de subducción del pacífico colombiano y al oeste con Costa Rica y el límite de Colombia.

Nota: La información de las cuencas toda fue extraída de Garzón Cáceres, E., Sarmiento Sánchez, J. (2018) Proyecto Educativo, Informativo y Didáctico, Sobre la Etapa de Perforación en el Área de Deepwater, Aplicable a la Industria Colombiana. Universidad Industrial de Santander. Tesis de Grado.

1.4.7 Offshore en Colombia. En Colombia, la perforación y producción offshore no tuvo un papel importante, hasta estos últimos años, en los cuales por la necesidad de mantener una estabilidad energética y económica. El alza en el precio del barril, permitió, desarrollar estos tipos de yacimientos.

Unos de los descubrimientos más importantes de pozos colombianos (aunque de gas) son: Chuchupa-Ballenas (1973), Santa Ana (1979), Arazá 1 (2007), Mapalé (2012), Orca 1 (2014), Kronos 1 (2015) y Gorgón 1 (2017), siendo arazá 1 el primer pozo profundo en aguas colombianas.

Según BNAméricas, los 8 proyectos offshore más importantes para el 2020 son (BNAméricas, 2019):

FUERTE SUR: El bloque Fuerte Sur es una de las tres áreas costa afuera en las que Shell adquirió una participación operativa de 50% este mes, de manos de la petrolera estatal Ecopetrol. Esta último asumió el control total del bloque después de que Anadarko Petroleum saliera del sector costa afuera de Colombia. El bloque cubre 330.000ha y se ubica a 53km de las costas de los departamentos de Córdoba y Sucre. Incluye el área Kronos-1, donde se descubrieron grandes acumulaciones de gas natural en 2015.

PURPLE ANGLE: Purple Angel es otro activo marino que tenía Anadarko y que formó parte del acuerdo de Shell con Ecopetrol. Las campañas de perforación en los pozos Purple Angel-1 y Gorgon-1 en 2017 confirmaron la extensión de depósitos de gas descubiertos en Kronos-1.

COL-5: El tercer activo en aguas profundas que compró Shell a Ecopetrol es Col-5, de 741.473ha frente a las costas de Sucre y Córdoba. En total, los tres bloques cubren 14.900km². Ecopetrol y Shell pretenden realizar su primera prueba de producción en las áreas para fines de 2021, siempre y cuando reciban las aprobaciones regulatorias.

COL-4: ExxonMobil se quedó con un 50% del bloque Col-4 en abril pasado, el cual es operado por la otra socia de riesgo compartido, Repsol. Col-4 cubre 400.000ha, a unos 100km de las costas del departamento de Bolívar. La expansión de ExxonMobil en Colombia se produce en momentos en que la compañía estadounidense acelera la exploración en aguas profundas en Guyana y Brasil.

GUA-OFF-1: Repsol también se adjudicó derechos de exploración y producción en abril por la licencia Gua-Off-1, que abarca 1,2 millones de hectáreas. Repsol es su operador con una participación de 50% y el resto está en manos de Ecopetrol. El programa de exploración del bloque considera adquirir y procesar 7.780km de datos sísmicos 2D.

TAYRONA: En febrero del año pasado Ecopetrol y el operador Petrobras delinearon planes para invertir US\$140mn a fin de perforar dos pozos exploratorios en el bloque Tayrona. La inversión se dividirá en dos fases, cada una con una duración de dos años, y excluirá el área de evaluación Orca.

COL-3: La compañía estadounidense Noble Energy compró una participación operativa de 40% en el bloque Col-3 a Shell en marzo del año pasado. El programa mínimo de exploración para Col-3 incluye el reprocesamiento de casi 1.000km² de datos sísmicos y la perforación de al menos un pozo.

GUA-OFF-3: Noble también obtuvo un 40% de la licencia Gua-Off-3 como parte del acuerdo con Shell por Col-3. El programa mínimo de exploración para el bloque contempla la adquisición de 2,461km² de datos sísmicos 3D, junto con muestreo y reprocesamiento. Según Shell, la inversión total en las áreas podría alcanzar los US\$650mn.

Las Figuras 3 y 4 muestran los bloques offshore en la costa pacífica y atlántica de Colombia.

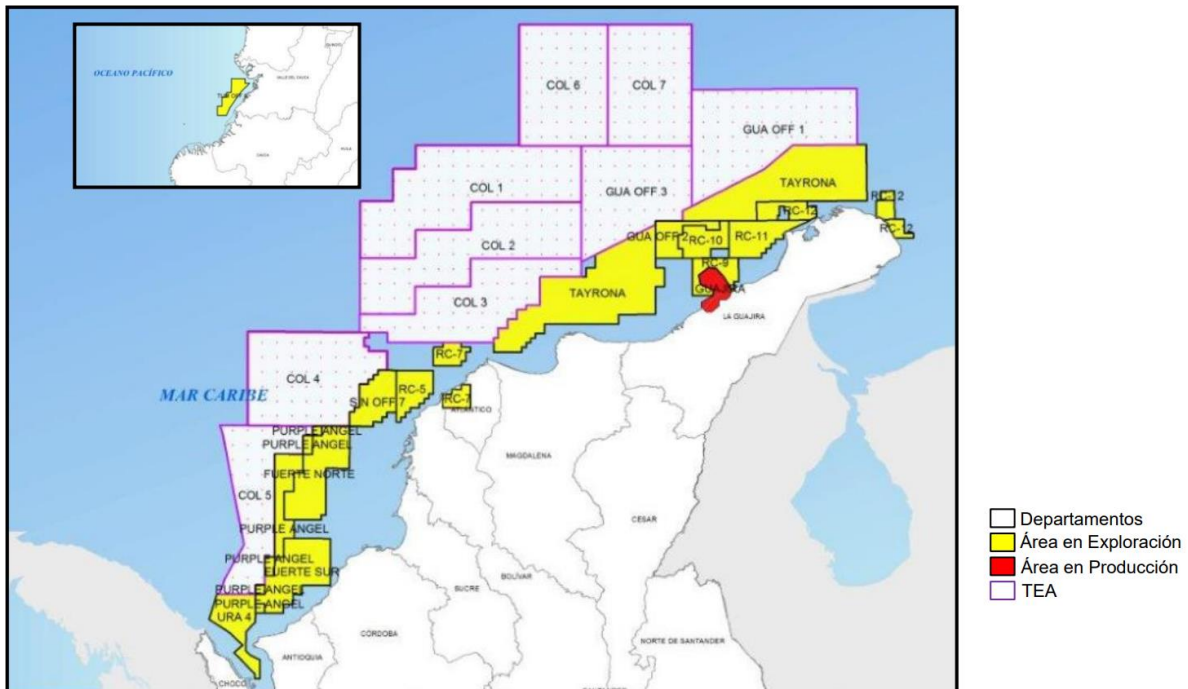


Figura 3.
Bloques offshore en el caribe Colombiano. Fuente ANH

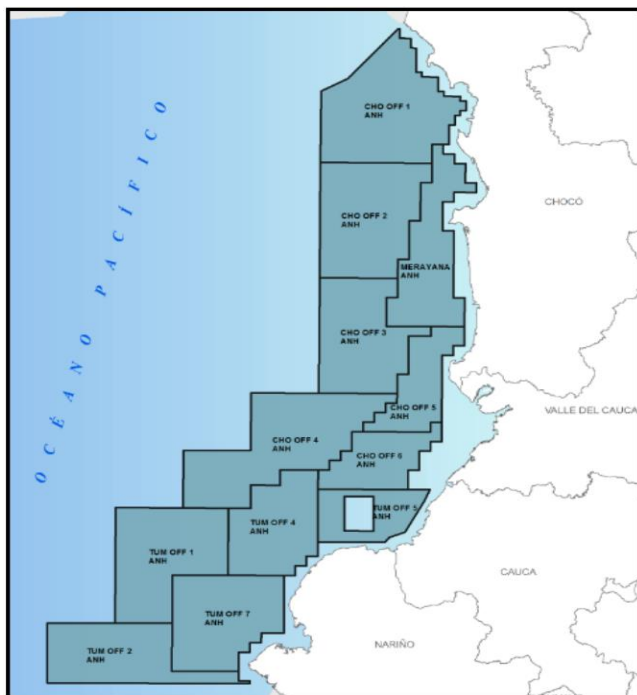


Figura 4.
Bloques offshore en el pacífico Colombiano. Fuente ANH

2. Parámetros Sensibles en la Perforación Offshore

Para precisar el término parámetro, se tomó la definición de la Real Academia de la Lengua Española la cual puntualiza como parámetro “todo dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación” (RAE, 2020). Con el fin de tener en cuentas los aspectos que más impactan la perforación offshore, se analizaron los siguientes cuatro tipos de Áreas: Área ambientales, humanos, técnico-mecánicos y de yacimiento; además de sus respectivos parámetros sensibles.

La tabla 6 contiene el número de artículos consultados.

La Figura 5 contiene la distribución de los artículos consultados.

Tabla 6.
Artículos consultados de parámetros sensibles.

Tipo de Área	Número de Artículos Recopilados
Técnico mecánicos	52
Ambientales	13
Humanos	12
Yacimientos	8
Total	85

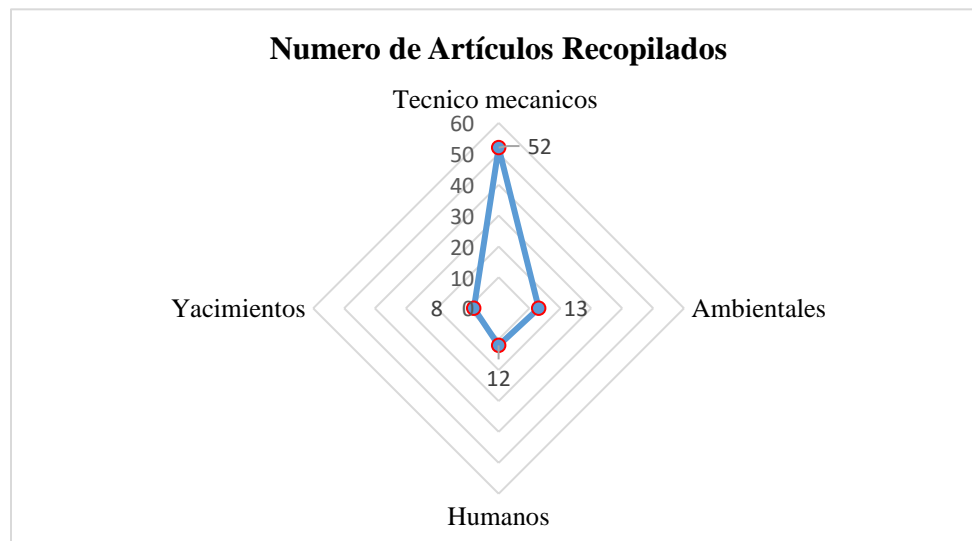


Figura 5.
Distribución grafica de los Artículos recopilados.

Tabla 7.
Distribución de la aplicabilidad de los parámetros¹.

	Profundos	Ultra profundos	Profundos y Ultra P.
Técnico mecánicos	5	2	45
Ambientales	3	1	9
Humanos	1	0	11
Yacimientos	2	0	6

La tabla 7, representa la distribución y aplicabilidad de cada artículo con su respectivo parámetro sensible y así, exponer de manera más ordenada la información presentada en las tablas a continuación.

¹ Distribución hecha por el autor de la información recopilada.

2.1 Parámetros Sensibles Ambientales

Los parámetros ambientales son todos aquellos que recomiendan la utilización de ciertos métodos, modificaciones o herramientas de ayuda, las cuales mejoran las técnicas que involucran descarga, operación, protección o monitoreo del medio ambiente en el proceso de perforación en aguas profundas y ultra profundas. La tabla 8 contiene la descripción de los parámetros sensibles.

Tabla 8.
Área Ambiental.

Tipo de Publicación	Aplicación para Profundos y/o Ultra Profundos	Parámetro sensible específico	Descripción
Estudio	Profundos y Ultra P.	OBM, Salmuera e Hidratos.	Los beneficios de un sistema tensoactivo especial no contaminante diseñado para estabilizar las gotas de salmuera en una fase de aceite (Audibert, et al. 2004).
Estudio	Profundos	Fauna y Pruebas de toxicidad de sedimentos.	Investigación de nuevas formulaciones para el lodo descargado, con el objetivo de lograr una menor toxicidad y una mejor biodegradabilidad intrínseca (Durrieu, et al, 2007).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Requisitos mínimos de desempeño.	Reducir el potencial de impactos de los fluidos de perforación y los recortes asociados en el entorno offshore (Glickman, et al, 2008).
Estudio	Profundos	Monitoreo ambiental.	Proporcionar datos clave para validar los modelos de descarga de lodos, determinar el grado de impacto ambiental (Glickman, et al, 2009).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Transporte y sedimentación de la descarga de lodo.	Puede pronosticar la ubicación, la configuración y las características de las pilas de recortes ² en el agua de mar que fluye (Toldo, et al.2009).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Fauna, sedimentación y Barrido de lodo descargado.	Realizaron un estudio químico y biológico retrospectivo en la fauna de Camden Bay, en el mar de Alaska Beaufort (Guo, et al, 2011).
Investigación	Ultra Profundos	Alquilfenoles (AP) e hidrocarburos poliaromáticos (HAP).	Los alquilfenoles (AP) y los hidrocarburos poliaromáticos (HAP) del agua producida se acumulan en el bacalao y el mejillón azul (Trefry, et al, 2013).

² Pila de recortes: Acumulaciones de sólidos en el fondo marino, producto de la descarga de lodo de perforación.

Análisis	Profundos y Ultra P.	Floculación, Sedimentación y Filtración para la descarga de lodo	Unidad especializada de tratamiento de aguas residuales de dos módulos desplegable en cualquier entorno de perforación offshore (Bakke, et al, 2013).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Material articulado y Aire	Investigan las características químicas, la distribución y el riesgo para el medio ambiente de las partículas metálicas presentes en la perforación (Cupelo, et al, 2013).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Residuos peligrosos	Secadores de recortes centrífugos y sistemas de tratamiento de recortes termo mecánicos para el lodo de perforación (Xu, et al, 2016).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Fauna y descarga de sólidos peligrosos	Metabarcoding representa una herramienta efectiva para evaluar las comunidades foraminíferas cercanas a las plataformas (Zhang, et al, 2016).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Fauna y residuos peligrosos	Comunidades bacterianas fueron las más receptivos a las actividades de O&G, seguidos por Foraminífera y macro-fauna (Laroche, et al, 2018)
Investigación	Profundos	Fauna microbiana y residuos peligrosos	La abundancia de bacterias y arqueas fue menor en las pilas de recortes que en los sedimentos naturales circundantes (Potts, et al, 2019).

Los impactos en el ambiente que generan la exploración y explotación de petróleo y gas en altamar incluyen, las interferencias en el hábitat de los peces, los corales y los mamíferos, pues hay grandes cantidades de siniestros, eventos adversos o sedimentos que se acumulan debido a los procesos de perforación y descarga de material sobre el agua. Por eso existen políticas ambientales y medidas que regulan la actividad petrolera para contener el daño a los ecosistemas marinos. Se debe tener muy en cuenta este aspecto en el desarrollo del offshore en Colombia, pues la diversidad marina es de gran importancia mundial.

2.2 Parámetros Sensibles Humanos

Los parámetros humanos son todos aquellos que recomiendan la utilización de ciertos métodos, modificaciones o herramientas de ayuda, los cuales mejoran las técnicas que involucran el trabajo y el bienestar del personal humano a bordo de las instalaciones petroleras en el proceso de

perforación en aguas profundas y ultra profundas. La tabla 9 contiene la descripción de los parámetros sensibles.

Tabla 9.
Área Humana.

