

# **PROGRAMACIÓN DEL ENCAMISADO INTERMEDIO (9 5/8) EN EL POZO DE PERFORACIÓN**

**Ing. Regla Caridad Gómez<sup>1</sup>, Ing. Carlos Alberto Piloto Ruiz<sup>2</sup>**

*1. Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centros  
Finca La Cachurra, Guásimas, Cárdenas, Cuba.*

*2. Empresa de Perforación y Reparación Capital de Pozos de  
Petróleo y Gas. Finca La Cachurra, Guásimas, Cárdenas,  
Cuba.*

## **Resumen.**

En este trabajo se describe la programación realizada para el encamisado intermedio (9 5/8) en un pozo de Perforación para el cual, determinándose la secuencia y el perfil visual de carga de la fuerza de trabajo para la ejecución de las operaciones de encamisado, aplicando el procedimiento dado por Fundora Miranda (1987), se determina la ruta crítica, así como la laboriosidad utilizando los tiempos según criterios y experiencias de los obreros y personal administrativo los cuales son dados en función de las características de la zona donde se perfora. Se muestra la descripción de las operaciones, la secuencia de las mismas y la importancia que tiene mantener un orden lógico en las operaciones con vista a realizar el encamisado en un tiempo donde el caño de pozo no sufra deterioro o derrumbe

*Palabras claves: Pozo, Sarta, Encamisado, Secuencia, Perforación, Planificación.*

---

## **Introducción.**

La perforación de pozos de petróleo es la vía más efectiva para incrementar las reservas de crudo y con ellos los niveles de producción nacional. Las Direcciones Integradas de Proyectos de Perforación son las encargadas de ejecutar los trabajos de Perforación de pozos con el sistema de izaje, el sistema de circulación de fluidos, los elementos componentes de la sarta de perforación y el personal necesario, debidamente preparado para esto.

El sistema de revestimiento del pozo que se perfora constituye uno de los varios renglones de la perforación más ligados a la seguridad del pozo durante las operaciones, las tareas de terminación y su vida productiva. En el proceso de inserción de la tubería, ésta puede atascarse y ocasionar serios problemas que pueden poner en peligro la integridad y utilidad del pozo. Los revestidores y su cementación pueden representar entre 16 y 25 % del costo de perforación, de acuerdo al diámetro, longitud y otras propiedades físicas de cada sarta de tubos.

Al considerar el diseño y la selección de la sarta de revestimiento, los factores técnicos se centran sobre el diámetro, el peso (kilogramos por metro), su longitud y la naturaleza de las formaciones.

Por razones de economía, las sartas deben diseñarse de tubos del menor peso aceptable. Sin embargo, todos los elementos y efectos determinantes de riesgo deben ser considerados a la luz de sus recíprocas relaciones: resistencia de la sarta contrapuesta a las presiones y otros factores subterráneos.

En el caso de la perforación muy somera quizás una sola sarta sea suficiente. Para la perforación muy profunda quizás cuatro o más sartas sean necesarias. Generalmente, tres sartas son suficientes para satisfacer la gran mayoría de los programas de revestidores.

La sarta primaria: por ser la primera que se cementará dentro del pozo, su diámetro será mayor que los de las otras. Su longitud es corta en comparación con las otras del mismo pozo. Esta sarta primaria es muy importante por las siguientes razones: sirve para contener las formaciones someras deleznales; impide la contaminación de mantos de agua dulce, que pueden ser aprovechados para el consumo humano y/o industrial; juega papel importante como asiento del equipo de control del pozo (impide reventones, válvulas, etc.) durante toda la perforación de formaciones más profundas y posteriormente para la instalación del equipo de control (cabezal) del pozo productor. De acuerdo a las exigencias, los diámetros más comunes para sargas primarias son: de 244,5, 273, 339, 406 y 508 milímetros (9 5/8, 10 3/4, 13 3/8, 16 y 20 pulgadas, respectivamente). La profundidad a la cual puede colocarse una sarta de estos diámetros en el pozo está en función del peso nominal (kg/metro de tubo), que se traduce en la capacidad de resistencia en tensión, aplastamiento y estallido.

Las sargas intermedias: el número de sargas intermedias difiere de un campo a otro. Puede que una sea suficiente o que dos sean requeridas. Comúnmente los diámetros más escogidos para la sarta intermedia son: 219, 244,5, 258, 298,5 milímetros (8 5/8, 9 5/8, 10 3/4 y 11 3/4 pulgadas, respectivamente).

