

PGE PETRÓLEO&GAS

1 000 EJEMPLARES

Edición No. 034 - SEPTIEMBRE 2022

ISSN 1390-8812



PRODUCCIÓN

Intervención anular para remediación de problemas de integridad en pozos maduros

PERFORACIÓN

Microesferas de Vidrio huecas 3M™ diseñadas para trabajar bajo presión – Uso y ventajas en aplicaciones de cementación

MANTENIMIENTO

Migración del sistema computarizado de gestión de mantenimiento en Petrolia Ecuador S.A.



7 861000 279338

AIHE
Asociación de la Industria
Hidrocarburífera del Ecuador

Trabajamos con los más
**altos estándares en la
seguridad** de las personas
y la operación.



F

CONSEJO EDITORIAL

Ing. Ernesto Grijalva
Director Ejecutivo
Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (AIHE)

Evaluador Técnico Externo:
Ing. José Luis Ziritt

Coordinación:
Mayra Revelo
Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (AIHE)

Editor Responsable
Sandra Mosquera, Globalcorp

Diseño
Juan Centeno, Globalcorp

Fotografías
Wikipedia

Colaboradores:
José Luis Cuervo, Karen Alexandra Madrid, Jesús Minakata, Clara Mata, Christian Amthauer, Paulina Margarita Ibujés Flores y Emmanuel A. Ramírez G.

Nota Editorial:
Los contenidos teóricos, gráficos y fotográficos son proporcionados y de exclusiva responsabilidad de los autores de cada estudio.

Impresión: Globalcorp
Tiraje: 1000
Número: 034 - septiembre 2022
Frecuencia: Trimestral
Lugar de Edición: Quito - Ecuador
ISSN: 1390 - 8812

Contacto, ventas e información:
aihe@aihe.org.ec
www.revistapetroleogas.com

Globalcorp:
dmosquera@globalcorpvirtual.com
Teléf: (593-2) 259-8407
Celular: 099 5404195

REVISTA PGE PETRÓLEO&GAS, es una publicación trimestral de la Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador. Esta revista especializada en la industria petrolera reúne artículos y estudios técnicos, reportes de torres de perforación e información de interés relacionada con el sector.



Revise esta edición en
su tablet o smartphone
escaneando el código QR

CONTENIDO

5 Estadísticas
AIHE

13

La gestión de documentos y contenidos en la industria del petróleo y gas: Una perspectiva desde la calidad de los datos y la inteligencia de negocios

José Luis Cuervo y Karen Alexandra Madrid

24

Intervención anular para remediación de problemas de integridad en pozos maduros

Jesús Minakata

29

Microesferas de Vidrio huecas 3M™ diseñadas para trabajar bajo presión – Uso y ventajas en aplicaciones de cementación

Clara Mata y Christian Amthauer

34

Migración del sistema computarizado de gestión de mantenimiento en Petrolia Ecuador S.A.

Paulina Margarita Ibujés Flores

41

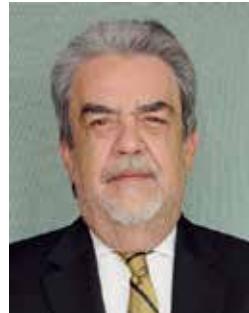
Postes de Acero GIC: por un futuro estable y sostenible

Emmanuel A. Ramírez G.

CLASIFICACIÓN DE CONTENIDOS

(O) OPINIÓN | (P) PUBLICITARIO | (I) INFORMATIVO | (E) ENTRETENIMIENTO | (F) FORMATIVO/EDUCATIVO/CULTURAL | (D) DEPORTIVO | (PP) PROPAGANDA

PRESENTACIÓN



Ing. Ernesto Grijalva H.

Estimados Lectores

Es un privilegio llegar a nuestros lectores con la edición No.34 de nuestra revista técnica de la Asociación de Hidrocarburos del Ecuador (AIHE). PGE PETRÓLEO Y GAS - septiembre 2022.

PGE PETRÓLEO Y GAS, es la revista especializada en el sector hidrocarburífero más importante del país. En esta nueva edición, importantes investigadores y profesionales reconocidos a nivel nacional e internacional presentan estudios de productos y servicios altamente eficientes que se aplican con éxito en las empresas que lideran el sector de hidrocarburos dentro y fuera del país.

Mantenemos nuestro compromiso y continuamos brindándoles información oportuna y actualizada sobre los procesos y tecnologías que están revolucionando el sector energético a nivel mundial.

Iniciamos la sección técnica con el artículo: La Gestión de Documentos y Contenidos en la Industria del Petróleo y Gas: Una Perspectiva desde la Calidad de los Datos y la Inteligencia de Negocios.

A continuación, Expro presenta el estudio: Intervención Anular para Remediación de Problemas de Integridad en Pozos Maduros.

Continuamos nuestra propuesta editorial presentando el artículo de la empresa 3M: Microesferas de Vidrio Huecas 3M™ Diseñadas para Trabajar Bajo Presión – Uso y Ventajas en Aplicaciones de Cementación.

Petrolia Ecuador S. A., expone el estudio: Migración del sistema computarizado de gestión de mantenimiento en Petrolia Ecuador S. A.

Cerramos esta edición presentado el artículo: Postes de Acero GIC: Por un Futuro Estable y Sostenible.

Agradecemos a nuestros lectores, colaboradores y auspiciantes, continuamos trabajando junto a ustedes para impulsar el fortalecimiento y desarrollo del sector.



TORRES DE PERFORACIÓN EN OPERACIÓN EN EL ECUADOR

Septiembre 05, 2022

OPERADOR	POZO	CONTRATISTA	No. RIG	TIPO DE EQUIPO	COMENTARIOS
ANDES PETROLEUM	MARIANN 67	CCDC	CCDC 025	ZJ70DB - 2000 HP	DRILLING
PETROORIENTAL	TAPIR NORET 42	CCDC	CCDC 037	ZJ70DB - 2000 HP	DRILLING
ENAP SIPEC	MDC 47H	TUSCANY DRILLING	117	HELI RIG 2000 HP	DRILLING
CONSORCIO FRONTERA GEOPARK BLOQUE ESPEJO	PASHURI 1	TUSCANY DRILLING	119	ZJ70/4500D - 2000 HP	MOBILIZING RIG FROM PERICO 1 to BLOCK ESPEJO PAD B
GRAN TIERRA ENERGY	BOCACUCHICO 1	CCDC	CCDC 069	ZJ70DB - 2000 HP	DRILLING 12 1/4" HOLE SECTION
ORION ENERGY	RON 8RE	HILON	HL 15	ZJ70D 2000 HP	COMPLETION
PLUSPETROL ECUADOR B.V.	V-31H	PETREX	20	HELI NATIONAL 1320 UE 2000 HP	DRILLING 16" HOLE SECTION
EP PETROECUADOR	TPTCP-094 WDW	CCDC	CCDC 036	ZJ70D -2000 HP	COMPLETION
EP PETROECUADOR	ISHPINGO A007 (ISHA 007)	CCDC	CCDC 066	ZJ70D -2000 HP	DRILLING
EP PETROECUADOR	ISHPINGO B0058 (ISHB 0058)	CCDC	CCDC 028	ZJ70D -2000 HP	MOBILIZING RIG
EP PETROECUADOR	SACHA J429 (SCHAJ 429)	SINOPEC	248	ZJ70DB - 2000 HP	RUNNING 7" LINER
EP PETROECUADOR	SACHA AP269 (SCHAP 269)	SINOPEC	191	ZJ70D/4500D50 - 2000 HP	DRILLING 8 3/8" HOLE SECTION
EP PETROECUADOR	ISHPINGO B037 (ISHB 037)	SINOPEC	185	ZJ70DB - 2000 HP	COMPLETION
EP PETROECUADOR	PAYAMINO G033 (PYMG 033)	SINOPEC	127	ZJ70D - 2000 HP	COMPLETION
EP PETROECUADOR ¹	SHUSHUFINDI V232 (SHSV 232)	RMS (Former SLR, SCHLUMBERGER) ***	RPT - 402	MAVERICK T 1000 (2000 HP)	MOBILIZING RIG FROM SHST 258
EP PETROECUADOR ²	AUCA H273H (ACAH 273H)	SINOPEC	156	ZJ70/4500D 2000 HP	MOBILIZING RIG FROM AUCA D244
EP PETROECUADOR ²	AUCA L232 (ACAL 232)	SINOPEC	183	ZJ70DB - 2000 HP	DRILLING 12 1/4" HOLE SECTION
EP PETROECUADOR ²	AUCA 0288 (ACAO 0288)	RMS (Former SLR, SCHLUMBERGER) ***	RPT - 401	MAVERICK T 1000 (2000 HP)	MOBILIZING FROM AUCA 128
EP PETROECUADOR ³	YURALPA CENTRO E026 (YRCE 026)	SINOPEC	168	ZJ70DB - 2000 HP	MOBILIZING FROM PAD A
EP PETROECUADOR ⁴	PUCUNA 024 (PCN 024)	PETREX	5824	NATIONAL 1320 (HELI RIG)	COMPLETION

1.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio Shushufindi firmó un contrato con Petroamazonas (contrato de Campos Maduros)

2.- Para proveer servicios en esta área, SHAYA ECUADOR S.A. firmó un contrato con Petroamazonas

3.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio WAYRA ENERGY firmó un contrato con Petroamazonas. (Campos Menores)

4.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio IGAPO firmó un contrato con Petroamazonas (contrato de campos Maduros)

TORRES DE PERFORACIÓN EN STAND BY EN EL ECUADOR

Septiembre 05, 2022

CONTRATISTA	RIG	TIPO DE EQUIPO	STACKED
CCDC	CCDC 038	ZJ50D - 1500 HP	COCA BASE
CCDC	CCDC 039	ZJ50DB -1500 HP	COCA BASE
SINOPEC	119	ZJ70/4500D - 2000 HP	COCA BASE
SINOPEC	129	ZJ70/4500D - 2000 HP	COCA BASE
SINOPEC	219	ZJ70DB - 2000 HP	COCA BASE
SINOPEC	220	ZJ70/4500D92 - 2000 HP	COCA BASE. PREPARRING TO MOBILIZE TO SACHA (PETROECUADOR) IN SEPTEMBER
TRIBOILGAS	202	SERVICE KING 1000 HP	DEMOBILIZING FROM VINITA B LOCATION TO COCA BASE

*** Rig Management Systems

Fuente: Jorge Rosas, Ecuador Rig Report
jrosasw1992@hotmail.com / +593 9 87200446

REPORTES**TORRES DE REACONDICIONAMIENTO EN OPERACIÓN EN EL ECUADOR**

Septiembre 05, 2022

OPERADOR	POZO	CONTRATISTA	RIG	TIPO DE EQUIPO	COMENTARIOS
ANDES PETROLEUM	MARIANN 97	HILONG	HL - 3	DFXK JC11/21 650HP	W.O.
ANDES PETROLEUM	JOHANNA ESTE 59	HILONG	HL - 18	DFXK JC11/21 650HP	W.O.
PETRORIENTAL	HORMIGUERO 19	CCDC	51	XJ650 - 650 HP	W.O.
CONSORCIO PETROLERO PALANDA-YUCA SUR	YUCA SUR 02	TRIBOILGAS	102	550 HP	W.O.
ENAP SIPEC	PSO 03	ORIENDRILL	901	LOADCRAFT 650	W.O.
ORION ENERGY	ENO 8	SINOPEC	907	XJ 550 - 550 HP	W.O.
REPSOL ECUADOR (ver nota 1)	IRO A41	PSS WORKOVER S.A.	PSS 815	IRI 2042 / FRANKS 600	W.O.
EP PETROECUADOR	PALO AZUL B006(PLAB 006)	CCDC	42	XJ550 - 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	SANSAHUARI 007 (SNSH 007)	DYGOIL	30	CAMERON 600	W.O.
EP PETROECUADOR	SHUSHUFINDI AE012B (SHSAE 012B)	FAST DRILLING	FD 11	XJ 650 (700 HP)	W.O.
EP PETROECUADOR	SACHA 311 (SCHAB 311)	TRIBOILGAS	101	550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	SACHA 455 (SCHAM 455)	TRIBOILGAS	103	LCT 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	OSO I40	TRIBOILGAS	104	LOADCRAFT 550	W.O.
EP PETROECUADOR	TETETE 012 (TTT 012)	TRIBOILGAS	105	CROWN 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	PAÑACOCHA 007 (PCCA 007)	TRIBOILGAS	106	SERVICES KING 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	EDEN YUTURI 028 (EDYC 028)	TRIBOILGAS	107	LOADCRAFT 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	LIMONCOCHA H42 (LMNH 042)	TRIBOILGAS	201	DRILLING SERVICE KING 1000HP	W.O.
EP PETROECUADOR	SACHA 442 (SCHA 442)	TRIBOILGAS	203	SERVICE KING 1000 HP	W.O.
EP PETROECUADOR	SACHA 175 (SCHAR 175)	TRIBOILGAS	204	SERVICE KING 1000 HP	W.O.
EP PETROAMAZONAS ¹	YUCA C049 (YCAC 049)	GEOPTSA	4	UPET 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ¹	CHONTA SUR A003 (CHSA 003)	TUSCANY DRILLING	105	CARE 650 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ¹	AUCA SUR D026 (ACSD 026)	TUSCANY DRILLING	111	CARE 665 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ¹	AUCA P100 (ACAP 100)	SINOPEC	932	XJ 650 - 650 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ²	SHUSHUFINDI T 261 (SHST 261)	ORIENDRILL	902	LOADCRAFT 650	W.O.
EP PETROECUADOR ²	SHUSHUFINDI T196 (SHS T196)	SINOPEC	903	XJ 650 - 650 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ²	SHUSHUFINDI 186 (SHS 186)	HILONG	28	DFXK JC11/21 650HP	W.O.
EP PETROECUADOR ³	SHUSHUQUI B025 (SHHB 025)	TUSCANY DRILLING	104	CARE 550 HP	W.O.
EP PETROECUADOR ⁴	PUCUNA 009 (PCN 009)	GEOPTSA	5	LTO-550-VIN-26606	W.O.
EP PETROAMAZONAS ⁵	LIMONOCOCHA K038 (LMNK 038)	SINOPEC	904	ZJ30 - 750 HP	W.O.
EP PETROAMAZONAS ⁵	LIMONCOCHA F006 (LMNF 006)	SINOPEC	905	ZJ30 - 750 HP	W.O.

Nota 1.- REPSOL ECUADOR S.A. dejó de estar relacionada con Repsol (operador energético español) hace varios meses. El nombre legal de la entidad en Ecuador denominada Repsol Ecuador S.A., cambia a PETROLIA ECUADOR S.A., luego de que New Stratus Energy el 14 de enero de 2022 adquiriera una participación indirecta del 35% en el Bloque 16 y el Bloque 67 (campo Tivacuno) en Ecuador de conformidad con los Contratos de Operación de Servicios de Repsol Ecuador S.A.

1.- Para proveer servicios en esta área, SHAYA ECUADOR S.A. firmó un contrato con Petroamazonas

2.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio Shushufindi firmó un contrato con Petroamazonas (contrato de Campos Maduros)

3.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio Pardalis firmó un contrato con Petroamazonas (contrato de Campos Maduros)

4.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio IGAPO firmó un contrato con Petroamazonas (contrato de campos Maduros)

5.- Para proveer servicios en esta área, Consorcio PAÑATURI firmó un contrato con Petroamazonas (Contrato de campos Maduros)

TORRES DE REACONDICIONAMIENTO EN STAND BY EN EL ECUADOR

Septiembre 05, 2022

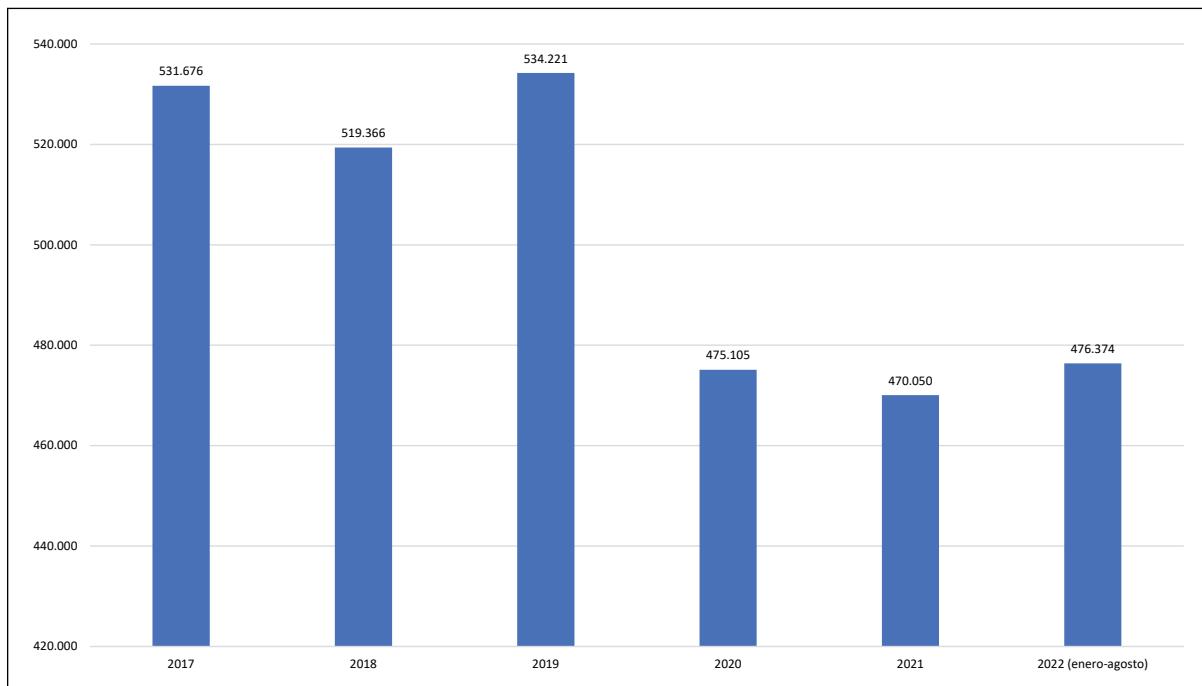
CONTRATISTA	RIG No.	TIPO DE EQUIPO	COMENTARIOS
CCDC	CCDC 40	ZJ20 - 650 HP	COCA BASE
CCDC	CCDC 41	XJ550 - 650 HP	COCA BASE
CCDC	CCDC 52	ZJ - 650 HP	COCA BASE
DYGOIL	20	FRANKS 600	SHUSHUFINDI BASE
ESPINEL & ASOCIADOS	EA - 12	XJ 650	STACKED SACHA CAMP
GEOPETSA	3	WILSON 42B 500	COCA BASE (MAINTENANCE)
GEOPETSA	6	ZPEC 650	COCA BASE (MAINTENANCE)
GEOPETSA	7	KING SERVICES 750HP	COCA BASE (MAINTENANCE)
LOXODONTA	ELEFANTE 01	CORSAIR 475 HP (CRANE CARRIER COMPANY)	COCA BASE
NORDRILCO (NORWEGIAN DRILLING COMPANY)	VICTORIA 01	NATIONAL OILWELL VARCO NOV 550 HP	MAINTENANCE NORDRILCO COCA BASE
NORDRILCO (NORWEGIAN DRILLING COMPANY)	VICTORIA 02	NATIONAL OILWELL VARCO NOV 550 HP	MAINTENANCE NORDRILCO COCA BASE
ORIENDRILL	903	LOADCRAFT 650	COCA BASE (CHECKING EQUIPMENT AFTER ARRIVAL FROM USA)
PLUSPETROL ECUADOR B.V.	PP 01	OIME 750SL	STBY. VILLANO "A" PAD
PLUSPETROL ECUADOR B.V.	PP 02	OIME 500	STBY. VILLANO "B" PAD
PSS WORKOVER S.A.	PSS 816	HEARTLAND RIG INTERNATIONAL (HRI) 700 HP	COCA
SINOPEC	908	XJ 650 - 650 HP	COCA BASE
TRIBOILGAS	5	LTO-550-VIN-26606	COCA BASE
TRIBOILGAS	6	COOPER 550	COCA BASE
TRIBOILGAS	108	COOPER 550DD	COCA BASE
TRIBOILGAS	109	LANCO 550 HP	TAMBILLO (QUITO). PREPARRING RIG
TRIBOILGAS	110	LANCO 550 HP	TAMBILLO (QUITO). PREPARRING RIG
TRIBOILGAS	205	SERVICE KING 1000 HP	TAMBILLO (QUITO)
TRIBOILGAS	206	SERVICE KING 775 HP	COCA BASE

** Rig Management Systems

Fuente: Jorge Rosas
 Ecuador Rig Report
 jrosasw1992@hotmail.com

ESTADÍSTICAS

PRODUCCIÓN NACIONAL PROMEDIO DIARIO PETROECUADOR Y PRIVADAS Barriles diarios

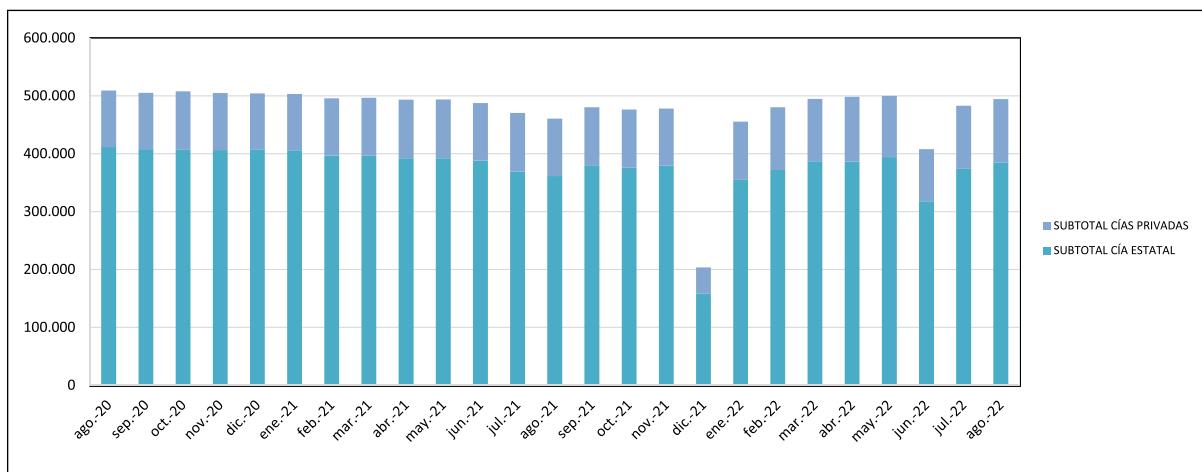


Fuentes:

Estadístico Preliminar - EP PETROECUADOR - Agosto 2022

REPORTE PRELIMINAR DE PRODUCCIÓN FISCALIZADA NACIONAL DE CRUDO - AGOSTO 2022 - AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES - ARCERNNR

PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO EMPRESAS ESTATALES Y PRIVADAS AGOSTO 2020 - AGOSTO 2022 (BPPD)

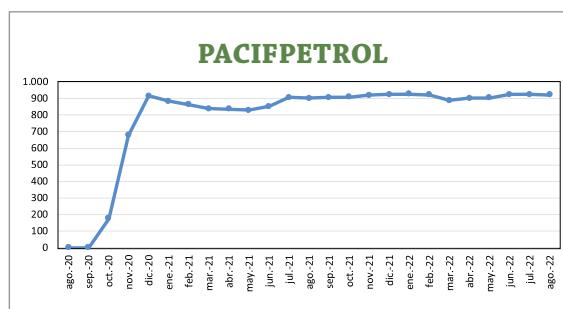
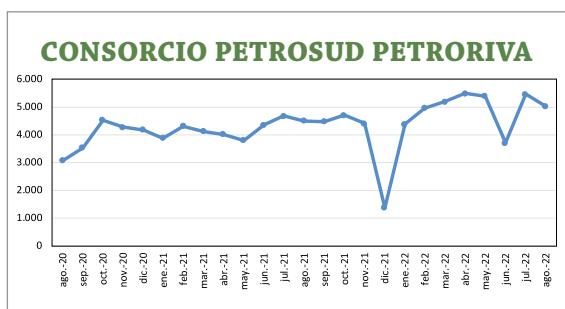
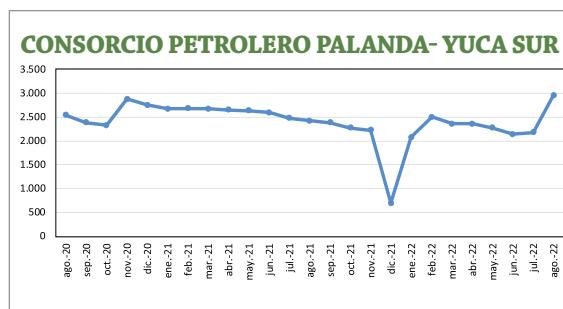
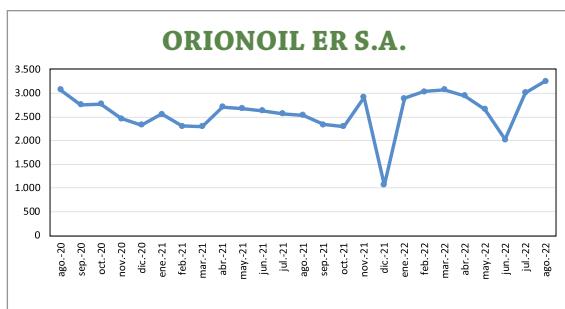
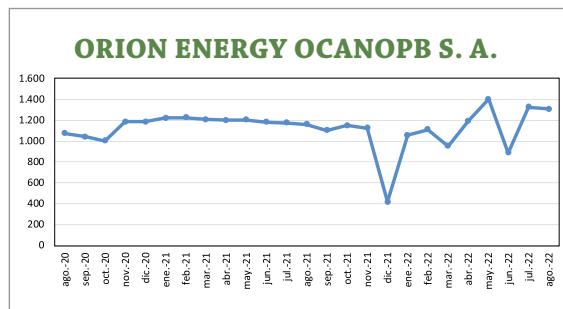
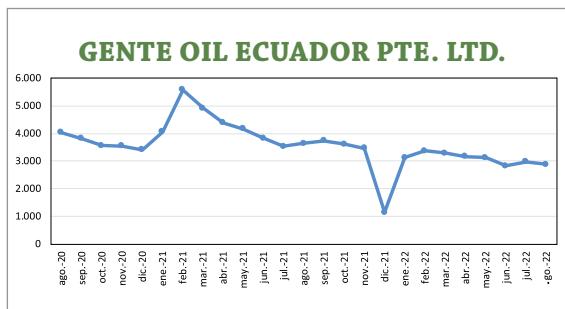
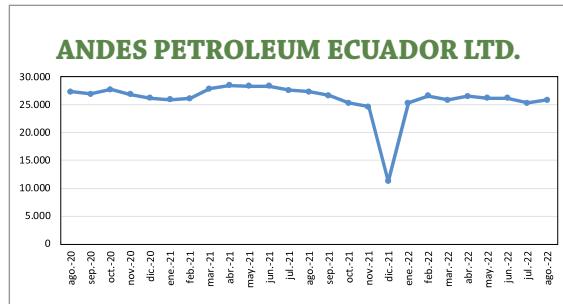
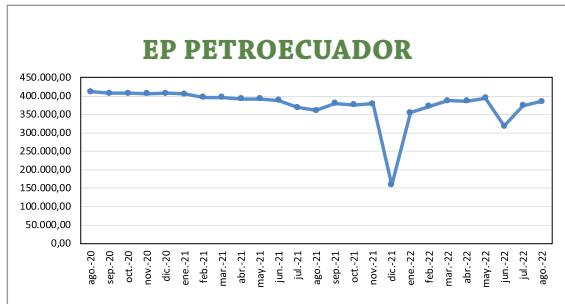


Fuente: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
Elaboración: AIHE

①

ESTADÍSTICAS

PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO POR EMPRESA (BPPD)

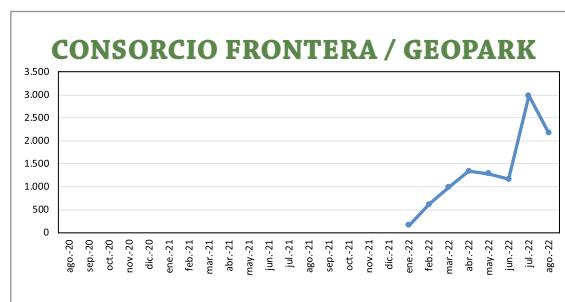
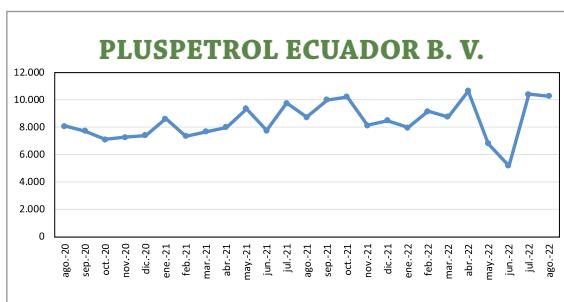
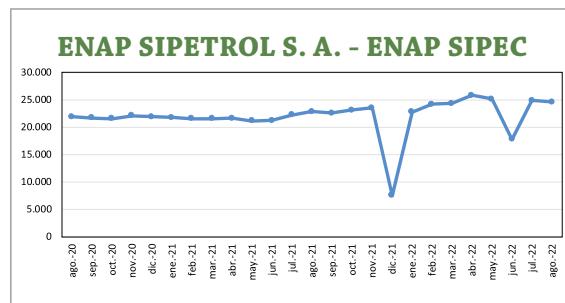
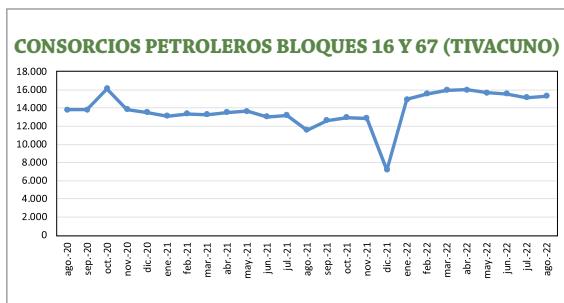
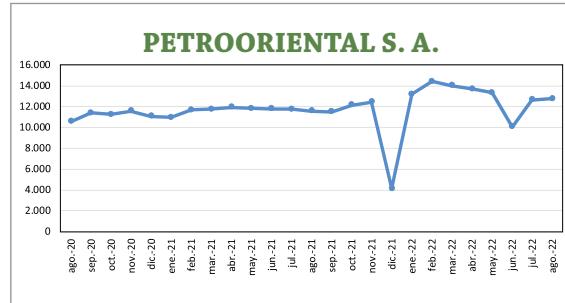
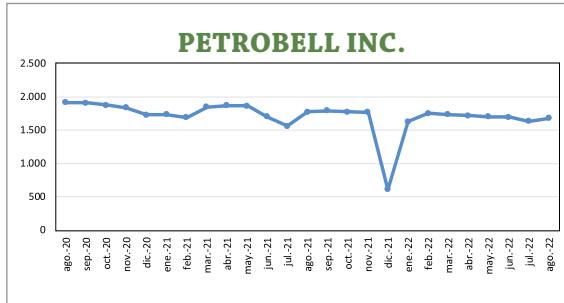


Fuente: ARCH
Elaboración: AIHE



ESTADÍSTICAS

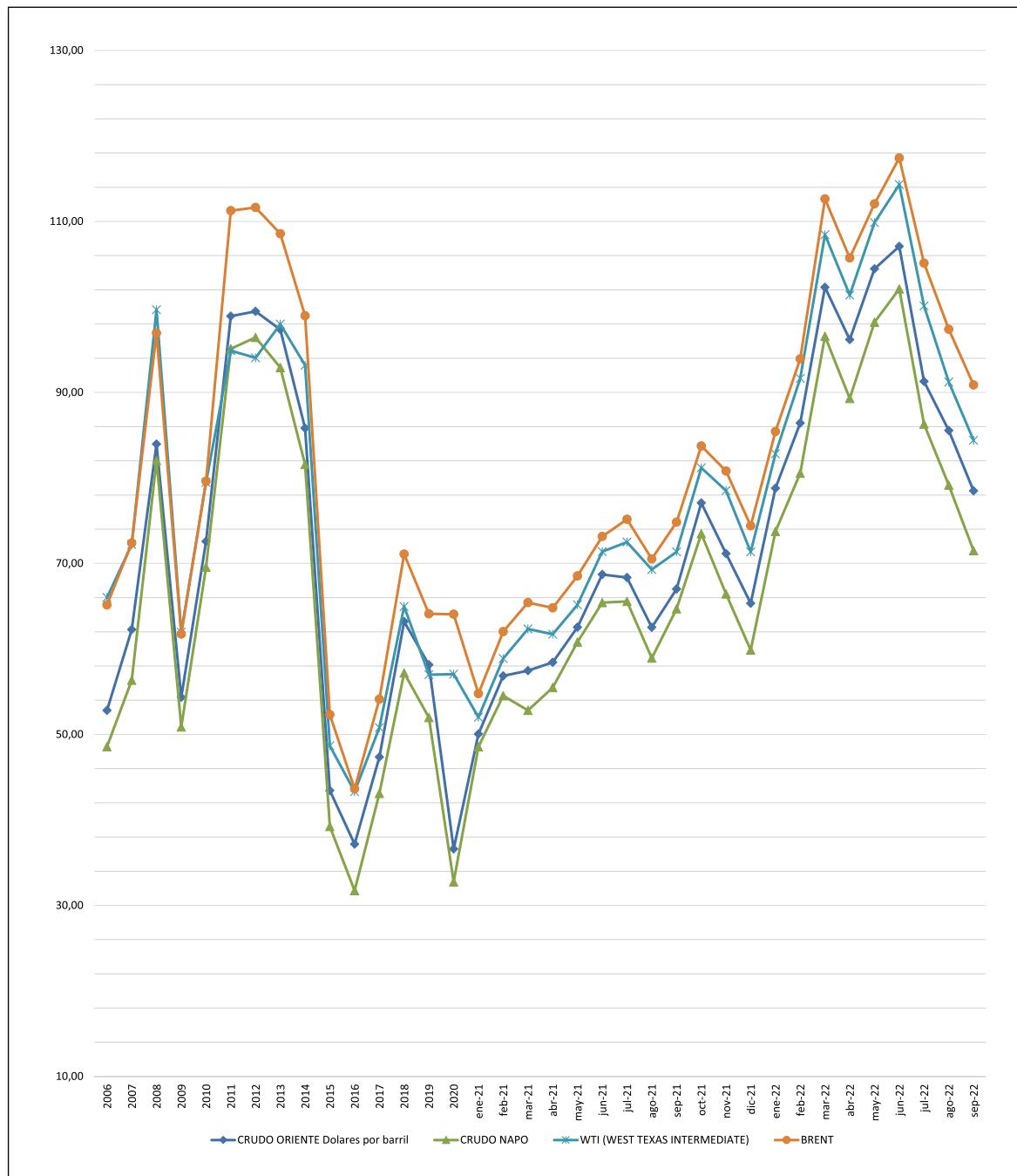
PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO POR EMPRESA (BPPD)



Fuente: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables
Elaboración: AIHE

(F)

PRECIO DEL PETRÓLEO ORIENTE, NAPO, WTI Y BRENT 2006 - 2022 (Dólares por barril)



Fuente: EP Petroecuador y EIA Energy Information Administration

A large oil pumpjack is positioned on the left side of the frame, its metallic structure silhouetted against a vast, cloudy sky. The pumpjack's arm is extended upwards, and its head is painted red. The background is filled with a mix of white and grey clouds, some illuminated by the setting or rising sun, creating a warm glow. The foreground is a dark, flat landscape, likely a field or prairie.

ÁREA TÉCNICA

La gestión de documentos y contenidos en la industria del petróleo y gas: Una perspectiva desde la calidad de los datos y la inteligencia de negocios

Autores: José Luis Cuervo y Karen Alexandra Madrid

RESUMEN

La industria del petróleo y gas se caracteriza por la recopilación de datos variados y con formatos diversos. Se distinguen entre los tipos de datos que manejan las empresas de Exploración y producción de hidrocarburos los de tipo estructurados y no estructurados. Estos últimos son más complejos de procesar y clasificar, lo cual para muchas empresas se convierte en un reto o en ocasiones se terminan sub utilizando. Este estudio aplica la metodología no experimental y de alcance descriptivo, apoyado en la técnica de observación, revisión documental y entrevista a especialistas en gestión de datos. Entre los resultados obtenidos está que existen experiencias acertadas en empresas petroleras a nivel mundial, donde se han desarrollado procesos y sistemas que ayudan al procesamiento, resguardo y garantizan la accesibilidad de la data no estructurada, los cuales se soportan en buenas prácticas de gestión de datos. Estas pueden ser replicadas, incluso optimizadas considerando las nuevas tecnologías. La data no estructurada puede ser tan valiosa como la estructurada, de allí el interés de tratar de convertir información de documentos, mapas, etc., a un esquema estructurado, recuperando el máximo de información de la fuente original. La inteligencia de negocios en EyP pude enriquecerse del aprovechamiento de la data no estructurada y la estructurada, pero esto es posible a través de un adecuado gobierno de datos.

SUMMARY

The oil and gas industry is characterized by the collection of varied data and with diverse formats. A distinction is made between the types of data handled by hydrocarbon exploration and production companies, structured and unstructured. The latter are more complex to process and classify, which for many companies becomes a challenge or sometimes they end up

being underused. This study applies the non-experimental and descriptive methodology, supported by the technique of observation, documentary review and interviews with specialists in data management. Among the results obtained is that there are successful experiences in oil companies worldwide, where processes and systems have been developed that help the processing, protection and guarantee the accessibility of unstructured data, which are supported by good management practices of data. These can be replicated and even optimized considering new technologies. Unstructured data can be as valuable as structured data, hence the interest in trying to convert information from documents, maps, etc., to a structured scheme, recovering as much information as possible from the original source. Business intelligence in EyP can be enriched by the use of unstructured and structured data, but this is possible through proper data governance.

1. INTRODUCCIÓN

DAMA International, una organización de reconocida trayectoria en el campo de la gestión de datos, ha establecido diez funciones básicas vinculadas al manejo adecuado de la data, siendo una de ellas la gestión de documentos y contenido, que básicamente involucra la "Planificación, implementación y actividades de control para almacenar, proteger y acceder a los datos que se encuentran dentro de los archivos electrónicos y registros físicos (incluyendo textos, gráficos, imágenes, audio y video) (DAMA International, 2015). Si bien existen buenas prácticas en el manejo de la data no estructurada, aún hay empresas que no disponen de los recursos para procesarlos y obtener información que ayude en la toma de decisiones o inteligencia de negocios. Tampoco cuentan con una adecuada gestión de la calidad de los datos, incluso llegan a concentrar volúmenes de documentos en físico en al-

Fecha de recepción:
07 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación:
12 de septiembre de 2022

Palabras claves:
datos no estructurados, gestión documental, inteligencia de negocios, calidad

Key words:
unstructured data, document management, business intelligence, quality

Cuervo Adarme, José Luis
Ingeniero de petróleo con maestría en extracción de crudos pesados, especialista en gestión de datos en EyP, ex coordinador y profesor de la maestría en Gestión de datos de EyP, en la Universidad Venezolana de los Hidrocarburos. Investigador en áreas del negocio de hidrocarburos. Fue líder de departamentos y proyectos asociados a la gestión de datos en Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA).

Madrid, Karen Alexandra
Ingeniera de petróleo de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (UNEFA). Manejo documental de información de EyP, aplicaciones de gestión documental (SIMDE) en Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA).

macenes, los cuales terminan deteriorándose, siendo olvidados y no aprovechados en beneficio de las operaciones.

Los datos tienen relevancia cuando generan valor agregado a las organizaciones, les ayuda en su crecimiento y mejora integral. No obstante, si la data no tiene calidad tampoco puede ser útil, por lo que es importante realizar una apropiada selección de los datos tomando en cuenta los atributos de calidad (Abella, Urbina, & De Pablos, 2018). En el caso de la industria petrolera y gasífera, la calidad de los datos es una condición crítica, puesto que errores pequeños pueden representar pérdidas significativas

de dinero e incluso de un proyecto.

Este estudio abarcó lo referente a datos no estructurados, tomando en cuenta que son pocos los abordajes investigativos de este tipo de datos en la industria de los hidrocarburos. Se plantean consideraciones de calidad así como esquemas de utilización en la inteligencia de negocios.

2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

2.1. Gestión de documentos y contenidos

La gestión de documentos y contenidos es una de las funciones de la gestión de datos planteada por la organización DAMA (Ver Figura 1),



Figura 1. Funciones de DAMA
Nota. Adaptado de DAMA International (2015).

el propósito es la recopilación, almacenamiento, acceso y empleo de los datos no estructurados. Es decir, los datos que se encuentran fuera de las bases de datos (BD) relacionales. El enfoque de esta función es garantizar la integridad y accesibilidad a datos como audios, informes, imágenes, entre otros (Eito & Calleja, 2020).

La gestión de documentos va más allá de lo netamente operativo, por lo general, también involucra precisar sistemas o aplicaciones para el adecuado procesamiento de la data no estructurada. Además, abarca aspectos como digitalización y conservación de archivos (ejemplo, documentos, fotografías, informes, etc.), limpieza de imágenes, clasificación o agrupación y almacenamiento en repositorios (Celis, 2019).

La gestión documental se soporta en la actualidad en recursos tecnológicos que se emplean para preparar los documentos, digitalizarlos, llevar el control y proveer esquemas de consulta para las imágenes electrónicas de los documentos en físico. Existen software de gestión documental que disponen de gran versatilidad, pero se debe tener especial precaución de que existan garantías de seguridad de la data. Entre los intereses de las empresas que optan por software de manejo de documentos está la simplificación

del trabajo, buscar que la información esté disponible cuando sea requerida por los analistas o ingenieros, evitar tareas repetitivas y pérdida de tiempo en la búsqueda, pero además de esto se reduce costos en espacios o infraestructura para el almacenamiento (Martelo, Madera, & Betín, 2015).

La gestión de contenidos es la organización, categorización y definición de las estructuras de datos/recursos para que los contenidos puedan ser almacenados, publicados y reutilizados en múltiples formas (DAMA International, 2015). El ciclo de vida del contenido es dinámico y pueden presentarse cambios incluso antes de su difusión, entre las fases que se identifican están las mostradas en la Figura 2.

2.2. Datos no estructurados en el contexto de EyP

Los datos calificados como no estructurados se caracterizan por no disponer de una estructura fácilmente identificable o asignada. Por lo general, se ajustan a un modelo de datos que se haya predefinido y se les conoce como No-SQL. Al no tener los mismos campos o características, estos no se pueden agrupar en tablas de bases



Figura 2 Etapas vinculadas al proceso de la gestión de contenidos
Nota. Adaptado de DAMA International (2015).