Tipo de Publicación	Aplicación para Profundos y/o Ultra Profundos	Parámetro sensible específico	Descripción
Estudio	Profundos y Ultra P.	Trabajo integral	Factor integrador de los servicios prestados por el contratista de perforación y otras empresas de servicios, en lugar de los objetivos técnicos del programa (Embury, et al, 2000).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Estrés, Fatiga y conciencia de seguridad	Niveles mayores de estrés y fatiga tenían peor calidad de SA; sin embargo, SA no se vio afectado por la carga de trabajo (Sneddon, et al, 2006).
Metodología	Profundos	Nivel de riesgo	Presenta información e indicadores del Proyecto de Nivel de Riesgo (RNNP) en la O&G de noruega relacionados con el clima de seguridad, barreras e incidentes no deseados, y discute la relevancia para la perforación en aguas profundas (Skogdalen, et al, 2011).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Conciencia de seguridad	Auto informe desarrollado para medir la WSA del personal de perforación (Sneddon, et al, 2013).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Gestión de seguridad	Organización de gestión y el sistema de gestión CNOOC Offshore Drilling HSE (Cheng, et al, 2013).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Experiencia previa	Estudio en base a los análisis y las lecciones aprendidas del accidente de BP Deepwater Horizon y el NPT realizado por el equipo de DWH (Tabibzadeh, et al, 2014).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Gestión y Riesgos de accidentes	Gestión de riesgos de accidentes de perforación en alta mar mediante la incorporación de factores socio-técnicos asociados en un marco integrado (Tabibzadeh, et al, 2015).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Indicador y Riesgos de patada	Indicadores de patada en el contexto de una imagen mental del estado del pozo y anticipando lo que podría resultar en una patada (Roberts, et al, 1016).

Metodología	Profundos y Ultra P.	Riesgos y Conciencia de seguridad	Adopta y extiende la parte existente de Risks OMT HRA con el propósito de realizar análisis cualitativos y cuantitativos de las influencias de los factores humanos en el riesgo de operaciones de perforación de pozos (Strand, et al, 2016).
Evaluación	Profundos y Ultra P.	Análisis de informe de accidentes	Presenta un método novedoso que combina revisiones y análisis de informes de accidentes de pozos con una evaluación probabilística de riesgos de pozos (Strand, et al, 2017).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Riesgo auditivo	Un enfoque de simulación acústica 4D compatible con BIM para mitigar el impacto del ruido en los trabajadores (Tan, et al, 2017).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Riesgos y Gestión de seguridad	Operación de control de pozos en tiempo real personalizado para escenarios de detección de pausas y roturas de perforación (Kiran, et al, 2019).

En cualquier operación offshore, al ser en un ambiente aislado y lejos de cualquier centro de atención, es indispensable mantener la integridad de todos los trabajadores, ya que estos componen la principal barrera para percibir cualquier anomalía que pueda surgir a lo largo de la perforación y así desplegar las metodologías diseñadas para cada ocasión (patada, reventón, pega de tubería, pruebas de presión, etc.), después del accidente del Deepwater Horizon, las empresas comenzaron a capacitar de mejor forma a sus trabajadores, con métodos en HSE mejorados y que involucran más factores, permitiendo, una mejor SA, optimizando todos los procesos y el bienestar del personal dentro de las instalaciones.

2.3 Parámetros Sensibles Técnico - Mecánicos

Los parámetros técnico-mecánicos son aquellos que recomiendan la utilización de ciertos métodos, modificaciones o herramientas de ayuda, los cuales mejoran las técnicas que involucran maquinaria, elementos, instrumentos y equipos operados en el proceso de perforación en aguas profundas y ultra profundas. La tabla 10 contiene la descripción de los parámetros sensibles.

Tabla 10.
Área Técnico-mecánica.

Tipo de Publicación	Aplicación para Profundos y/o Ultra Profundos	Parámetro sensible específico	Descripción
Análisis	Profundos y Ultra P.	Torre y NPT	Viabilidad del tiempo de operación utilizando doble torre de perforación (Munch-Søgaard, et al, 2001).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Perforación direccional e Interferencia	La principal aplicación de la gravedad MWD es la disminución del costo de perforación direccional efectiva en presencia de interferencia magnética (Matheson, et al, 2004).
Metodología	Profundos y Ultra P.	BOP	El método de control de micro flujo (SECURE), el cual presenta un gran número de beneficios en zonas situadas en entornos desafiantes (Santos, et al, 2005).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	MPD es un proceso de perforación adaptativo utilizado para controlar con más precisión el perfil de presión anular en todo el pozo (Hannegan, et al, 2006).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Solidos peligrosos	Un modelo para predecir la ubicación y configuración de las pilas de recortes en el fondo marino (Fang, et al, 2006).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Sarta de Perforación	Integrar juntas verticales que permite reducir hasta un 30% el peso del sistema y reducir significativamente el período natural (Poirette, et al, 2006).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Ambiente de perforación específico	Enfoque permite un grado de flexibilidad en la aplicación de ese estándar para dar cabida a los desafíos geológicos y económicos únicos planteados por un ambiente de perforación dado (Poedjono, et al, 2007).
Análisis	Profundos	Alto torque y Lodo de perforación	Aspectos más destacados del documento SPE 112536, "Perforación de alcance extendido en alta mar en California: la experiencia de un operador con la perforación de un pozo récord de alcance extendido" (Denney, 2008).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Grúas AHC	tecnología de AHC que se utiliza en grúas se basa en sistemas de eficacia probada (Seierstad, et al, 2009)
Investigación	Profundos y Ultra P.	Sarta de perforación	Diseñaron un nuevo sistema que proporciona ventajas significativas sobre los ensamblajes orientables convencionales (Al Ramahi, et al, 2009).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Cambios perforación direccional	Ofrecen a los usuarios un enfoque proactivo para hacer cualquier cambio en los planes de dirección (Sharma, et al, 2009).

Estudio	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación (espumas)	Los datos de este estudio pueden servir como base para seleccionar espumas pesadas en la perforación de pozos en alta mar (Liu, et al, 2010).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Risers Profundos	Hace un análisis sobre las herramientas y técnicas para la selección y diseño de sistemas seguros de risers profundos en las unidades de perforación offshore (Whooley, et al, 2011)
Metodología	Profundos y Ultra P.	Sellos y Control de pozo	La nueva tecnología le dará al operador en todo momento el estado de los sellos y le dará tiempo para evaluar antes de entrar en una situación de control de pozos (Andresen, et al, 2011).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Capacitación de perforación	Desarrollaron un simulador de perforación utilizando una herramienta de simulación tridimensional basada en estos modelos. Se adoptó un tipo de plataforma costa afuera Semi sumergible para el simulador (Park, et al, 2011).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Monitoreo y Control	redes de sensores submarinos cerca de las áreas de operaciones de perforación utilizando Vehículos Operados Remotos (ROV) (Corneliu, et al, 2012)
Metodología	Profundos y Ultra P.	Monitoreo y Detección	Implementación de un software de detección de problemas de perforación que funciona con análisis de datos en línea en tiempo real. Incluye el concepto de un modelo integrado para representar el proceso de perforación (Martins, et al, 2013).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Barreras de control	Se basa en la teoría de control de pozos de tres niveles, y se establecen barreras de control de pozos primarios y secundarios y una barrera de monitoreo de pozo adicional entre el depósito y el evento de reventón (Xue, et al, 2013).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Registro en tiempo real	Herramienta sónica de LWD, que proporciona una plataforma sólida para la adquisición de datos en tiempo real comparable al registro con cable (Mickael, et al, 2013).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Sarta de perforación	El movimiento de tirón puede excitar las resonancias en la perforación de pozos. Esto resulta en un aumento de hasta al 10 veces en la magnitud de las fluctuaciones de presión en el fondo de pozo y un aumento significativo en la carga dinámica de la tubería (Aarsnes, et al, 2014).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	El controlador MPC suprime las fluctuaciones de presión de fondo de pozo en un 70-90% dependiendo del período de la perturbación (Albert, et al, 2015).

Investigación	Profundos y Ultra P.	Monitoreo por simulación	Un simulador HIL diseña y simula una plataforma de perforación y que problemas proporcionan de vibración (Arvani, et al, 2014).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación y Perforación direccional	Ventajas de MPD. Las variaciones CBHP y PMCD de MPD se utilizan sobre todo para manejar los diferentes tipos de peligro en la perforación direccional (Hannegan, 2015).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	El sistema MPD permitió la detección temprana de patadas y pérdidas, la capacidad de mantener una presión constante en el fondo del pozo durante la perforación y durante los eventos de apagado de bombas y la capacidad de utilizar el modo de Control de Presión Anular (APC) (Onifade, et al, 2015).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	Mejoras adicionales para operar de manera más efectiva los sistemas MPD en alta mar, a menudo eliminará eventos no programados, o disminuirá su duración, y ayudará a minimizar el riesgo de perforación (Patel, et al, 2015).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Risers Profundos	Hacen un análisis del comportamiento mecánico para la determinación de la ventana de instalación de riser en perforación costa afuera (Wang, et al, 2015).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Monitoreo robótico	Documento donde resume las tecnologías robóticas clave que se utilizan actualmente en las instalaciones de petróleo y gas en alta mar (Shukla, et al, 2016).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	El enfoque incluye modelos que tienen en cuenta la influencia de la degradación y (si corresponde) nueva información en tiempo real que representa los parámetros cambiantes del modelo (Wu, et al, 2016).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Perforación direccional y Alcance extendido	Describe el análisis del límite de alcance extendido en perforación horizontal en alta mar, basado en la presión de fractura de formación (Li, et al, 2016).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Monitoreo y Patadas	Detección de patadas desde el registro de lodo en tiempo real y la detección de patadas en el Delta del Nilo en alta mar. Propusieron un nuevo método avanzado de detección temprana de patadas basado en más de 10 años de experiencia en el monitoreo de datos de registro de lodo en tiempo real mientras se perfora y analiza los informes de flujo y patada (Ahmed, et al, 2016).

Investigación	Profundos y Ultra P.	Monitoreo y circulación	Los altos niveles de automatización y la integración de un paquete de perforación de vanguardia, que incluye un sistema de circulación continua y un sistema de monitoreo de flujo de alta resolución (Calderoni, et al, 2016).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Barreras de prevención	Modelo general de gestión de barreras; los requisitos previos necesarios para implementar la gestión de seguridad de procesos en una flota operativa (Gidley, et al, 2017).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Circulación y Lodo de perforación	Estudio sobre el rango permitido del caudal de fluido de perforación en la perforación en alta mar teniendo en cuenta el límite de alcance extendido (Li, et al, 2017).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Descarga de perforación y Modelado de transporte	Una revisión de los estudios de modelado de CFD sobre transporte neumático y desafíos en el modelado del transporte de recortes de perforación en alta mar (Manjula, et al, 2017).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Diseño y Ejecución	Discute los enfoques de diferentes organizaciones e institutos sobre la caracterización de indicadores líderes y desarrollo (Tamim, et al, 2017).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	La metodología desarrollada se aplica a un estudio de caso de una operación MPD en alta mar considerando dos sistemas críticos: dispositivo de control giratorio (RCD) y BOP (Pui, et al, 2017).
Modelo	Ultra Profundos	Sarta de perforación	Un modelo de cálculo de la fuerza de elevación para analizar las características de cambio dinámico de la fuerza de elevación de la sarta de perforación durante el período de cierre (Yin, et al, 2018).
Metodología	Profundos	Risers Profundos	Una metodología Fusca Petri Net (FPN) para evaluar el riesgo integral de los risers de perforación en aguas profundas (Chang, et al, 2018).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación	Realización de análisis de escenarios de accidentes y evaluación dinámica de riesgos cuantitativos para la seguridad de MPD (Zhang, et al, 2018).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Sarta de perforación y Lodo de perforación	Rechazan oscilaciones de presión mediante la alimentación hacia adelante al controlar la apertura del estrangulador superior. La atención se centra en pozos con gran fricción (es decir, pozos profundos con lodos de perforación de alta viscosidad) (Strecker, et al, 2018).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Riesgo de reventón	Método probabilístico de precursores de accidentes (APPM) para modelar y evaluar el riesgo de reventones de perforación en alta mar (Perez, et al, 2018).

Modelo	Profundos	Sarta de perforación	Modelo dinámico completo de un sistema de tubos de perforación en alta mar con estructura de tubería en tubería (Liao, et al, 2018).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Monitoreo en tiempo real	Método que puede analizar automáticamente los datos de perforación en tiempo real y detectar el evento de influjo. El tiempo de detección promedio es 64% menor que el tiempo de detección reportado (Tang, et al, 2018).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Control de densidades y Perdidas circulación	Se sintetizó un nuevo polímero termo sensible (PANA), para problemas que incluyen control de densidades circulantes equivalentes, pérdida de circulación, etc. Para resolver estos problemas (Xie, et al, 2019).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Plataforma nueva	Triceratops es una de las plataformas que consiste en estar conectada a patas flotantes a través de articulaciones esféricas (Nagavinothini, et al, 2019).
Modelo	Profundos y Ultra P.	Bloques con fallas	Técnica de jerarquía difusa de dos niveles para una evaluación integrada del riesgo de desarrollo técnico de los campos petroleros de bloques con fallas en alta mar (Li, et al, 2019).
Metodología	Ultra Profundos	Doble gradiente y ROP	Método de perforación de doble gradiente en aguas profundas basado en la separación de fondo de pozo. Se puede obtener una diferencia de presión más pequeña en el fondo del pozo, lo que puede aumentar la ROP y proteger los depósitos (Wang, et al, 2019).
Metodología	Profundos y Ultra P.	Alarma de riesgo	Método propuesto y para demostrar que tres niveles de alarma basados en la propagación del riesgo pueden activarse rápidamente para la toma de decisiones (Wu, et al, 2019).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Monitoreo y Simulación numérica	Simulación numérica que puede controlar con precisión parámetros como la distribución y el tamaño de las burbujas, y su eficacia y precisión se verificaron por medios experimentales (Xu, et al, 2019).
Estudio	Profundos	Sarta de perforación	Se realizaron simulaciones numéricas en las tres tuberías de tamaño representativo, con una longitud axial en un rango de 100–10000 m (Lou, 2019).
Investigación	Profundos	Pilar de bloqueo	El pilar de bloqueo es una técnica de cierre de emergencia que puede controlar eficazmente los accidentes de reventón en alta mar (Meng, et al, 2019).

Estudio	Profundos y Ultra P.	Lodo de perforación y Control de descarga ascendente	Publican un artículo en el cual, presentan una variante del enfoque de presión constante en el fondo del pozo (CBHP) para la perforación por presión gestionada (MPD) que ofrece una forma integral de gestionar y controlar el comportamiento de descarga de gas ascendente (Gu, et al, 2019).
---------	----------------------	------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Se logra evidenciar la amplia gama de investigaciones, métodos y técnicas, utilizadas recientemente con el fin de optimizar los procesos, costos y la seguridad de los equipos e instalaciones presentes en una perforación offshore en aguas profundas y ultra profundas. Los estudios abarcan desde modelos matemáticos, simuladores de perforación y de riesgos, nuevos instrumentos o máquinas para el apoyo humano, y técnicas para diversas situaciones de peligro, desarrollados por un gran número de investigadores en busca de una mejor, más eficiente y segura la práctica de perforación.

2.4 Parámetros sensibles de Yacimiento

Los parámetros de yacimientos son aquellos que recomiendan la utilización de ciertos métodos, modificaciones o herramientas de ayuda, los cuales mejoran las técnicas o el entendimiento que involucran al yacimiento, la geología o la zona en el proceso de perforación en aguas profundas y ultra profundas. La tabla 11 contiene la descripción de los parámetros sensibles.