#### Características físicas de la tubería revestidora

La fabricación de la tubería para sargas revestidoras y de producción, como también para la tubería de perforación, se ciñe a las especificaciones fijadas por el *American Petroleum Institute* (API, Normas RP7G y 5A, 5AC, 5B, 5C1, 5C2, 5C3). Todas estas tuberías son del tipo sin costura, traslapada por fusión en horno y soldada eléctricamente, utilizando aceros que deben ajustarse a exigentes especificaciones físicas y químicas.

La calidad de la tubería que se desea obtener se designa con una letra, seguida por un número que representa el mínimo punto cedente en tensión, en millares de libras por pulgada cuadrada: H-40, K-55, C-75, C-95, L-80, N-80, P-110 (40.000 x 0,0703 = 2.812 kg/cm<sup>2</sup>, y así sucesivamente).

Al primer tubo que va en el pozo se le enrosca y se le fija por soldadura en su extremo inferior una zapata de cementación. Para reforzar la función de la zapata y coadyuvar en la mecánica de la cementación, se dispone que a cierta distancia del primer tubo se coloque entre dos tubos una unión o cuello flotador.

Cuando se trata de sargas muy largas el encamisado se hace en dos o tres etapas. En cuyo caso, para cada etapa, se dispone en la sarta una unión que por diseño y construcción cumple funciones adicionales, además de la función de la unión o cuello corriente.

Para que la sarta quede bien centrada en el pozo, y a objeto de evitar que se recueste contra la pared del pozo, ocasionando luego defectos en la continuidad del cemento en el espacio anular, se le instalan a la sarta centralizadores en aquellos puntos que se

consideren necesarios. Los centralizadores, por sus anillos que rodean el tubo y fijados con puntos de soldadura, quedan a las profundidades deseadas.

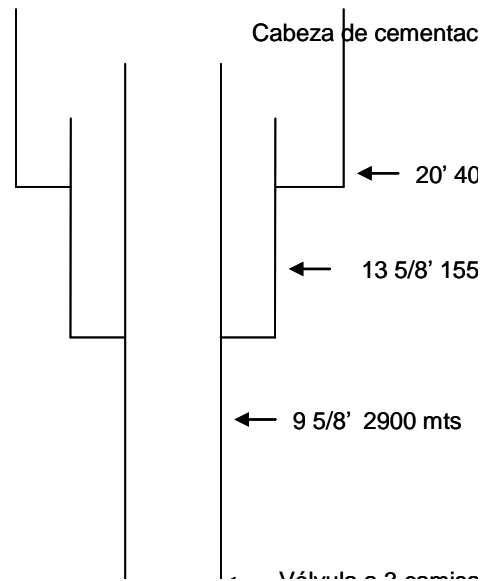
En ciertas oportunidades, para lograr mejor adhesión entre el cemento y la pared del pozo, se le añaden raspadores a la sarta. Estos raspadores, que pueden consistir de láminas en formas de tiras largas donde van incrustadas los alambres o de anillos cuyos alambres sobresalen circunferencialmente, raspan la pared del pozo con el fin de desprender el exceso de revoque que la cubre para facilitar que el cemento cubra directamente las formaciones.

Un pozo que, ha alcanzado una profundidad de 2900 mts. Tiene colocada una sarta primaria de 20' (508 milímetros) a 400 mts, una sarta intermedias de 13 3/8' (339 milímetros) a 1550 mts y se dispone a colocar la sarta intermedia de 9 5/8' (244,5 milímetros) a 2900 mts. El encamisado se hará en dos secciones, para evitar un arrastre de sedimentos que provoque resistencia a la tubería y afecte la formación, tendrá las siguientes características:

Profundidad	Descripción de la sarta	Longitud	UM	Cantidad
I Sección (hasta 1500 mts)	Camisas de 9 5/8" 47 lb/ft L80 BTC R-3 API 5 CT	12.00 mts	U	125
	Zapata de 9 5/8" 47 lb/ft BTC API 5 CT	0.85 mts	U	1
	Válvula de retención 9 5/8" 47 lb/ft BTC API 5 CT	1.5 mts	U	1
	Centralizadores	0.70 mts	U	7
II Sección (hasta 1400 mts, final 2900mts)	Camisas de 9 5/8" 47 lb/ft L80 BTC R-3 API 5 CT	14.00 mts	U	100
	Cabeza de cementación de retención 9 5/8" 47 lb/ft BTC API 5 CT	1.5 mts	U	1

	Centralizadores	0.70 mts	U	5
--	-----------------	----------	---	---

**Tabla 1. Características tecnológicas de la sarta intermedia**



Para el llenado se utilizará lodo de baja densidad o agua de capa. Se circulará con lodo que tenga las características técnicas que exige el caso.