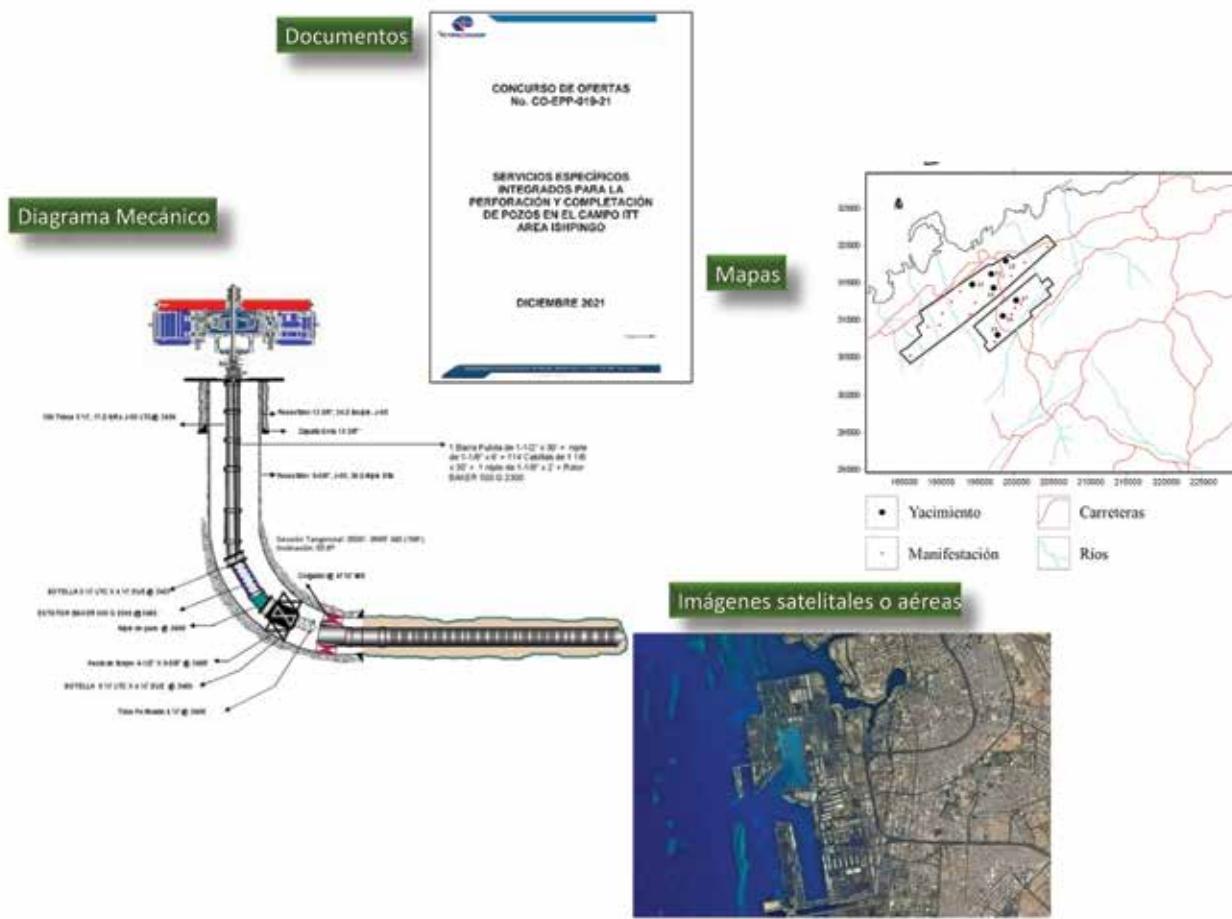


Figura 3. Ejemplo de datos no estructurados en la industria de Eyp

Nota. Elaborado con base en datos de (Pérez, 2017), Latam Satelital (2022), Petroecuador (2021)

de datos compuestas de filas o columnas, es decir, que no son aptos para una BD relacional.

Organizaciones como DAMA International (2015) indican que los datos no estructurados son cualquier documento, archivo, gráfico, imagen, texto, informe, formulario, video o grabación de sonido que no ha sido etiquetado o no estructurado en filas y columnas o registros. Los datos no tabulares incluyen los datos no estructurados, así como, los datos marcados (p.284). Estos se pueden encontrar en diversos formatos como grabaciones de audio, cintas de vídeo, microfichas, correo electrónico, gráficos, etc.

Muchas empresas están realizando esfuerzos para convertir los datos no estructurados en estructurados. Los nuevos desarrollos tecnológicos permiten captar imágenes en alta definición, audios o videos con cualidades particulares. Sin embargo, esto va acompañado de una mayor necesidad de almacenamiento, lo cual representa costos. En el campo de la gestión de datos del negocio de exploración y producción de hidrocarburos, se pueden conseguir datos no

estructurados como imágenes de diagramas de pozos, informes o programas de perforación, entre otros (Ver Figura 3).

2.3. La inteligencia de negocios

Conocida también como Business Intelligence (BI), constituye el conjunto de prácticas, aplicaciones, conceptos, métodos, así como, capacidades que dispone una organización o empresa para gestionar los datos, de modo que pueda emplearlos en la toma de decisiones estratégicas, actúe sustentada en información confiable y alineada a la realidad de sus operaciones. El BI también facilita que las empresas puedan optimizar o adecuar procesos, evaluar escenarios futuros o comprender tendencias históricas o actuales. La inteligencia de negocios tiene múltiples beneficios o ventajas, por una parte, ayuda a comprender el negocio o los procesos, facilita el intercambio de información y surgimiento de nuevas ideas, permite disponer de respuestas rápidas y tener bases para la toma de decisión (Morán, 2021).

(F)



Figura 4. Imagen alusiva a la inteligencia de negocios

Nota. Elaborado con base en UESS (2022), Armenta y Castellanos (2019), El Universo (2020)

Las empresas se apoyan en una variedad de herramientas que permiten procesar datos con el objeto de tener una mejor perspectiva de la situación de interés o problema que se analiza. Estas herramientas se conocen como sistemas de inteligencia de negocios, las cuales brindan alternativas para que las empresas se concentren en los datos operativos e inclusive los históricos, con el fin de tener explicaciones a situaciones

específicas o tener una visión más clara del entorno y sus procesos. En otras palabras, el BI ayuda a que las empresas se abastecan de información para soportar decisiones estratégicas.

3. METODOLOGÍA APLICADA

El presente estudio se sustentó en una investigación no experimental, de alcance descriptivo, esto tomando en consideración que no

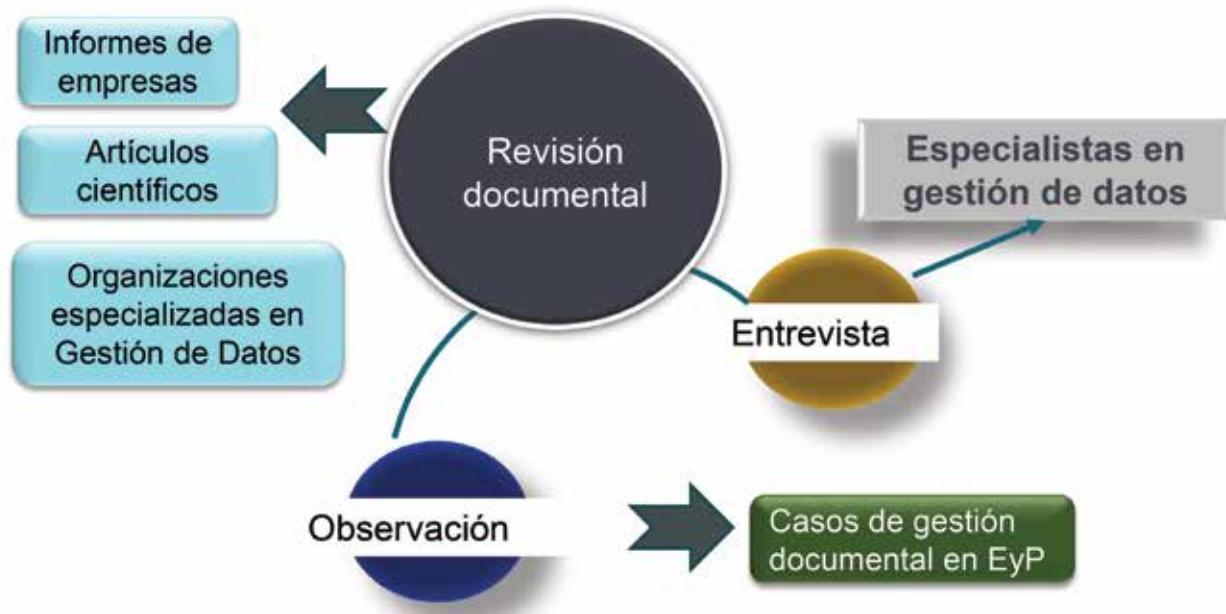


Figura 5. Esquemático de las fases del proceso de investigación científica aplicado
Nota. Elaborado por los autores

existe manipulación de las variables por parte del investigador y se persigue especificar los atributos del fenómeno que se estudia (Pereyra, 2020). En este sentido, se analizó la gestión de documentos y contenidos, considerando como áreas de interés la calidad de los datos y la inteligencia de negocios.

El proceso metodológico abarcó la búsqueda en repositorios de trabajos científicos y la evaluación de informes de empresas en las cuales se han aplicado la gestión de datos, con especial énfasis en los de tipo no estructurado. También se consultaron manuales de organizaciones especializadas en el manejo y aseguramiento de la calidad de los datos como el caso de DAMA International, Professional Petroleum Data Management Association (PPDM), entre otras.

Se aplicó entrevista a especialista en gestión de datos para conocer las técnicas, sugerencias y mejores prácticas que estos recomiendan para la adecuada gestión de documentos y contenido. Se empleo como instrumento una guía de entrevista.

4. RESULTADOS

4.1. Experiencias de gestión de documentos y contenidos en la industria del petróleo y gas

Sobre la base de la indagación científica se determinó que a nivel mundial muchas empresas petroleras se han percatado que, en primer lugar, existe data histórica relacionada con las operaciones que por no tener para ese entonces la tecnología actual, debieron ser almacenadas en espacios físicos, teniendo como consecuencia en muchos casos la pérdida o deterioro. En

ocasiones se tuvo que invertir en adquirir los mismo datos porque se requeriría más tiempo en la búsqueda, pues no existía un sistema de administración de la data no estructurada, por tanto se empleaba técnicas de archivología, que en ese entonces representaba la mejor práctica del momento.

En la industria petrolera, casos como Petróleos de Venezuela S.A., han aplicado esquemas de procesamiento de la información documental a través del proceso denominado Memoria Corporativa. Este es responsable de garantizar el resguardo, actualización y disponibilidad de la documentación técnica de pozos y yacimientos, tanto en físico en los Centros de Información Técnica (CITEP) como en digital en el Sistema de Manejo de Documentos Electrónicos (SIMDE), velando por el cumpliendo de las normas, políticas de seguridad y confidencialidad (PDVSA, 2022). Para el procesamiento de documentos de preferencia con los expedientes de pozos, PDVSA S.A., desarrolló a través de su proceso Memoria Corporativa, planteó dos subprocesos denominados Acceso a la Información y el de Manejo de la Información.

Esta empresa por su historial productivo disponía de información documental de pozos que data de más de 80 años, muchos de estos se encontraban aun en producción por lo cual toda información que ayudase a asegurar su continuidad productiva, entender el comportamiento del campo, incluso para comprender la tendencia de los pozos vecinos era importante acudir a datos actuales e históricos. No obstante, era necesario optimizar la búsqueda por parte de los ingenieros así surge el proceso de Memoria Corporativa y la formación

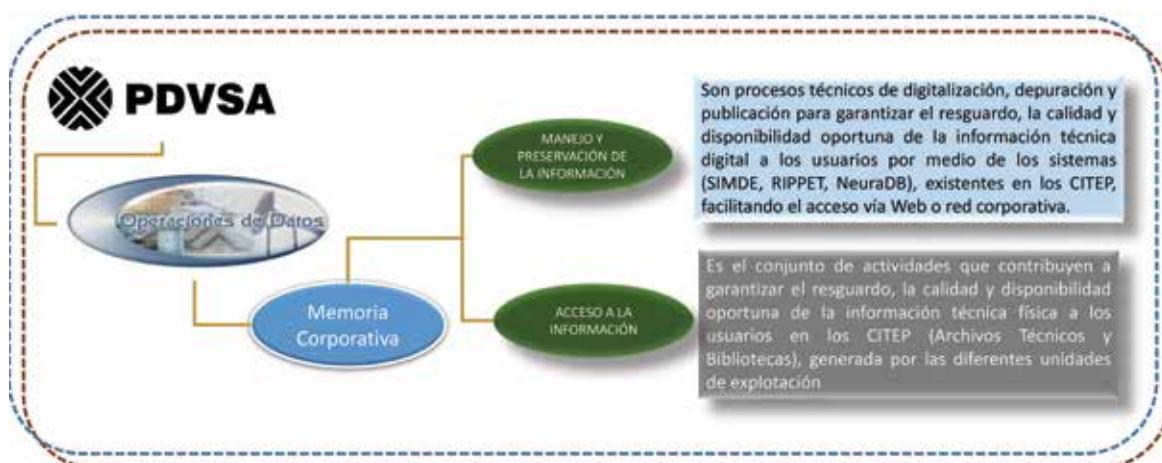


Figura 6. Procesos de PDVSA vinculados con las gestión documental y de contenidos
Nota. Adaptado de PDVSA (2022).

de analistas de gestión de datos que se orientan en el manejo de datos no estructurados.

DAMA International destaca que para disponer de una apropiada gestión de contenidos y documentos, es determinante disponer de los data stewards business o simplemente data stewards, se encarguen de administrar los datos y metadatos, y supervisar que se cumplan las políticas establecida para su tratamiento, confidencialidad, resguardo y disponibilidad. Sobre la base de lo anterior resulta apropiado inferir que dada la complejidad del manejo de datos no estructurados, se deba designar un equipo de trabajo especializado y formado en buenas prácticas de gestión de datos para que de este modo se disponga de una información la cual sea útil a los procesos de las empresas del sector de hidrocarburos.

4.2. Técnicas y herramientas relacionadas con la gestión documental y de contenidos

En la actualidad, con los avances de la disciplina de gestión de datos y disponibilidad de recursos para la gestión de información, el manejo de documentos o de datos no estructurados en general se ha visto simplificado. Actualmente se habla de software de gestión documental, muchos de los cuales vienen acompañados de otros servicios complementarios.

Empresas como DocuWare Corporation, han desarrollado aplicaciones y una red de servicios para el manejo de los datos. Alternativas como DocuWare buscan la automatización de flujos de trabajos relacionados con la gestión de documentos (DocuWare, 2022). Entre las funcionalidades favorables está la indexación de documentos, que facilita la identificación de información relevante en documentos para posteriormente convertirlos en datos estructurados de fácil manejo. Otras soluciones como Openkm ofrecen alternativas para todo el ciclo del dato no estructurado (documentos), es decir, desde la captura del documento, controlar el flujo del documento, extraer información relevante de este y controlar la vida del documento (Openkm, 2022).

La ventaja de estas y otras tecnologías, es que son de un valioso aporte a la inteligencia de negocios, pues no solo permiten la extracción de información importante para la empresa, sino promueven el trabajo colaborativo, de modo que se tiene también una contribución a la gestión del conocimiento en la organización. Sin embargo, en el negocio petrolero gran parte de la información necesita tenerse bajo estrictos protocolos de seguridad, aun más en países como

México, Venezuela, Ecuador, entre otros, donde la actividad petrolera es parte de la política de Estado y la información referente es manejada por operadoras estatales.

La seguridad de los datos es determinante para muchos proyectos que llevan empresas petroleras, de allí que el empleo de software convencionales para la gestión de información sea un tema sensible. Algunas compañías han optado por sistemas propios para manejar sus datos evitando tercerizar la actividad de gestión de datos, otras han hecho acuerdos comerciales con empresas especialistas para disponer aplicaciones de manejo documental adaptadas a la empresa solicitante y con base en rigurosos acuerdos de servicio y suministro de software.

Las aplicaciones de gestión documental deben permitir que las empresas aprovechen el conocimiento acumulado a través de la identificación rápida de información necesaria para sus operaciones. No obstante esto debe estar complementado por la disponibilidad de especialistas que refinen la búsqueda y faciliten aún más la inteligencia de negocios.

Empresas como PDVSA, han adoptado sistemas como SIMDE y RIPPET en apoyo a la inteligencia de negocios. SIMDE por su parte representa un ambiente computarizado que permite la creación, captura, organización, almacenamiento, manipulación y circulación controlada de documentos en formato electrónico. RIPPET es la Red de Información Petrolera y Petroquímica que permite integrar los servicios de información técnica y documentación del Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería, PDVSA y Pequiven a través de una plataforma corporativa.

Estas aplicaciones tienen como ventajas la reducción del tiempo de consulta, disponen de protocolos de seguridad y acceso a la información, tienen interconectividad con otras herramientas tecnológicas, facilitan la preservación y resguardo del material físico. Ahora bien, uno de los atributos de estos sistemas de manejo de información es la posibilidad de manejar distintos formatos, lo cual los hace más versátiles.

Respecto al aseguramiento de la calidad de los datos, existen normas tanto para los data stewards o analistas de datos, como para los usuarios. La información documental cargada en los sistemas SIMDE y RIPPET deben previamente pasar por una evaluación preliminar de especialistas quienes avalen la información que se encuentra contenida en el documento. Una vez validada la representatividad de la información, el archivo pasa por una serie de etapas de carga y aprobación. El editor dispone el sistema



Figura 7. Sistema SIMDE y RIPPET
Nota. Adaptado de PDVSA (2022).

de permisos necesarios para cargar el documento o archivo en digital, según la sección que corresponda. Luego, existe la figura del revisor quien asegura que se cumplan los atributos de calidad establecidos, sigue el aprobador quien además de verificar los atributos realiza en coordinación con otros departamentos operativos las pesquisas para garantizar que el contenido sea una fiel representación de lo que está plasmado en el documento en físico y su disposición final en el sistema esté relacionada con el metadato estructurado para la organización de la data en digital.

Finalmente, está la figura del coordinador, quien cumple un rol más amplio en la gestión de datos y en el gobierno de datos establecido. Este es garante de que se apliquen los protocolos no sólo de la gestión documental sino del acceso a estos archivos. También interactúa con otros procesos de gestión de datos y gerencias operativas para precisar esquemas de mejora de la inteligencia de negocios. Algunas prácticas de manejo de la información documental y extracción de información para el BI se soportan en la minería multimedia de datos. Oviedo, Oviedo, y Vélez (2017) definen que la minería de datos “se concibe como el proceso mediante el cual es posible descubrir información no trivial a partir de grandes volúmenes de datos, utilizando técnicas de inteligencia artificial y estadística” (p.127). Los investigadores indican además que:

La minería multimedia requiere la incorporación de distintos tipos de contenidos no estructurados para obtener información no trivial por

medio de técnicas de analítica. Para estos análisis se requiere de metodologías y plataformas que brinden soporte a este tipo de datos, los cuales no se encuentran estructurados en bases de datos que permitan aplicarse de forma directa a procesos de analítica. La aplicabilidad de la minería multimedia es tan amplia como las aplicaciones de la minería de datos estructurados. El análisis de imágenes, por ejemplo, puede facilitar las tareas de la medicina ofreciendo apoyo a la toma de decisiones a partir de imágenes diagnósticas. El análisis de texto permite, por ejemplo, identificar la favorabilidad de algún tema o situación en particular en redes sociales (Oviedo, Oviedo, & Velez, 2017, p. 127).

Ahora bien, aun con los sistemas más modernos y estrategias de minería multimedia, la gestión de documentos y contenidos debe partir del establecimiento de una taxonomía o de un metadato que ayude a organizar la información. Se puede tomar como ejemplo el índice homologado empleado por PDVSA en la organización de los documentos relacionados con los expedientes de pozos. Se puede apreciar en la Figura 8 y 9 que hay nueve categorías que conforman el metadato de agrupación de documentos tanto en la carpeta en físico como la cargada en el sistema SIMDE. La disponibilidad de un metadato ayuda a disponer de condiciones para garantizar algunos atributos de calidad como la disponibilidad de la data.

Gristo et al. (2020) exponen que entre las prácticas que han adoptado las empresas petroleras para manejar datos no estructurados está

	CONTENIDO	
1. ANÁLISIS Y PRUEBAS		
1. Análisis de Agua y Sedimentos 2. Análisis de Crudos 3. Análisis de Gas 4. Análisis de Núcleos	5. Análisis Geoquímico 6. Análisis Granulométrico 7. Análisis de Muestras de Canal 8. Análisis de Muestras de Pared	9. Análisis Petrofísico 10. Análisis PVT 11. Otros Análisis 12.- Pruebas de Completación
2. DIAGRAMAS Y PLANOS		
1. Planos de Localización 2. Diagramas de Correlación	3. Diagramas de Desviación 4. Diagramas de Perfiles	5. Diagramas Mecánicos 6. Diagramas de Completación
3. INFORMES GEOLÓGICOS	4. Minerológicos	
1. Justificación Geológica 2. Estratigráficos 3. Estructural	5. Paleobotánicos 6. Paleontológicos 7. Palinológicos	8. Sedimentológicos 9. Sumario Geológico 10. Otros informes Geológicos
4. INFORMES COMPLEMENTARIOS		
1. Estudios 2. Informes Técnicos	3. Informes Topográficos 4. Otros informes Complementarios	
5. INFORMES FINANCIEROS Y DE COSTOS		
1. Informes de costos 2. Informes de costos de abandono 3. Informes de costos de Cañoneo 4. Informes de costos de Estimulación	5. Informes de Costos de Infraestructura 6. Informes de Costos de Perforación 7. Informes de Costos de Reacondicionamiento 8. Informes de Costos de Reparación	9. Evaluaciones Económicas 10. Otros informes Financieros y de Costos
6. INFORMACIÓN DE PRESIONES		
1. Buildup 2. Drawn Down	3. Fall Off 4. Histórico de Reductores 5. Pruebas Estáticas	6. Presión y Temperatura 7. Presiones RTF

Figura 8. Índice homologado para la gestión de documentos relacionados a pozos (Sección A)
Nota. Adaptado de PDVSA (2022).

7. PROPUESTAS PROGRAMAS Y RECOMENDACIONES		
1. Abandono 2. Cañoneo 3. Cementación 4. Completación 5. Desviación 6. Evaluación	7. Recompletación 8. Estimulación 9. Perfilaje 10. Perforación 11. Producción 12. Reacondicionamiento	13. Rehabilitación 14. Reparación 15. Tomas e Núcleo 16. Tomas de Muestra de Pared 17. Prognosis 18. Otras Propuestas y Programas
8. REPORTES OPERACIONALES		
1. Informes de Producción 2. Informes Finales 3. Informes de Detalles de Tubería 4. Informes Empaques con Grava 5. Informes de Producción Logging Tod 6. Reportes Diarios de Geología 7. Reportes Mudlogging 8. Sumario de Operaciones	9. Reportes Cañoneo 10. Reportes de Bombas 11. Reportes de Cementación 12. Reportes de Guaya 13. Reporte Lodos 14. Reportes de Mechaz 15. Reportes Diarios de Perforación 16. Reportes de Perforación	17. Reportes Diarios RA/RC 18. Reportes de Operaciones 19. Historia del Pozo 20. Informe de Completación Original 21. Informe de Completación Oficial 22. Informe Post Morten 23. Otros Reportes Operaciones
9. CORRESPONDENCIA		
1. Internas 2. Externas	3. Oficiales	

Figura 9. Índice homologado para la gestión de documentos relacionados a pozos (Sección B)
Nota. Adaptado de PDVSA (2022).

la mediateca, que es un espacio el cual se destina para almacenar medios digitales, tales como discos de alta densidad o cintas magnéticas que contiene información de campos, así como datos procesados de sísmicas, registro o perfiles de pozos, entre otros. Todo esto bajo principios de seguridad de la información y accesibilidad

oportuna de la data. Tanto para la transformación digital como para la inteligencia de negocios se debe garantizar que la data disponga de los atributos de calidad como completitud, actualización, integridad, relevancia, coherencia, accesibilidad y oportunidad. (Gómez & Piattini, 2018)

5. CONCLUSIONES

La inteligencia de negocios es crucial para las empresas del sector de los hidrocarburos. No obstante esta debe soportarse en información veraz, representativa y con el mínimo nivel de incertidumbre. En este sentido, la cultura del dato y la disponibilidad de un gobierno de datos es parte de las acciones para tener bases sólidas hacia un adecuado esquema de manejo y aprovechamiento de la data. En especial, los datos no estructurados como imágenes satelitales, mapas, información del procesamiento sísmico, entre otras, las cuales están relacionadas con las actividades medulares de las empresas, necesitan de técnicas especiales y recursos apropiados para su procesamiento.