Tabla 11.
Área de Yacimiento.

Tipo de Publicación	Aplicación para Profundos y/o Ultra Profundos	Parámetro sensible específico	Descripción
Investigación	Profundos y Ultra P.	Modelo 3D y Fortalecimiento de perforación	Desarrollo y simulación de un modelo tridimensional de elementos finitos (FEM) para investigar el mecanismo de fortalecimiento del pozo. Este estudio también describe un procedimiento para diseñar la Distribución del tamaño de partículas (PSD) en aplicaciones de campo (Salehi, et al, 2012).
Modelo	Profundos	Nano fósil calcáreo y Diseño	La técnica bioestratigráfica del pozo ayuda a "hacer las cosas bien al principio" cuando se integra con la descripción litológica tradicional, la correlación de firma de registro y las interpretaciones del perfil sísmico. La técnica moderna y rápida de procesamiento de nano fósil calcáreo, por ejemplo, proporciona un resultado en "tiempo real" para que el equipo de exploración confirme o se ajuste al programa de perforación (Fadiya, et al, 2014).
Investigación	Profundos y Ultra P.	Zonas volcánicas	Publican un artículo, el cual investigan las características de facies volcánicas de grandes provincias ígneas (LIP) que pueden contribuir directamente a las complicaciones de perforación (Millett, et al, 2016).
Investigación	Profundos	Formación no continua	Presentan los resultados de una nueva compilación y análisis de la reflexión sísmica marina anterior, la refracción y los datos de pozos de la costa del sudeste de los Estados Unidos (Boote, et al, 2016).
Estudio	Profundos y Ultra P.	Presión anormal	La formación con sistemas de presión complejos es aquella en los que hay presiones de poro anormalmente altas o bajas, presión de colapso inusualmente alta y baja presión de fuga en la sección estratigráfica, y perforar este tipo de formación traerá muchos desafíos (Tan, et al, 2017).

Estudio	Profundos y Ultra P.	Riesgo geológico en zonas complejas	Presentan un estudio sobre los tipos y la distribución de los posibles factores de riesgo geológico que se revelan sistemáticamente utilizando datos de perfil sub-bottom, datos de sonar de barrido lateral y datos sísmicos de un solo canal, entre otros. Riesgos geológicos potenciales primarios incluyen fallas activas, canales paleo enterrados, gas poco profundo, roca madre irregular, barrancos erosionados, deltas del estuario, crestas de arena de marea e intrusión de agua de mar (Ning, et al, 2019).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Tensión regional	Analizan catorce pozos exploratorios verticales en alta mar recientemente perforados en la cuenca Kutch-Saurashtra, lo que permite el primer informe de las magnitudes de tensión regional y la orientación de los componentes de tensión horizontal a partir de datos de petróleo (Sen, et al, 2019).
Análisis	Profundos y Ultra P.	Representación del yacimiento	Las simulaciones de dinámica molecular (MD) han ganado considerable atención en el estudio de las propiedades de los yacimientos, roca y fluidos, interacciones y fenómenos asociados a nivel atómico (Seyyedattar, et al 2019).

En la literatura se encuentran pocos estudios respecto a los yacimientos offshore en la parte de perforación, ya que en esta etapa es común que se desconozca en gran medida la geológica y sedimentos que conforman las posibles cuencas, sus propiedades y la potencial presencia de hidrocarburos comerciales, pero gracias a la sísmica se pueden determinar fallas, y otras estructuras geológicas.

3. Base de Datos de los Parámetros Sensibles al Perforar yacimientos Offshore

Profundos y Ultra Profundos

Para recopilar de manera eficiente y ordenada, además de fácil acceso se utilizó el programa de gestión de base de datos Microsoft Access, esta herramienta permite elaborar de manera sencilla

y de fácil administración diferentes bases de datos, proporcionando una estructura entendible y manejable, permitiendo así, una buena gestión de la misma. Microsoft Access presenta grandes ventajas a la hora de su utilización, además, presenta una amplia eficacia en el manejo de datos, una buena organización de las tablas y listas creadas, exportación de documentos compatibles (Word, Excel, PowerPoint, imágenes, PDF, entre otros) y creación de reportes sobre la información solicitada.

3.1 Generalidades de una Base de Datos

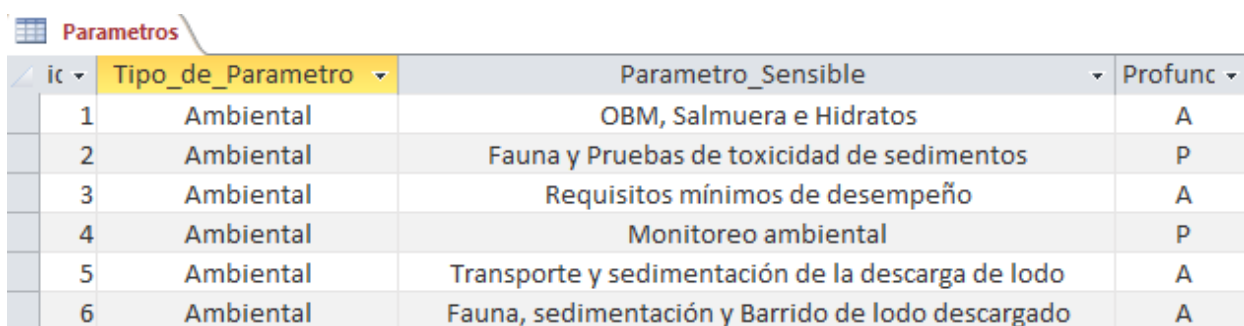
La palabra datos hace referencia a la información conocida que se puede grabar y que tienen un significado implícito. Esta colección de datos relacionados con un significado implícito es una base de datos. En sí, es un conjunto de datos relacionados y almacenados estructuradamente para su posterior uso. También se puede definir como un “almacén” que permite guardar grandes cantidades de información de forma organizada para ser empleada fácilmente (Camacho, et al, 2014).

3.2 Construcción de la Base de Datos

Después de la recopilación de información, su organización y al categorizarla por sus diferentes parámetros (Capítulo 2), se procede al diseño y construcción de dicha base de datos en Microsoft Access.

Este programa se trabaja por medio de tablas las cuales permiten una mejor distribución de la información para poder acceder a ella de manera eficiente cuando la necesitemos. Para el diseño de la tabla en Access que se realizó introduciendo las siguientes pautas; Figura 6, Parámetro general (ambiental, humano, técnico mecánico o de yacimiento), Parámetro sensible (es el parámetro específico del artículo, ejemplo: Descarga de perforación, Drilling mud, etc.),

Profundidad (si el parámetro sirve en aguas profundas “P”, ultra profundas “UP” o en ambos “A”); Figura 7, Tipo de publicación (si el artículo era de Investigación, análisis, metodología, modelo, estudio o evaluación), fecha de la publicación, continente y país (donde se hizo la investigación o publicación del artículo); Figura 8, Una breve descripción del artículo y el enlace de la página web para encontrar la publicación completa.



id	Tipo_de_Parametro	Parametro_Sensible	Profunc
1	Ambiental	OBM, Salmuera e Hidratos	A
2	Ambiental	Fauna y Pruebas de toxicidad de sedimentos	P
3	Ambiental	Requisitos mínimos de desempeño	A
4	Ambiental	Monitoreo ambiental	P
5	Ambiental	Transporte y sedimentación de la descarga de lodo	A
6	Ambiental	Fauna, sedimentación y Barrido de lodo descargado	A

Figura 6.

Tabla de parámetros en Access 1

Tipo_de_Public	Fecha_de_P	Continente	Pais
Estudio	29/09/2004	America	USA
Estudio	30/03/2007	Europa	Italia
Evaluacion	17/04/2008	Europa	Francia
Metodologia	17/04/2008	Europa	Francia
Estudio	1/01/2009	America	Brasil
Modelo	21/03/2011	America	USA
Estudio	1/05/2013	America	USA
Investigacion	1/12/2013	Europa	Noruega
Analisis	17/03/2014	America	Brasil
Investigacion	5/03/2016	Asia	China

Figura 7.

Tabla de parámetros en Access 2

Descripcion_del_Parametro	Webseite
artículo el cual presenta datos de laboratorio creíbles que der	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-89989-MS
Numerosos estudios realizados en el laboratorio sobre el des	https://www.onepetro.org/conference-paper/OMC-2007-103
Se proponen dos índices foraminíferas que permiten una eval	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-111959-MS
ha desarrollado un estándar global de desempeño ambiental	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-111771-MS
Incluye los resultados del Proyecto de Monitoreo Ambiental	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
A partir de la segunda ley del movimiento de Newton, public	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS

Figura 8.
Tabla de parámetros en Access 3

ID	Tipo_de_Parametro	Parametro_Sensible	Profund	Tipo_de_Public	Fecha_de_P	Continent	Pais	Descripcion_del_Parametro	Webseite
1	Ambiental	OBM, Salmuera e Hidratos	A	Estudio	29/09/2004	América	USA	artículo el cual presenta datos de laboratorio creíbles que der	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-89989-MS
2	Ambiental	Fauna y Pruebas de toxicidad de sedimentos	P	Estudio	30/03/2007	Europa	Italia	Numerosos estudios realizados en el laboratorio sobre el des	https://www.onepetro.org/conference-paper/OMC-2007-103
3	Ambiental	Requisitos mínimos de desempeño	A	Evaluación	17/04/2008	Europa	Francia	Se proponen dos índices foraminíferas que permiten una eval	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-111959-MS
4	Ambiental	Monitoreo ambiental	P	Metodología	17/04/2008	Europa	Francia	ha desarrollado un estándar global de desempeño ambiental	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-111771-MS
5	Ambiental	Transporte y sedimentación de la descarga de lodo	A	Estudio	11/01/2009	América	Brasil	Incluye los resultados del Proyecto de Monitoreo Ambiental	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
6	Ambiental	Asuena, sedimentación y Barrido del lodo descargad	A	Modelo	21/03/2011	América	USA	A partir de la segunda ley del movimiento de Newton, public	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
7	Ambiental	ulfenoles (AP) e hidrocarburos poliaromáticos (H	UP	Estudio	1/05/2013	América	USA	un estudio químico y biológico retrospectivo en Camden Bay	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
8	Ambiental	ción, Sedimentación y Filtración para la descarga c	A	Investigación	11/12/2013	Europa	Noruega	artículo que revisa la investigación reciente sobre los efectos	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
9	Ambiental	Material artículado y Aire	A	Análisis	17/03/2014	América	Brasil	artículo que discutió un sistema móvil de tratamiento de eflu	https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-139466-MS
10	Ambiental	Residuos peligrosos	A	Investigación	5/03/2016	Asia	China	investigan las características químicas, la distribución y el ries	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
11	Ambiental	Fauna y descarga de sólidos peligrosos	A	Estudio	11/04/2016	Europa	Noruega	El concepto de clasificar los fluidos base según el contenido a	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
12	Ambiental	Fauna y residuos peligrosos	A	Estudio	1/09/2016	Oceania	Nueva Zelanda	En ese estudio, evaluaron la aplicabilidad del uso de metabar	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
13	Ambiental	Fauna y residuos peligrosos	A	Estudio	1/02/2018	Oceania	Nueva Zelanda	Dos años después hacen un estudio, donde evalúan la idonei	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
14	Ambiental	Fauna microbiana y residuos peligrosos	P	Investigación	1/05/2019	Europa	Noruega	investigación que proporciona una primera visión de la abun	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
15	Humano	Trabajo integral	A	Estudio	2/04/2006	Asia	Emiratos Arabes Unidos	Publican un artículo que examina cómo la calidad de SA de lo	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
16	Humano	Estrés, Fatiga y conciencia de seguridad	A	Metodología	26/06/2000	Europa	Noruega	El enfoque clave para las empresas hoy en día es administr	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
17	Humano	Nivel de riesgo	P	Metodología	1/10/2011	Europa	Noruega	artículo que presenta información e indicadores del Proyecto	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
18	Humano	Conciencia de seguridad	A	Estudio	1/07/2013	Europa	Noruega	presenta una escala de autoinforme desarrollado para medir	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
19	Humano	Gestión de seguridad	A	Metodología	23/03/2013	Asia	China	Durante más de 30 años de operaciones de perforación, CNOC	https://www.onepetro.org/conference-paper/IPT-2013-0001
20	Humano	Experiencia previa	A	Análisis	17/03/2014	América	USA	La revisión de la literatura de la industria de perforación en al	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
21	Humano	Gestión y Riesgos de accidentes	A	Metodología	27/04/2015	América	USA	documento que adopta la poderosa metodología AcciMap, pr	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
22	Humano	Indicador y Riesgos de patada	A	Metodología	1/09/2016	Europa	USA	Las habilidades cognitivas específicas asociadas con el maner	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
23	Humano	Riesgos y Conciencia de seguridad	A	Metodología	1/09/2016	Europa	USA	Publican un artículo, el cual presenta un método HRA que ad	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
24	Humano	Análisis de informe de accidentes	A	Evaluación	1/09/2017	Europa	USA	publica un artículo que evalúa la HMI como un factor de riesg	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
25	Humano	Riesgo auditivo	A	Estudio	1/04/2019	Asia	USA	Los trabajadores de mantenimiento en plataformas en alta m	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09670645080027
26	Humano	Riesgos y Gestión de seguridad	A	Metodología	30/09/2019	América	Canadá	Una evaluación y método para capacitación propuestos por Ki	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
27	Tecnico mecanico	Torre y NPT	A	Análisis	27/03/2001	Europa	Países Bajos	artículo en el cual se exhibe un análisis sobre la viabilidad del	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
28	Tecnico mecanico	Perforación direccional e Interferencia	A	Estudio	2/03/2004	América	USA	estudio sobre la medición durante la perforación (MWD) (Ma	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
29	Tecnico mecanico	BOP	A	Metodología	2/05/2005	América	USA	El método de control de micro flujo (SECURE), el cual presen	https://www.onepetro.org/conference-paper/OTI-2005-0001
30	Tecnico mecanico	Lodo de perforación	A	Estudio	24/09/2006	América	USA	la tecnología Managed Pressure Drilling (MPD) ha evolucion	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
31	Tecnico mecanico	Sólidos peligrosos	A	Modelo	11/03/2006	América	USA	Desarrollaron un modelo para predecir la ubicación y configu	https://www.onepetro.org/journal-paper/SPE-100-2006-0001
32	Tecnico mecanico	Sarta de perforación	A	Investigación	21/02/2006	América	USA	Para este año también se presenta una nueva tecnología dese	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
33	Tecnico mecanico	Ambiente de perforación específico	A	Modelo	22/10/2007	África	Egipto	han demostrado la importancia de la recopilación de datos ad	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
34	Tecnico mecanico	Alto torque y Lodo de perforación	P	Análisis	5/05/2008	América	USA	artículo que contiene los aspectos más destacados del docum	https://www.onepetro.org/journal-paper/SPE-086-2008-0001
35	Tecnico mecanico	Grúas AHC	A	Análisis	17/03/2009	Europa	Países Bajos	Este documento discutirá la migración de la tecnología AHC bi	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
36	Tecnico mecanico	Sarta de perforación	A	Investigación	26/10/2009	Asia	Barein	Diseñaron un nuevo sistema que proporciona ventajas signific	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
37	Tecnico mecanico	Cambios perforación direccional	A	Metodología	4/10/2009	América	USA	ofrecen a los usuarios un enfoque proactivo para hacer cualq	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS
38	Tecnico mecanico	Lodo de perforación (espumas)	A	Estudio	19/09/2010	Europa	Italia	Un problema único en la perforación de pozos de petróleo y g	https://www.academia.edu/2798641/OTC_22714
39	Tecnico mecanico	Risers Profundos	A	Análisis	6/10/2011	América	Brasil	Hace un análisis sobre las herramientas y técnicas para la sele	https://www.academia.edu/2798641/OTC_22714
40	Tecnico mecanico	Sellos y Control de pozo	A	Metodología	1/03/2011	Europa	Países Bajos	han desarrollado una nueva solución de sellado que se inst	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-139466-MS

Figura 9.
Vista general de la tabla en Access

El segundo paso en la construcción de la base de datos es incluir los formatos de consultas e informe (Figura 10), esto para cuando se cree la interfaz del usuario el programa maneje y despliegue la información de manera óptima presentándola de forma organizada; los formatos de consulta constan de tres parámetros para la búsqueda de la información: General, Sensible y por profundidad.

