

Por *Andrés Essayag* (YPF), *Fernando Fernández* (YPF) y *Alejandro Fravega* (BH).

Coautores: *Constantino Bitopoulos* (YPF), *Hugo Amram* (YPF), *Eduardo Márquez* (BH), *Adrián Aguirre* (BH), *Pablo Coria* (BH) y *Victor Devinenti* (BH).



Reducción del 60% en tiempos de armado de equipos BES con sistema Viga BES

Este trabajo fue seleccionado en 1º lugar como el Mejor Trabajo Técnico-Premio “Lic. Eduardo Barreiro” del 8º Congreso de Producción y Desarrollo de Reservas del IAPG, realizado en noviembre de 2023 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Este proyecto busca una alternativa más segura y eficiente para la instalación de una ESP. Para ello se sostiene en cuatro pilares, de los cuales el más importante es Seguridad al Personal *Field Service*, con esta tecnología minimizamos la interacción del personal de campo con el equipamiento y logramos una reducción en los indicadores de incidentes. De forma paralela, mejoramos la “confiabilidad en el armado de equipo BES”, al ensamblarlos en ambientes controlados para evitar situaciones que puedan disminuir su vida útil. Finalmente, mejoramos la “eficiencia en el uso de equipos de torre”, los tiempos de ahorro por intervención logran una reducción de las “pérdidas de OIL”. En resumen, podemos describir este trabajo como una incorporación de tecnología que hace una operación más segura y eficiente (Figura 1).

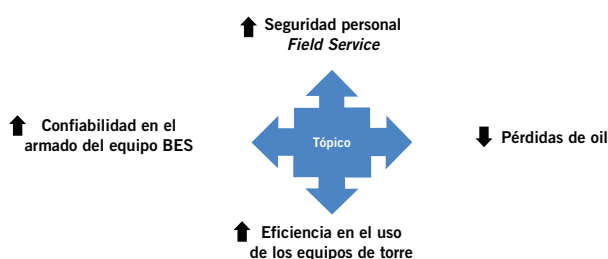


Figura 1.

Línea de tiempo

Para mostrar cómo ocurrieron los diferentes hitos en el transcurso de un poco más de tres años, podemos mencionar que hasta 2020 las operaciones con ESP demandaban un tiempo de armado entre 6 h y 12 h, por este motivo comenzamos a analizar la conveniencia de realizar las operaciones ESP con Vigas. Durante enero y parte de febrero de 2021 mantuvimos reuniones para determinar recursos, alcances, características de los rigs, etc., luego surgieron consideraciones de seguridad que teníamos que respetar y que serán mencionadas más adelante. En el primer trimestre de 2021 se realizaron los protocolos de ensayo en los negocios Norte y Sur con resultados más que alentadores. Mientras las operaciones continuaban realizándose con esta tecnología se hicieron negociaciones comerciales con el fin de masificar su uso, algo que en los primeros meses de 2022 el negocio Norte pudo concretar, y en 2023, el negocio Sur hizo lo suyo. Actualmente se han instalado 182 equipos con viga (Figura 2).

En este artículo se explica en detalle cómo la incorporación de tecnología permite hacer una operación más segura y eficiente.

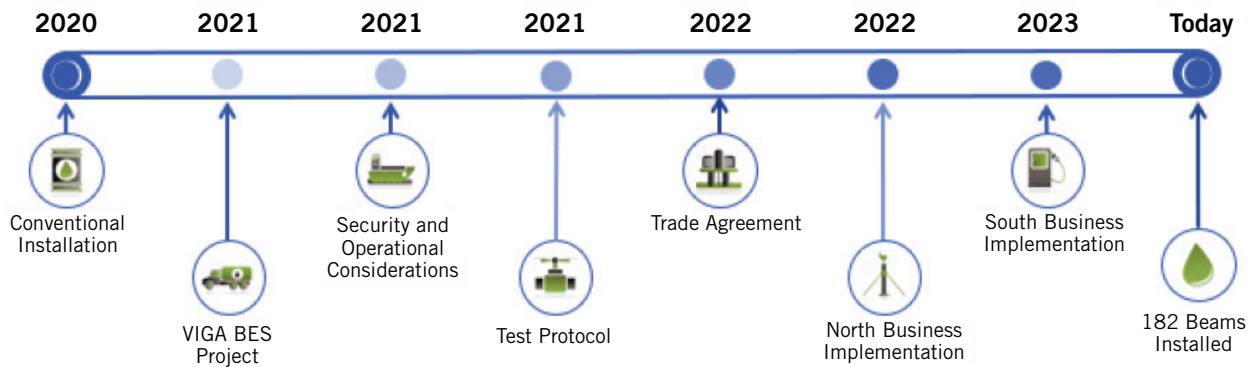


Figura 2.