Programación del encamisado:

Asignación o carga:

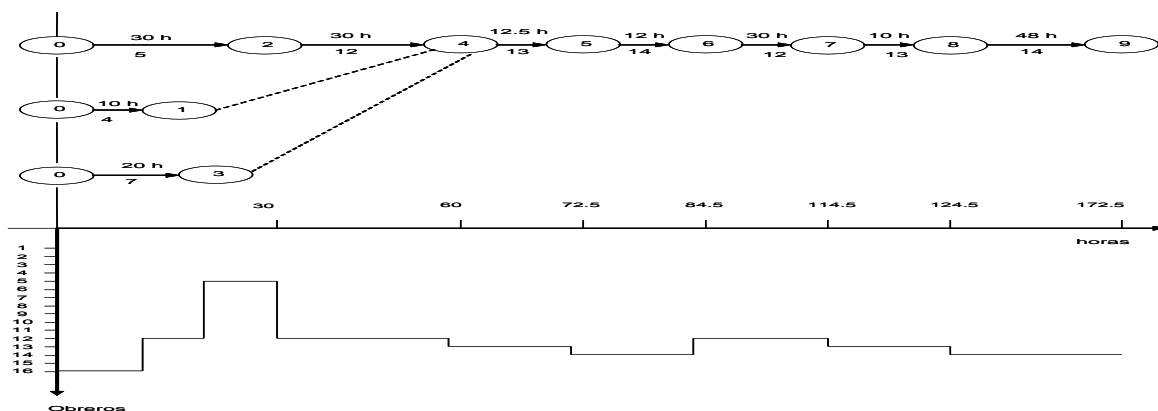
Se utilizará el método de la carga infinita (Everett (1991)) por considerarse el más ventajoso en el caso objeto de estudio, atendiendo a las características propias de la perforación donde todas las actividades, trabajos o tareas se realizan en el pozo.

No	Operaciones a realizar para el encamisado	Cantidad de obreros
1	Conteo de materiales	4

2	Preparación de las camisas	5
3	Preparación de la plataforma	7
4	Bajada de camisas (hasta 1500 mts)	12
5	Llenado cada 5 camisas ( I sección 25 operaciones)	13
6	Circular en 1500 mts, si existe resistencia hasta 12 horas	14
7	Bajada de camisas (hasta 1400 mts ) completando la profundidad del pozo	12
8	Llenado cada 5 camisas ( II sección 20 operaciones)	13
9	Circular en el fondo para homogenizar el lodo y limpiar el pozo hasta 48 horas	14

**Tabla 2. Operaciones para el encamisado**

Para realizar estos trabajos el pozo tiene una dotación compuesta por 1 Supervisor, 1 J' de turno, 1 J' de equipo, 1 Tecnólogo, 1 Geólogo, 1 Químico de lodo, 1 Motorista, 1 Torrero, 1 Mecánico, 1 Electricista y 4 Ayudantes de rotaria. En el gráfico 2 se muestran la secuencia y el perfil visual de carga de la fuerza de trabajo para la ejecución de las operaciones antes relacionadas.



**Gráfico 2. Gráfico de distribución visual de carga (carga infinita)**

Secuenciación:

Considerando que el orden tecnológico en el encamisado es único para todos los trabajos utilizaremos el procedimiento dado por Fundora Miranda (1987) para la determinación del TLP y el TTP en programas ordenados

Selección de la mejor secuencia del encamisado:

La siguiente tabla muestra la secuencia de operaciones del encamisado.

Operaciones Puestos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	10	-	-	30	12.5	12	30	10	48	152.5
2	-	30	-	30	12.5	12	30	10	48	172.5
3	-	-	20	30	12.5	12	30	10	48	162.5

**Tabla 3.**

Aplicando los pasos a seguir para la determinación del TLP, según Fundora Miranda (1987):