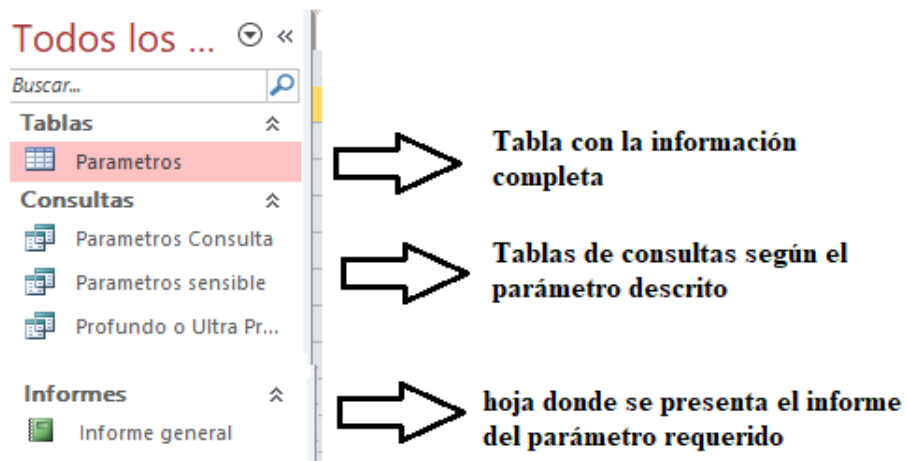


Figura 10.
Distribución de tablas y consultas

Por último, la interfaz de usuario debe ser clara, de fácil manejo y con la posibilidad de brindarle múltiples opciones al trabajador en su búsqueda (Figura 11), optimizando el tiempo y presentado la información requerida verazmente; para esto Microsoft Access nos brinda la posibilidad de crearla de modo sencillo y ponerla en funcionamiento de manera inmediata, además, se configura para que cuando abramos la base de datos, inicie desde la interfaz, ahorrando tiempo en el proceso.

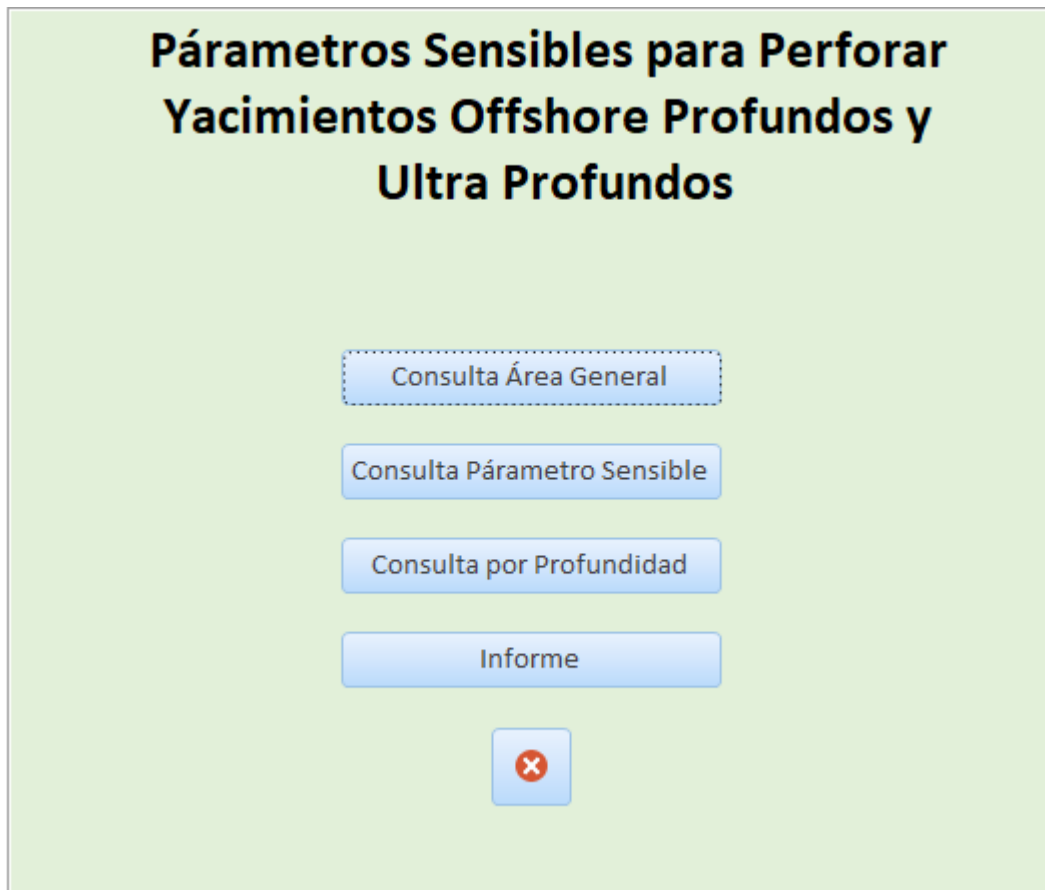


Figura 11.
Interfaz de usuario de la base de datos

3.3 Prueba de la Base de Datos y Aplicación a un Caso Colombiano

Suponiendo que se da inicio a un proceso de perforación en las siguientes cuencas: Cuenca Sinú – Urabá Offshore con las siguientes características...

Cuenca Sinú – Urabá Offshore: Falla de contracción del noreste, falla Oca, estrecha ventana entre la presión de poro de la formación y la presión de fractura, además se ha evidenciado altos niveles de estrés en los trabajadores.

Para este caso, Cuenca Sinú – Urabá Offshore tenemos un gran problema con las fallas, ya que estas pueden ser activas o actuar como sello además de su estrecha ventana de presiones, lo cual

dificulta en gran medida el proceso de perforación, en la interfaz de la base de datos lo primero que consultamos es un parámetro que me permita lidiar con las fallas (Figura 12).

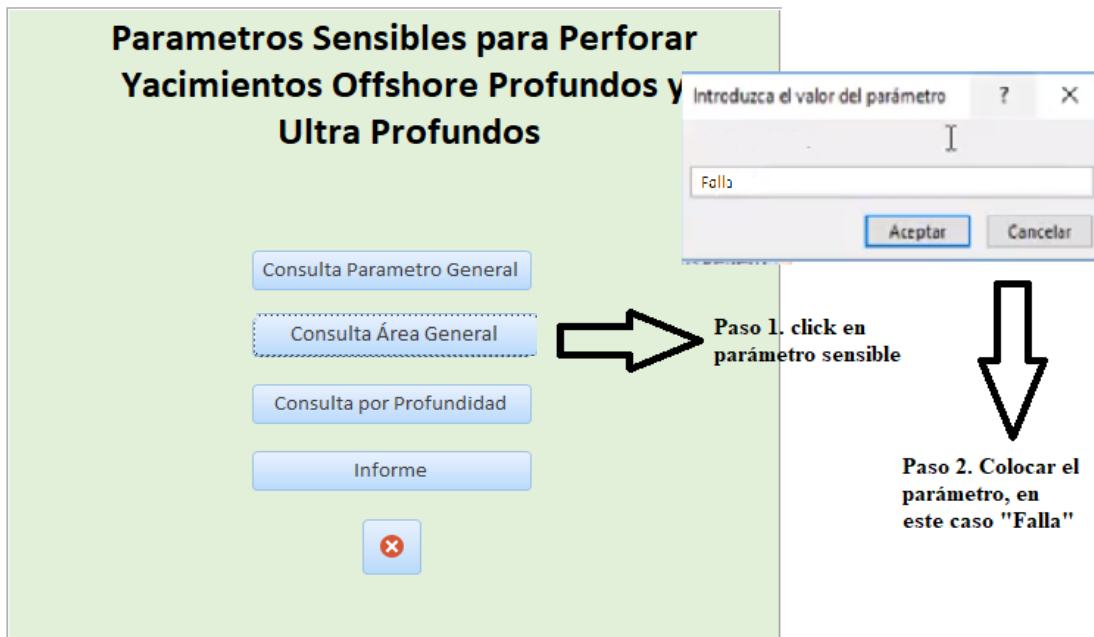


Figura 12.
Consulta parámetro sensible

Al buscar por un criterio específico se la consulta nos arroja los artículos relacionados con dicho criterio, en este caso solo un resultado (Figura 13).

Parametro_Sensible	Descripcion_del_Parametro	Webseite
Bloque con fallas	Proponen una técnica de jerarquía difusa de dos niveles para	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092041051930261X

Figura 13.
Consulta de "falla"

De igual forma sucede con el parámetro de las presiones de poro y de fractura, para esto repetimos el paso 1 y 2 con el criterio "presión de fractura" (Figura 14).

Parametro_Sensible	Descripcion_del_Parametro	Webseite
Espumas y presión de fractura	Un problema único en la perforación de pozos de petróleo y g	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-132464-MS

Figura 14.
Consulta de "presión de Fractura"

Al igual que la anterior búsqueda, nos arrojó un solo resultado pero que resulta útil para lidiar con dicho problema en la perforación; para tratar con el último criterio, al no ser específico, en el debemos guiarnos por la Figura 15.

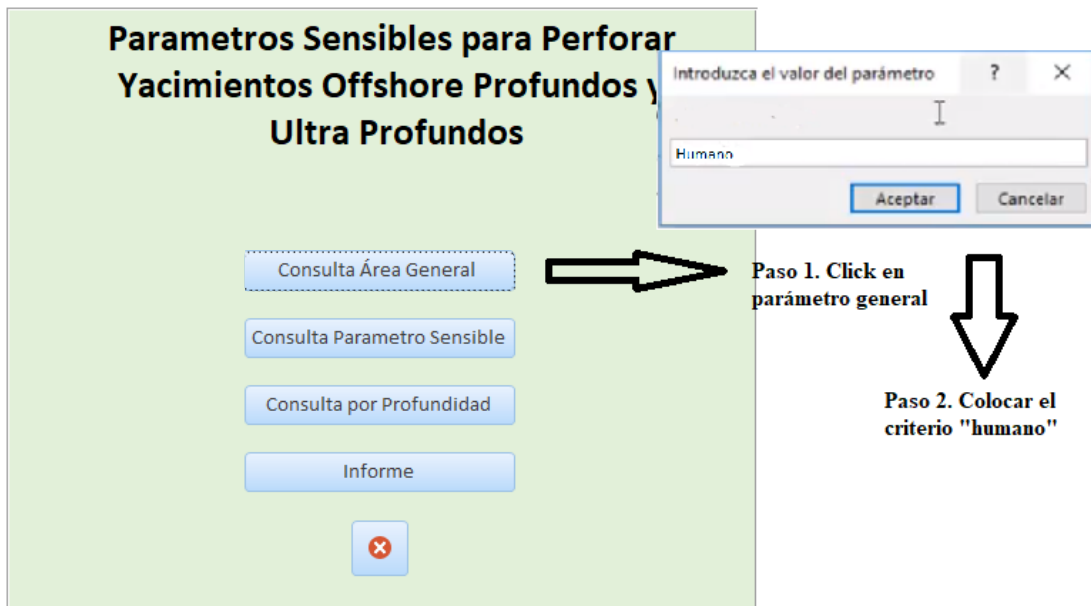


Figura 15.
Consulta Área general

Al ser una consulta general, la base de datos nos muestra todos los resultados del Área general que definimos en el capítulo 2 “Humano” (Figura 16).

Tipo_de_Parametro	Descripcion_del_Parametro	Webside
Humano	Publican un artículo que examina cómo la calidad de SA de los	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-98629-MS
Humano	El enfoque clave para las empresas hoy en día es administrar	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-61215-MS
Humano	artículo que presenta información e indicadores del Proyecto	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753511000828
Humano	presenta una escala de autoinforme desarrollado para medir	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753512001646
Humano	Durante más de 30 años de operaciones de perforación, CNO	https://www.onepetro.org/conference-paper/IPTC-17076-MS
Humano	La revisión de la literatura de la industria de perforación en al	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-168559-MS
Humano	documento que adopta la poderosa metodología AcciMap, pri	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-174020-MS
Humano	Las habilidades cognitivas específicas asociadas con el mante	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423016301784
Humano	Publican un artículo, el cual presenta un método HRA que adc	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423016301668
Humano	publica un artículo que evalúa la HMI como un factor de riesg	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423017305983
Humano	Los trabajadores de mantenimiento en plataformas en alta m	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580518306708
Humano	Una evaluación y método para capacitación propuestos por Ki	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-195838-MS

Figura 16.
Consulta área general “humano”

Es el usuario quien escoge cuál de los artículos está mejor relacionado al inconveniente que se presenta en la plataforma y los trabajadores, desde la misma base de datos puede acceder a las páginas web de los artículos para ampliar la información presente, como extra está la posibilidad de ver la información en manera de informe como se muestra en la figura 17.

Informe general				
Parametro_	Profundo_	Tipo_de_Para	Descripcion_del_Parametro	Webside
Sensible	Ultraprofun	metro		
	do_ambos			
Espumas y presion de fractura	A	Tecnico mecanico	Un problema único en la perforación de pozos de petróleo y gas en alta mar es la estrecha ventana entre la presión de poro de la formación y la presión de fractura. La práctica actual de perforación con fluidos de perforación de densidad constante requiere programas de revestimiento excesivos y plataformas más grandes y costosas para perforar pozos en alta mar. Aunque se han utilizado diferentes técnicas, como la perforación de doble gradiente, para aliviar el problema, se limitan a	https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-132464-MS

Figura 17.
Informe general

Este caso de prueba se hizo a manera de ejemplo ya que se desconoce las condiciones reales de una plataforma en específico, pero es de gran ayuda para comprender la utilización de la base de datos y su utilidad en la industria.

4. Mejores Prácticas para Perforar Yacimientos Offshore Profundos y Ultra Profundos

Para tener un estándar de buenas prácticas se tomó como guía, el *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS / INDUSTRIA PETROLERA* del Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social de Argentina del 2015 en conjunto con la Resolución número 40687 de 2017 de la República de Colombia.

Según lo descrito en el Manual de Buenas Practicas, los procesos específicos de perforación podrán variar; sin embargo, muchos de los peligros de la tarea son similares. Las tareas genéricas que se detallan a continuación presuponen la utilización de un vástago de perforación y de una mesa rotaria; dichas tareas son: Manipulación de portamechas o barra de sondeo, preparación del fluido de perforación, comienzo de la perforación, realización de la conexión, desenrosque de cañería, armado de portamecha y barra en pozo auxiliar u orificio de maniobra, extracción de testigos (para pozos exploratorios y según programa de pozo), elevación del vástago y del portamecha o barra, agregado de portamecha o barra a la sarta de perforación, reanudación de perforación³.

• Manipulación de Barras o Sondeo

Peligros potenciales: Recibir golpes de barras que caen o se desplazan, recibir un golpe o posibilidad de quedar atrapado entre barras y otros objetos durante el movimiento, resbalones, tropezones y caídas.

Soluciones posibles: Utilizar auto elevadores para movimientos de carga y descarga de manera correcta, tomar los tubulares de los extremos desde el nivel del suelo, demarcar la zona de operaciones de manera clara y visible, capacitar a los trabajadores sobre la necesidad de aplicar buenas prácticas de mantenimiento, uso e inspección, permanecer fuera de la zona de suspensión, elevación o movimiento de cargas y estar atento al entorno.