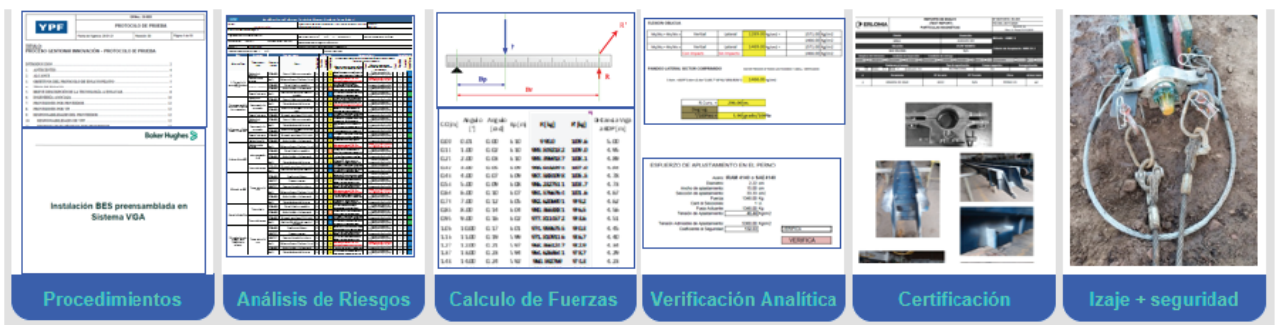


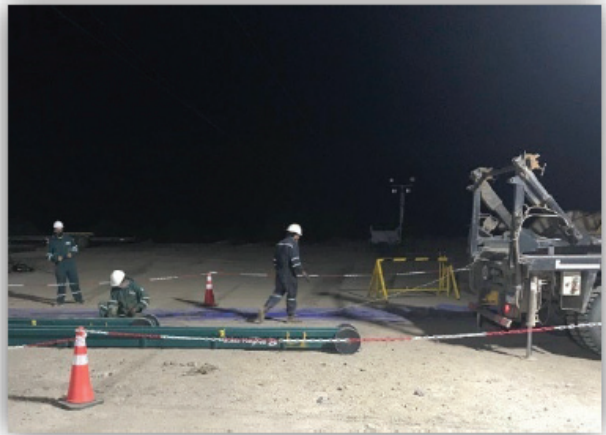
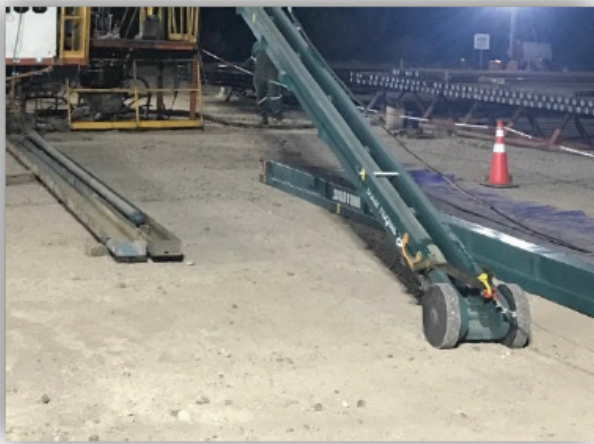
Figura 3.

Consideraciones operativas y de seguridad

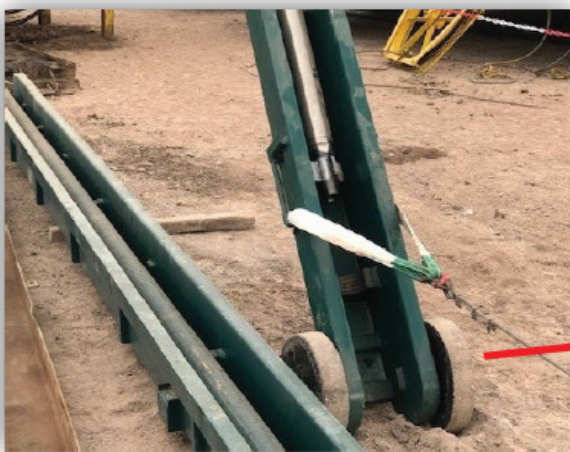
Antes que cualquier intervención necesitábamos determinar si la operación era segura, para ello recurrimos al personal de seguridad y resultaron las siguientes consideraciones básicas:



- **Confección de instructivo de campo.** Se define el paso a paso del proceso y se elabora un documento que permite al operador instalar equipos ESP con vigas.
- **IPCR.** Este requerimiento es propio de los estándares de YPF y como se desprende de la sigla, el documento sirve para la Identificación de Peligros y Control de Riesgos.
- **Cálculo de esfuerzos en cable de malacate de equipo (guinche).** Se realizó un cálculo para determinar si el peso (peor condición) de la viga será soportada por la capacidad de elevación del malacate del equipo.
- **Validación analítica.** Se determina la capacidad de sujeción del perno que soporta todo el peso del equipo (esfuerzos de corte/flexión) y se adicionan cálculos de la viga (tensión admisible, deformaciones, flexión oblicua y pandeo lateral).
- **Inspecciones no destructivas.** Se inspeccionaron todos los elementos que forman la viga con el afán de verificar homogeneidad y continuidad del material analizado:
 - Inspección visual (VT)
 - Líquidos penetrantes (PT)
 - Partículas magnéticas (MT)
 - Electromagnetismo (ET)
- **Izaje y eslinga de seguridad.** Además de la grampa que vincula viga y ESP (con todos sus accesorios), se agregó una eslinga de seguridad como barrera extra ante imprevistos (Figura 3).
- **Retenida con malacate.** En las figuras 4 y 5 se



Figuras 4 y 5.



