



Medición de la Fatiga en Sartas de Varillas en un Bombeo Mecánico (Trabajo Acumulado)

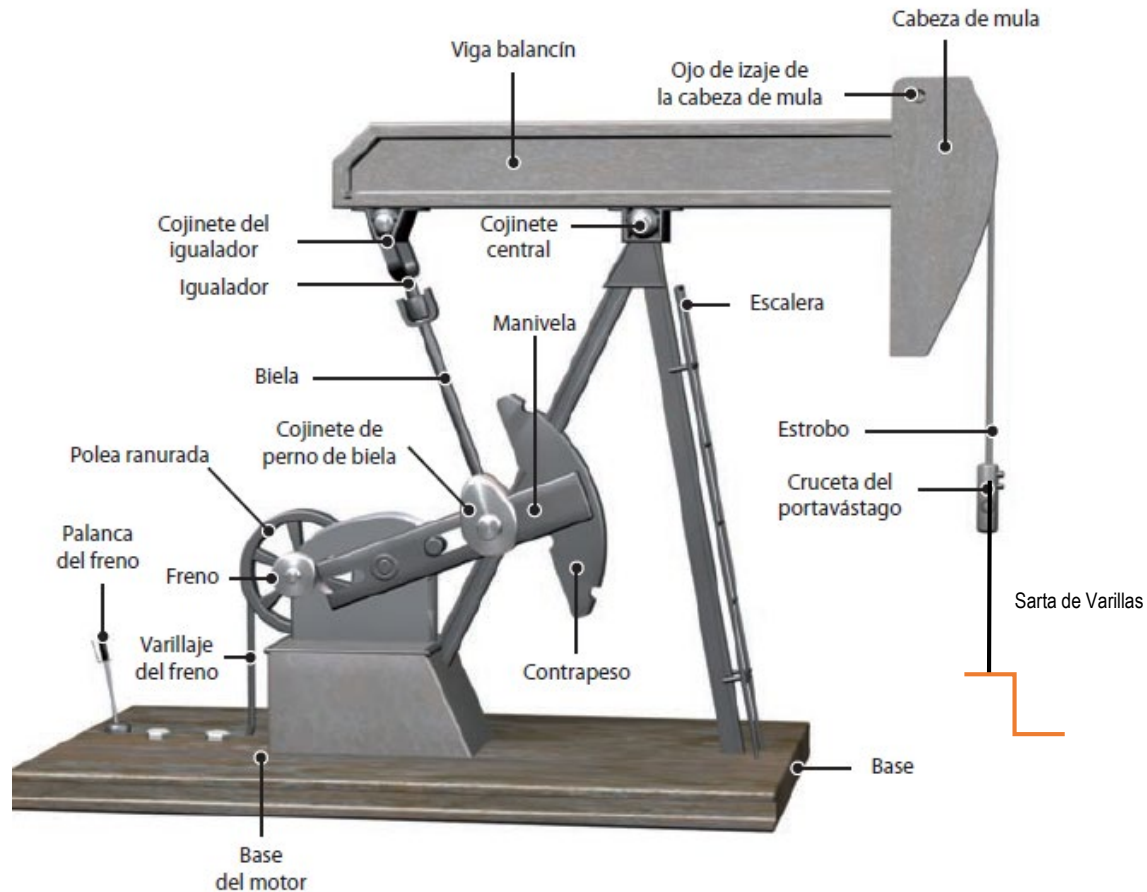


Autor : Ing. Mario Sánchez

Noviembre de 2019



Componentes de una unidad de Bombeo Mecánico



- El motor
- La unidad transmisora de fuerza
- La unidad de bombeo
- El vástago de bombeo
- El tubing
- La columna de fluido
- La bomba
- **Sarta de varillas**



Varillas de Bombeo

La sartas de varillas de bombeo, vinculan la energía de superficie con la bomba, en profundidad, en un movimiento alternativo, que en combinación con un par de válvulas permite extraer el fluido hacia la superficie.