En cada visita revisar las sogas de retención y eslingas certificadas, el cable de maniobras y nudos (no permitir que una soga de retención esté sumergida en agua) y los ganchos.

³ Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2015). MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS / INDUSTRIA PETROLERA, Capítulo 1 / Transporte, Montaje e Inicio de Perforación. Argentina.

• Preparación de Fluido de Perforación

Peligros potenciales: Quemaduras o lesiones físicas por contacto con piel y ojos, exposición a explosiones o reacciones violentas por una mezcla inadecuada de productos químicos, exposición a la inhalación de productos peligrosos, resbalones, tropezones y caídas.

Soluciones posibles: Asegurar que todos los trabajadores que manipulen sustancias riesgosas conozcan las normas de seguridad para su uso en condiciones seguras. Estas normas suelen estar descritas en las Fichas de Seguridad (FDS) de los mismos, usar el equipo de protección personal adecuado, incluyendo protección facial y ocular, usar protección respiratoria adecuada para la manipulación de productos químicos y / o aditivos para lodos, proveer un dispositivo para el lavado de ojos y otros similares según lo recomendado por las FDS, tener ventilación adecuada en la zona de tolvas donde se prepara el lodo. Instalar elementos mecánicos para el control de partículas en suspensión, aplicar procedimientos de mezcla apropiados, usar contenedores exclusivos para la mezcla de ciertos productos químicos (por ejemplo, contenedores reguladores de caudal con tapas).

• Inicio de la perforación

Peligros potenciales: Recibir un golpe con las llaves de poder, aprisionamiento en manos y dedos, resultar golpeado por la barra, resbalones, tropezones y caídas, hallar gas somero (escaso y de baja magnitud) y peligro de rotura del estrobo.

Soluciones posibles: Implementar un procedimiento de manipulación efectiva de barras, armado y desenrosque, permanecer fuera del radio de oscilación de la llave en desenrosque de barras, utilizar buenas prácticas de enganche de llaves y posicionar la mano y los dedos correctamente en las manijas de la llave, mantener una distancia segura del radio de giro, permanecer a distancia de la mesa rotaria cuando se encuentre operando, ver el plan de

contingencias del pozo (well control), verificar el estado de conservación de las llaves antes del armado del dispositivo, en los equipos convencionales el enrosque y desenrosque se realizan con un operario por llave y un ayudante para ambos. Tener pintados los puntos de sujeción de la llave donde deben colocarse las manos y utilizar técnicas adecuadas para la manipulación de llaves de ajuste.

• **Preparación para desenroscar Tuberías**

Peligros potenciales: Aprisionarse los dedos u otras partes del cuerpo entre las manijas de la cuña y aprisionarse los dedos al enganchar las llaves con la cañería.

Soluciones posibles: Implementar procedimientos de trabajo efectivo y seguro para la utilización de llaves y cuñas, que incluyan: Técnicas de enganche de llaves adecuadas, en el caso de equipos convencionales que exijan la presencia de tres operarios como se mencionó anteriormente, tener pintados los puntos de sujeción de la llave donde deben colocarse las manos.

• **Desenroscar Tubería**

Peligros potenciales: Resbalones, tropezones y caídas, resultar golpeado por: Llaves oscilantes y las manijas de la cuña, si la mesa rotaria se empleara para hacer girar el porta-mechas, el contragolpe de las llaves durante operaciones de rotación, las llaves, en caso de rotura de la línea de retenida.

Soluciones posibles: Quitar el exceso de barro de perforación en boca de pozo, que pueda entrar en contacto con la piel, causar pérdida del equilibrio, etc. En este sentido, incorporar sistemas para limpiar las cañerías de perforación por debajo de la mesa rotaria y piletas de recolección de lodo que mantengan limpia la superficie de trabajo, inspeccionar en su totalidad las mordazas de las llaves, las líneas de contrapeso y las líneas de retenida, previo a cada trayecto, tener pintados los

puntos de sujeción de la llave donde deben colocarse las manos e implementar un procedimiento efectivo de roscado de cañería

- **Armado del sondeo en pozo auxiliar u orificio de maniobra**

Peligros potenciales: Golpes o atrapamientos por el vástago de perforación, pérdida del equilibrio durante la oscilación del vástago sobre el pozo auxiliar y al conectarlo a una barra nueva.

Soluciones posibles: Apoyar las manos en las zonas seguras, mantener el área de trabajo alrededor de la mesa rotaria limpia y libre de lodo, hielo, nieve, suciedad y otros materiales que puedan dar lugar a resbalones o caídas, lubricar y mantener los rodillos guía para prevenir el desgaste indebido del cable

- **Elevación del vástago de perforación y de la nueva barra**

Peligros potenciales: Golpes por caída de objetos si el bloque viajero colisiona contra la corona o si el bloque viajero o aparejo golpea la torre, ser golpeado por el vástago o caño. Soluciones posibles: Instalar un dispositivo de seguridad para la corona en el cuadro de maniobras y asegurar su buen funcionamiento, mantener al personal fuera del alcance del área de oscilación del vástago y la barra.

Soluciones posibles: Instalar un dispositivo de seguridad para la corona en el cuadro de maniobras y asegurar su buen funcionamiento y Mantener al personal fuera del alcance del área de oscilación del vástago y la barra.

- **Agregado de la barra a la sarta de perforación**

Peligros potenciales: Resultar golpeado por el vástago y caño oscilante, las llaves, el cable de las llaves. Quedar atrapado entre la cañería oscilante y las llaves, en maniobras de agregado de cañería, quedar atrapado entre el tiro y el extremo sobresaliente del tiro que está en la vaina y/o en

la mesa rotaria, sufrir un pellizco entre las llaves o el enroscador y el caño, tener resbalones, tropezones y caídas.

Soluciones posibles: Mantener el área de trabajo alrededor de la mesa rotaria limpia y libre de fluidos de perforación, lodo, hielo, nieve y otros materiales que puedan causar resbalones o tropezones, no pisar nunca un cable de llaves, mantener las manos alejadas del extremo sobresaliente del tiro que está en la vaina y/o en la mesa rotaria, o del interior del caño, mantener los pies y las piernas fuera de la parte inferior de las llaves cuando se realiza la conexión de un caño, aplicar técnicas adecuadas de fijación con llaves y colocar las manos y dedos en las manijas de las llaves y nunca permanecer ni pasar por debajo de cargas suspendidas.

• **Reanudación de la perforación**

Peligros potenciales: Resultar expulsado de la mesa rotaria en el enganche y quedar atrapado por ropa suelta.

Soluciones posibles: Mantenerse alejado de la mesa rotaria.

• **Extracción de testigos**

Peligros potenciales: Pellizcarse o golpearse con el cilindro del testigo y herramientas asociadas durante las operaciones en el piso de trabajo, golpearse con el testigo cuando se lo saca del cilindro, además, hallar otros peligros similares a los de bajar o subir cañería.

Soluciones posibles: Utilizar el equipo de protección personal adecuado, capacitar a los trabajadores en la manipulación y el empleo de herramientas especiales que se requieren durante la extracción del testigo de perforación.

• **Buenas Prácticas Generales**

No utilizar máquinas ni herramientas que no estén debidamente protegidas, no realizar tareas de mantenimiento si no está capacitado y autorizado, no transportar personas en el montacargas ni

en auto elevadores ni en maquinarias que no esté diseñada para esa finalidad, mantener los EPP y equipos de seguridad en perfecto estado de conservación, evitar usar ropa holgada o que queden partes sueltas que puedan ser atrapadas por máquinas, no realizar las tareas sin los EPP o las herramientas de trabajo adecuadas, no anular los sistemas de seguridad y avisar inmediatamente cuando no funcionan los mismos y por ultimo capacitar a los trabajadores sobre los riesgos a la salud de una incorrecta manipulación y sobre técnicas correctas de manipulación de carga.

Y para complementar con las buenas prácticas, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia en la resolución 40687 de 2017 por la cual se establecen los criterios técnicos para proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos costa afuera (Offshore) en Colombia; en sus artículos 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20 y 22 implementan un marco regulatorio siguiendo normas internacionales (API), y dejando pautas de operación para realizar buenas prácticas en los procesos de perforación Offshore.

4.1 Recomendaciones Generales para el caso Colombiano según los artículos consultados

De una manera general, para los proyectos de offshore en el territorio Colombiano se recomienda leer autores como, Audibert, Et al. Los cuales publican un artículo el cual presenta datos de laboratorio creíbles que demuestran los beneficios de un sistema tensoactivo especial no contaminante diseñado para estabilizar las gotas de salmuera en una fase de aceite, Chevron Global Upstream (Glickman, Et al. 2008) ha desarrollado un estándar global de desempeño ambiental y una caja de herramientas de gestión de residuos basada en computadora con el objetivo general de reducir el potencial de impactos de los fluidos de perforación y los recortes asociados en el entorno offshore.

La tecnología Managed Pressure Drilling (MPD) ha evolucionado en los programas de perforación terrestre desde mediados de los años sesenta. Sin embargo, solo recientemente, la tecnología ha encontrado un nicho importante en las mentes de los encargados de tomar decisiones de perforación en alta mar; Autores como Hannegan, Et al. (2006), Hannegan (2015), Onifade, Et al. (2015) y Patel, Et al. (2015), destacan dicha tecnología y presentan diversos artículos con sus ventajas, MPD es un proceso de perforación adaptativo utilizado para controlar con más precisión el perfil de presión anular en todo el pozo. Los objetivos son determinar los límites de entorno de presión de fondo de pozo y para gestionar el perfil de presión hidráulica anular en consecuencia. Como resultado destaca; MPD reduce el total de días de perforación, aumenta activos recuperables, tiene potencial para reducir así el control de incidentes, y no estimular una afluencia de fluidos de la formación y los principales elementos de control de pozos convencionales. Más adelante un artículo presentado por Zhang, Et al. (2018). presenta un método para la aplicación de redes bayesianas dinámicas (DBN) en la realización de análisis de escenarios de accidentes y evaluación dinámica de riesgos cuantitativos para la seguridad de MPD. Este método puede modelar la influencia de factores de riesgo inciertos, que han sido ignorados en investigaciones existentes, complementando así investigaciones de dicha tecnología.

Whooley, Et al. (2011), Hace un análisis sobre las herramientas y técnicas para la selección y diseño de sistemas seguros de risers profundos en las unidades de perforación offshore. Por otro lado, según Mickael, Et al. (2013). “La nueva herramienta sónica de LWD analizada en su artículo, proporciona una plataforma sólida para la adquisición de datos en tiempo real comparable al registro con cable. El diseño de la herramienta reduce en gran medida los ruidos de perforación y de la herramienta, lo cual brinda llegadas de ondas corte y de compresión de alta fidelidad”.

Li, Et al. (2019). Proponen una técnica de jerarquía difusa de dos niveles para una evaluación integrada del riesgo de desarrollo técnico de los campos petroleros de bloques con fallas en alta mar. La técnica propuesta puede clasificar la calidad técnica del volumen recuperable de acuerdo con las características de los campos petroleros de bloques con fallas en alta mar.

Gu, Et al. (2019). Publican un artículo en el cual, presentan una variante del enfoque de presión constante en el fondo del pozo (CBHP) para la perforación por presión gestionada (MPD) que ofrece una forma integral de gestionar y controlar el comportamiento de descarga de gas ascendente. La técnica permite la detección temprana de patadas, lo que permite un diagnóstico más sensible de las patadas de gas que entran en solución y evita que creen una situación peligrosa en primer lugar. También permite la aplicación de contrapresión en la mezcla de fluido de gas disuelto-NAF en el tubo ascendente, para retrasar, minimizar o incluso evitar la fuga de gas cerca de la superficie (en caso de que se permita el gas disuelto por encima de los BOP submarinos).

4.2 Importancia de las Buenas Prácticas en Conjunto con la Base de Datos

Es de suma importancia tener en cuenta las buenas prácticas para el desarrollo de un proyecto exitoso, cumpliendo todos los requerimientos técnicos, prácticos, legales y económicos; dichas prácticas van en conjunto con la base de datos pues esta última ayuda al acceso de manera rápida y eficiente a información confiable, reunida de diversas investigaciones, artículos, revistas y publicaciones científicas alrededor del mundo, la cual complementa de manera óptima y eficaz los procesos desde diferentes puntos de vista, incluyendo una gran variedad de parámetros sensibles, mejorando así las buenas prácticas en el ambiente de perforación offshore en zonas profundas y ultra profundas.

5. Conclusiones

Se describió las zonas offshore profundas y ultra profundas más importantes a nivel mundial encontradas en la literatura. No se encuentran registros geológicos de la mayoría de subsuelos marinos, en especial las zonas más profundas, siendo estas una gran oportunidad de hallar nuevas cuencas sedimentarias con presencia de hidrocarburos, se espera nuevos proyectos offshore profundo y ultra profundo en países como China, Angola, Congo, Reino Unido entre otros incluyendo Colombia y países no tan reconocidos por su actividad petrolera offshore como Perú, Argentina, Sudáfrica y Corea.

Los innumerables esfuerzos de los países, empresas, científicos e investigadores para mitigar en su mayoría todos los posibles riesgos al personal empleado, el medio ambiente y las instalaciones o equipos, además, buscar soluciones a los peligros que implica las intervenciones de la industria petrolera en zonas hostiles como lo son la perforación de yacimientos offshore profundos y ultra profundos; dichos esfuerzos, se ven reflejados en esta trabajo, resaltando, el constante desarrollo de nuevas metodologías, herramientas, estudios, modelos y tecnologías para poder atravesar las barreras que anteriormente eran imposibles para la industria, por falta de información o limitantes tecnológicos.

La base de datos creada en este trabajo, se dispone para su futura retroalimentación con nuevas investigaciones, además, que se puede complementar con otro tipo de información, como lo es: datos o parámetros de exploración y sísmica (imágenes 2D y 3D), producción y facilidades (sistema de levantamiento, datos diarios de producción, los diseños de los equipos de facilidades, etc.), datos de transporte y estudios petrofísicos sobre los yacimientos expuestos (presión, temperatura, tope y profundidad, porosidad, permeabilidad, entre otros). Para que, en

lo posible, se pueda tener un acceso sencillo a una mayor información y entendimiento sobre dichos yacimientos.

6. Recomendaciones

Se recomienda mantener la base de datos en constante actualización para estar al tanto de las nuevas tecnologías, métodos y herramientas que permitan la perforación offshore de forma exitosa, de esta manera tener una amplia gama de posibilidad en las consultas mejorando enormemente el desempeño de la base de datos y de la perforación en aguas profundas y ultra profundas.

Al inicio de la perforación es necesario hacer un estudio detallado de la zona para conocer con más precisión las posibles adversidades que puedan surgir y así, con los métodos, estudios e investigaciones ya realizadas y presentes en la base de datos poder prevenirlos, mejorando la operación y optimizando costos.

Colombia al ser un país joven en la práctica de perforación offshore en zonas profundas y ultra profundas, debe guiarse por pautas y criterios establecidos por empresas y países con experiencia suficiente en este campo de acción, de acuerdo con los artículos e investigaciones recopilados, para adquirir la experiencia necesaria en esta área, y que en un futuro pueda ser pionero y brindar sus aportes en dicho sector offshore.