Figuras 6 y 7.

muestra cómo se retiene la viga a través del guinche instalado en el camión spooler y la estructura de la viga para poder vincular el cable de acero. El objetivo de este accionar es evitar la exposición del operador a esfuerzo bruscos como podría ocurrir con el método de instalación convencional (figuras 4 y 5).

- **Modificación de ruedas.** Se observa un rediseño de las ruedas para lograr un mejor desplazamiento de las vigas en terrenos irregulares. Inicialmente usábamos ruedas macizas metálicas, actualmente estamos migrando a ruedas de goma todoterreno (figuras 6 y 7).
- **Layout de equipos en locación.** En la figura 8 se muestra el área recomendada para situar las vigas en la locación respecto a la ubicación del equipo de torre, con esa ubicación se evita cualquier riesgo de interferencia con la torre y siempre se mantiene la visibilidad del maquinista.
- **Coordinación y posición de las personas.** El operador ESP coordina con el maquinista y operador de malacate, por ello tiene que estar ubicado de

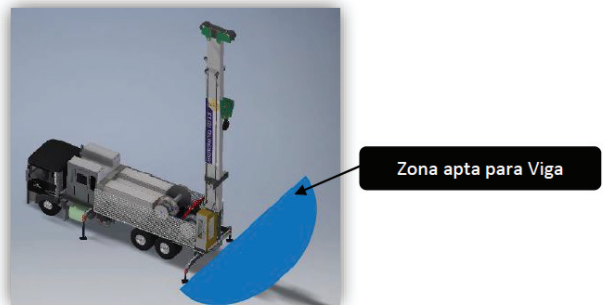


Figura 8.

forma que tenga visión directa de toda la maniobra y nunca debajo de la carga suspendida. Durante la maniobra de izaje de la viga ninguna persona debe estar en el piso de trabajo del equipo de torre (figuras 9 y 10).

A continuación realizamos una breve introducción del funcionamiento de los sistemas ESP: el bombeo ESP



Figuras 9 y 10.

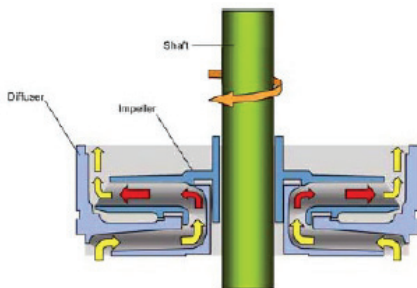


Figura 11.

consta de secciones de bombas centrífugas multietapas que pueden ser configuradas específicamente para adecuarse a las características de producción y de pozo de una aplicación dada. Debajo se puede observar la etapa característica de una bomba centrífuga, la cual es constituida por el conjunto impulsor/difusor (Figura 11).

También podemos observar un cuerpo de bomba con todo sus componentes y tren de etapas.

A la derecha se observa la curva tornada, característica de este tipo de bombas, donde se representa la altura de elevación en función del caudal para las diferentes frecuencias de operación (Figura 12).