La gestión de documentos y contenidos, así como la gestión de los data warehousing, son parte de las funciones que debería tener un gobierno de datos en una empresa de Eyp. La interacción de sistemas los cuales manejan datos no estructurados con los usuarios debe ser tal que agilice la ubicación de la información de interés y disponga de una interfaz amigable con el usuario.

Incrementar la capacidad de aprovechar datos no estructurados, históricos o actuales, en la actualidad no es una tarea difícil gracias a la diversidad de recursos disponibles, solo faltaría de una apropiada cultura del dato y el establecimiento de procesos dedicados exclusivamente a la gestión de la información.

6. REFERENCIAS

- Abella, A., Urbina, M., & De Pablos, C. (2018). Indicadores de calidad de datos abiertos: el caso del portal de datos abiertos de Barcelona. El profesional de la información, 7(2), 375-382. doi:<https://doi.org/10.3145/epi.2018.mar.16>
- Armenta, A., & Castellanos, F. (2019). Análisis Moderno de la Declinación de la Producción de Hidrocarburos utilizando herramientas de inteligencia de negocios y administración de datos. Obtenido de <https://n9.cl/484b46>
- Celis, Y. (2019). Gestión documental electrónica de archivos en el sector petrolero. (Tesis de Grado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- DAMA International. (2015). The DAMA-Guide to the Data Management Body of Knowledge. DAMA International. Obtenido de <https://www.dama.org/cpages/dm-bok-2-wheel-images>
- DocuWare. (2022). Organización inteligente de documentos. Obtenido de <https://start.docuware.com/es/>
- Eito, R., & Calleja, C. (2020). La gestión documental en los modelos de gobernanza TIC: presencia y visibilidad de la normativa internacional en el modelo de referencia COBIT. Revista Española de Documentación Científica, 43(3), 1-14. doi:<https://doi.org/10.3989/redc.2020.3.1666>
- El Universo. (19 de marzo de 2020). Precio del petróleo ecuatoriano está por debajo del costo de producción. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/03/19/nota/7787340/petroleo-crudo-ecuador-precio-produccion-crisis-economica/>
- Gómez, A., & Piattini, M. (2018). Importancia de la calidad de los datos en la transformación digital. RUIDERAe: Revista de Unidades de Información(3), 1-25. Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/18798>
- Gristo, P., Rodríguez, P., Lemo, N., & De Santa Ana, H. (2020). Gestión de datos físicos y digitales de la exploración de hidrocarburos:el caso de ANCAP en Uruguay. Petrotecnia: Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2020(4), 16-21. Obtenido de <http://www.petrotecnia.com.ar/420/gestiondatos.pdf>
- Latam Satelital. (2022). Los satélites señalan los caminos del petróleo. Obtenido de <http://latamsatelital.com/los-satelites-señalan-los-caminos-del-petroleo/>
- Martelo, R., Madera, J., & Betín, A. (2015). Software para Gestión Documental, un Componente Modular del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI). Información tecnológica, 26(2), 129-134. doi:10.4067/S0718-07642015000200015
- Morán, C. (2021). Implementación de una herramienta de inteligencia de negocios que mejore la eficiencia de la toma de decisiones para un servicio de mesa de ayuda en una empresa comercializadora de petróleo y gas. (Tesis de Grado), Universidad Tecnológica del Perú.
- Openkm. (2022). Gestión Documental. Obtenido de <https://www.openkm.com/es/>
- Oviedo, E., Oviedo, A., & Velez, G. (2017). Minería multimedia: hacia la construcción de una metodología y una herramienta de analítica de datos no estructurados. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 16(31), 125-142. doi:10.22395/rium.v16n31a6
- PDVSA. (2022). Memoria corporativa y sistema de manejo de documentos electrónicos (SIMDE). Gerencia de Operaciones de Datos. Petróleos de Venezuela S.A.

(F)

- Pereyra, L. (2020). Metodología de la Investigación. Ciudad de México, México: Kalik Soluciones Educativas.
- Pérez, R. (2017). Descriptive modeling of santa lucía mineral deposit (zn-pb-ba), pinar del río (Cuba). Boletín de Geología, 39(2), 83-93. doi:10.18273/revbol.v39n2-2017006
- Petroecuador. (2021). Concurso de ofertas No. CO-EPP-019-21. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/01/Concurso-de-Ofertas-CO-EPP-019-21.pdf>
- UESS. (2022). La importancia de la inteligencia de negocios. Obtenido de <https://uees.edu.ec/la-importancia-de-la-inteligencia-de-negocios/>

Cumplimos
60 años
en Ecuador

www.linde.ec
1800 546334



Producindo la
energía que
mueve la industria
petrolera



P

Intervención anular para remediación de problemas de integridad en pozos maduros

Autor: Jesús Minakata, Gerente de línea en Expro para Annulus intervention y Coil Hose / Norte y Latinoamérica

Fecha de recepción:
19 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación:
20 de septiembre de 2022

Palabras claves:
Well Integrity, Annular intervention, Production, risk, Norsok D010, ISO 16530.

Jesús es Ingeniero Mecánico Electricista con más de 25 años de experiencia en el área petrolera, ha contribuido a lo largo de su vida profesional en el desarrollo de nuevas tecnologías, en el diseño y mejora de herramientas para intervención a pozos y además, ha sido creador de programas de formación y colaborador en programas de desarrollo empresarial alrededor del mundo.

RESUMEN

Ante la problemática creciente del aumento de casos en los que existe pérdida de integridad de pozos en producción, y con el incremento en la demanda de producción de hidrocarburos a nivel global, se ha hecho inminente la creación de nuevas técnicas y tecnologías que permitan la solución de dichos problemas sin la disruptión del ciclo productivo del pozo. Bajo esta perspectiva, se presenta una nueva técnica de mitigación de fugas y corrección de anomalías en los pozos mediante el uso de un sistema de intervención directa en el espacio anular que permite la introducción de un capilar flexible por la válvula lateral de acceso para realizar diferentes operaciones como circulación de fluidos, cambio de columnas hidrostáticas, colocación de tapones de resina o geles elastoméricos, identificación de puntos de comunicación entre anulares y evaluaciones localizadas de puntos de producción no deseada. Aquí analizamos un caso específico de pérdida de integridad y la solución aplicada mediante la utilización del sistema de Intervención Anular, la cual generó menores costos y tiempos operativos más cortos, en comparación con otras alternativas convencionales.

SUMMARY

Given the growing cases of loss of integrity in production wells, and with the increase in the demand for hydrocarbon production at a global level, the creation of new techniques and technologies that allow the solution of these problems without the disruption of the productive cycle of the well has become imminent. Under this perspective, a new technique of mitigation of leaks and correction of anomalies is presented through the use of a system to access the annulus through the lateral valve with a flexible hose. This system allows fluid circulation, hydrostatic column replacement, set of resin or elastomeric gel plugs, location of communication points between annuli, and pinpoint of not desired production zones. Here we analyze one

case of loss of integrity and the solution implemented through the use of the Annular Intervention System. An alternative technology with lower costs and shorter operating times than existing technologies.

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, los sistemas de gestión de integridad de pozos y el alcance de la normatividad reguladora han evolucionado desde un enfoque meramente correctivo hacia un enfoque preventivo y predictivo. La adición de nuevas tecnologías a la cartera de opciones de remediación ha permitido que éstas sean más variadas y que los procedimientos tradicionales que no eran efectivos o seguros, puedan ser sustituidos por procedimientos eficientes y con mayores probabilidades de éxito.

En este documento nos enfocamos en la solución de presiones sostenidas en el espacio anular mediante el restablecimiento de las barreras de pozo. Normalmente, las opciones disponibles en el mercado involucran procedimientos de lubricación y purga cuando la columna de gas y los límites de diseño lo permiten, se utilizan explosivos para abrir orificios a través del casing que permitan circular cemento, se usan equipos de WO o se emplean técnicas de corrección de anomalías mediante bombeo desde superficie, o colocación de parches. Sin embargo, hasta ahora no era posible intervenir directamente los espacios anulares desde su interior y mucho menos con la presencia de altas presiones sostenidas. El paquete de Intervención Anular del sistema Octopoda™ de la compañía Expro, permite la corrección de los problemas de integridad sin parar la producción del pozo, sin la necesidad de intervenciones que modifiquen las condiciones del yacimiento y mediante la utilización de equipos con una menor huella de carbono, menor área de emplazamiento y menor requerimiento de personal.

Existen condicionantes que limitan la utilización de los sistemas de Intervención Anular como las dimensiones internas del cabezal, las

(F)

dimensiones del contrapozo, y los elementos de diseño del pozo. No obstante, la gran mayoría de los pozos permiten su acceso con algunas modificaciones que suelen ser menores.

En este artículo se muestra una de las primeras operaciones de intervención anular realizadas en Colombia donde se evidencian los beneficios de la utilización del sistema Octopoda™ como una alternativa a las técnicas tradicionales de corrección de problemas de integridad.

METODOLOGÍA Y DATOS

EJEMPLO 1 – POZO INYECTOR “A”

Antecedentes

El pozo inyector “A” se inactivó desde noviembre de 2019 debido a la presencia de un leve burbujeo en el contrapozo. Posteriormente, en diciembre de 2020 se realizó una intervención de WO con el fin de retirar la sarta de inyección, evaluar la integridad del pozo y dejarlo en estado de “preservación” para una futura intervención de reactivación. La operación llevada a cabo incluyó el aislamiento de los intervalos abiertos para inyección mediante la instalación de un tapón EZ como elemento de barrera. Este tapón, y el revestimiento de 7” en donde fue instalado, fueron probados con presión para verificar su sello e integridad en forma efectiva. A pesar de

haber verificado la integridad del revestimiento de producción/inyección del pozo, a mediados del mes de marzo de 2021, y luego de una revisión manométrica realizada en el anular B (entre revestimiento 9 5/8” – 7”), se observó una presión que al ser drenada manifestó la presencia intermitente de fluido (gas y crudo), con incremento de presión desde 0 psi hasta 95 psi. Se descartó un aumento de presión por expansión térmica y se catalogó como una presión sostenida en el espacio anular.

Se realizó un análisis de riesgos para evaluar el nivel de criticidad de la falla de integridad y se obtuvo un nivel H, el cual define el potencial de generación de incumplimiento legal y/o pérdida de contención (Dentro de la matriz de identificación de riesgos - RAM corresponde a gravedad 4 y 3 con nivel H, siendo el resultado un Riesgo de Acción Urgente – RAU). Esta condición fue considerada anómala y de un alto potencial de riesgo en el caso de una liberación no controlada de hidrocarburos en superficie, debido al daño en la integridad del pozo y posible afectación a personas y medio ambiente.

DIAGNÓSTICO

Se tomaron registros de cementación, de integridad del revestimiento (MFC) y de ruido para evaluar la integridad del revestimiento

Equipo de Intervención Anular – Sistema Octopoda™

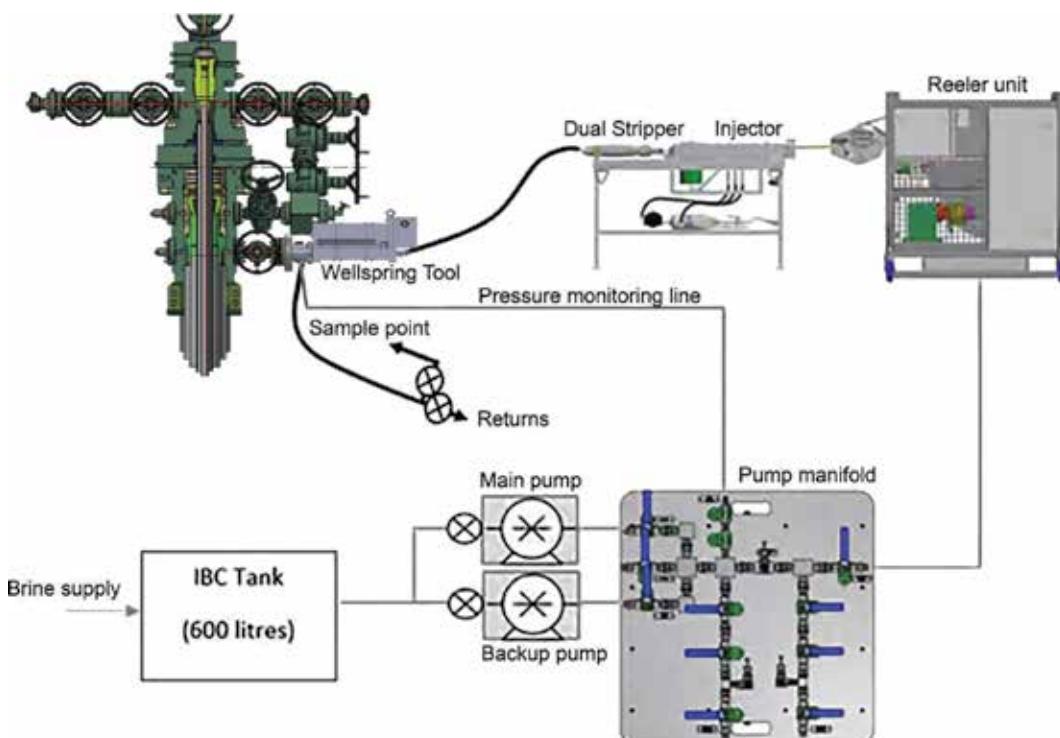


Fig. 1. Esquemático de conexión del equipo de Intervención Anular

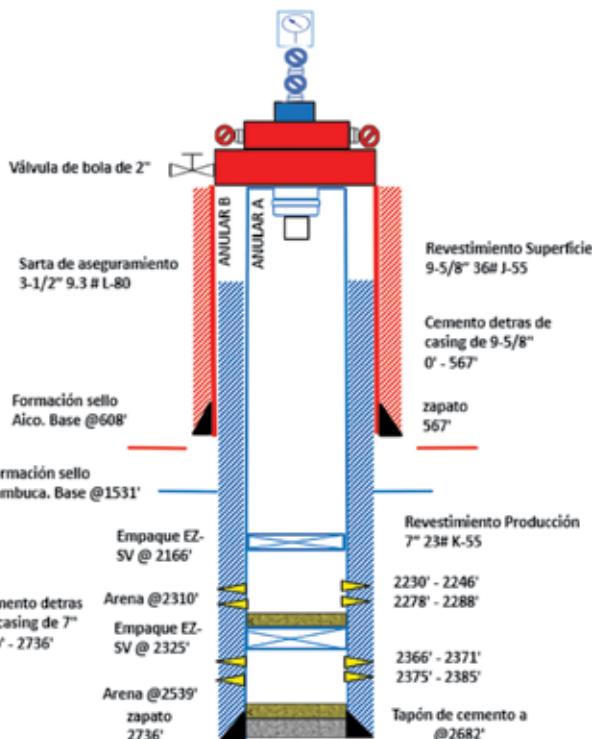


Fig. 2. Esquemático del pozo

CONSECUENCIAS					No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la industria o en la empresa	Ha ocurrido en la industria en los últimos 10 años	Sucede varias veces al año en la empresa.	Sucede varias veces al año en el Departamento	
PERSONAS	CATEGORIAS				G	R	A	V	D	F
	ECONÓMICA (USD\$)	AMBIENTAL	CLIENTES	REPUTACIÓN	B	C	D	E		
Uma o más lesiones temporales de trabajadores (Menor a 10 milles) o incapacidades permanentes (Total o Parcial) de trabajadores o Incapacidad temporal de personal de la comunidad.	Mayor a 10 Millones	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Internacional	S	H	H	H	H	HH
Uma o más lesiones temporales (Mayor a 10 milles) de trabajadores y hospitalización en servicios sanitarios de personal de la comunidad.	Mayor a 1 Millón y Menor a 10 Milles	Importante	Pérdida de mercados y/o reputación	Nacional y con rechazo de un grupo de interés	M	L	H	H	H	HH
Lesión Mayor (sin incapacidad) en trabajadores o primeros auxilios, sin hospitalización o personal de la comunidad.	Mayor a 10,000 y Menor o Igual a 1 Millón	Importante	Desacredito entre Clientes	Nacional y sin rechazo de un grupo de interés	M	H	I	H	H	HH
Lesión leve de trabajadores (Primeros Auxilios).	Menor a 10,000	Leve	Incumplimiento de especificaciones solucionado	Local y baja importancia	I	H	H	H	L	LL
Sin Lesión	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	O	H	H	H	H	HH

Fig. 3. Matriz RAM

de 7" y del cemento. Los registros mostraron buena calidad del cemento desde fondo hasta 1800 ft dentro del casing de 7" y una adherencia parcial de cemento desde 1800 ft hasta 320 ft. Para complementar el análisis, se tomó un registro de ruidos-temperatura con el objetivo de identificar la procedencia de los fluidos causantes de la presión sostenida. Se registró un perfil base de referencia con el pozo cerrado

y un perfil adquirido con el anular "B" fluyendo. Posteriormente, se utilizó una herramienta electromagnética de detección de espesores para corroborar la falla de integridad observada a 43,4 ft.

Alternativas para la solución

Después de la evaluación de antecedentes y registros eléctricos, se evaluaron tres opciones posibles:

(F)

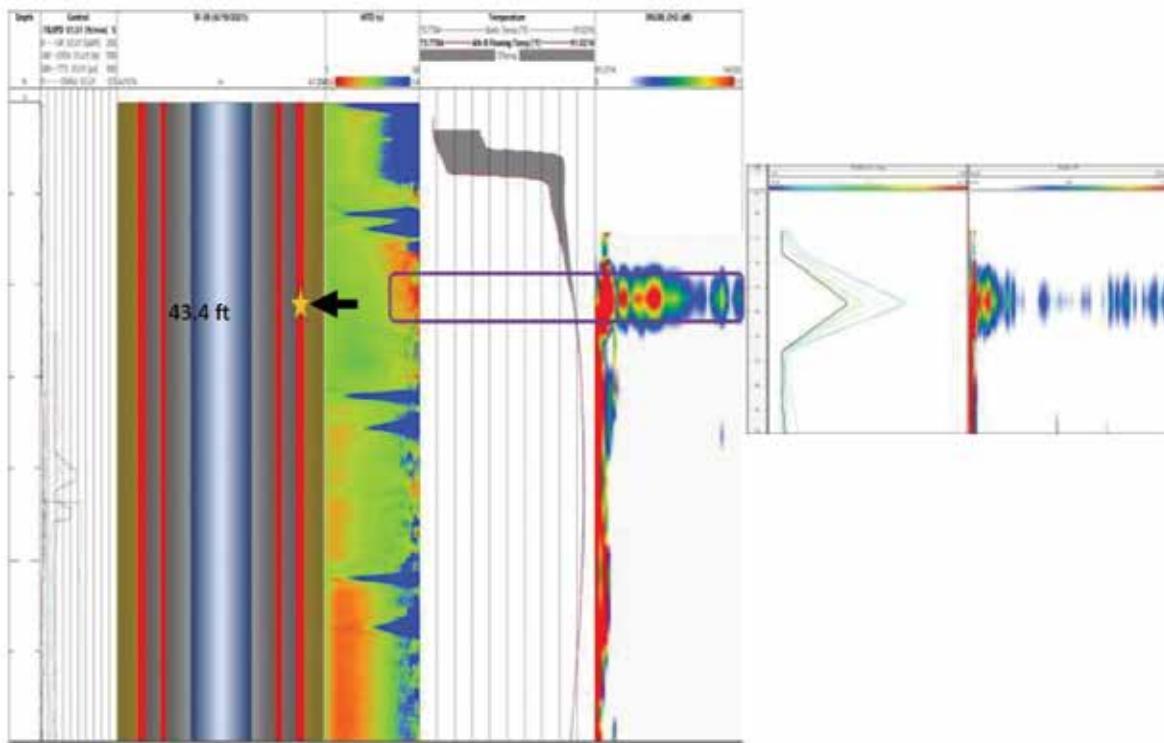


Fig. 4 Punto de entrada de fluidos al Anular B

1. Intervención mediante WO para cañonear a una profundidad por debajo de la intrusión de fluidos y circular cemento.
2. Bombeo de cemento por anular para forzarlo hacia el punto de ingreso de fluido, y
3. Utilización de la tecnología de Intervención Anular del sistema Octopoda (Marca Registrada de compañía de Expro), consistente en el ingreso a través del anular “B” de una manguera flexible con el fin de circular fluidos y colocar un tapón de resina para generar una barrera efectiva en los puntos de comunicación en el anular “B”.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las opciones evaluadas:

El grupo interdisciplinario consideró que la utilización de la tecnología Octopoda representaba la opción con menor riesgo y mayor probabilidad de éxito para la realización de la operación de remediación.

Criterios de diseño

Para el cálculo de volúmenes en espacio anular y el diseño de los tapones de resina, se consideró una cima de cemento en el espacio anular B a 320 ft, obtenida del registro sónico de cementación tomado en el pozo.

Objetivo de la operación:

Recuperar integridad de espacio anular corriendo migración de hidrocarburos a través del

cemento y corregir la anomalía identificada en la tubería de 9 ½" a 43.4 ft de profundidad.

Descripción de la operación de intervención anular.

Después de descartar una fuga en el colgador del casing, se optó por colocar dos tapones de resina; el primero sobre la cima de cemento con el fin de tener la migración de hidrocarburos en fondo, y posteriormente, un tapón balanceado de resina para tapar la ruptura detectada a 43,4 ft de profundidad.

Se logró bajar hasta 98 ft donde se detectó una obstrucción y se comenzó a bombear salmuera de 9.26 ppg para circular y desplazar la columna completa de agua/crudo en el espacio anular. Se bombean 5692 litros (35.8 bbl) de salmuera con el objetivo de obtener una densidad homogénea. Se verificó presión con pozo cerrado por 30 minutos obteniendo una presión máxima de 4 psi.