Referencias Bibliográficas

- Aarsnes, U. J. F., Gleditsch, M. S., Aamo, O. M., & Pavlov, A. (2014). Modeling and Avoidance of Heave-Induced Resonances in Offshore Drilling. *SPE Drilling & Completion*, 29(04), 454-464.
- Abd El-Gawad, E. A., Abdelwahhab, M. A., Bekiet, M. H., Noah, A. Z., Elsayed, N. A., & Fouda, A. E. E. (2019). Static Reservoir Modeling Of El Wastani Formation, For Justifying Development Plans, Using 2D Seismic and Well Log Data in Scarab Field, Offshore Nile Delta, Egypt. *Journal Of African Earth Sciences*, 158, 103546.
- Abimbola, M., Khan, F., & Khakzad, N. (2014). Dynamic Safety Risk Analysis of Offshore Drilling. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 30, 74-85.
- Abimbola, M., Khan, F., Khakzad, N., & Butt, S. (2015). Safety and Risk Analysis of Managed Pressure Drilling Operation Using Bayesian Network. *Safety Science*, 76, 133-144.
- Adedigba, S. A., Oloruntobi, O., Khan, F., & Butt, S. (2018). Data-Driven Dynamic Risk Analysis of Offshore Drilling Operations. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 165, 444-452.
- Ahmad, B., Simamora, A., Rosyidin, F., & Siregar, V. (2007). *Modified Offshore Drilling Operation—Serban Well (Nunukan Block)*. SPE/IADC Middle East Drilling And Technology Conference.
- Ahmed, M. A., Hegab, O. A., & Sabry, A. (2016). Early Detection Enhancement of the Kick and Near-Balance Drilling Using Mud Logging Warning Sign. *Egyptian Journal Of Basic And Applied Sciences*, 3(1), 85-93.

- Al Ramahi, B., & Diab, E. (2009). *Case Study Of Performance Improvements Offshore Drilling Carbonates Using Specially Designed PDC Bits*. Middle East Drilling Technology Conference & Exhibition.
- Albert, A., Aamo, O. M., Godhavn, J.-M., & Pavlov, A. (2014). Disturbance Rejection by Feedback Control in Offshore Drilling: Experimental Results. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 7923-7928.
- Al-Jamea, M. A., Al-Saggaf, H. M., Boussahaba, H., & Cuillier, B. (2017). *Offshore Drilling Operation Time Optimization Using PDC Bit Shearing Cap Technology*. SPE Middle East Oil & Gas Show And Conference.
- Almeida, A. G. De, & Vinnem, J. E. (2019). Major Accident Prevention Illustrated By Hydrocarbon Leak Case Studies: A Comparison between Brazilian and Norwegian Offshore Functional Petroleum Safety Regulatory Approaches. *Safety Science*, 121, 652-665.
- Andresen, J. A., & Askeland, T. (2011). *New Technology, Which Enables Closed, Looped Drilling (MPD) From Mobil Offshore Drilling Units (MODU)*. SPE/IADC Drilling Conference And Exhibition.
- Arvani, F., Sarker, M., Rideout, G., & Butt, S. D. (2014). *Design and Development of an Engineering Drilling Simulator and Application for Offshore Drilling For Modus and Deepwater Environments*. SPE Deepwater Drilling And Completions Conference.
- Audibert, A., Dalmazzone, C., Dalmazzone, D., & Dewattines, C. (2004). *Special Non Polluting Emulsifier for Non Aqueous Drilling Fluids in Deep Offshore Drilling*. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.
- Aumento Total De Los Activos Offshore De Mauritania. (2018). Disponible En Internet URL: [Http://Es.Oedigital.Com/News/Aumento-Total-Los-Activos-Offshore-Mauritania-275894](http://Es.Oedigital.Com/News/Aumento-Total-Los-Activos-Offshore-Mauritania-275894)

- Bakke, T., Klungsøyr, J., & Sanni, S. (2013). Environmental Impacts of Produced Water and Drilling Waste Discharges from the Norwegian Offshore Petroleum Industry. *Marine Environmental Research*, 92, 154-169.
- Barbosa, F. (2008). Situación Actual De Pemex En Las Aguas Profundas Del Golfo De México. *Economía UNAM*, 5(15).
- Barbosa, F. (2009). Situación De Los Campos Petroleros En Aguas Profundas Del Mundo. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 39(155).
- Bhandari, J., Abbassi, R., Garaniya, V., & Khan, F. (2015). Risk Analysis of Deepwater Drilling Operations Using Bayesian Network. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 38, 11-23.
- Blanck, H., Jousset, P., Hersir, G. P., Ágústsson, K., & Flóvenz, Ó. G. (2019). Analysis of 2014–2015 On- And Off-Shore Passive Seismic Data on the Reykjanes Peninsula, SW Iceland. *Journal Of Volcanology And Geothermal Research*.
- BNAmericas. (2020). Los 8 principales proyectos marinos de petróleo y gas de Colombia. Noticia. Disponible en internet URL: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/los-8-principales-proyectos-marinos-de-petroleo-y-gas-de-colombia>.
- Boote, S. K., & Knapp, J. H. (2016). Offshore Extent Of Gondwanan Paleozoic Strata In The Southeastern United States: The Suwannee Suture Zone Revisited. *Gondwana Research*, 40, 199-210.
- Bucelli, M., Landucci, G., Haugen, S., Paltrinieri, N., & Cozzani, V. (2018). Assessment of Safety Barriers for the Prevention of Cascading Events in Oil and Gas Offshore Installations Operating In Harsh Environment. *Ocean Engineering*, 158, 171-185.

- Bugge, J., & Havrevold, L. (1991). Analysis of the Offshore Drilling Process for Safety Aspects. *IFAC Proceedings Volumes*, 24(6), 603-607.
- Cabarcas Simancas, M. E., García Reyes, J. S., Herrera Velasco, S. L., & Universidad Industrial De Santander. (2018). Manejo Del Agua De Producción Para Proyectos De Gas En Aguas Profundas Y Ultra-Profundas Del Caribe Colombiano. *Revista Fuentes El Reventón Energético*, 15(2), 89-105.
- Cabrera, José. Sánchez, Pedro. (2009). Sistemas De Producción Submarinos Para Campos En Aguas Profundas. Tesis Profesional. México: México D.F. 9-10p.
- Cadigan, M. F., & Peyton, K. (2005). *Baselining and Reducing Air Emissions from an Offshore Drilling Contractor's Perspective*. SPE/EPA/DOE Exploration And Production Environmental Conference.
- Calderoni, A., Angeli, S., Colaianni, F., Cantalupo, P., & Parnivoda, Y. (2016). The New Frontiers of Offshore Drilling Activities: Hand-Off Drill Floor and Capability to Talk Continuously With the Bottom Hole. *Offshore Technology Conference Asia*.
- Camacho Hernandez, L. C., & Solano Romero, A. F. (2014). Herramienta Software Como Apoyo A Metodologia De Diseño De Base De Datos Relacionales, Que Genera Las Instrucciones Necesarias Para La Creacion De La Base De Datos. [Thesis, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing.De Sistemas].
- Chang, Y., Wu, X., Chen, G., Ye, J., Chen, B., Xu, L., Zhou, J., Yin, Z., & Ren, K. (2018). Comprehensive Risk Assessment of Deepwater Drilling Riser Using Fuzzy Petri Net Model. *Process Safety And Environmental Protection*, 117, 483-497.

- Chang, Y., Zhang, C., Wu, X., Shi, J., Chen, G., Ye, J., Xu, L., & Xue, A. (2019). A Bayesian Network Model for Risk Analysis of Deepwater Drilling Riser Fracture Failure. *Ocean Engineering*, 181, 1-12.
- Cheng, Z., Cheng, K., Yang, G., Mou, X., & Huang, X. (2013). HSE Management for China Offshore Drilling Project. *International Petroleum Technology Conference*.
- Congo Offshore Cosechará Del Nuevo Modelo De Datos. (2019). [Http://Es.Oedigital.Com/News/Congo-Offshore-Cosechar%C3%A1-Del-Nuevo-Modelo-Datos-289768](http://Es.Oedigital.Com/News/Congo-Offshore-Cosechar%C3%A1-Del-Nuevo-Modelo-Datos-289768)
- Corneliu, C. M., Valentin, D., & Valentin, S. (2012). Deploying Underwater Sensors Safe-Net in Offshore Drilling Operations Surrounding Areas Using Remote Operated Vehicles. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), 871-876.
- Crooks, E., & Jopson, B. (2018). EE.UU. Aumenta La Exploración De Petróleo Offshore. *El Cronista*. Disponible En Internet URL: [Https://Www.Cronista.Com/Financiertimes/EE.UU.-Aumenta-La-Exploracion-De-Petroleo-Offshore-20180108-0004.Html](https://Www.Cronista.Com/Financiertimes/EE.UU.-Aumenta-La-Exploracion-De-Petroleo-Offshore-20180108-0004.Html)
- Cruz, A. M., & Krausmann, E. (2008). *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 21(6), 620-626.
- Cupelo, A. C. G., Marroquim, A. C. G., Araruna, J., De Medeiros, B., Moura Da Silva, D., & Gama, M. C. G. De F. (2014). Brazilian Deployment of Mobile Effluent Treatment of SBM Contaminated Deck Drain and Slop Water Interfaces from Offshore Drilling Operations. *SPE International Conference on Health, Safety, and Environment*. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment, Long Beach, California, USA.

- Daae, H. L., Heldal, K. K., Madsen, A. M., Olsen, R., Skaugset, N. P., & Graff, P. (2019). Occupational Exposure during Treatment of Offshore Drilling Waste and Characterization of Microbiological Diversity. *Science Of The Total Environment*, *681*, 533-540.
- Deblois, E. M., Paine, M. D., Kilgour, B. W., Tracy, E., Crowley, R. D., Williams, U. P., & Janes, G. G. (2014). Alterations In Bottom Sediment Physical And Chemical Characteristics At The Terra Nova Offshore Oil Development Over Ten Years Of Drilling On The Grand Banks Of Newfoundland, Canada. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies In Oceanography*, *110*, 13-25.
- Denney, D. (2008). Extended-Reach Drilling Offshore California. *Journal Of Petroleum Technology*, *60*(05), 78-82.
- Denney, D. (2015). Offshore Rig Sharing Improves Exploration-Drilling Performance. *Journal Of Petroleum Technology*, *56*, 55-56.
- Durrieu, J., Galgani, F., Jorissen, F., & Cazes, L. (2007). Quantitative Assessment Of The Environmental Impact Of Offshore Drilling Activities Using Benthic Fauna: Lessons Learnt From Actual Cases. Offshore Mediterranean Conference And Exhibition.
- Durrieu, J., Galgani, F., Jorissen, F., Cazes, L., & Camps, R. (2008). A New Monitoring Tool for Assessing Environmental Impact of Offshore Drilling Activities: Benthic Foraminifera. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production.
- Ecopetrol Triplica Producción En Estados Unidos. (2016). EL HERALDO. Disponible En Internet URL: <https://Www.Elheraldo.Co/Economia/Ecopetrol-Triplica-Produccion-En-Estados-Unidos-277600>

- Embajada De Angola. (2016). Disponible En Internet URL:
[Http://Www.Embajadadeangola.Com/Noticias/Noticia-151216-4.Html](http://Www.Embajadadeangola.Com/Noticias/Noticia-151216-4.Html)
- Embury, J. (2000). *Offshore Drilling Project Integrated HSE Management in Australia*. SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production.
- Eni Se Adjudica Dos Bloques De Exploración Offshore De Costa De Marfil—World Energy Trade. (2019). Disponible En Internet URL:
[Https://Www.Worldenergytrade.Com/Index.Php/M-News-Oil-Gas/82-News-Exploracion/3263-Eni-Se-Adjudica-Dos-Bloques-De-Exploracion-Offshore-De-Costa-De-Marfil](https://Www.Worldenergytrade.Com/Index.Php/M-News-Oil-Gas/82-News-Exploracion/3263-Eni-Se-Adjudica-Dos-Bloques-De-Exploracion-Offshore-De-Costa-De-Marfil)
- Equinor Pretende Comenzar Exploración De Petróleo En Australia En 2020—World Energy Trade. (2019). Disponible En Internet URL:
[Https://Www.Worldenergytrade.Com/Index.Php/M-News-Oil-Gas/82-News-Exploracion/2126-Equinor-Pretende-Comenzar-Exploracion-De-Petroleo-En-Australia-En-2020](https://Www.Worldenergytrade.Com/Index.Php/M-News-Oil-Gas/82-News-Exploracion/2126-Equinor-Pretende-Comenzar-Exploracion-De-Petroleo-En-Australia-En-2020)
- Eren, T., & Ozbayoglu, M. E. (2010). *Real Time Optimization of Drilling Parameters during Drilling Operations*. SPE Oil And Gas India Conference And Exhibition.
- Fadiya, S. L. (2014). Impact of Wellsite Biostratigraphy on Exploration Drilling In the Deepwater Offshore Nigeria. *Journal Of African Earth Sciences*, 100, 60-69.
- Fang, Q., Guo, B., & Ghalambor, A. (2006). Formation Of Underwater Cuttings Piles In Offshore Drilling. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference And Exhibition.
- Figuroa Sánchez. E. (2006). *El Comportamiento Económico Del Mercado Del Petróleo*. Sexta Edición. España: Díaz De Santos.

- Fitzpatrick, J., Kennedy, K., Lush, S., & Paulin, M. J. (2008). *Hybrid Offshore Drilling & Production Concepts for the East Coast of Canada and Heavy Sea Ice Environments*. The Eighteenth International Offshore And Polar Engineering Conference.
- Fujita, H., Sato, M., Shiraishi, N., Wakiya, Y., & Tanaka, S. (1990). *Development Of Automated Offshore Drilling System*. Offshore Technology Conference.
- Garzón Caceres, E., Sarmiento Sanchez, J. (2018) Proyecto Educativo, Informativo y Didáctico, Sobre la Etapa de Perforación en el Área de Deepwater, Aplicable a la Industria Colombiana. Universidad Industrial de Santander. Tesis de Grado.
- Hannegan, D. (2015). MPD Widens Offshore Drilling Capabilities.
- Hannegan, D. M. (2006). *Case Studies-Offshore Managed Pressure Drilling*. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.
- Igoe, D., Spagnoli, G., Doherty, P., & Weixler, L. (2014). Design of a Novel Drilled-And-Grouted Pile in Sand for Offshore Oil&Gas Structures. *Marine Structures*, 39, 39-49.
- Ismail, Z., Kong, K. K., Othman, S. Z., Law, K. H., Khoo, S. Y., Ong, Z. C., & Shirazi, S. M. (2014). Evaluating Accidents in the Offshore Drilling Of Petroleum: Regional Picture and Reducing Impact. *Measurement*, 51, 18-33.
- Israel Recibe Ofertas Por 12 Bloques Offshore—World Energy Trade. (2019). Disponible En Internet URL: <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-oil-gas/82-news-exploracion/3838-israel-recibe-ofertas-por-12-bloques-offshore>
- J., Jo, H., Lim, Y., Park, J., Oh, H., & Moon, S. (2011). Implementation of Drilling Simulation for Offshore Rig. The Twenty-First International Offshore And Polar Engineering Conference.
- Jablonowski, C. J., & Kleit, A. N. (2006). *Transaction Costs and Risk Preferences: Modeling Governance in Offshore Drilling*. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.