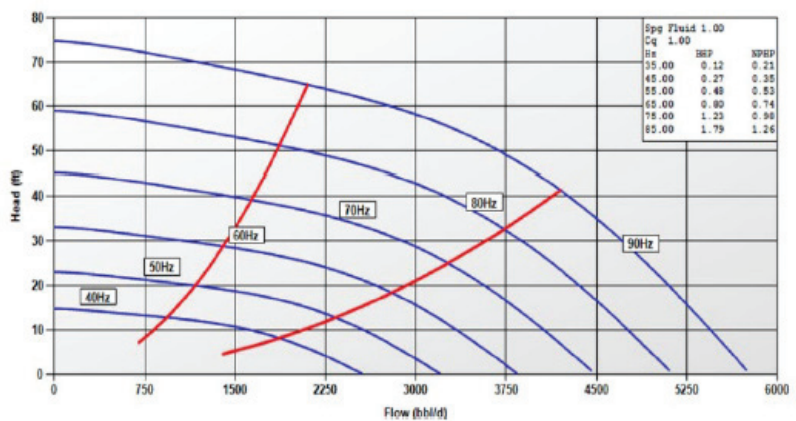
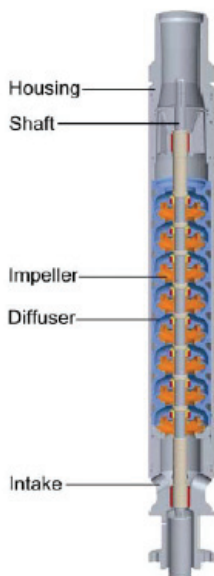
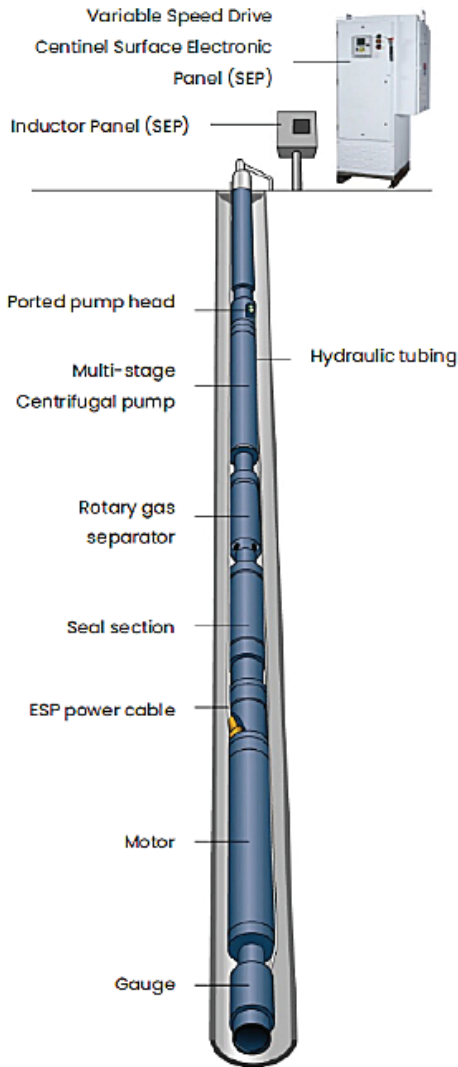


Figura 12.



Por último, en la figura 13 podemos observar el conjunto completo de una bomba electrosumergible con todos sus componentes.

- **Sensor de fondo:** su función es medir las variables de fondo, como temperatura, presión, vibraciones.
- **Motor trifásico:** su función es transformar la potencia eléctrica en mecánica para hacer girar la bomba.
- **Protector o sello:** principalmente compensa expansión/contracción del aceite por calentamiento/enfriamiento y es la protección del motor de los fluidos del pozo.
- **Intake/Admisión o separador de gas**
- **Bomba centrífuga:** se presentan en cuerpos multietapas, su cantidad y modelo depende de la aplicación y/o diseño.
- **Cable de potencia:** transporta la energía eléctrica desde la superficie para alimentar al motor en fondo.
- **Equipos de superficie:** transformadores, tablero/variador de velocidad, caja de venteo, etc.

Contexto ESP

En el nivel mundial, la distribución de ALS es como se muestra en la figura 14, donde la ESP ocupa el segundo lugar con el 31% después del bombeo mecánico con el 46%.

En el caso de Argentina, la distribución de los ALS indica que las ESP mantienen el segundo lugar con 17% después del bombeo mecánico.

Figura 13.