Posterior al monitoreo, se bombean 50 galones de resina de 10 ppg para colocar un tapón en fondo de 40 pies lineales. Se esperó curado de la resina por 24 horas y se probó el tapón. Despues de desplazar la columna de salmuera con agua fresca desde 62 ft hasta superficie, se bombean 50 galones de resina (8.7 ppg) para colocar un tapón balanceado de 40 pies lineales (62-22 ft). Se esperó curado del tapón por 48 horas y se probó el tapón con 350 psi. Luego, se realizó un cierre de la válvula anular y se monitoreó la

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las opciones evaluadas:

Técnica	Tiempo (días)	Ventajas	Desventajas
Workover y cementación forzada	10		Daño a integridad del casing por cañoneo. Posible barrera no efectiva por canalización de gas en el cemento Riesgo de daño de formación Tiempo de intervención
Bombeo de cemento por anular	4	Costo	No admisión del cemento Riesgo de colapso en el casing
Octopoda	6	Posibilidad de colocar tapones puntuales dentro del espacio anular No hay Producción / inyección diferida.	Nueva tecnología

Tabla 1. Comparación tecnologías de remediación

presión durante 7 horas, verificando la ausencia de incremento de presión (0 psi) y considerando una operación de remediación exitosa.

CONCLUSIONES

La posibilidad de realizar intervenciones directas dentro del espacio anular abre las opciones de remediación a un variado número de operaciones. La operación en el pozo "A" representó la primera vez que se colocaron dos tapones de resina en el mismo espacio anular en el mundo. Gracias a la planeación de gradientes de densidad y la manipulación de fluidos dentro del espacio anular, fue posible la colocación de un tapón de fondo y posteriormente un tapón balanceado en una sola corrida.

El bombeo de resinas y otros productos sellantes en el espacio anular con el uso del sistema Octopoda, permite la colocación de barreras posicionadas a profundidades específicas y evita la contaminación de los líquidos bombeados desde superficie

El uso de gradientes de densidad en la localización de restricciones y definición de ubicación de las columnas de fluidos ha sido una herramienta muy útil para el control y corrección

de problemas de integridad en los espacios anulares. Así mismo, permite la colocación en forma precisa de tapones en columnas donde no es posible monitorear los niveles con métodos tradicionales.

Con la comparación entre el sistema Octopoda y los métodos convencionales de remediación de daños de integridad se puede concluir que, para el caso presentado en este artículo la aplicación de Octopoda fue la opción más adecuada desde los puntos de vista económico, operativo y de seguridad. Se adaptó perfectamente a las necesidades y permitió la remediación de las fallas de integridad sin necesidad de adicionar riesgos por exposición a cambios de presión, sin afectar la producción por cierre o sin causar daño de formación por exposición a fluidos de control durante un trabajo de workover.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISO 16530-1:2017 Petroleum and natural gas industries - Well integrity - Part 1: Life cycle governance
- API RP 90-2 Annular Casing Pressure Management for Onshore Wells
- NORSK STANDARD D-010 Well integrity in drilling and well operations

Microesferas de Vidrio huecas 3M™ diseñadas para trabajar bajo presión – Uso y ventajas en aplicaciones de cementación

Autores: Clara Mata Ph.D y Christian Amthauer

RESUMEN

Durante operaciones de perforación y cementación de pozos en yacimientos débiles o agotados se requiere el uso de sistemas de baja densidad capaces de reducir la presión hidrostática de la columna de fluido. El objetivo es minimizar problemas asociados con la pérdida parcial o total de circulación. Las microesferas de 3M™ pueden ser utilizadas como agentes reductores de densidad para operaciones de perforación, cementación, terminación y/o rehabilitación de pozos. El artículo se enfoca sobre la Serie HGS del portafolio de microesferas de 3M™, sus propiedades físicas y criterios de selección. También se discutirán ejemplos de formulaciones simples y casos históricos.

SUMMARY

When drilling and cementing across highly depleted zones and weaker formations, low density systems are required to reduce the bottom-hole pressure (BHP) of the fluid column during the operation. The goal is to minimize problems associated with partial or total loss of circulation. 3M™ Glass Bubbles can be used as

density reducing agents for drilling, cementing, completion and/or workover operations. The article focuses on 3M™ Glass Bubbles HGS Series, their physical properties and selection criteria. Examples of simple formulations and historical cases will also be discussed.

INTRODUCCIÓN

Durante operaciones de perforación y cementación de pozos en yacimientos agotados, formaciones débiles y/o campos de baja presión, se requiere el uso de sistemas de baja densidad, capaces de reducir la presión hidrostática de la columna de fluido que permitan mantener condiciones de balance o cerca de balance, con el objetivo de minimizar la pérdida de circulación y prevenir daños a la perforación.

Para afrontar los obstáculos arriba mencionados, se utilizan agentes reductores de densidad. Entre las técnicas comúnmente utilizadas se encuentran extensión por agua, espumado y microesferas de distinta procedencia y naturaleza.

3M ofrece microesferas huecas de alta resistencia a la compresión y baja densidad.

Fecha de recepción:
25 de agosto de 2022

Fecha de aprobación:
08 de septiembre de 2022

Palabras clave

Microesferas de vidrio huecas, lechada, cementación, aligerante, ligero, compresión, densidad, resistencia.

Reseña corta del Autor:
Clara Mata es Ingeniera Mecánica de la Universidad Simón Bolívar de Caracas, Venezuela, tiene un Doctorado en Mecánica de Fluidos en la Universidad de Minnesota, se desempeña como Sr Application Engineer & Product Development Specialist en la división de Materiales Avanzados con base en St. Paul (USA) en 3M desde 2008. Con vasta experiencia en el sector de Oil and Gas liderando la especificación técnica de aligeramiento de fluidos a nivel mundial. Ha contribuido en distintos estudios en revistas especializadas de Oil and Gas.

Christian Amthauer es Ingeniero Civil Químico de la Universidad de Concepción, Chile. Se desempeña como Application Engineer en la división de Materiales Avanzados para 3M SoCo y Andina desde 2019 con base en Santiago de Chile. Lidera las especificaciones técnicas relacionadas a aligeramiento de fluidos en el segmento Oil and Gas en las regiones SoCo y Andina.

Tabla 1. Especificaciones técnicas de Referencias de serie HGS de 3M Glass Bubbles

Producto	Densidad Nominal (g/cc)	D ₅₀ (micron)	Resistencia a la presión isostática*	
			Sobrevivencia Mínima (vol%)	Presión de Prueba (psi)
HGS4K28	0.28	28	80%	4000
HGS4000	0.38	40	80%	4000
HGS6000	0.46	40	80%	6000
HGS10000	0.60	30	90%	6000
HGS7K32	0.32	22	80%	7000
HGS8000X	0.42	26	90%	8000
HGS19K46	0.46	20	80%	19,000

*Pruebas realizadas en nitrógeno para presiones de prueba de hasta 6,000 psi y en glicerina para presiones de prueba de 8,000 psi, o más.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3M™ Glass Bubbles son microesferas de vidrio huecas de baja densidad y alta resistencia a la compresión. Debido a que son de borosilicato de cal sodada, son químicamente estables e insolubles en agua, permaneciendo íntegras, siempre que se especifiquen tomando en consideración las condiciones del pozo. Por esto existen variadas referencias de microesferas de vidrio las cuales se clasifican en base a su densidad nominal, resistencia a la compresión (además de sobrevivencia mínima) y tamaño de partícula, como se puede observar en la Tabla 1.

De las variadas referencias que existen en el portafolio de 3M, la serie HGS está enfocada

en los desafíos que presentan los yacimientos a explotar hoy en día, que permitan llegar y mantener las densidades objetivo del fluido (como puede ser una lechada de cemento) a las condiciones a fondo de pozo, de manera uniforme y manteniendo un costo que compita con otras tecnologías aligerantes.

3M ofrece una gran variedad de opciones para asegurar que entre ellas se encuentre la correspondiente a las condiciones del pozo logrando estar cerca del equilibrio, disminuyendo las probabilidades de la pérdida de circulación (Ilustración 1) y permitiendo alcanzar el tope de cemento.

Las adiciones recientes a la Serie HGS (curva azul de Ilustración 2, también presentadas en



Ilustración 1. Esquema de Pérdida de circulación.

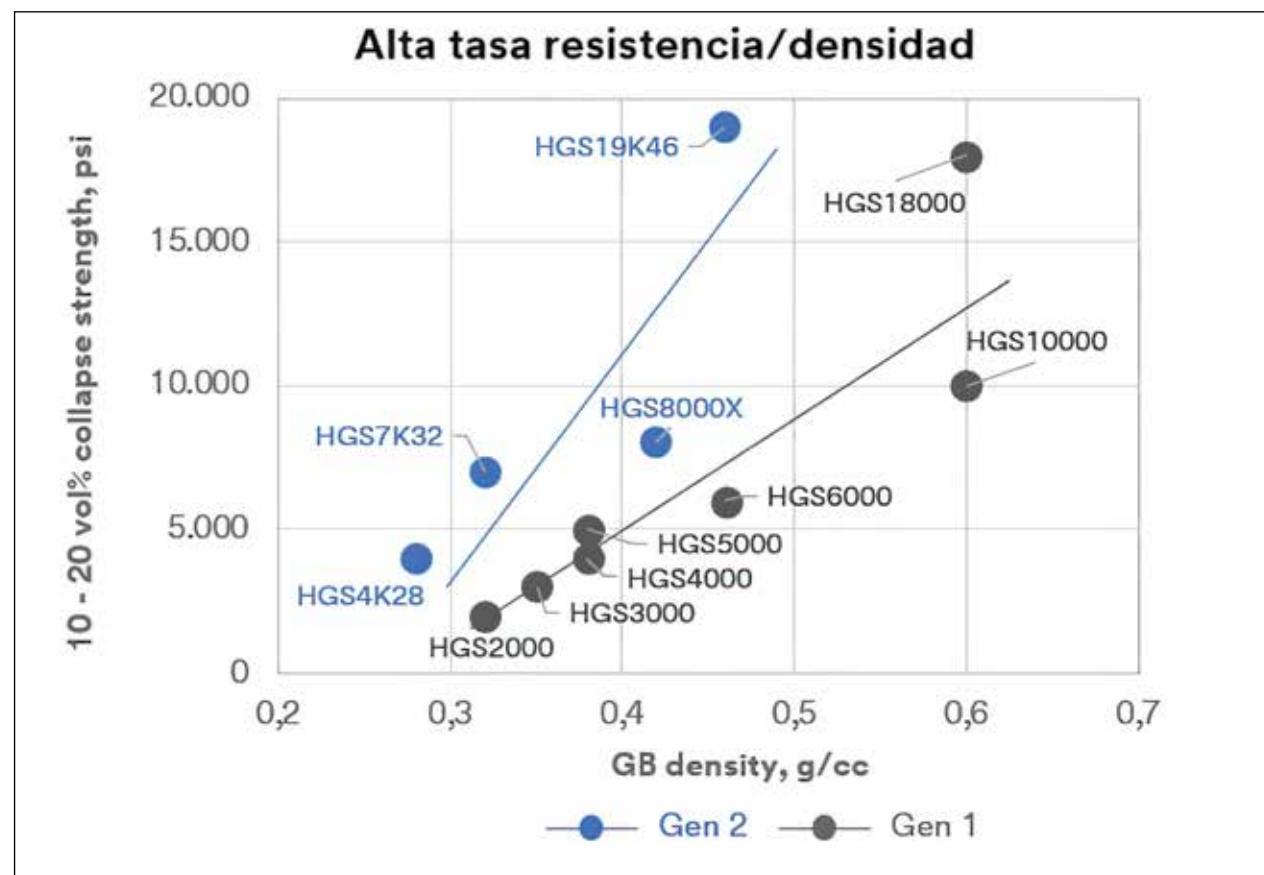


Ilustración 2 Resistencia a la compresión en función de la densidad de microesfera, para las referencias de serie HGS de generación 1 (Gen 1) y generación 2 (Gen 2).

filas azules en Tabla 1) han sido especialmente diseñadas para brindar mayor capacidad de reducción de densidad en condiciones de pozo similares, en contraste con otros aditivos aligerantes. Estos productos, conocidos como productos de segunda generación (Gen 2), tienen una mejor relación resistencia/densidad, lo cual permite obtener y mantener la densidad de fluido deseada con menor cantidad de aditivo.

PRUEBA DE RESISTENCIA AL COLAPSO

Para medir la resistencia al colapso de las referencias de la serie HGS se sigue el método de ensayo según ASTM D 3102-78 (ver Ilustración 3).

La caracterización se hace en términos de resistencia al colapso, al someter las microesferas a rampas de presión isostática.

A medida que se aplica presión, las microesferas rotas se transforman en partículas sólidas de borosilicato cal sodada, cuya densidad es mucho mayor que la de la microesfera hueca. Al disminuir la concentración de microesferas intactas al mismo tiempo que aumenta la concentración de partículas sólidas, se observa un aumento de densidad promedio de la muestra.

La nueva densidad promedio, es la densidad efectiva de las microesferas. Como resultado del ensayo, se obtienen curvas de supervivencia en función de la presión. Y al aplicar un simple balance de masa, también se pueden obtener curvas de densidad efectiva, como se puede observar en la Ilustración 4.

Con las curvas de densidad efectiva en función de cambios de presión se puede hacer una

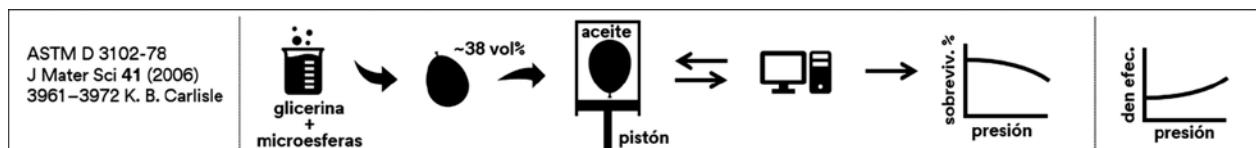


Ilustración 3. Esquema del método de ensayo según ASTM D3102-78

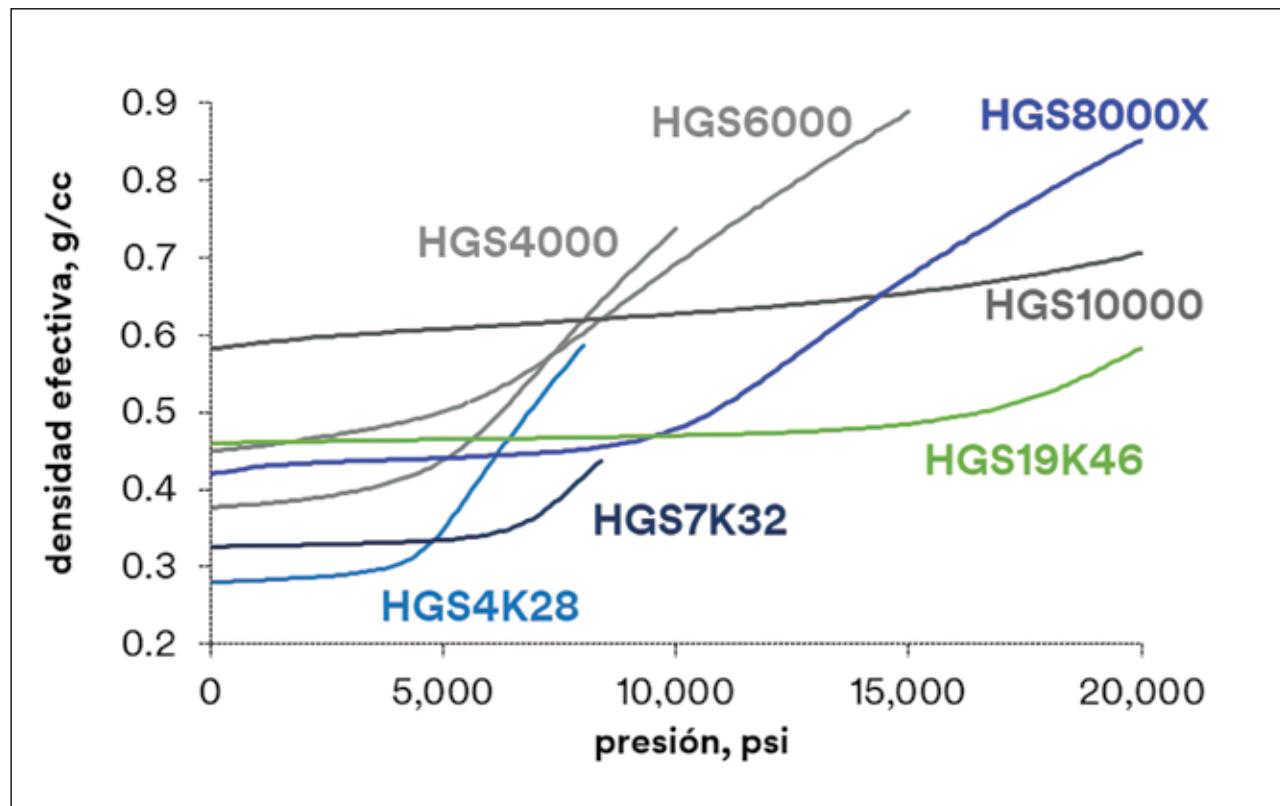


Ilustración 4. Cambio en densidad efectiva de microesferas de vidrio en función del aumento de presión al medirlo siguiendo metodología ASTM D3102-78.

selección preliminar de la referencia HGS, dada la presión de fondo de pozo esperada. Idealmente, se escoge el producto con la menor densidad efectiva posible a la presión de trabajo.

LECHADAS DE CEMENTO DE BAJA DENSIDAD

Las lechadas de cemento de baja densidad se pueden obtener mediante extensión por agua, espumado, o la adición de microesferas huecas. Entre las microesferas huecas, a su vez, se encuentran distintas opciones: microesferas huecas de vidrio de 3M™, otras microesferas de vidrio y cenoesferas (también conocidas como "esferulitas" o microesferas cerámicas). Estas últimas son un subproducto de la combustión de carbón en plantas termoeléctricas.

Las ventajas de las microesferas huecas de 3M™ en contraste con cementos espumados, son en principio que las lechadas aligeradas con microesferas huecas de 3M™ son homogéneas, incompresibles y estables; además, de no requerir el uso de equipos y personal especializado como en el caso de cementos espumados.

Cuando comparamos las lechadas aligeradas con microesferas huecas 3M™ versus otras microesferas, se puede mencionar que las

propiedades fisicoquímicas de las microesferas huecas 3M™ son consistentes lote a lote y en cualquier localidad; así también, su mayor capacidad de reducción de densidad y mejor desempeño.

Nelson y Guillot (2016) listan una serie de ventajas frente a otras tecnologías, incluyendo simplicidad, incompresibilidad, resistencia a la compresión óptima y control de migración de gas. Según los autores cementos alivianados con microesferas de vidrio muestran una resistencia a la compresión de cementos curados superior, en comparación a cementos espumados, cementos extendidos con agua y cementos alivianados con cenoesferas. Así mismo, hacen referencia al término EPS (Engineered Particle Size), que normalmente implica el uso de microesferas de vidrio huecas de 3M™.

CASOS DE ESTUDIO

Entre los casos de estudio recientemente publicados se encuentra el artículo SPE-194918 (2019), en el cual se comparan las propiedades mecánicas de cementos alivianados con microesferas HGS y otras tecnologías, como lo son extensión por agua, adición de elastómeros y compuestos cemento-resina.

En este estudio los autores indican: “Para lograr un aislamiento zonal de largo plazo es necesario tener una buena resistencia a la compresión” y “mayor resistencia a la tracción y mejor adhesión favorecen la integridad del revestimiento de cemento a largo plazo”.

En cuanto a resultados experimentales, los autores observaron que los cements alivianados con HGS, como los compuestos cemento-resina presentan un comportamiento superior en cuanto a desarrollo de resistencia (menor tiempo de espera), resistencia a la compresión del cemento curado, resistencia a la tracción y adhesión.

CONCLUSIONES

Aligerar una lechada de cementación, se puede realizar con distintas tecnologías, pero para yacimientos más desafiantes y que requieran una disminución de densidad sustancial sin poner en riesgo la integridad del pozo con cementos curados de óptima resistencia a la compresión, se ha

concluido que las microesferas de vidrio huecas de 3M presentan una excelente opción con beneficios potenciales tales como reducir costos, alcanzar la densidad objetivo con menor cantidad de material aligerante y obteniendo un pozo con mayor integridad, permitiendo además, mayor productividad. Se debe realizar la especificación de la referencia adecuada de microesfera de vidrio hueca, para asegurar la supervivencia de las microesferas a las condiciones y parámetros dictados por el yacimiento.

REFERENCIAS

- i K.B. Carlisle, “J Mater Sci” 41, pp.3961-3972, 2006
- ii E.B. Nelson, D. Guillot, “Well Cementing”, Second Edition, 2016
- iii Abhimanyu Deshpande; Paul Jones; Rahul Jadhav; Ganesh Pangu; Vaishali Mishra, “Comparative Study of the Mechanical Properties of Reduced Density Cements”, SPE-194918-MS, 2019

www.slb.com

EXPLORAMOS EL FUTURO

PARA ASEGURAR EL PRESENTE

Investigamos y desarrollamos nuevas tecnologías que nos permitan mantener nuestro propósito por un mundo con más y mejor energía para el beneficio de todos.

Schlumberger
ECUADOR

schlumberger_official Schlumberger

Schlumberger Technology

Migración del sistema computarizado de gestión de mantenimiento en Petrolia Ecuador S.A.

Autor: Paulina Margarita Ibujés Flores

Coautores: Gabriel Alejandro Carlosama Cepeda, Felipe Mateo Guerra Cifuentes, Fernando Vladimir Gutiérrez Terán, Jorge Luis Flores Guamán y Andrés Mauricio Montenegro Morillo.

Fecha de recepción:

12 de septiembre de 2022

Fecha de aprobación:

03 de octubre de 2022

Palabras clave:

Petrolia, Bloques 16 & 67, mantenimiento, gestión, ISO 14224, ISO 55000, software, CMMS, EAM, ERP.

Key words:

Petrolia, Blocks 16 & 67, maintenance, management, ISO 14224, ISO 55000, software, CMMS, EAM, ERP.