La Carga máxima es igual a: 172.5 horas

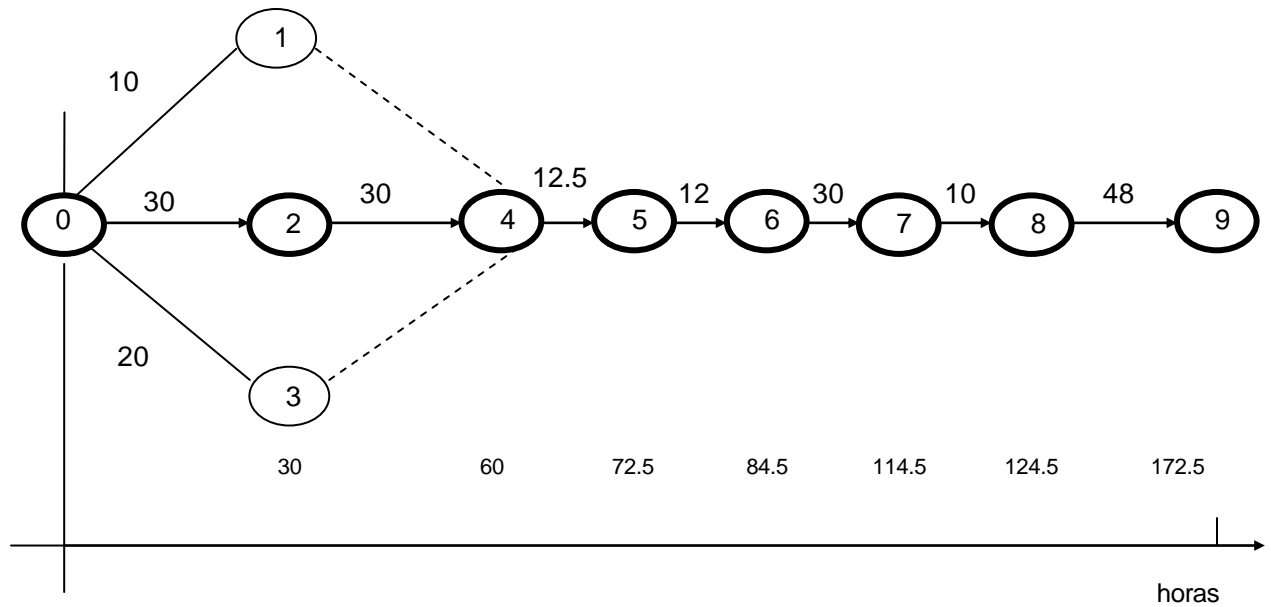
El menor valor de los tiempos anterior al seleccionado es 10

La suma de los tiempos posteriores al valor seleccionado es igual a:

$$10 + 20 = 30$$

$$\text{Entonces TLP} = 172.5 + 10 + 20 = 202.5 \text{ Horas}$$

Para calcular el TTP de la secuencia de operaciones del encamisado utilizaremos la teoría de las redes.



La ruta crítica es: **0 – 2 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9** El TTP = **172.5** horas

**Temporización:**

Determinaremos la laboriosidad del encamisado, que no es más que el tiempo que dura realizar las operaciones y por consiguiente el tiempo límite del encamisado. Los tiempos se definen por criterio de los tecnólogos, jefes de turno, supervisores y están dados en función de las características de la zona donde se perfora el VSB 1500.

La tabla 4 muestra la distribución de las operaciones, o sea la determinación de los instantes de inicio y fin de cada una de ellas.

No	Descripción de las secuencias de las operaciones	To	Tp-c	Te	Td	Tt (hrs)
1	Contar centralizadores, camisas, anillos de fijación, zapato y válvulas	2.5	1.0	0.5		10.00
	Revisar existencia de grasas para las uniones	1.0	0.5			
	Revisar las llaves de maniobra, las sogas, spider, cuñas y los elevadores	1.0	1.0	0.5		
	Revisar cabeza de circulación, cabeza de cementación y los tapones de desplazamiento	1.0	0.5	0.5		



2	Preparación de las camisas	Medir y enumerar todas las camisas. Pintar sobre los mismos números de orden y longitud.	8.0	5.0	2.0	30.00	
		Zafar todos los protectores	2.0	1.0			
		Calibrar todas las camisas	2.5	1.5	1.0		
		Limpiar las roscas con cepillo de plástico, detergente y secar con trapo	4.0	1.0	2.0		
3	Preparación de la plataforma	Organizar la plataforma, bajar de la misma todas las herramientas que no serán utilizadas durante la operación	7.5	1.5	1.0	20.00	
		Montaje y equipamiento de las herramientas (llaves mecánicas, cuñas, spider, elevadores, etc)	5.0	1.0			
		Cambiar los rams inferiores que correspondan con el diámetro de la camisa	2.5		0.5		
		Reunión con la dotación antes de comenzar la ejecución de las operaciones	1.0				
4	Bajada de camisas (hasta 1500 mts)	Colocar zapato a la primera camisa	0.5			30.00	
		Bajar 3 camisas de 12 mts	1.5		0.5		
		Colocar válvula	0.5				
		Bajar 122 camisas de 12 mts	12.0	1.0	7.0		5.0
		Colocar centralizadores cada 6 camisas	1.5		0.5		
5	Llenado cada 5 camisas ( I sección 25 operaciones)	Colocar la manguera de llenado y abrir las válvulas de los tanques	1.5	1.5	1.0	12.50	
		Llenar con freno de agua cada 5 camisas (60mts)	3.5		2.0		3.0
6	Circular en 1500 mts, si existe	Cerrar válvulas de entrada	0.5			12.00	