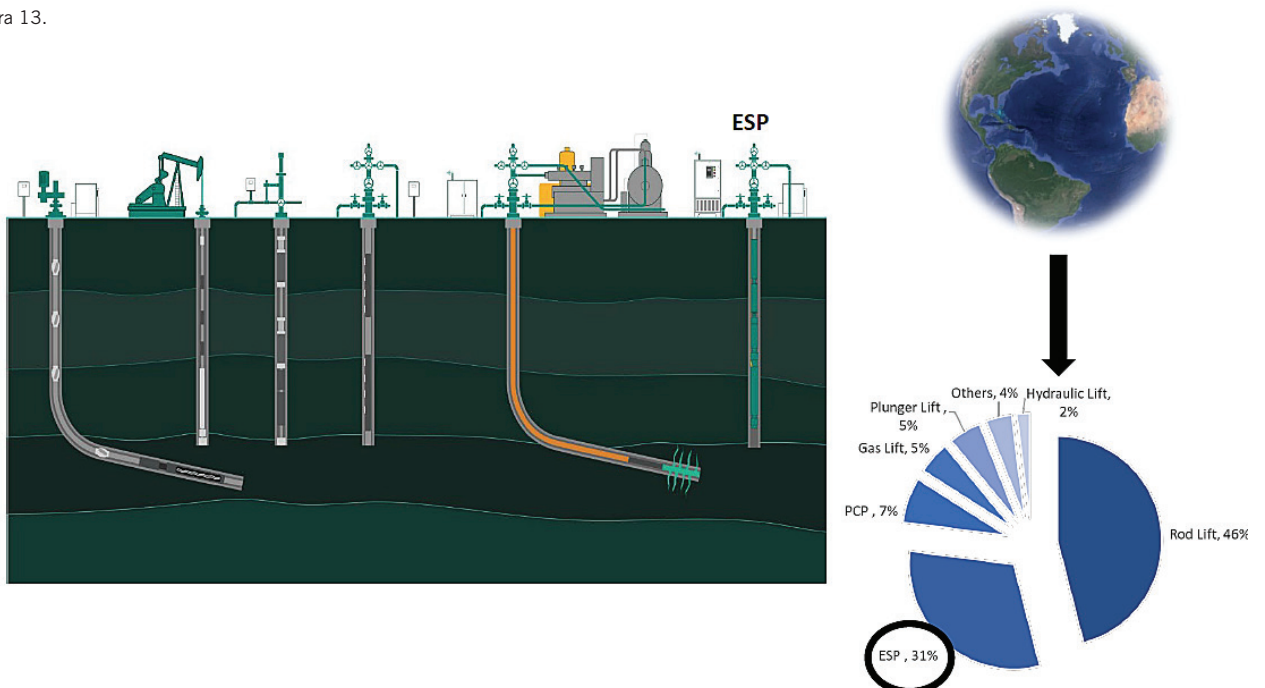


Figura 14.

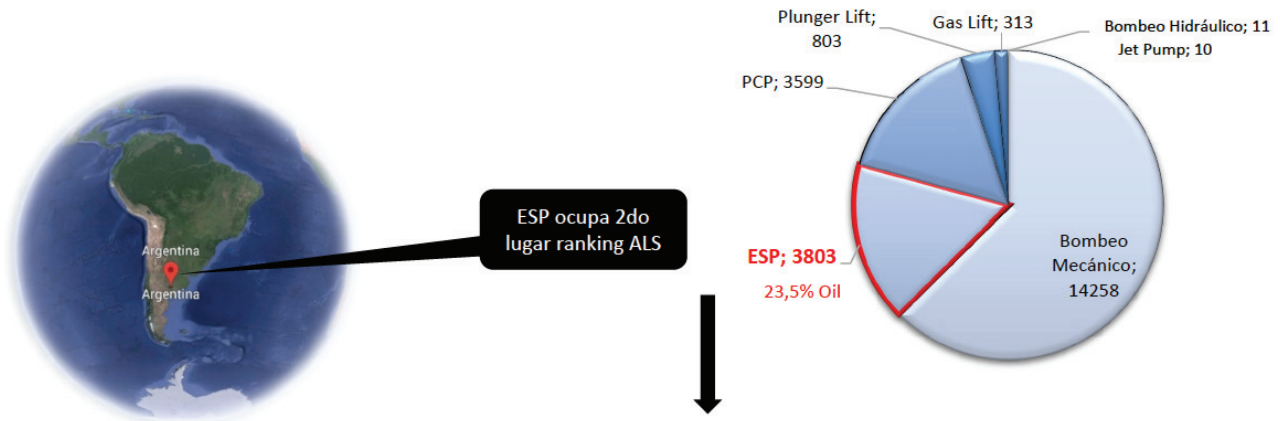


Figura 15.

DTM del rig. Luego la extracción de los tubings + la ESP, enrollando cable, a continuación, el proceso de desarme de la ESP en boca de pozo, le sigue el proceso de armado de la ESP, posteriormente la bajada de ESP + TBG + cable, y finalmente desmontaje del rig.

Nos enfocaremos en el proceso de armado de la ESP. El método convencional consiste en:

- Descarga desde un camión de los componentes de la ESP en locación.
- Chequeo de los componentes previo a la instalación.
- Etapa de izaje, acoplamiento mecánico y eléctrico, bridado de todos los componentes.
- Llenado con aceite sensor, motor y sello.
- Izaje y acople de intake/separador de gas.
- Izaje y acople de bombas.
- Enchufado del cable.

Se remarcan las etapas vulnerables a las condiciones climáticas adversas (lluvia, viento).

Este método requiere acoplar de 6 a 13 componentes con (de 6 a 12 h de armado). Se remarca en que etapas del proceso, aplica la tecnología Viga BES.

Propuesta tecnología Viga BES:

Todo el proceso ahora se reduce/simplifica a las siguientes etapas:

- Descarga de equipos
- Izaje de la viga motriz
- Izaje y acople de la viga productora
- Enchufe de cable

Con esta tecnología el proceso de instalación se reduce al izaje y acople de dos o tres vigas.