- Jain, V., Saumya, S., Vij, J., Singh, J., Singh, B., Pattnaik, S., Oli, A., Kumar, P., & Collett, T. S. (2019). New Technique for Accurate Porosity Estimation from Logging-While-Drilling Nuclear Magnetic Resonance Data, NGHP-02 Expedition, Offshore, India. *Marine And Petroleum Geology*, *108*, 570-580.
- Jurado, M. Offshore: Un Futuro Bajo El Mar. (2017). Energía16. Disponible En Internet URL: <https://www.energia16.com/offshore-un-futuro-bajo-el-mar/>
- Khakzad, N., Khan, F., & Amyotte, P. (2013). Quantitative Risk Analysis of Offshore Drilling Operations: A Bayesian Approach. *Safety Science*, *57*, 108-117.
- Kiran, R., Naqavi, S. A., Salehi, S., & Teodoriu, C. (2019). Human Factors and Non-Technical Skills: Towards an Immersive Simulation-Based Training Framework for Offshore Drilling Operations. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.
- Lan, P., Iaccino, L. L., Bao, X., & Polycarpou, A. A. (2019). The Effect of Lubricant Additives on the Tribological Performance of Oil and Gas Drilling Applications Up To 200 °C. *Tribology International*, *141*, 105896.
- Laroche, O., Wood, S. A., Tremblay, L. A., Ellis, J. I., Lear, G., & Pochon, X. (2018). A Cross-Taxa Study Using Environmental DNA/RNA Metabarcoding To Measure Biological Impacts Of Offshore Oil And Gas Drilling And Production Operations. *Marine Pollution Bulletin*, *127*, 97-107.
- Laroche, O., Wood, S. A., Tremblay, L. A., Ellis, J. I., Lejzerowicz, F., Pawlowski, J., Lear, G., Atalah, J., & Pochon, X. (2016). First Evaluation of Foraminiferal Metabarcoding for Monitoring Environmental Impact from an Offshore Oil Drilling Site. *Marine Environmental Research*, *120*, 225-235.

- Lee, B., Brown, D. M., Spence, M. J., & Whale, G. (2015). The Evaluation of Hydrocarbon Blends Using Brasil's Proposed Offshore Drilling Regulations. OTC Brasil.
- Li, C., & Ou, C. (2019). Technical Recoverable Volume Quality Evaluation of the Offshore Faulted Block Oilfields, Determined By Two-Level Fuzzy Hierarchy Technique. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 178, 27-40.
- Li, X., Chen, G., Zhu, H., & Xu, C. (2018). Gas Dispersion and Deflagration above Sea from Subsea Release and Its Impact on Offshore Platform. *Ocean Engineering*, 163, 157-168.
- Li, X., GAO, D., Tan, L., Zhang, H., Chen, X., & Zhou, Y. (2017). *Study On The Drilling Fluid Flow Rate Allowable Range In Offshore Drilling Considering The Extended-Reach Limit*. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference.
- Li, X., Gao, D., Zhou, Y., & Zhang, H. (2016). A Model for Extended-Reach Limit Analysis in Offshore Horizontal Drilling Based On Formation Fracture Pressure. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 146, 400-408.
- Li, X., Zhang, J., Tang, X., Mao, G., & Wang, P. (2019). Study on Wellbore Temperature of Riserless Mud Recovery System by CFD Approach and Numerical Calculation. *Petroleum*.
- Liao, M., Zhou, Y., Su, Y., Lian, Z., & Jiang, H. (2018). Dynamic Analysis and Multi-Objective Optimization of an Offshore Drilling Tube System with Pipe-In-Pipe Structure. *Applied Ocean Research*, 75, 85-99.
- Liaropoulos, A., Sapountzaki, K., & Nivolianitou, Z. (2019). Adopting Risk Governance in the Offshore Oil Industry and In Diverse Cultural and Geopolitical Context: North Sea Vs Eastern Mediterranean Countries. *Safety Science*, 120, 471-483.
- Liu, C., Zhang, N., Guo, B., & Ghalambor, A. (2010). An Investigation of Heavy-Foam Properties for Offshore Drilling. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.

- Liu, H., Chen, G., Lyu, T., Lin, H., Zhu, B., & Huang, A. (2016). Wind-Induced Response of Large Offshore Oil Platform. *Petroleum Exploration and Development*, 43(4), 708-716.
- Liu, X., GAO, Y., Hou, W., Ma, Y., & Zhang, Y. (2019). Non-Toxic High Temperature Polymer Drilling Fluid Significantly Improving Marine Environmental Acceptability and Reducing Cost for Offshore Drilling. International Petroleum Technology Conference.
- Liu, X., Xie, B., Gao, Y., Gu, H., Ma, Y., Zhang, Y., Zhang, R., & Li, Q. (2018). *Development of Low Toxicity and High Temperature Polymer Drilling Fluid for Environmentally Sensitive Offshore Drilling*. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference And Exhibition.
- Liu, Z. G., Guo, J. Y., Guo, T. F., Cole, T., & Sridhar, N. (2017). Force Prediction in Blow-Out Preventer Shearing Of Drill Pipes. *Engineering Failure Analysis*, 74, 159-171.
- Luo, R. (2019). Transverse Vibration of Long Offshore Pipes. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 175, 103928.
- Ma, H., Hu, W., & Tang, G.-Y. (2019). Networked Predictive Vibration Control For Offshore Platforms With Random Time Delays, Packet Dropouts And Disorder. *Journal Of Sound And Vibration*, 441, 187-203.
- Macangus-Gerrard, G. (2017). *Offshore Electrical Engineering Manual*. Gulf Professional Publishing.
- Maceo, O. B., & Paredes, O. R. (2001). Tecnologías Petroleras A Utilizar En La Exploración Y Producción De Petróleo En Aguas Profundas. 10.
- Maia Da Costa, A., V.M. Costa, P., C.O. Miranda, A., B.R. Goulart, M., D. Udebhulu, O., F.F. Ebecken, N., C. Azevedo, R., M. De Eston, S., De Tomi, G., B. Mendes, A., R. Meneghini, J., Nishimoto, K., Mueller Sampaio, C., Brandão, C., & Breda, A. (2019). Experimental Salt

- Cavern in Offshore Ultra-Deep Water and Well Design Evaluation for CO₂ Abatement. *International Journal Of Mining Science And Technology*, 29(5), 641-656.
- Manjula, E. V. P. J., Ariyaratne, W. K. H., Ratnayake, C., & Melaaen, M. C. (2017). A Review Of CFD Modelling Studies On Pneumatic Conveying And Challenges In Modelling Offshore Drill Cuttings Transport. *Powder Technology*, 305, 782-793.
- Mao, L., Zeng, S., & Liu, Q. (2019). Dynamic Mechanical Behavior Analysis of Deep Water Drilling Riser under Hard Hang-Off Evacuation Conditions. *Ocean Engineering*, 183, 318-331.
- Martins, A. L., Gandelman, R. A., Folsta, M. G., Resende, E. L., Vega, M., Aguiar, R., Pirovolou, D., & Gullo, R. M. E D. (2013). *On The Path for Offshore Drilling Automation*. SPE/IADC Drilling Conference.
- Matheson, E., Mcelhinney, G., & Lee, R. (2004). The First Use Of Gravity MWD In Offshore Drilling Delivers Reliable Azimuth Measurements In Close Proximity To Sources Of Magnetic Interference. IADC/SPE Drilling Conference.
- Mayorga Ribero, K., & Rojas Santos, H. (2018). Metodología Para La Selección De Equipos De Perforación Offshore En Bloques Frente A Las Costas De Los Departamentos De Bolívar, Atlántico Y Magdalena En El Caribe Colombiano [Universidad Industrial De Santander]. Tesis De Grado.
- Mcandrews, K. L. (2011). Consequences of Macondo: A Summary of Recently Proposed and Enacted Changes to US Offshore Drilling Safety and Environmental Regulation. SPE Americas E&P Health, Safety, Security, and Environmental Conference.

- Mehta, R. K., Peres, S. C., Shortz, A. E., Hoyle, W., Lee, M., Saini, G., Chan, H.-C., & Pryor, M. W. (2018). Operator Situation Awareness and Physiological States during Offshore Well Control Scenarios. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 55, 332-337.
- Mendes, P. A. S., Hall, J., Matos, S., & Silvestre, B. (2014). Reforming Brazil'S Offshore Oil and Gas Safety Regulatory Framework: Lessons from Norway, the United Kingdom and the United States. *Energy Policy*, 74, 443-453.
- Meng, H., Chen, G., & Liu, X. J. (2019). Una Técnica De Limitación Para La Respuesta De Emergencia En Accidentes De Reventón En Alta Mar.
- Mickael, M., Barnett, C., Maranuk, C. A., Nye, R., Diab, M. S., Carreira, J. A., Morales, V. A., Batista, E. N., & Chi, J. E. (2013). Imagen De Representación Sónica En La Adquisición De Registros Durante La Perforación (LWD) En Tiempo Real Y Cambios Significativos En Las Aplicaciones Sónicas De LWD: Un Estudio De Caso Desde América Latina (México). SPE Annual Technical Conference and Exhibition. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, USA.
- Millett, J. M., Wilkins, A. D., Campbell, E., Hole, M. J., Taylor, R. A., Healy, D., Jerram, D. A., Jolley, D. W., Planke, S., Archer, S. G., & Blischke, A. (2016). The Geology of Offshore Drilling Through Basalt Sequences: Understanding Operational Complications to Improve Efficiency. *Marine And Petroleum Geology*, 77, 1177-1192.
- Monaghan, P. H., Mcauliffe, C. D., & Weiss, F. T. (1980). Chapter 15 Environmental Aspects of Drilling Muds and Cuttings from Oil and Gas Operations in Offshore and Coastal Waters. En R. A. Geyer (Ed.), *Elsevier Oceanography Series* (Vol. 27, Pp. 413-432). Elsevier.
- Munch-Søgaard, L., & Nergaard, A. (2001). *Offshore Drilling Experience with Dual Derrick Operations*. SPE/IADC Drilling Conference.

- Nabhani, K. A., & Khan, F. (2019). Nuclear Radioactive Materials (Tenorm) In the Oil and Gas Industry: Safety, Risk Assessment and Management. Elsevier.
- Nagavinothini, R., & Chandrasekaran, S. (2019). Dynamic Analyses of Offshore Triceratops in Ultra-Deep Waters under Wind, Wave, and Current. *Structures*, 20, 279-289.
- Naqvi, S. A. M., Raza, M., Ybarra, V. T., Salehi, S., & Teodoriu, C. (2019). Using Content Analysis through Simulation-Based Training for Offshore Drilling Operations: Implications for Process Safety. *Process Safety And Environmental Protection*, 121, 290-298.
- Neason, J. R. (2008). Specialized AC Drilling Rig For Arctic Offshore Drilling Applications. Offshore Technology Conference.
- Nie, Z., Chang, Y., Liu, X., & Chen, G. (2019). A DBN-GO Approach For Success Probability Prediction Of Drilling Riser Emergency Disconnect In Deepwater. *Ocean Engineering*, 180, 49-59.
- Nielsen, L., & Holmefjord, A. (2004). *How to Design a Robust Emergency Preparedness Organization for Offshore Drilling*. SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production.
- Ning, Z., Lin, M., Zhang, Y., Zhang, X., & Kong, X. (2019). Distribution Of Potential Geological Hazards And Control Factors In Qingdao Offshore, China. *China Geology*, 2(1), 40-48.
- Noble Energy Halla Petróleo En Alta Mar De Guinea Ecuatorial—World Energy Trade. (2019). Disponible En Internet URL: <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-oil-gas/85-news-oil-gas-offshore/4308-noble-energy-halla-petroleo-en-el-alta-mar-de-guinea-ecuatorial>
- Nso, S. (2006). El Petroleo Centrafricano: ¿Prioritario Para Europa? Unisci Discussion Papers, 11.

- Numkam, G., & Akbari, B. (2018). Effect of Drilling Muds Wall Slip on Reliable Frictional Pressure Loss Estimations in Offshore Drilling. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference.
- Offshore En La Región Caribe: 2019. (2019). Disponible En Internet URL: Crudo Transparente. <https://Crudotransparente.Com/2019/05/16/Offshore-En-La-Region-Caribe>
- Offshore: Un Futuro Bajo El Mar - Fundación NUESTROMAR. (2017). Disponible En Internet URL: <https://Www.Nuestromar.Org/Antiguas/Offshore-Un-Futuro-Bajo-El-Mar/>.
- Oliveira, G. L., Zank, C. A. C., Costa, A. F., Mendes, H. M., Henriques, L. F., Mocelin, M. R., & De Oliveira Neto, J. (2016). Offshore Drilling Improvement Through Automating The Rig State Detection Process—Implementation Process History And Proven Success. IADC/SPE Drilling Conference And Exhibition.
- Onifade, J., Patel, B., Ertas, E., Sammat, E., & Sahin, B. (2015). *Managed Pressure Drilling System Provided Value To Offshore Drilling Operation*. SPE/IADC Managed Pressure Drilling And Underbalanced Operations Conference & Exhibition.
- Paine, M. D., Deblois, E. M., Kilgour, B. W., Tracy, E., Pocklington, P., Crowley, R. D., Williams, U. P., & Gregory Janes, G. (2014). Effects Of The Terra Nova Offshore Oil Development On Benthic Macro-Invertebrates Over 10 Years Of Development Drilling On The Grand Banks Of Newfoundland, Canada. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies In Oceanography*, 110, 38-64.
- Parente, V., Ferreira, D., Moutinho, E. & Luczynski, E. (2005). “Offshore Decommissioning Issues: Deductibility and Transferability.” *Energy Policy*.

- Patel, H., & Bruton, J. (2015). *Offshore Implementation Factors for Managed Pressure Drilling*. SPE/IADC Managed Pressure Drilling And Underbalanced Operations Conference & Exhibition.
- PDVSA. Costa Afuera (S. F.). Venezuela: Colecciones Cuadernos Soberanía Petrolera. Disponible En Internet URL: Http://Www.Pdvs.Com/Images/Pdf/Cuadernos/Costa_Afuera.Pdf
- Perez, P., & Tan, H. (2018). Accident Precursor Probabilistic Method (APPM) For Modeling and Assessing Risk of Offshore Drilling Blowouts – A Theoretical Micro-Scale Application. *Safety Science*, 105, 238-254.
- Perez, P., Muniz, T., & Ranieri, A. (2013). Integrating Safety Management Practices to Manage Operational Risks of Multiple Contractors in Offshore Drilling Ventures. SPE Latin-American and Caribbean Health, Safety, Environment and Social Responsibility Conference.
- Poedjono, B., Conran, G., Akinniranye, G., Phillips, W. J., & San Antonio, T. A. (2007). Minimizing the Risk of Well Collisions in Land and Offshore Drilling. SPE/IADC Middle East Drilling And Technology Conference.
- Poirette, Y., Guesnon, J. M., & Dupuis, D. C. (2006). *First Hyperstatic Riser Joint Field Tested For Deep Offshore Drilling*. IADC/SPE Drilling Conference.
- Portman, M. E. (2014). Regulatory Capture by Default: Offshore Exploratory Drilling For Oil and Gas. *Energy Policy*, 65, 37-47.
- Potts, L. D., Perez Calderon, L. J., Gubry-Rangin, C., Witte, U., & Anderson, J. A. (2019). Characterisation of Microbial Communities of Drill Cuttings Piles from Offshore Oil and Gas Installations. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 169-177.

- Pozebon, D., Lima, E. C., Maia, S. M., & Fachel, J. M. G. (2005). Heavy Metals Contribution of Non-Aqueous Fluids Used In Offshore Oil Drilling. *Fuel*, 84(1), 53-61.
- Pui, G., Bhandari, J., Arzaghi, E., Abbassi, R., & Garaniya, V. (2017). Risk-Based Maintenance of Offshore Managed Pressure Drilling (MPD) Operation. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 159, 513-521.
- Rahman, M. S., Khan, F., Shaikh, A., Ahmed, S., & Imtiaz, S. (2019). Development of Risk Model for Marine Logistics Support to Offshore Oil and Gas Operations in Remote and Harsh Environments. *Ocean Engineering*, 174, 125-134.
- Ren, M., Li, X., Shi, F., Ma, L., & Xu, D. (2012). The Research of Seabed Rescue Equipment and Method of Uncontrolled Blowout in Offshore Drilling. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference And Exhibition.
- Risks, M. G. (2018). Offshore, Colosos En El Mar. Gerencia De Riesgos Y Seguros. Disponible En Internet URL: <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/offshore-colosos-en-el-mar>
- Roberts, R., Flin, R., & Cleland, J. (2015). “Everything Was Fine”*: An Analysis of the Drill Crew’s Situation Awareness on Deepwater Horizon. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 38, 87-100.
- Roberts, R., Flin, R., & Cleland, J. (2016). How to Recognise a Kick: A Cognitive Task Analysis of Drillers’ Situation Awareness during Well Operations. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 43, 503-513.
- Ruffell, A. H., & Wach, G. D. (2019). Gamma-Ray Log Correlation and Interpretation of Fitton and Casey’s Stratigraphy with Offshore Borehole 99/16-1. *Proceedings Of The Geologists’ Association*.