	resistencia hasta 12 horas	Abrir retenciones	0.5				
		Circular para aliviar resistencia de la tubería	1.0	0.5	0.5	9.0	
7	Bajada de camisas (hasta 1400 mts ) completando la profundidad del pozo	Bajar 100 camisas de 14 mts	9.0	1.0	5.0	3.0	20.00
		Colocar centralizadores cada 5 camisas	1.5		0.5		
8	Llenado cada 5 camisas ( II sección 20 operaciones)	Colocar la manguera de llenado y abrir las válvulas de los tanques	1.5	1.5	1.0		12.50
		Llenar con freno de agua cada 5 camisas (60mts)	3.5		2.0	3.0	
9	Circular en el fondo para homogenizar el lodo y limpiar el pozo hasta 48 horas	Colocar cabeza de cementación en la boca del pozo	1.5	1.0	0.5		48.00
		Cerrar válvulas de entrada	0.5				
		Abrir retenciones	0.5				
		Circular en el fondo hasta que salga limpio, máximo 48 horas	1.0	0.5	1.5	41.0	

**Tabla 4. Tabla de distribución de operaciones**

Donde:

$T_o$ , es el tiempo de operaciones, está determinado por las maniobras que se desarrollan en cada operación.

$T_{p-c}$ , es el tiempo preparatorio conclusivo, es el tiempo que se necesita para iniciar y concluir las tareas determinado por su relación con otras actividades.

$T_e$ , es el tiempo de la espera que ocasiona la falta de materiales, la disponibilidad de los obreros o la influencia de terceros.

$T_d$ , es el tiempo de deslizamiento, se determina durante el deslizamiento de la tubería y los fluidos a través del pozo.

### **Conclusiones.**

En este trabajo se describe la programación realizada para el encamisado intermedio (9 5/8) en un pozo de Perforación para el cual se determinó la secuencia y el perfil visual de carga de la fuerza de trabajo para la ejecución de las operaciones de encamisado,

quedando como la mejor secuencia del encamisado aplicando el procedimiento dado por Fundora Miranda (1987), TLP = 205.5 horas, ruta crítica 0 – 2 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9, TTP = 172.5 horas. Se determinó la laboriosidad utilizando los tiempos según criterios y experiencias de los obreros y personal administrativo los cuales son dados en función de las características de la zona donde se perfora.

## **Bibliografía.**

- Ackoff Buisell, C. (1977): Fundamento de investigación de operaciones. Editorial Limusa, Mexico.
- Anderson, D. Introducción a los modelos cuantitativos para la administración. Editorial Iberoamericana S.A. de CV, México.
- Company Pascual, R. y Coromis Subias, A. (1994): Organización de la producción I. Diseño de sistemas productivos. Editorial UPC.
- Company Pascual, R. (1989): Planificación y Programación de la producción. Editorial Marcombo, S.A.
- Everett, E & Eblet, R. (1989): Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamientos, Editorial Prentice Hall-Hispanoamericana, S.A., México.
- Fundora Miranda, A. (1987): Organización y planificación de la producción II. Editora ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Maynard, Manual de ingeniería y organización, (S / L, S / N, S / A).
- Montes de Oca Moreno, Y. (2005). Herramienta de apoyo para la enseñanza de la Programación de Operaciones. Trabajo de Diploma.
- Narasimhan, L. et al. (1996): Planificación de la producción y control de inventario. Prentice Hall-Hispanoamericana, S.A. México.
- Schroeder, Roger G.: "Administración de Operaciones", Editorial Enteramericana de - México, S.A. de C.V., 1992.
- Sánchez Lara, A. (1974): Planificación y Control de la producción. Instituto Cubano del Libro, Cuba.
- Tubino Ferrari (1997): Manual de planeación y control de la producción. Universidad Federal de Santa Catarina.