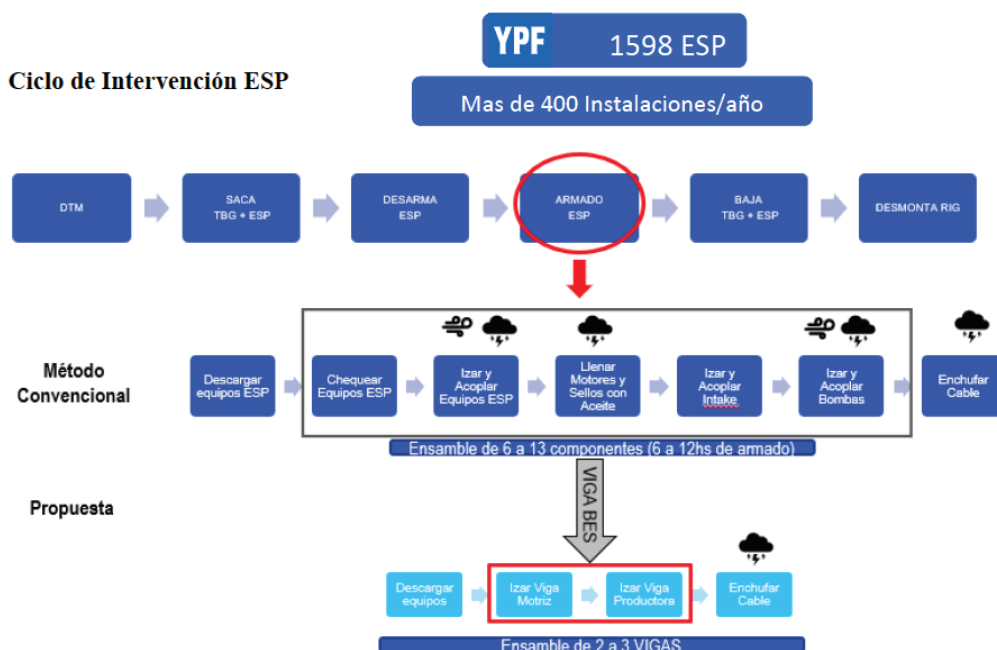


Figura 16.

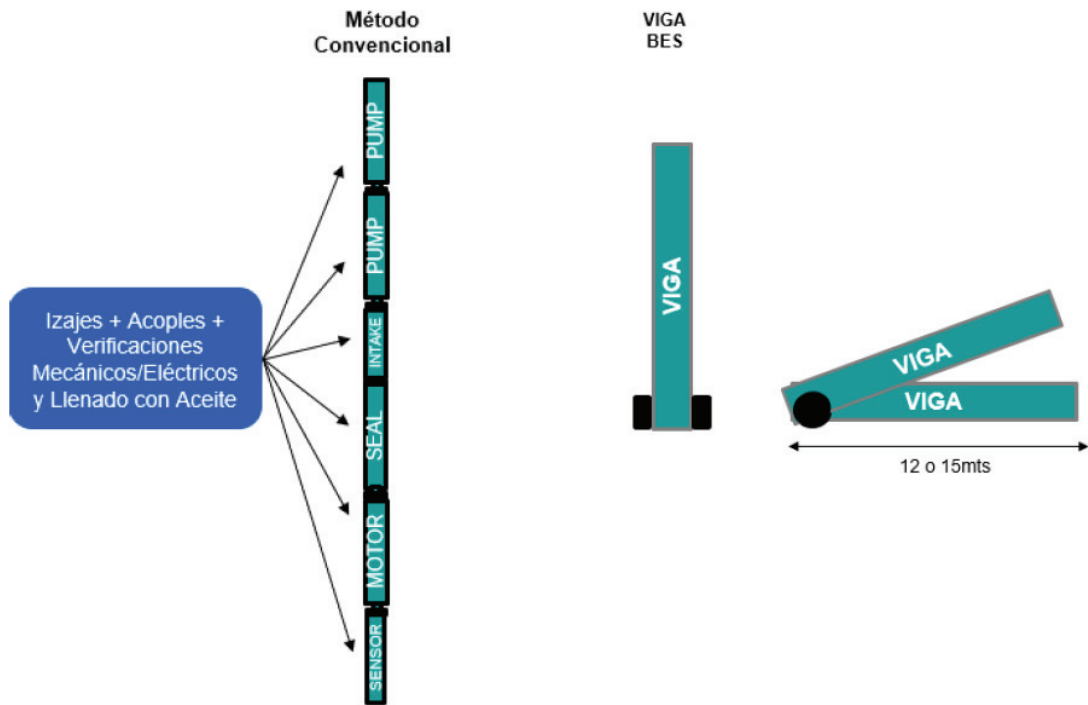


Figura 17 a y b.

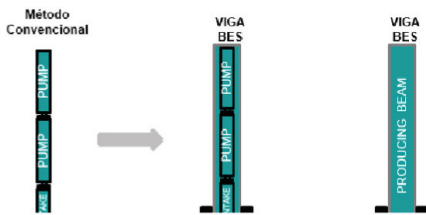


Figura 18.

Izajes + verificaciones y acoples mecánicos y eléctricos y llenado con aceite, componente a componente.

En la figura 17b se observa el método con Viga BES, que básicamente consiste en una bandeja metálica de acero rígida para contener el equipo ESP en su interior, de una longitud entre 12 m y 15 m y con un tren rodante en su extremo trasero y una grampa articulada de izaje en su extremo delantero.

En la figura 18 se muestra la disposición de los componentes de una ESP con el método convencional y

Comparativa de métodos

A continuación, realizaremos una comparación entre los dos métodos de instalación de una ESP.

En la figura 17a se describe el método convencional.