- Salehi, S., & Nygaard, R. (2012). Numerical Modeling of Induced Fracture Propagation: A Novel Approach for Lost Circulation Materials (LCM) Design in Borehole Strengthening Applications of Deep Offshore Drilling. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.
- Sangronis Padrón, J. (2008). África En El Ajedrez Mundial Del Petróleo (I). CEPRID. Disponible En Internet URL: <https://www.nodo50.org/ceprid/Territorios/Africa/Afr13.Htm>
- Santos, H., Reid, P., Leuchtenberg, C., Jones, J., Lage, A., Nogueira, E., & Kozicz, J. (2005). *Micro-Flux Control Method Combined With Surface BOP Creates Enabling Opportunity For Deepwater And Offshore Drilling*. Offshore Technology Conference.
- Sêco, S. L. R., Silva, R. L., Watson, N., Duarte, L. V., Pereira, A. J. S. C., & Wach, G. (2019). Application of Petrophysical Methods to Estimate Total Organic Carbon in Lower Jurassic Source Rocks from the Offshore Lusitanian Basin (Portugal). *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 180, 1058-1068.
- Seierstad, T. A., Morawej, N., Ogg, J., & Kelley, M. (2009). *Application of Active Heave Compensated Cranes for Mobile Offshore Drilling Units*. SPE/IADC Drilling Conference And Exhibition.
- Sen, S., Kundan, A., Kalpande, V., & Kumar, M. (2019). The Present-Day State of Tectonic Stress in the Offshore Kutch-Saurashtra Basin, India. *Marine And Petroleum Geology*, 102, 751-758.
- Seyyedattar, M., Zendehboudi, S., & Butt, S. (2019). Invited Review - Molecular Dynamics Simulations In Reservoir Analysis Of Offshore Petroleum Reserves: A Systematic Review Of Theory And Applications. *Earth-Science Reviews*, 192, 194-213.
- Sharma, N., Mcdonald, M. B., Mohammed, J. M. R., Daire, B., Eicks, T. D., & Jew, L. (2009). *Optimizing Directional Drilling While Minimizing the Risk of Well Collision in Offshore Drilling*. SPE Annual Technical Conference And Exhibition.

- Sharma, R., Kim, T.-W., Sha, O. P., & Misran, S. C. (2010). Issues In Offshore Platform Research - Part 1: Semi-Submersibles. *International Journal Of Naval Architecture And Ocean Engineering*, 2(3), 155-170.
- Shell Completa La Fase 2 Del Proyecto Gumusut-Kapap En Malasia—World Energy Trade. (2019). Disponible En Internet URL: <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-oil-gas/85-news-oil-gas-offshore/4691-shell-completa-la-fase-2-del-proyecto-gumusut-kapap-en-malasia>
- Shi, J., Zhu, Y., Kong, D., Khan, F., Li, J., & Chen, G. (2019). Stochastic Analysis of Explosion Risk for Ultra-Deep-Water Semi-Submersible Offshore Platforms. *Ocean Engineering*, 172, 844-856.
- Shukla, A., & Karki, H. (2016). Application of Robotics in Offshore Oil and Gas Industry—A Review Part II. *Robotics And Autonomous Systems*, 75, 508-524.
- Singha, D. K., Shukla, P. K., Chatterjee, R., & Sain, K. (2019). Multi-Channel 2D Seismic Constraints On Pore Pressure- And Vertical Stress-Related Gas Hydrate In The Deep Offshore Of The Mahanadi Basin, India. *Journal Of Asian Earth Sciences*, 180, 103882.
- Skogdalen, J. E., Utne, I. B., & Vinnem, J. E. (2011). Developing Safety Indicators for Preventing Offshore Oil and Gas Deepwater Drilling Blowouts. *Safety Science*, 49(8), 1187-1199.
- Sneddon, A., Mearns, K., & Flin, R. (2006). *Safety and Situation Awareness: «Keeping the Bubble» In Offshore Drilling Crews*. SPE International Health, Safety & Environment Conference.
- Sneddon, A., Mearns, K., & Flin, R. (2013). Stress, Fatigue, Situation Awareness and Safety in Offshore Drilling Crews. *Safety Science*, 56, 80-88.

- Spagnoli, G., Doherty, P., Murphy, G., & Attari, A. (2015). Estimation Of The Compression And Tension Loads For A Novel Mixed-In-Place Offshore Pile For Oil And Gas Platforms In Silica And Calcareous Sands. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 136, 1-11.
- Springfield E&P Completes Maiden Deepwater Campaign Offshore Ghana. (2019). Disponible En Internet URL: <https://www.worldoil.com/news/2019/11/26/springfield-ep-completes-maiden-deepwater-campaign-offshore-ghana>
- Strand, G.-O., & Lundteigen, M. A. (2016). Human Factors Modelling In Offshore Drilling Operations. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 43, 654-667.
- Strand, G.-O., & Lundteigen, M. A. (2017). On The Role of HMI in Human Reliability Analysis of Offshore Drilling Operations. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 49, 191-208.
- Strecker, T., & Aamo, O. M. (2018). Limitations of Topside Actuation for Rejecting Heave-Induced Pressure Oscillations in Offshore Drilling. *IFAC-Papersonline*, 51(8), 37-43.
- Strecker, T., & Aamo, O. M. (2019). Attenuating Heave-Induced Pressure Oscillations in Offshore Drilling By Downhole Flow Control. *IFAC Journal Of Systems And Control*, 8, 100058.
- Sule, I., Imtiaz, S., Khan, F., & Butt, S. (2019). Risk Analysis of Well Blowout Scenarios during Managed Pressure Drilling Operation. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 182, 106296.
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2015). MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS / INDUSTRIA PETROLERA, Capítulo 1 / Transporte, Montaje e Inicio de Perforación. Argentina.

- Tabibzadeh, M., & Meshkati, N. (2014). A Risk Analysis Study To Systematically Address The Critical Role Of Human And Organizational Factors In Negative Pressure Test For The Offshore Drilling Industry: Policy Recommendations For HSE Specialists. SPE International Conference On Health, Safety, And Environment.
- Tabibzadeh, M., & Meshkati, N. (2015). Applying the Accimap Methodology to Investigate a Major Accident in Offshore Drilling: A Systematic Risk Management Framework for Oil and Gas Industry. SPE Western Regional Meeting.
- Tamim, N., Laboureur, D. M., Mentzer, R. A., Hasan, A. R., & Mannan, M. S. (2017). A Framework for Developing Leading Indicators for Offshore Drillwell Blowout Incidents. *Process Safety And Environmental Protection*, 106, 256-262.
- Tan, Q., & Guan, S. (2017). Application of Wellbore Stability Mechanics in Offshore Drilling With Complex Pressure. 4th ISRM Young Scholars Symposium On Rock Mechanics.
- Tan, Y., Fang, Y., Zhou, T., Gan, V. J. L., & Cheng, J. C. P. (2019). BIM-Supported 4D Acoustics Simulation Approach To Mitigating Noise Impact On Maintenance Workers On Offshore Oil And Gas Platforms. *Automation In Construction*, 100, 1-10.
- Tan, Y., Fang, Y., Zhou, T., Gan, V. J. L., & Cheng, J. C. P. (2019). BIM-Supported 4D Acoustics Simulation Approach To Mitigating Noise Impact On Maintenance Workers On Offshore Oil And Gas Platforms. *Automation In Construction*, 100, 1-10.
- Tang, H., Zhang, S., Zhang, F., & Venugopal, S. (2019). Time Series Data Analysis for Automatic Flow Influx Detection during Drilling. *Journal Of Petroleum Science And Engineering*, 172, 1103-1111.
- Tang, K. H. D., Md Dawal, S. Z., & Olugu, E. U. (2018). A Review of the Offshore Oil and Gas Safety Indices. *Safety Science*, 109, 344-352.

- Taylor, D. B., & Smith, T. K. (2002). Improved Fracture Gradient Estimates In Offshore Drilling Operations.
- Toldo, E. E., & Ayup Zouain, R. N. (2009). Environmental Monitoring Of Offshore Drilling For Petroleum Exploration (MAPEM): A Brief Overview. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies In Oceanography*, 56(1), 1-3.
- Tonkins, M. C., & Coggan, J. S. (2017). Characterization of Rock Fracturing For Vertical Boreability. *Procedia Engineering*, 191, 112-118.
- Topacio-1 Well Extends Zafiro Field Offshore Equatorial Guinea. *Business Wire*. (1996) Disponible En Internet URL: [Http://Findarticles.Com/P/Articles/Mi_Moein/IS_1996_March_21/Ai_18113817](http://Findarticles.Com/P/Articles/Mi_Moein/IS_1996_March_21/Ai_18113817)
- Trefry, J. H., Dunton, K. H., Trocine, R. P., Schonberg, S. V., Mctigue, N. D., Hersh, E. S., & Mcdonald, T. J. (2013). Chemical and Biological Assessment of Two Offshore Drilling Sites in the Alaskan Arctic. *Marine Environmental Research*, 86, 35-45.
- Visbal, J. P. B., Guillén, J. G. M., & García, A. F. M. (2017). Perspectiva de la Industria Offshore de Hidrocarburos en el Caribe Colombiano. *Visible In*, 352.
- Wada, R., Kaneko, T., Ozaki, M., Inoue, T., & Senga, H. (2018). Longitudinal Natural Vibration of Ultra-Long Drill String during Offshore Drilling. *Ocean Engineering*, 156, 1-13.
- Wang, D., Li, X., Zhang, H., & Wang, Z. (2012). A Model for Estimating the Drilling and Completion Investment in Offshore Oilfields in West Africa and the Asia-Pacific Region. *Petroleum Exploration And Development*, 39(4), 534-538.
- Wang, J., Li, J., Liu, G., Huang, T., & Yang, H. (2019). Parameters Optimization In Deepwater Dual-Gradient Drilling Based On Downhole Separation. *Petroleum Exploration And Development*, 46(4), 819-825.

- Wang, Y., Estefen, S. F., Lourenço, M. I., & Hong, C. (2019). Optimal Design and Scheduling For Offshore Oil-Field Development. *Computers & Chemical Engineering*, *123*, 300-316.
- Wang, Y., GAO, D., & Fang, J. (2015). Mechanical Behavior Analysis for the Determination of Riser Installation Window in Offshore Drilling. *Journal Of Natural Gas Science And Engineering*, *24*, 317-323.
- Wassink, A., & Van Der List, R. (2013). Development of Solutions for Arctic Offshore Drilling. *SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition*, Moscow, Russia. 14.
- Weinberg, M. (2017). Determining and Optimizing Design Loads for Mobile Offshore Drilling Units Using Fuel Air Explosion Modeling Scenarios. Offshore Technology Conference.
- Welaya, Y. M. A., Elhewy, A., & Hegazy, M. (2015). Investigation of Jack-Up Leg Extension for Deep Water Operations. *International Journal Of Naval Architecture And Ocean Engineering*, *7*(2), 288-300.
- Whooley, A., Kenny, M., Deegan, J., Goldsmith, R., & Bolto, A. (2011). OTC 22714 Tools and Techniques for the Selection and Design of Safe Deepwater Riser Systems for Mobile Offshore Drilling Units.
- Wirth, E. (2015,). Noruega: Potencia Petrolera Y Dilema Ambiental. Disponible En Internet URL: https://www.researchgate.net/publication/278700028_Noruega_Potencia_Petrolera_Y_Dilema_Ambiental
- Won, K., Muir, K., Chanpen, C., Thet, W., Noble, F., & Budi Utama, I. B. (2014). Installation of Long Interval Conductor String across Challenging Offshore Drilling Environment. International Petroleum Technology Conference.

- Worthington, L. L., Daigle, H., Clary, W. A., Gulick, S. P. S., & Montelli, A. (2018). High Sedimentation Rates and Thrust Fault Modulation: Insights from Ocean Drilling Offshore the St. Elias Mountains, Southern Alaska. *Earth And Planetary Science Letters*, 483, 1-12.
- Wu, S., Zhang, L., Fan, J., Zheng, W., & Zhou, Y. (2019). Real-Time Risk Analysis Method for Diagnosis and Warning of Offshore Downhole Drilling Incident. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 62, 103933.
- Wu, S., Zhang, L., Zheng, W., Liu, Y., & Lundteigen, M. A. (2016). A DBN-Based Risk Assessment Model for Prediction and Diagnosis of Offshore Drilling Incidents. *Journal Of Natural Gas Science And Engineering*, 34, 139-158.
- Xie, B., Zhang, X., Li, Y., Liu, W., & Luo, M. (2019). Application A Novel Thermo-Sensitive Copolymer as A Potential Rheological Modifier for Deepwater Water-Based Drilling Fluids. *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, 581, 123848.
- Xu, H., Han, S., Bi, X., Zhao, Z., Zhang, L., Yang, W., Zhang, M., Chen, J., Wu, J., Zhang, Y., & Feng, Y. (2016). Atmospheric Metallic and Arsenic Pollution at an Offshore Drilling Platform in the Bo Sea: A Health Risk Assessment for the Workers. *Journal Of Hazardous Materials*, 304, 93-102.
- Xu, Y., Guan, Z., Xu, C., Rashid Hasan, A., & Sun, S. (2019). Numerical Method And Analysis Of Ultrasonic Detection Of Gas Kick In Deepwater Risers During Offshore Drilling. *International Journal Of Heat And Mass Transfer*, 136, 1311-1326.
- Xue, L., Fan, J., Rausand, M., & Zhang, L. (2013). A Safety Barrier-Based Accident Model for Offshore Drilling Blowouts. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 26(1), 164-171.

- Yin, H., Si, M., Li, Q., Jang, H., & Dai, L. (2018). Mechanism And Prevention Method Of Drill String Uplift During Shut-In After Overflow In An Ultra-Deep Well. *Petroleum Exploration And Development*, 45(6), 1139-1145.
- Yoder, R. T. (2019). Digitalization and Data Democratization in Offshore Drilling. *Offshore Technology Conference*.
- YPF - Métodos De Extracción. (S. F.). YFP. Disponible En Internet URL: https://www.ypf.com/energiaypf/metodosdeextraccion/extraccion_offshore.html
- Zaikin, I. P., Kempf, K. V., Naboka, R. R., Guregyants, V. A., & Romanov, I. A. (2018). Method for the Mobile Offshore Drilling Units Contracting Probability Assessment (Russian). *Oil Industrial Journal*, 2018(08), 20-23.
- Zhang, C., Brom, R., Getliff, J., & Smith, J. P. (2016). Improving Environmental Performance by Sharing Information on Offshore Drilling Discharge Environmental Science and Drill Cuttings Treatment Technology. *SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Security, Environment, and Social Responsibility*.
- Zhang, L., Wu, S., Zheng, W., & Fan, J. (2018). A Dynamic and Quantitative Risk Assessment Method with Uncertainties for Offshore Managed Pressure Drilling Phases. *Safety Science*, 104, 39-54.