Paulina Ibujés Flores
Ingeniera en Gestión de Mantenimiento con 12 años de experiencia en corrosión interna, refinación, operaciones de producción, transporte de petróleo, compras, contratos, ingeniería de mantenimiento y valorización de desechos incombustibles de petróleo.

Ingeniera Química de la Escuela Politécnica Nacional (EC), Máster en Administración de Energías Renovables y sus Recursos por el Tecnológico de Monterrey (MEX); Máster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial por la Universidad de Las Américas (EC).

RESUMEN

La estructura del modelo de gestión de mantenimiento introducida en un sistema computarizado de los activos de una organización permite tomar decisiones acertadas y aterrizadas a la realidad, convirtiéndose en un factor competitivo empresarial.

Desde inicios del 2002, la gestión de mantenimiento se ha soportado en sistemas computarizados que han permitido contar con una base de datos y estrategias dirigidas a la gran cantidad de sistemas funcionales, familias y características particulares de los activos operados en los Bloques 16 & 67.

Como parte de la operación y el mantenimiento de estos activos se ha requerido, en dos oportunidades, de procesos de migración de los sistemas computarizados de gestión de mantenimiento, los cuales se han sometido a un ciclo de planificación, desarrollo e implementación, en diferentes etapas de la operación de los Bloques 16 & 67 y con distintos niveles de interacción con otros procesos.

Desde el primer trimestre de 2022, Petrolia Ecuador S.A. se encuentra realizando la migración de su sistema computarizado de gestión de mantenimiento -que es a la vez una herramienta de administración de activos de la empresa-, como parte de la migración de su software de planificación de recursos empresariales. Este proceso entró en su fase final y salió al aire, de forma que, la organización cuenta con sus herramientas de gestión totalmente sincronizadas y funcionando para integrar todos los procesos existentes y necesarios para la operación efectiva y segura de la organización.

ABSTRACT

The structure of the maintenance management model introduced in a computerized system of an organization's assets, allows making the right decisions grounded in reality, becoming a competitive business factor.

Since the beginning of 2002, maintenance

management has been supported by computerized systems that have allowed for a database and strategies aimed at the large number of functional systems, families and particular characteristics of the assets operated in Blocks 16 & 67.

As part of the operation and maintenance of these assets, migration processes of computerized maintenance management systems have been required on two occasions, which have undergone a cycle of planning, development, and implementation, in different stages of the operation of Blocks 16 & 67 and with different levels of interaction with other processes.

Since the first quarter of 2022, Petrolia Ecuador S.A. have been migrating its computerized maintenance management system, which is also an enterprise asset management, as part of the migration of its enterprise resource planning software. This process entered in its final phase and went on air, so that the organization has its management tools fully synchronized and working to integrate all the existing and necessary processes for the effective and safe operation of the organization.

INTRODUCCIÓN

La mejora continua por la que ha atravesado el modelo de gestión integral del mantenimiento en Petrolia Ecuador S.A., ha significado un proceso de alrededor de 20 años, bajo la implementación de dos Sistemas Computarizados de Gestión de Mantenimiento (CMMS por sus siglas en inglés), en diferentes etapas de la operación de los Bloques 16 & 67 y distintos niveles de interacción con otros procesos.

Debido a la complejidad del manejo de la gran cantidad de información de los activos y la generada para su mantenimiento, aproximadamente a partir del año 2000 y después de haber utilizado CMMS básicos, se implantó uno de mayor potencia, el cual, con algunas sincronizaciones programadas, lograba interactuar con otras herramientas de procesos vinculados, como el correspondiente a las Compras y Gestión de

(F)



Fotografía No. 1. Facilidad de Producción del Norte (NPF), Bloque 16

Materiales. En este CMMS, que ya tenía características de una herramienta de Gestión de Activos Empresarial (EAM por sus siglas en inglés), se incluyó la estrategia de mantenimiento que fue generada a través de análisis de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés), evaluaciones de Modos y

Efectos de Falla (FMEA por sus siglas en inglés), entre otros métodos. De esta manera, se logró por muchos años la planificación y ejecución del mantenimiento de los activos, cercanos a lo que estos requerían para asegurar la disponibilidad y confiabilidad esperadas.



Imagen No. 1. Proceso de optimización continua del mantenimiento

MIGRACIÓN DE HERRAMIENTAS

1. Primera migración de CMMS-EAM a otro equivalente

A fin de alcanzar un correcto desempeño del modelo de gestión integral de mantenimiento, alineado con los diversos objetivos estratégicos de la organización, se conformó -hace cerca de 10 años- una estructura para los activos, basada en la norma ISO 14224 “Recopilación e intercambio de datos de fiabilidad y mantenimiento de equipos/Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural”, que se soportó en los criterios, tanto del estándar ISO 55000 “Gestión de Activos”, como de la Sociedad de Profesionales en Mantenimiento y Confiabilidad (SMRP por sus siglas en inglés). Esta estructura se consolidó con la primera migración del CMMS, lo cual permitió gestionar el mantenimiento de los activos de los Bloques 16 & 67, ceñidos al requerimiento de estos, a partir de una estrategia y ejecución efectiva. Esto además, se vio mejorado continuamente por análisis de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO por sus siglas en inglés), así como por la implementación de sistemas de integridad, con las recomendaciones de las normas API 1160 “Gestión de Integridad para Ductos de Transporte de Líquidos Peligrosos”, para tuberías enterradas de transporte;

API 580/581 “Inspección Basada en Riesgo” para equipos estáticos y tuberías de proceso; y NOR-SOK Z008 “Análisis de criticidad para propósitos de mantenimiento” como un componente para el manejo de integridad de equipos eléctricos.

Los CMMS utilizados para la gestión de activos y mantenimiento de equipos de los Bloques 16 & 67, han sido a la vez herramientas de Gestión de Activos Empresariales (EAM por sus siglas en inglés). En particular, aquel que fue migrado en el año 2013 interactuaba con diferentes procesos a través de sus módulos financiero, control de costos, gestión de materiales, entre otros, a fin de que la gran cantidad de información recabada fuera trazable, confiable, adecuada, amplia y correctamente organizada durante la fase operativa de los activos, permitiendo así la optimización. De manera que la herramienta en su conjunto, incluyendo al CMMS-EAM para la gestión de mantenimiento, era ya considerada como un sistema informático de planificación de recursos empresariales (ERP por sus siglas en inglés).

Las herramientas informáticas CMMS-EAM para el mantenimiento de los activos del Bloque 16 & 67, abordan la gestión integral de mantenimiento y se han sometido a un ciclo de planificación, desarrollo e implantación, como se ha indicado. Concretamente, el en 2013 cuando se

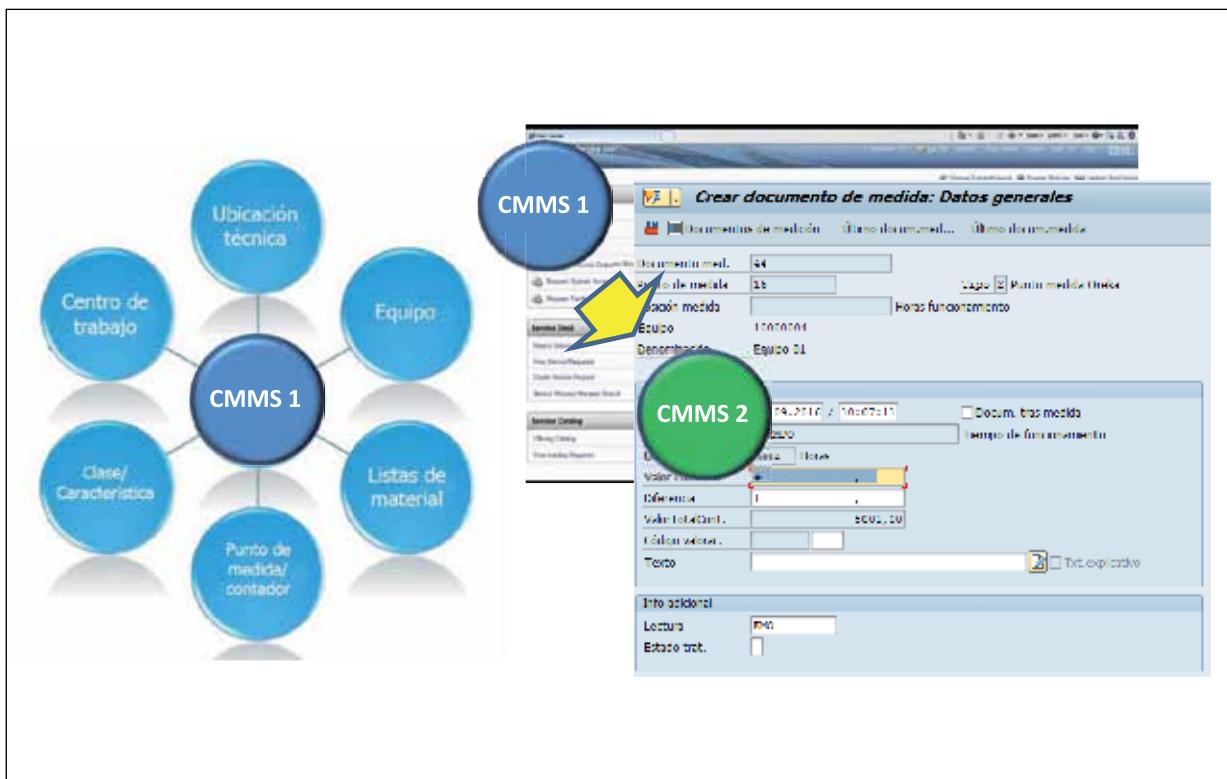


Imagen No. 2. Funcionalidades y características del CMMS-EAM producto de la primera migración

(F)

realizó el proceso de migración, la información de entrada fue:

- Definición de objetivos y criterios de evaluación.
- Reconocimiento de sistemas por función y servicio.
- Identificación de equipos industriales y sus funciones individuales.
- Determinación de la jerarquía de equipos, sistemas, tareas, planes de mantenimiento.
- Identificación de ubicaciones técnicas.
- Priorización de tareas de mantenimiento mediante la definición de criticidad.
- Revisión de estrategias de mantenimiento.
- Definición de roles y niveles de responsabilidades.

De esta manera, se logró un impacto positivo sobre la gestión de equipos dinámicos, reciprocanes, rotativos, estáticos, eléctricos, instrumentación & control, para:

- La correcta realización de planificación y programación semanal del mantenimiento.
- Monitoreo y control de las tareas de campo.
- Optimización de los planes de mantenimiento.
- Reducción de la cantidad de fallas de los equipos industriales.
- Optimización de recursos.
- Minimización de riesgos a las personas, medio ambiente y a la operación.
- Facilidad de manejo de información para el control de costos, contratos, repuestos, proveedores, técnicos, etc.
- Conexión entre la situación operativa de las plantas, operación de los equipos industriales y el manejo de información.
- Almacenamiento de tendencias de operación: horómetros, alarmas, parámetros, variables, etc.
- Planificación, gestión y control de tareas de mantenimiento dirigidas a la conservación de la integridad de los equipos.
- Análisis de fallas de equipos industriales.
- Elaboración de reportes de gestión de mantenimiento con información de otras áreas de la organización.

Estas herramientas computarizadas de gestión de mantenimiento, estructuradas en objetos técnicos desde su origen, han permitido beneficiarse de:

- Reducción de tiempo necesario para la gestión de objetos (ubicaciones técnicas, equipos, lista de materiales, conjuntos).
- Simplificación de la gestión de mantenimiento.
- Evaluación en forma independiente y

consolidada de la gestión de mantenimiento por cada área de la organización.

- Reducción del tiempo de ingreso de datos para su procesamiento.
- Valoración más específica, completa y rápida de los datos de mantenimiento.
- Evaluación de los datos en forma más específica, rápida, directa y ordenada.

2. Segunda migración de CMMS-EAM a otro equivalente de misma marca

Ante la coyuntura existente, en el año 2022, ha sido necesaria una segunda migración del CMMS-EAM. La actual identificación de los objetos técnicos (ubicaciones técnicas, equipos, lista de materiales, conjuntos), se ha venido efectuando en varias etapas:

- Configuración de la estructura basada en el sistema computarizado.
- Análisis de información histórica para evaluar el beneficio de actualización de los planes de mantenimiento preventivos, predictivos (estudio de tendencias de falla de equipos, criticidad, frecuencia de mantenimiento preventivo, rutinas estándar de mantenimiento, etc.).
- Compendio y depuración de la información histórica a fin de crear las matrices con datos maestros relacionadas con ubicaciones técnicas, equipos, planes de mantenimiento, hojas de ruta.
- Carga masiva de datos maestros en el sistema computarizado.
- Validación de la configuración del sistema computarizado solicitado a través de pruebas sincronizadas entre los diferentes módulos (mantenimiento, gestión de materiales, financiero, control de costos, recursos humanos).
- Programación de planes de mantenimiento conforme con la estrategia de los equipos.
- Tratamiento de las órdenes de trabajo preventivas y correctivas.

Dicho proceso de migración se ha desarrollado con el apoyo de varios grupos de trabajo, con roles y responsabilidades definidas como se indica a continuación:

- El primer grupo corresponde a expertos en la configuración de la estructura del sistema computarizado, quienes preparan los cimientos para captar toda la información reconocida y generada en la gestión de mantenimiento.
- El segundo grupo corresponde a analistas de información, quienes extraen la información de los diferentes softwares, bitácoras, documentación técnica, plataformas,

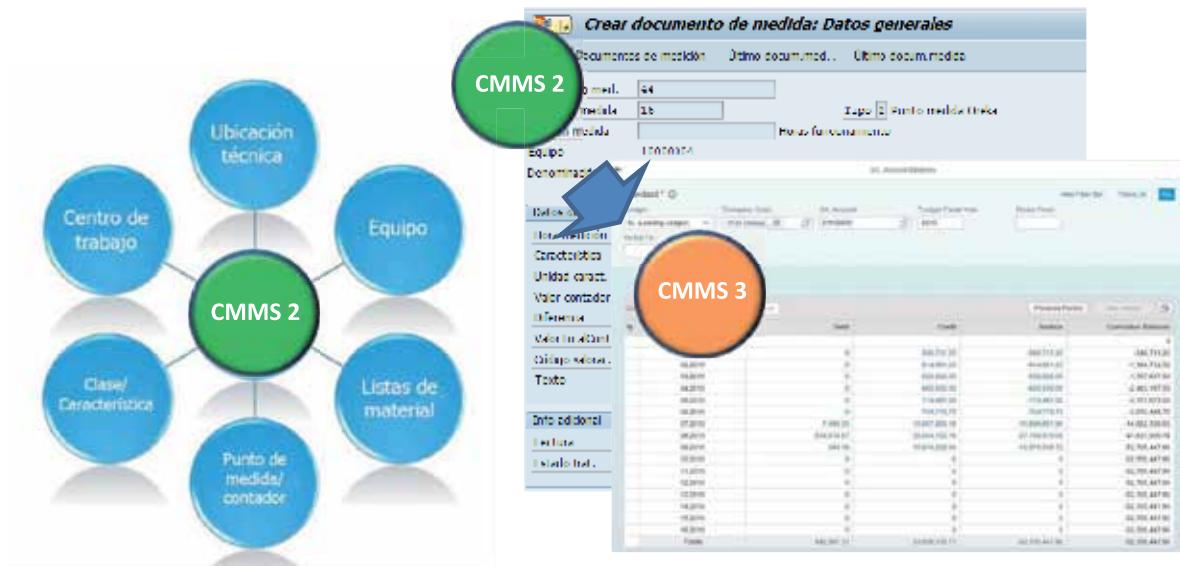


Imagen No. 3. Funcionalidades y características del CMMS-EAM producto de la segunda migración

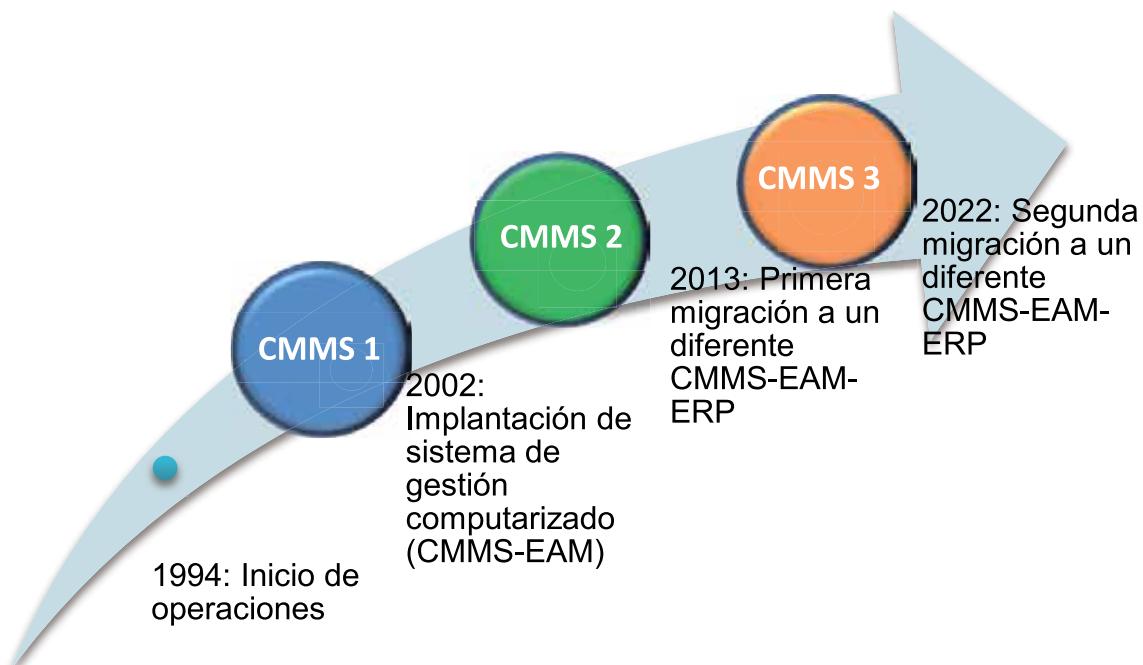


Imagen No. 4. Evolución de la gestión de mantenimiento y CMMS-EAM-ERP en los Bloques 16&67

(F)

equipos, y por supuesto, del CMMS-EAM que operó hasta el año 2021; examinan los datos recabados, los contrastan, notifican las desviaciones encontradas y cargan en el nuevo sistema computarizado las matrices de datos maestros validados, programan los planes de mantenimiento y gestionan las órdenes de trabajo preventivas.

- El tercer grupo corresponde a ingenieros de mantenimiento especialistas en equipo eléctrico, dinámicos, reciproantes, instrumentación & control, estáticos, tuberías, quienes analizan minuciosamente el estado de los planes de mantenimiento de los equipos y proponen en algunos casos su actualización.

Esta migración se ha convertido en un proceso cíclico de definición de parámetros específicos de los objetos técnicos, descarga de información de las plataformas de reposición de datos, revisión y contraste de la validez de la información, resolución de desviaciones, depuración de matrices de carga masiva, corroboración de criterios, carga en el sistema computarizado, gestión de avisos y órdenes de trabajo que son el elemento final del proceso.

La descarga de información de las plataformas de reposición de datos ha significado el reconocimiento meticoloso de la validez de la información generada durante toda la operación y gestión de mantenimiento. Dada la antigüedad de los registros de los equipos ingresados en el anterior CMMS-EAM, tales registros se han actualizado previo a la carga en el nuevo sistema. Este proceso ha permitido, a más de definir correctamente y a detalle la información de cada uno de estos activos, puntos de medida, hojas de ruta, planes de mantenimiento, depurar los registros de aquellos que han pasado a condiciones no operativas dentro del sistema.

La revisión y contraste de la validez de la información ha significado en el caso de:

- Ubicaciones técnicas: La distribución de los 5258 equipos y sub-equipos en las diferentes ubicaciones y sistemas funcionales.
- Equipos: La caracterización de los 5258 equipos en familias, reconocimiento de puntos de medida, designación de puestos de trabajo responsables, revisión de criticidades, aclaración de estado de los equipos, catalogación de modos, mecanismos y efectos de falla.
- Rutinas estándares de mantenimiento: La verificación de 534 hojas de ruta en

las tareas, frecuencias, responsables, estrategias, equipos.

- Planes de mantenimiento: La comprobación del enlace de la rutina estándar de mantenimiento con los equipos que guardan la misma funcionalidad, configuración del sistema y familia. Los planes de mantenimiento migrados ascienden a 4817 que han debido ser programados manualmente.

La gestión de avisos y órdenes de trabajo ha implicado la interacción de varios objetos. Revisión y carga de horómetros en el sistema computarizado, cotejo de las órdenes de trabajo anteriormente generadas, definición de últimos mantenimientos realizados, programación de los planes de mantenimiento, lanzamiento de las órdenes de trabajo requeridas para el mes, carga de información generada en la transición (fase de migración) y cierre de las órdenes de trabajo en correspondencia con la ejecución de los trabajos en campo.

El proceso de migración superó una etapa rigurosa de pruebas para verificar la configuración con los demás módulos vinculados del ERP (financiero, control de costos, gestión de materiales, entre otros) y la interacción con todos los actores, cuyos roles y responsabilidades se encuentran configuradas.

Esto permitió que, la organización cuente con sus herramientas de gestión totalmente sincronizadas y funcionando, para integrar todos los procesos existentes y necesarios para la operación efectiva y segura de la organización.

CONCLUSIONES

La Industria Hidrocarburífera, caracterizada por el manejo de grandes cantidades de información, requiere generar valor y seguridad en la operación gestionando cambios de manera efectiva. Con el objetivo de orientar esfuerzos y recursos, varias industrias optan por utilizar CMMS, en ocasiones, como herramienta integral para la Gestión del Activo (EAM), lo cual requiere iniciar desde un adecuado análisis de datos, priorizando la administración, clasificación y relación de información o parámetros, para su interpretación y socialización de forma dinámica, segura y eficaz.

El proceso de migración en Petrolia Ecuador S.A., ha permitido reevaluar el modelo de gestión integral del mantenimiento, logrando a través de la etapa de carga masiva de información, la identificación de 3200 ubicaciones técnicas, 5258 equipos y sub-equipos, 130 puntos de medida (horómetros), 534 hojas de ruta, y la programación de 4817

planes de mantenimiento por actividad y con frecuencia fija.

Se espera que el impacto en la mejora continua del modelo de gestión integral del man-

tenimiento permita conseguir que mejore la disponibilidad y confiabilidad de los activos y esto a su vez se refleje en beneficios para la producción y ahorros para la organización.