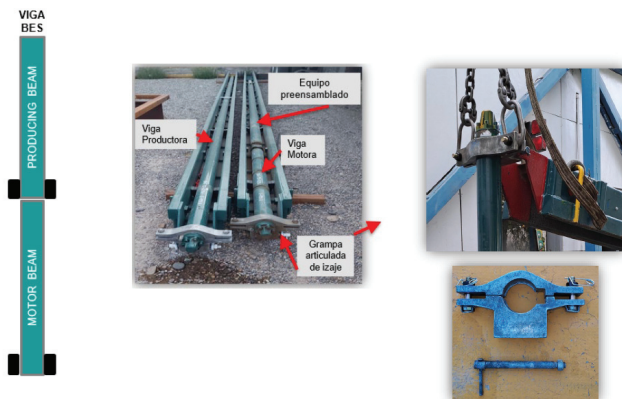


Figura 19.



Figuras 20 y 21.



Figura 22.

Sistema Viga BES

En la figura 19 se aprecia a la izquierda el esquema de Viga Motriz y Productora y a la derecha estas mismas Vigas, pero en una foto real dispuestas en una locación listas para ser instaladas. Se aprecian las 2 Vigas (Motriz y Productora), los Equipos ESP preensamblados en su interior y la grampa articulada. Dicha grampa es una modificación de la grampa tradicional para izaje de una ESP, con un perno que permite que la grampa además de su función de izaje del equipo ESP, haga la vinculación a la viga.

Preensamblaje de vigas en planta

En las figuras 20 y 21 se puede apreciar el proceso de preensamble de los equipos ESP en las vigas en la planta. Este preensamblaje consiste en izajes + verificaciones y acoples mecánicos y eléctricos y llenado con aceite de todos los componentes de la ESP, luego estos montados sobre las vigas.

Es importante destacar que el preensamble en planta se realiza en forma vertical como se realiza en los pozos. Al realizarse en planta, es uno de los principales beneficios, ya que todo este proceso se produce en un ambiente controlado que asegura la calidad en origen.

como estos componentes son dispuestos en las vigas, donde según la configuración de la aplicación puede ser que la ESP entre en una viga única o que sea dispuesta en dos vigas, dando origen a lo que denominamos viga motriz (sensor, motor y sellos) y viga productora (intake/separador de gas y bombas), en algunas aplicaciones se puede instalar un cuerpo de bomba fuera de la viga.

Logística de vigas

Aquí se representa la etapa de logística de las vigas (planta-pozo), que es el traslado y la descarga de las vigas motrices y productoras desde la planta a las locaciones de los pozos, así quedan listas para ser instaladas (Figura 22).



Figura 23. De izquierda a derecha a, b y c

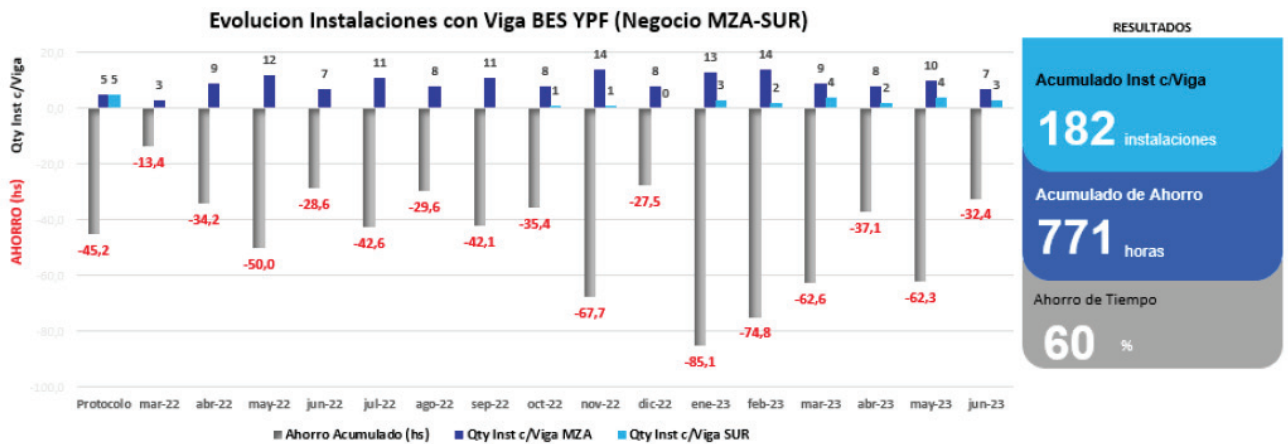


Figura 24.

Operación con vigas en pozo

Por último, se encuentra la etapa de instalación de las vigas en pozo.

En la figura 23a se aprecian las dos vigas con equipos ESP preensamblados dispuestas en forma radial hacia la boca del pozo, listas para ser instaladas.

En las figuras 23b y c se aprecia el izaje de las vigas como nuevo proceso de instalación.

Implementación y resultados

El proceso se inició con un protocolo de prueba de la tecnología de 5 pozos en el negocio Norte (Mendoza) y 5 pozos en el negocio Sur (Chubut/Santa Cruz).