Un aliado industrial nacional

El centro industrial de Tenaris en Machachi está preparado para la reactivación del sector energético del país, generando empleos a través de la producción nacional de tubulares y servicio directo al pozo que hacen sustentables las operaciones en campo.

  www.tenaris.com/es

Postes de Acero GIC: por un futuro estable y sostenible

SUPC Latinoamérica/ Steel Market and Development Institute/ International Zinc Association

Autor: Emmanuel A. Ramírez G.(IZA Latinoamérica)



Imagen: Get Current Brochure, Steel Market and Development Institute

¿POR QUÉ DEBEMOS DE CONSIDERAR EL CAMBIO?

El acero GIC se está convirtiendo en un material estándar para postes de distribución y subtransmisión por los beneficios significativos en el ciclo de vida, instalación y mantenimiento.

ABREVIATURAS

GIC: Galvanizado por Inmersión en Caliente.

PRFV: Postes Reforzados con Fibra de Vidrio.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día en Latinoamérica es muy normal observar postes que sostienen cables de teléfono, internet y energía eléctrica. Éstos deben resistir el peso y movimiento del cableado (y todos los elementos del sistema) cuando los trabajadores o embates de la naturaleza lo exijan. Actualmente, existen varios materiales de los cuales se elaboran estos postes, entre ellos encontramos:

- Madera
- Concreto
- Metal (Hierro y acero)
- PRFV (Fibra de vidrio)

En el mercado latinoamericano predominan el concreto reforzado y la madera.

Los postes de madera se han venido usando durante al menos 150 años para transportar energía y servicios de telefonía. [1] En las últimas décadas otros materiales como el hormigón y el acero han ido ganando terreno frente a la madera.

POSTES DE MADERA

Son ampliamente usados en el sector eléctrico por su bajo costo de suministro y su tiempo de vida luego de ser tratados. [1]

Con el fin de prolongar su tiempo de vida, los postes de madera son tratados químicamente con: [2]

- **PENTACLOROFENOL:** se emplea desde los años 30's.



GHS06



GHS08



GHS09

Imagen 1: Pictogramas de Peligro "pentaclorofenol" (izq.-der.): Tóxico Agudo Categoría 1, 2, 3 (TO), Cancерígeno Mutágeno (MU), Dañino para el Medio Acuático. [3]

• ARSENIATO DE COBRE CROMATADO

(CCA): se usa además en los postes de distribución en la agricultura.



GHS07



GHS08

Imagen 2: Pictogramas de Peligro "CCA" (izq.-der.): Cancerígeno Mutágeno (MU), Toxicidad Aguda Categoría 4 (DA), Peligro al Inhalar (DI). [4]

- **NAFTENATO DE COBRE (CuN):** se usa para tratar postes de madera e incrementar su vida útil bajo condiciones severas.

Emmanuel A. Ramírez G.
Servicios Técnicos de la Asociación Mexicana de Galvanizadores y consultor para la IZA Latinoamérica. Químico Industrial especializado en medio ambiente por la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M), y maestro en ciencias de la energía y tecnología por la Universidad de Ulm, Alemania. Tesis experimentales enfocadas a metales y al desarrollo de nuevos materiales. Experiencia en investigación y desarrollo sostenible. "Mi compromiso contra la corrosión es tan fuerte como el anclaje del GIC a un acero Sebisty: imperturbable". Convencido de que el Zinc contribuye a dejar un mejor mundo a las generaciones futuras.



GHS02

Imagen 3: Pictogramas de Peligro “CuN”: Substancias Inflamables (IN). [5]

- **4,5- dicloro-2-N-Octil-2H-isotiazol-3-ona (DCOI):** estandarizado en 1989 por la Asociación Americana de Protección de la Madera (AWPA) como preservante de la madera. [2]



Imagen 4: Pictogramas de Peligro “DCOI” (izq.-der.): Toxicidad Aguda Categoría 4, Peligro al Inhalar (DA), Cancerígeno Mutágeno (MU), Daño para el Medio Acuático (EN). [6]

- **CREOSOTA:** usada por más de 100 años como agente conservador de la madera. [2]



Imagen 5: Pictogramas de Peligro Creosota de Petróleo de Resión de Madera Tratada (izq.-der.): Toxicidad Aguda Categoría 4, Peligro al Inhalar (DA), Cancerígeno Mutágeno (MU). [7]

- **ARSENIATO AMONIACAL DE COBRE Y ZINC (ACZA, Chemonite®):** desarrollado por la Universidad de California en los años 20's para impregnar maderas difíciles de tratar como el Abeto de Douglas . [2]



Imagen 6: Pictogramas de Peligro “Chemonite®”, Madera Tratada (izq.-der.): Toxicidad Aguda Categoría 4, Peligro al Inhalar (DA), Cancerígeno Mutágeno (MU). [8]



Imagen 7: Poste de madera en Jilotzingo, Estado de México, septiembre 2021. Fuente: Biblioteca IZA Latinoamérica.



Imagen 8: Poste de madera en Jilotzingo, Estado de México, septiembre 2021. Fuente: Biblioteca IZA Latinoamérica.

(F)



Imagen 9: Los cables al nivel del piso representan un riesgo para los transeúntes además de interrupciones en el servicio y que obviamente conllevan pérdidas económicas Jilotzingo, Estado de México, septiembre 2021. Fuente: Biblioteca IZA Latinoamérica.

Se emplean principalmente en redes de distribución primaria. Estas son las que llevan la energía eléctrica suministrada por una central eléctrica o un sistema de transmisión a una red de distribución secundaria. Se pueden utilizar también en redes de distribución secundaria (distribución a consumidores).

El uso de substancias químicas para la preservación de la madera implica un riesgo a la salud y al medio ambiente, además de promover la tala. La disposición final de estos postes es un foco rojo para el medio ambiente.

POSTES DE CONCRETO REFORZADO

Son uno de los materiales más usados en el sector eléctrico por su bajo costo de suministro y “resistencia”. [1]

La vida útil de las estructuras de concreto armado no solo depende de la calidad del concreto sino del diseño, detallado, construcción y naturalmente el mantenimiento que se le proporcione. [9]

Existe una preocupación latente debido a la “falta de durabilidad” en los postes de concreto que contienen acero (concreto reforzado) ya que este se fragiliza debido a la corrosión, en el mejor de los casos, se substituye constantemente, elevando los costos. [10]



Imagen 10: Poste de concreto reforzado: Naucalpan, Estado de México. Fuente: Biblioteca AMEGAC.



Imagen 11: Poste de concreto reforzado: Naucalpan, Estado de México. Fuente: Biblioteca AMEGAC.



Imagen 12: Poste de concreto reforzado: Monterrey, Nuevo León. Fuente: Biblioteca AMEGAC.

TIPOS DE DETERIORO DEL CONCRETO

La durabilidad de un concreto se determina por: la resistencia a la acción del clima, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro tipo de deterioro. [11,12]

El deterioro del concreto reforzado se debe primordialmente a causas mecánicas, naturaleza del concreto y agentes externos del medio. [11]

Causas mecánicas de la falla

El diseño de las estructuras de concreto es con el fin de tener un mecanismo de falla dúctil. Sin embargo, las sobrecargas, impactos, explosiones, SISMOS; entre otros, ocasionan fallas como grietas, deformaciones, vibraciones y colapsos. [11]

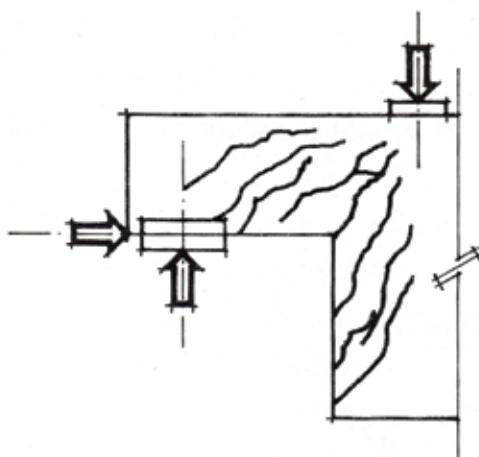


Fig.1. Ejemplo: patrón típico de agrietamiento en apoyo. [11]

Naturaleza del concreto.

Las grietas que se presentan en el concreto se deben a diversas condiciones: [11]

Reacciones debidas a los materiales del concreto.

Por lo general los agregados son considerados materiales inertes, sin embargo, algunos pueden reaccionar con el cemento y provocar expansión, agrietamiento y desprendimiento.

Al añadir cemento con altas cantidades de alúmina para resistir la corrosión, se pierde entre 20% y 50% de la resistencia mecánica. [11, 13, 14]

La reacción álcali-sílice de los agregados que se encuentran en la pasta que absorbe cantidades de agua considerable. Esto aumenta el volumen y genera grietas. [15, 16]

Estado fresco del concreto

Los principales problemas del concreto tienen su origen en el cimbrado, colado y acabado durante el estado plástico. [17]

Por ejemplo; cuando el concreto es colado sobre una barra con recubrimiento escaso, pueden aparecer grietas cerca de la superficie debido a que el concreto se desplaza por los lados y el agua del sangrado se acumula debajo del esfuerzo formando una cavidad en forma de lente. Es común que debajo de la barra se encuentre herrumbre y óxidos de hierro, comenzando a afectar la estructura. [16, 18, 19]

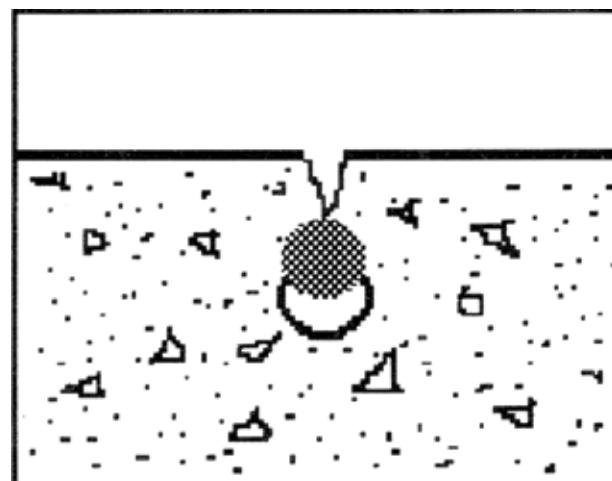


Fig.2. Agrietamiento debido a obstrucción por presencia de refuerzo. [11]

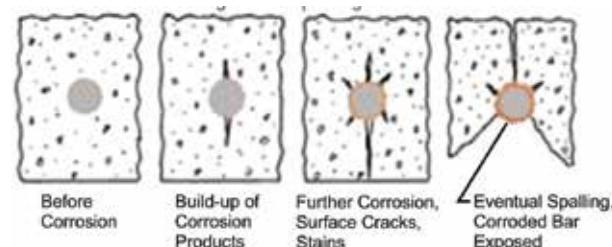


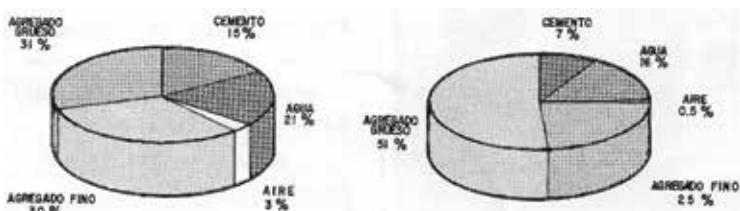
Fig.3. Fractura del concreto debido a la corrosión de la varilla. [20]

COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es una mezcla de agregados pétreos unidos con una pasta de cemento y agua. Existen finos; que son arenas naturales o productos de trituración de menos de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro y los gruesos; los de más de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro. [11] La pasta contiene cemento, agua, aire y constituye entre el 25% y 40% del volumen total del concreto. [21]

La vida útil de las estructuras de concreto armado dependen no solo de la calidad del concreto sino del diseño, detallado, construcción y naturalmente el mantenimiento que se le proporcione. [9]

(F)



VARILLA DE REFUERZO

La carbonatación del concreto debido a la penetración de CO₂, reduce la alcalinidad del concreto y por ende su capacidad para proteger al acero. Se sabe que para retardar este fenómeno la relación agua/cemento y el recubrimiento de concreto son parámetros clave. [9]

POSTES DE ACERO

Los postes de acero ofrecen una alta confiabilidad, bajos costos de instalación y la necesidad de mantenimiento es muy baja durante el tiempo de vida útil. Los postes de acero son en la actualidad la primera elección, están siendo usados hoy en día por más de 600 empresas a lo largo y ancho de Estados Unidos; en cooperativas rurales, organizaciones de inversionistas privados y organizaciones municipales.

Debido a que son producto de la ingeniería en un medio donde se supervisa y controla su producción, cada poste es consistente con las especificaciones de calidad y resistencia, ofreciendo una variabilidad en su desempeño más baja que la de los postes de madera. Las dimensiones de los postes de acero son consistentes en todas las piezas lo cual facilita su selección. En este sentido, el poste de acero difiere mucho de un poste de madera.

Los postes de acero tienen diferencias sustanciales con su contraparte: los postes de madera. Los postes de acero son huecos, haciéndolos más livianos que los de madera. El poste Clase 3: aprox. 14m (45ft), pesa aprox. 272 kg (600 lb), lo cual lo hace 50-55% más ligero que un poste de madera. La ligereza del poste de acero lo hace menos caro a la hora de transportarlo y más fácil de manipular en el sitio de trabajo. Los postes de acero pueden ser fabricados bajo diferentes especificaciones de tamaño y resistencias.

Una sección de un solo eje puede ir desde los 7m hasta los 17m de largo (25-55ft). Estas secciones pueden ser conectadas bajo varias situaciones ya en campo. Esto permite simplificar su almacenamiento y hacer de su transporte una

operación rentable.

Los postes de acero reducen el riesgo de falla catastrófica por falla del sistema o el "efecto cascada" por el colapso de un solo poste. Los postes de acero son ampliamente usados en lugares muy apartados donde el acceso se vuelve difícil; áreas de climas extremos como fuertes vientos, tormentas de nieve e incendios, o bien, en lugares donde los pájaros carpinteros abundan. Cabe destacar que los postes de acero son seguros en caso de que un vehículo se impacte contra ellos. Mientras los postes de madera tienden a astillarse y los postes de acero a curvarse en la zona del impacto, manteniendo las líneas energizadas lejos del vehículo y de las personas a nivel del piso.

Debido a que están hechos de un material que no se deteriora y no se ve afectado al cambiar el clima, como los postes de madera los cuales se expanden y se contraen al variar la temperatura y la humedad, los postes de acero cuentan con una resistencia consistente a lo largo de su vida útil. Además, por su durabilidad, los trabajadores tienen menos preocupaciones debido a insectos o pájaros carpinteros.

Los postes de acero vienen perforados desde su elaboración, asegurando a la flota de instalación ahorro de tiempo al llevar a cabo sus labores.

Con los postes de acero la necesidad de instalar el alambre de cobre, típicamente usado para los postes de madera, es eliminada. Los elementos en el aterrizaje de la línea se encuentran a lo largo del cuerpo del poste. Esto reduce el hurto de material, tiempo de instalación y el mantenimiento durante su vida útil .

Los postes de acero no representan una preocupación cuando las aves se encuentran merodeando. Esto no sucede con los postes de madera ya que se deben tomar ciertas medidas para proteger al poste. Los lineamientos generales y buenas prácticas para proteger y despejar espacios existen y son proporcionados por el Comité de Interacción Aviar con las líneas Eléctricas (Avian Power Line Interaction Committee).

Los postes de acero no son tóxicos. Incluyen entre 75-100% de acero reciclado cuando el poste es manufacturado. No requieren tratamientos de preservación como los postes de madera. No representan problemas a la hora de su disposición y ofrecen una solución a largo plazo para la normativa de emplear materiales reciclados y reciclables. Los postes de acero pueden ser empleados de muchas maneras durante su vida útil. Al final de sus largas vidas son reciclables. [22]

¿POR QUÉ LATINOAMÉRICA NECESITA CUIDAR SU INFRAESTRUCTURA?

Pero, ¿cuál es el poste más adecuado para su aplicación y resistencia contra descargas eléctricas? En todo el territorio latinoamericano el uso de postes de distribución y subtransmisión de madera tratada y concreto es un hábito que ha imperado en estos tiempos.

Debido a la situación geográfica de Latinoamérica, la susceptibilidad que tiene el territorio a sismos, vulnerabilidad ante huracanes y la extensión de los litorales (océano Atlántico y Pacífico) se vuelve una obligación proteger al acero de la corrosión para que mantenga sus propiedades por mucho más tiempo sin la necesidad de mantenimientos constantes a corto plazo.

ATAQUE DE SUBSTANCIAS AGRESIVAS

Existen ciertas substancias que si sobrepasan ciertos límites, atacarán al concreto y por ende al acero que se encuentra en la estructura. Estos pueden provenir de las mismas reacciones dentro del concreto (p.ej. proceso de hidratación del concreto: en combinación con otras substancias puede generar fisuras) o bien de agentes externos.

Un ejemplo de estas substancias son los sulfatos; presentes de manera natural en el suelo, mantos acuíferos subterráneos y ambientes marinos. [11]

Para mantener la integridad del acero dentro del concreto se deberá prevenir la presencia de agrietamientos (ya que humedad y oxígeno penetran con facilidad). Esto se puede solucionar eligiendo un concreto de buena calidad.

Ni la madera ni el concreto reforzado (sin varilla galvanizada) garantizan conservar la integridad por más de 15 años en territorios con alta corrosividad C5, Cx (ISO 9223).

GIC: la protección del acero por mucho más tiempo

La protección anticorrosiva debe ser siempre considerada para cualquier material que decaiga ante los embates de la naturaleza o simplemente las condiciones climáticas que predominan en la zona donde se encuentra la pieza.

Esta protección representa un incremento en el precio inicial (no en el del ciclo de vida). Es importante consultar y saber el tipo de ambiente al que estará expuesto el poste para poder elegir la mejor protección anticorrosiva posible. Es fundamental considerar una protección duradera, efectiva, resistente y que no afecte de manera negativa ni a la salud, ni al medio ambiente (por mencionar algunas).

La técnica más efectiva para proteger los postes de acero es el Galvanizado por Inmersión en

Caliente/Galvanizado General/Galvanizado por Lote (GIC). En este proceso, el recubrimiento de Zinc se une metalúrgicamente al acero base. [23] Este recubrimiento cuenta con triple protección:

1. Barrera
2. Catódica
3. Pátina

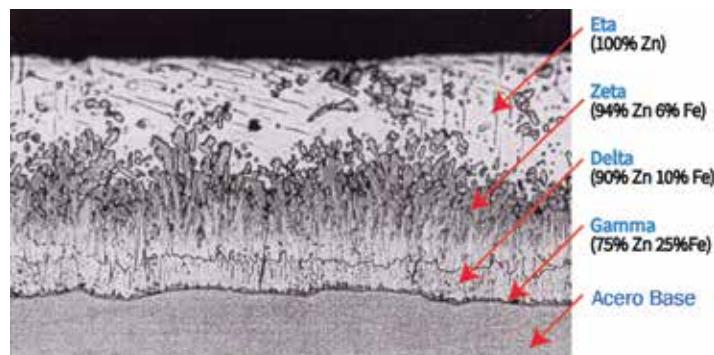


Fig.4 Microestructura del recubrimiento GIC. [24]

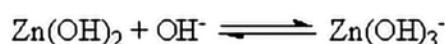
LOS BENEFICIOS DEL GIC

La unión metalúrgica no sólo crea una barrera, también está la protección catódica la cual no es más que el Zinc "sacrificándose" por el acero. El recubrimiento cuya fuerza de unión es de aproximadamente 3'600 psi, es extremadamente resistente a la abrasión y sus capas más duras que el acero. Además, si el recubrimiento resulta dañado, la protección de "sacrificio" puede proteger al acero expuesto hasta una distancia de 6mm.

La difusión de la reacción Zn-Fe que ocurre en el baño de Zinc, hace crecer el recubrimiento de manera perpendicular a la superficie del acero, asegurando un recubrimiento uniforme aún en bordes y esquinas por un largo periodo de tiempo sin mantenimiento. [24]

GENERALIDADES DE LA CORROSIÓN DEL ZINC:

El hidróxido de Zinc, $Zn(OH)_2$, se forma como principal producto durante la corrosión del Zinc. Posee un carácter anfotérico tal como el óxido de Zinc (resultante de la deshidratación del $Zn(OH)_2$), y ambos se disuelven en ácidos y soluciones alcalinas de acuerdo a las siguientes reacciones:[25]



(F)

Al incrementarse o disminuir el pH, la capa se disuelve más rápidamente. En la atmósfera y agua; el hidróxido de Zinc es el producto principal de la corrosión del recubrimiento, se transforma en carbonato de Zinc en presencia de dióxido de Carbono formando hidrocincita de acuerdo con la siguiente reacción: [25]



VARILLA NEGRA EN CONCRETO

El acero en el concreto se protege por un método de pasivación. La pasivación ocurre debido a la alta alcalinidad del concreto ($\text{pH} > 12.5$). Inmediatamente, luego de mezclar la solución se sobresatura con $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Posteriormente, se alcanza el equilibrio con otras especies como NaOH , KOH y $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. El pH de esta solución fluctúa entre 12 y 14 y está en función del contenido de álcali en el cemento y el grado de hidratación. [27] Sin embargo, una vez que el concreto se fisura y los agentes corrosivos penetran la matriz de concreto y alcanzan al acero, éste comenzará a oxidarse y a crear tensiones dentro de la estructura hasta provocar la falla como se muestra en la Figura 3.

¿QUÉ SUCEDA CON LA VARILLA GIC?

En la varilla galvanizada, los productos de corrosión del Zinc (de mucho menor volumen que los productos de corrosión del hierro), no generan presión en la estructura y se dispersan en la estructura del concreto ocupando los espacios que hayan quedado libres dentro de la matriz del concreto. De esta manera, la estructura de concreto armada mantendrá su flexibilidad debido al acero galvanizado por un periodo de tiempo muy largo (hasta más de 100 años).*

*Esto depende del tipo de clima y/o condiciones en las que la pieza se desempeñe.