En esta instancia se verificaron ahorros de hasta un 60% sobre el tiempo de armado de la ESP, además se capturaron varios aprendizajes y puntos a pulir para una potencial masificación.

Luego se avanzó con el proceso de implementación masiva, comenzando por el negocio MZA (marzo de 2022) y luego se acopló el negocio SUR (Chubut y Santa Cruz) a finales de 2022. Podemos decir que en el negocio MZA la implementación este full y en el negocio SUR aún está en proceso.

En la figura 24 se puede visualizar la evolución de cantidad de instalaciones con vigas y el ahorro de tiempo.

En resumen, hasta la fecha llevamos más de 182 instalaciones concretadas con viga, capturando un ahorro acumulado de más de 771 h sobre el tiempo de instalación de la ESP, que representan un 60% del ahorro de tiempo.

Próximos pasos

Los próximos pasos de este proyecto se puede visualizar en la figura 25 y son los siguientes:

- Cuenca cuyana, negocio Norte, ya tiene implementación full.
- Cuenca GSJ, negocio Sur, está con implementación en progreso, con expectativas de implementación full para finales de 2023.
- Cuenca Neuquina, negocio Oeste, aún está en período de evaluación.



Figura 25.

Beneficios

Mayor seguridad del personal Field Service.
Uso más eficiente del equipo de torre y reducción de pérdidas del oil.
Minimizar las fallas de Field Service y horas NPT.

Consideraciones

Aplicar consideraciones de seguridad y operativas.
Dimensionar y *layout* de locaciones adecuados.
Personal de Field Service y Facilities en planta para preensamble de vigas.

Conclusiones

Es una tecnología disruptiva para las instalaciones de ESP en campos petroleros, la misma ha demostrado ser masificable y se han verificado ahorros muy valiosos no sólo económicos sino de seguridad para el personal.

Conclusión

En la figura 26 se resumen los principales beneficios, las consideraciones y la conclusión sobre la aplicación de la tecnología Viga BES.

Andrés Essayag. Ingeniero electromecánico, UTN Mendoza, Argentina. Posgrado en Especialización de Producción de Oil&Gas, ITBA. Especialista ESP Upstream YPF.

Fernando Iván Fernández. Ingeniero electrónico, Universidad de Mendoza, Argentina. Gerente de Ingeniería de Producción y Servicios al Pozo negocio Mendoza YPF.

Alejandro Fravega. Ingeniero electrónico, Universidad de Mendoza, Argentina. MBA, Universidad Torcuato di Tella, Argentina. Gerente Desarrollo negocio ESP No Convencional.

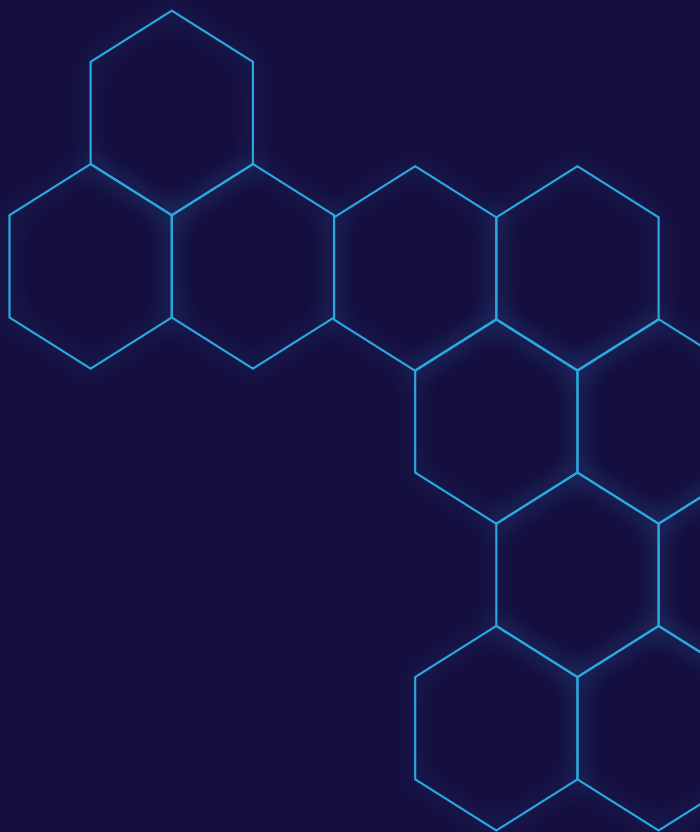
Figura 26.





INSTITUTO ARGENTINO DEL PETROLEO Y DEL GAS

En el Marco de



J(R)ED³

JORNADAS REVOLUCIÓN DIGITAL PARA PETRÓLEO Y GAS

23-24 OCT 2024, NEUQUÉN



INSTITUTO ARGENTINO DEL PETROLEO Y DEL GAS

Maipú 639 (C1006ACG) - Buenos Aires, Argentina
Tel: (54 11) 5277 IAPG (4274) - www.iapg.org.ar