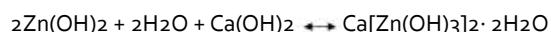
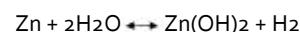
En el caso del Zinc, y por su carácter anfotérico, tenemos que este es termodinámicamente estable en un rango de pH entre 6 y 12.5. Arriba o por debajo de esos valores la velocidad de corrosión se incrementa exponencialmente. A pH's muy alcalinos el Zinc se disuelve muy rápidamente llevando la evolución de Hidrógeno. Sin embargo, los productos de corrosión que se forman en la superficie del Zinc favorecen la pasivación del metal. De acuerdo a Bird [28] por debajo de cierta concentración de iones OH^- el principal producto de corrosión del Zinc es el $\text{Zn}(\text{OH})_2$ y para $\text{pH} > 12.9$, será el ion soluble ZnO_2^{2-} . [27]

Zembura and Burzynska [29] estudiaron la corrosión del Zinc en soluciones sin aire en un rango de pH entre 11.6-13.4 donde la reacción

de control es la difusión de ZnO_2^{2-} y ZnHO^+ que se forman a $\text{pH}=11$.

Lieber y Gebauer fueron los primeros en identificar el producto de corrosión Hidroxizincato de Calcio (CaHZn) que pasivaba la superficie en medio alcalino con presencia de calcio, ya sea en solución, pasta de cemento o concreto. [27, 30]

Otro mecanismo propuesto por Liebau sugiere lo siguiente: [31]

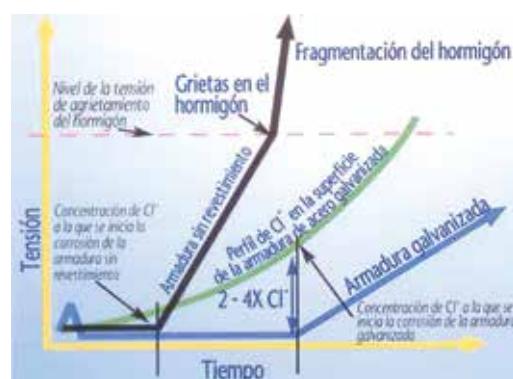


El producto final fue identificado como Hidroxizincato de Calcio (CaHZn) cuya formación se ve favorecida para $\text{pH} < 13.2$. [32] Además, el ZnO y el $\epsilon\text{-Zn}(\text{OH})_2$ fueron identificados durante el proceso de corrosión en el medio mencionado anteriormente.



Fig.5. Cristales de CaHZn (Hidroxizincato de Calcio) en una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{pH}=12.6$, 160X. [27]

Este producto protege al recubrimiento de manera formidable y por lo tanto la carbonatación del concreto no es un factor que vaya a afectar de manera inmediata al acero de la varilla, conservando así las propiedades del acero y de la estructura por mucho más tiempo. [26]



Gráfica 2. Vida útil en servicio: acero en negro VS acero GIC. [26]

POSTES DE ACERO GIC: LA RESPUESTA PARA LATINOAMÉRICA

- Los postes de acero GIC son amigables con el medio ambiente ya que están elaborados con materiales no peligrosos, con al menos 25% de material reciclado y son 100% reciclables luego de una vida de servicio bastante larga.
- Algunas empresas estiman aproximadamente 80 años de vida útil antes de ser reemplazados sus postes de distribución.
- Los postes de acero GIC pueden ser reutilizados al ser removidos siempre y cuando no haya daño en el material.
- No existe la preocupación de clasificarlos como residuos peligrosos.
- A los postes de acero GIC se les puede dar un acabado en específico luego de ser fabricados y adaptarlos a algún sistema en específico. Un recubrimiento especial de poliuretano que cubre su base protege de daño a esa sección del poste que se encuentra en el subsuelo.
- A diferencia de los postes de madera los cuales tienen tamaños variables, los postes de acero GIC son productos de ingeniería, manufacturados de manera precisa. El peso, diámetro y valores de resistencias de los postes de acero son consistentes. No hay manera de especular al elegir el largo de la tornillería.
- Debido a que los postes de acero GIC son huecos, de menor altura y clase pesan (dependiendo de la clase) entre 204 y 227kg (450-500lb). Esto representa aproximadamente 50% menos que un poste de madera de distribución de una clase similar. En muchos casos, el poste de acero puede ser llevado por los elementos de la cuadrilla al lugar donde será instalado.
- Las empresas pueden transportar un gran número de postes de acero GIC por tren o camión ya que el embarque es determinado por volumen, no por peso (Figura 1-6). Esto quiere decir también que los postes de acero son más fáciles de manipular en campo que los postes de madera.
- Debido a que los postes de acero GIC están hechos de un material que no se deteriora y no se ve afectado por los cambios de clima, sus valores de resistencia son mucho más consistentes, esto no sucede con sus análogos de madera.
- La madera se puede expandir y contraer al variar la temperatura y humedad. Esto no sucede con el acero. Además, el trabajador no debe preocuparse por daños ocasionados por insectos o pájaros carpinteros si emplea los postes de acero GIC.

- En algunos casos, los postes multi-sección tienen la ventaja de poder mover las secciones por separado cuando el sitio de instalación es de difícil acceso, pues el peso de las secciones por separado es menor y por ende el tamaño, por lo tanto, su manipulación es más fácil.
- Mientras que el diámetro de los postes de madera varía de poste a poste, el diámetro de los postes de acero es consistente y está basado en especificaciones de ingeniería.
- Es importante recordar que el acero es un material conductor. En consecuencia, tiene muchas ventajas entre ellas: que el poste por sí mismo puede ser usado como tierra ante relámpagos y otros eventos que conlleven fallas. Para aterrizarlo, un método es insertar una varilla de cobre al suelo y conectarla a la tuerca de tierra física del poste justo por encima del nivel del suelo.
- Otra de las ventajas claras es que no hay necesidad de un alambre de cobre el cual funcione como tierra que vaya de la parte superior del poste a la base del mismo. Esto ahorra tiempo y dinero. Además, elimina el riesgo de robo del cobre. [33]

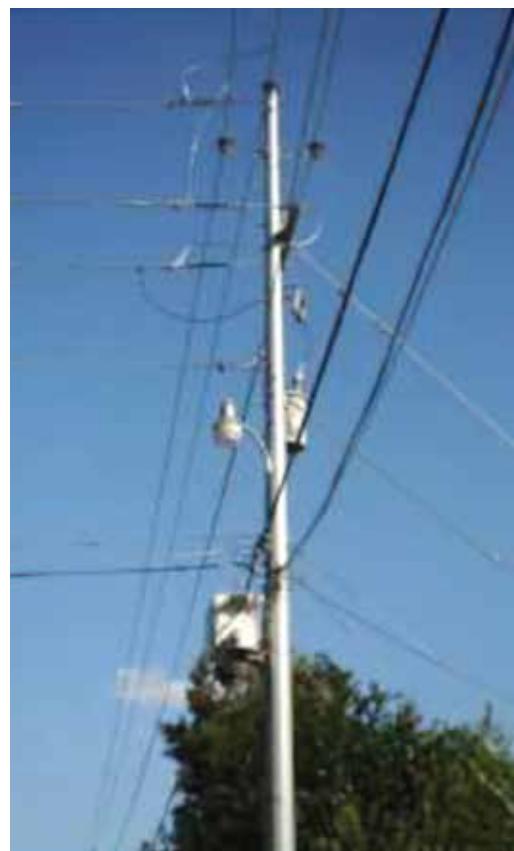


Imagen 13. Los postes de acero GIC evitan fallas catastróficas por efecto cascada y fortalecen las líneas de distribución y subtransmisión. [33]

(F)



Imagen 14. Los postes de acero GIC se transportan de manera más sencilla que los postes de madera. [33]



Imagen 15. Debido a que los postes de acero GIC se desempeñan también en el subsuelo, es posible aplicar sistema dúplex para aumentar la protección y el tiempo de vida en esa zona que enfrentará otras condiciones. [33]



Imagen 16. Los postes de madera difieren en peso y tamaño, además de expandirse y contraerse debido al calor y humedad, por otro lado los postes de acero GIC son consistentes en tamaño y resistencia. [33]

PARTICULARES O EL ESTADO

El Gobierno participa muy activamente en el sector eléctrico. Brasil cuenta con participación de capital privado en su mayoría y algunas colaboraciones entre el Estado y particulares. En Colombia, el sector es impulsado por capital privado. En Argentina, la generación está a cargo del Estado mientras que la distribución de particulares. En Perú, la distribución está a cargo de particulares y el Gobierno participa en aproximadamente el 20% de la generación. En Costa Rica es el Estado el encargado de regular la industria eléctrica. En Ecuador, la mayor parte del sector es controlado por el Estado, aunque con algunos proyectos de capital privado. En México, el Gobierno es el encargado a través de la Comisión Federal de Electricidad con colaboración de algunas privadas en la generación principalmente, en las energías "alternativas". Chile, por su parte, cuenta con el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) que no forma parte de la Administración del Estado y coordina la operación de las instalaciones del Sistema eléctrico.

Fuente: GALVALTINA.

Es tarea de las asociaciones locales persuadir a las empresas encargadas del sector eléctrico que los postes de acero GIC representan la mejor opción y lograr así un trabajo sinérgico que beneficie a la economía de los países de Latinoamérica.

El cambio no es una opción, es una necesidad por lo expuesto en este documento. Recordemos que el acero y el zinc son recursos no renovables los cuales hay que usar de manera inteligente para aprovecharlos al máximo por mucho más tiempo.

LATINOAMÉRICA NECESA ACTUALIZARSE Y MEJORAR: GIC EL VIEJO MEJOR ALIADO

Los postes de distribución llevan electricidad y servicios como la telefonía, internet y televisión; entre otros, manteniendo a los clientes comunicados, seguros y productivos. Mantener estos servicios operando en óptimas condiciones es esencial para la vida cotidiana. Los postes de distribución contribuyen a construir un sistema de distribución confiable y económico: un sistema que sea capaz de proveer electricidad y acceso a las comunicaciones cuando sea necesario en el lugar que sea necesario.

Los postes de acero GIC reducen el riesgo de una falla catastrófica del sistema. Además, del efecto cascada en caso de que uno de los postes del sistema colapse. Los postes de acero GIC se pueden diseñar para distintas alturas y cargas

específicas. Aunado a esto, se puede incrementar el tramo de separación entre los postes sin efectos adversos. Los costos de elementos aislantes, herrajes para el montaje y tendido son bajos. Cabe destacar que los postes de acero GIC requieren menos trabajo que los usados convencionalmente (madera y concreto) en la instalación y mantenimiento.

Los postes de acero incrementan la confiabilidad en el sistema de distribución y son, hoy en día, considerados ampliamente como una alternativa viable ante la madera y otros materiales. Esto se corrobora especialmente en locaciones remotas donde el acceso es difícil, y en áreas donde el clima es extremo y la infraestructura se ve expuesta a vientos muy fuertes, tormentas de nieve, fuego, o fauna como los pájaros carpinteros.

Tanto investigación del sector como experiencia de los usuarios evidencian que los postes de acero cuestan menos y llevan más energía a mayores distancias. Por ejemplo, Jeff Hohn, gerente de energía de Farmers Electric Cooperative en Clovis, Nuevo México, detectó que usando acero en un sistema de 225 postes ahorró a su compañía 50'062 dólares (E.U.A). ¿Cómo? Los postes de acero requirieron menos tiempo para su instalación, reduciendo el costo total del proyecto. [34]

EL ACERO ES AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

No tóxicos y 100% reciclables hace a los postes de acero GIC ganadores ante sus competidores (madera y concreto). Otra gran ventaja para optar por los postes de acero son los costos tan elevados que conlleva la disposición de la madera tratada químicamente, proveniente naturalmente de los postes que se usan normalmente. Cabe mencionar, las substancias que se aplican a los postes representan un problema a la salud y al medio ambiente, puntos para la campaña de los postes de acero GIC. Aún los postes de madera no tratada son un problema pues, el espacio en basureros y vertederos ya no es suficiente en muchos lugares.

Mientras que para producir un poste se emplea un árbol completo, los desechos de un automóvil, podrían llegar a ser suficientes para producir más de cuatro postes de acero. [34]

Si bien las costumbres y hábitos han impedido al sector eléctrico en latinoamérica voltear la mirada hacia los postes de acero GIC o al menos la varilla GIC como refuerzo a los postes de acero, la evidencia de los daños ocasionados en la infraestructura y los postes

(F)

de madera y concreto nos hacen ver que Japón, Alemania, Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Canadá, Suiza utilizan sus recursos de manera inteligente y sostenible desde hace muchísimos años.

La gran mayoría de los postes en estos países se encuentran Galvanizados y no por obligación ni porque exista una norma que lo exija, sino por convencimiento de quienes especifican los materiales. Saben que el ahorro de los recursos puede ser destinado a otros sectores que necesitan desarrollarse. En Latinoamérica, la chatarrización y desperdicio de acero por corrosión cuesta y hace que sectores como investigación, educación, salud, cultura; entre otros, sufran carencias que les impiden prosperar y beneficiar a la población.

CONCLUSIONES

- Los postes GIC son la mejor opción debido a:
- Alta confiabilidad y costos más bajos de instalación.
- Menos mantenimiento, por ende, bajos costos por mano de obra.
- Se puede adaptar y diseñar de acuerdo con las necesidades del cliente.
- Resistente al fuego, putrefacción y plagas.
- El GIC no tiene competidores que garanticen hasta 100 años sin mantenimiento.*
- Amigable con el medio ambiente, 100% reciclable y sin químicos tóxicos añadidos.
- Los costos de vida útil son mejores con acero GIC.
- *Esto depende del tipo de clima y/o condiciones en las que la pieza se desempeñe.

REFERENCIAS:

- [1] Andercol, Postes en América Latina: Oportunidades de Crecimiento en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio, ANDERCOL, 2016.
- [2] <https://woodpoles.org/Why-Wood-Poles/Preservatives>.
- [3] Ficha MSDS Pentaclorofenol (ChemLab): <https://doc.chem-lab.be/MSDS?client=serviquimia&lang=SP&prodnr=CL001653>.
- [4] Ficha MSDS (Koppers U.S.A.): <https://kopperspc.com/pdfs/cca-sds-spanish.pdf>
- [5] Ficha MSDS (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo): https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0303&p_version=2
- [6] Ficha MSDS (TCI Chemicals): <https://www.tcichemicals.com/CA/en/p/D4157>
- [7] Ficha MSDS (Koppers U.S.A.): https://www.chemadvisor.com/Koppers/DataBase/koppers_na/
- msds/00230/00230493000220303.PDF
- [8] Ficha MSDS (A. Lonza Company: Wood protection): https://www.allweatherwood.com/sites/default/files/pdfs/Chemonite-Treated-Wood_En_V2.pdf
- [9] Somerville G., La vida útil de las estructuras de concreto, Revista IMCYC 182, México, 1986.
- [10] Oberbeckmann F-K. Et.al. Zinc- the versatile Metal., Metallgesellschaft AG., 22, Alemania, 1980.
- [11] Castro B. Pedro., Castillo R., Construcción y tecnología, Vol.8, 85, pp.28-33. Corrosión en estructuras de concreto reforzado, México, 1995.
- [12] Durabilidad del Concreto. ACI 201. Serie IMCYC No.20, pp. 13,29,31,32, México, 1979.
- [13] Mays G.C., The behaviour of concrete. Durability of concrete structures. Investigation, repair protection. Edited by Mays G., UK, 1992.
- [14] Lach V. The deterioration of alumina cement concrete. Concrete durability Katherine & Bryan Mather International Conference. ACI SP-100. Vol. 2, pp. 1903-1914, 1987.
- [15] Grattan-Bellow, Gilliot J., Three decades of study alkali reactivity of Canadian aggregates. Concrete durability Katherine & Bryan Mather International Conference. ACI SP-100 Vol.2, pp. 1365-1384, 1987.
- [16] Farbiaz J., Carrasquillo R., Alkali-aggregate reaction in concrete containing fly ash. Concrete durability Katherine & Bryan Mather International Conference. ACI SP-100 Vol.2, pp. 1787-1808, 1987.
- [17] Problemas en el concreto: causas y soluciones. ACI. Serie IMCYC 154, pp. 113-115, México, 1985.
- [18] Condensation of ACI Comitte 224's report. Cracking in concrete structures: causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures. ACI 224. 1R-84. Structural Repair- Corrosion damage and control Seminar Course Manual/SMC-8 (85).
- [19] Less T.P. Deterioration mechanism: Durability of concrete structures. Investigation, repair, protection. Edited by Geoff Mays, U.K., pp.25, 1992.
- [20] AZZ Galvanizing- American Galvanizers Association, Hot-Dip Galvanizing for Corrosion Protection of Steel Products. Texas, U.S.A., 2013.
- [21] Staff-Portland Cement Association De. Proyecto y control de mezclas de concreto. Limusa, p.9, México, 1981.
- [22] Steel Market Development Institute.

Steel Pole Overview (Versión en castellano: Postes de Acero: Panorama General, SMDI-IZA), USA, 2020.

- [23] Tapia-Hernández E., Tubular Steel Poles Under Lateral and Load Patterns, UNAM. Advanced Steel Construction Vol.12, No.4 pp. 428-445, 2016.
- [24] American Galvanizers Association, Hot-Dip Galvanizing for Sustainable Design. Denver, Colorado, USA, 2017.
- [25] Maab P, Peißker P. et.al. Handbook of hot dip galvanization. 3rd ed., pp.334, 357. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., Weinheim, Alemania, 2011.
- [26] Asociación Internacional del Zinc (IZA), Armaduras de Acero Galvanizadas en Caliente: Una Inversión Concreta, Bruselas, 2006.
- [27] Yeomans S.R. (Andrade C., Cruz A.), Galvanized Steel Reinforcement in Concrete, pp.111-141, Elsevier, Australia, 2004.
- [28] Bird, C.E., Influence of minor constituents in Portland cement on the behaviour of Galvanized Steel in Concrete, Corrosion Prevention and Control, 11, 7, 17-21, 1964.
- [29] Zembura Z., Burzynska L., The corrosion of zinc in deaerated 0.1M NaCl in the pH range from 1.6 to 13.3, Corrosion Science, 17, 879-891, 1979.
- [30] Lieber W., Gebauer J., Einbau von Zink in calcium silicahydrate, Zement-kalk-Gips, 4, 161-164, 1969.
- [31] Liebau F., Amel-Zadeh A., The crystal structure of $\text{Ca}[\text{Zn}_2(\text{OH})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - a retarder in the setting of Portland cement, Kistall und Technik, 7, 1-3, 221-227, 1972.
- [32] Recio Cortés F. J., Corrosión de aceros inoxidables y galvanizados de alta resistencia, como alternativa a los aceros convencionales de pretensado, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, pp. 35, 2010.
- [33] Steel Market and Development Institute (SMDI), Postes de Distribución de Acero, Sistemas de Distribución energizadas- Prácticas Seguras, Versión en castellano (SMDI-IZA), 2020.
- [34] Steel Market and Development Institute (SMDI), Get Current, Steel Distribution Poles (Ponte al Corriente), Versión en castellano (SMDI-IZA), Washington, DC, USA, 2020.

AGRADECIMIENTO:

A la Asociación Internacional del Zinc - IZA y los colegas que ahí laboran por su labor incansable para lograr un mejor mundo para generaciones futuras. A FEDIMETAL y su Comité de Galvanizadores, y GALVALATINA porque en equipo todo es posible.

SOMOS EL
COMBUSTIBLE

de millones de personas que, día a día,
asumen el desafío de hacer.



Somos PCR, la energía
para construir el futuro.

ICO  A 40 ANIVERSARIO
PCR 

P



Somos el motor
de todo un país

Más de 260 estaciones que impulsan tu movimiento en todo el país


www.petroleosyservicios.com

PGE PETRÓLEO&GAS



Contacto, ventas e información:

aihe@aihe.org.ec
dmosquera@globalcorporvirtual.com



"Colaboramos y diseñamos soluciones de ingeniería que permitan maximizar los activos de nuestros clientes"



40K+
Empleados que
forman un equipo
global talentoso.

130+
Nacionalidades
representadas
a nivel mundial.

70+
Países que trabajan
juntos para agilizar
las operaciones.

Nuestras Líneas de Servicio:

Drilling & Evaluation

- Baroid
- Drill Bits & Services
- Landmark
- Sperry Drilling
- Testing & Subsea
- Wireline & Perforating

Completion & Production

- Artificial Lift
- Cementing
- Completion Tools
- Multicem
- Production Solutions
- Production Enhancement
- Pipeline & Process Services

Cross Divisional

- Landmark
- Consulting
- Project Management

Nuestra presencia en el Ecuador por más de 50 años con todas las tecnologías de punta, reafirma nuestro compromiso para alcanzar las metas del país.

SERTECPET

32 años

caminando
JUNTOS

Gracias a todos por
acompañarnos durante nuestra trayectoria.

MINERÍA

- Servicios de infraestructura, facilidades en el sector minero y la provisión de equipos especializados.

PROYECTOS EN ENERGÍA RENOVABLE

CENTRO DE MANUFACTURA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

- Fabricación de productos para la industria petrolera
- Servicio de reparación de tubería
- Conexiones roscadas

REDES SOCIALES



www.sertecpet.net

SERVICIOS PETROLEROS ONSHORE / OFFSHORE

- Sistemas de Bombeo Hidráulico Jet Claw®
- Evaluación de pozos petroleros con MTU
- Laboratorio de fluido de producción de crudo y gas
- Facilidades Tempranas de Producción
- Renta y provisión de equipos de superficie
- Unidades horizontales móviles (UMH)
- Unidades de medición de fluidos
- Herramientas y servicios de Completación y Flow Control
- Limpieza Mecánica de pozo (Clean Well)
- Servicios especializados de optimización de producción
- Sensores memorizados de presión y temperatura para fondo de pozo
- Sistemas de adquisición de datos y monitoreo en tiempo real
- Reparación y ensamblaje de herramientas de fondo
- Servicio de renta de equipos de fondo
- Pesca
- Cañoneo
- Corrida de Tubulares

ÁREA INDUSTRIAL

Construcción de Recipientes a Presión y Facilidades de Producción, especializada en:

Ingeniería, diseño y construcción de equipos de proceso, tanques y vessels con y sin estampe ASME
Diseño y construcción de Skids y Equipos paquetizados

PROYECTOS IPC/IPAC

- Proyectos integrales tipo IPC / IPAC y montaje de plantas industriales
- Proyectos de Infraestructura Civil
- Ductos, oleoductos y líneas de flujo
- Construcción y reparación de recipientes a presión
- Proyectos de Ingeniería conceptual, básica, de detalle y estudios especializados