Selección de las características y medidas de las varillas de bombeo: Normas API 11B

Dimensiones de varillas de bombeo - *Sucker Rod dimentions*

OD. Diámetro nominal		longitud		Peso con cuplas			
pulg	mm	pies[ft]	metros	libras	Lb/ft	Kg	Kg/m
5/8	15.88	25	7.62	28.41	1.14	12.87	1.69
3/4	19.05			40.64	1.63	18.41	2.42
7/8	22.23			54.77	2.19	24.81	3.26
1	25.40			72.25	2.89	32.73	4.30
1 1/8	25.58			93.00	3.72	42.13	5.53
5/8	15.88	30	9.14	33.62	1.12	15.23	1.41
3/4	19.05			48.17	1.61	21.82	2.01
7/8	22.23			65.01	2.17	29.45	2.71
1	25.40			85.63	2.85	38.79	3.58
1 1/8	25.58			106.98	3.57	48.46	4.61

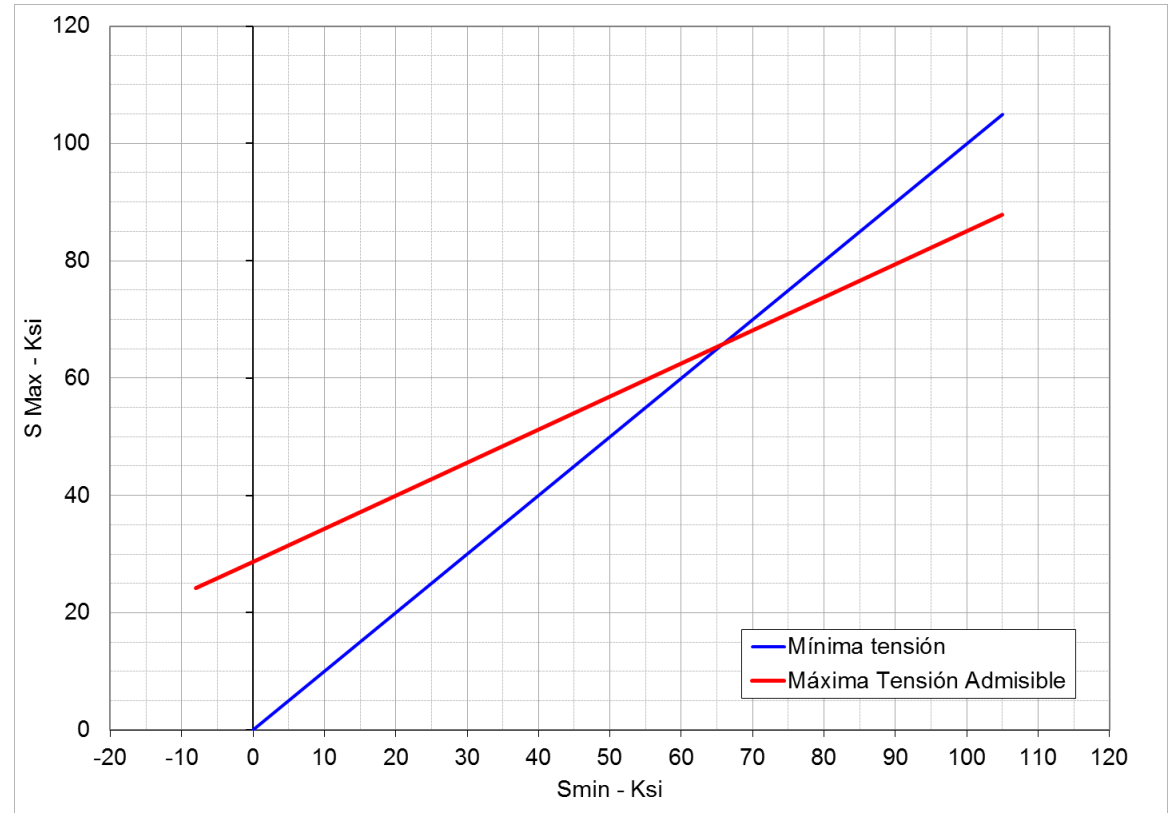
Diseño de la sarta de varillas de bombeo : Norma API RP 11L



Diagrama de Goodman

Esta selección, debe cumplimentar una serie de condiciones para que las varillas y diámetros elegidos cumplan las exigencias a la tracción y que son cumplir con los límites establecidos por el Diagrama de Goodman, para asegurar su máxima duración.

$$\% Goodman = \left(\frac{S_{max} - S_{min}}{S_{adm} - S_{min}} \right) \times 100$$





Pescas de varillas de bombeo

- Un mal diseño de la sarta de varillas de bombeo tiene como consecuencias, que las mismas se corten por tracción, en el cuerpo, produciéndose lo que denominamos pescas, que generan pérdidas de producción e intervenciones con equipos, con gastos asociados.
- También tenemos pescas de cuplas y pines de varillas, asociadas con el mal trato a las mismas y a los roces de las cuplas contra el tubing, lo que se puede evitar con procedimientos de manejo adecuados y centralizadores de varillas dentro del tubing.
- La conclusión es que un buen diseño y un buen trato, minimiza este tipo de pescas.



Otro tipo de pescas de Varillas de Bombeo

Las varillas también están sometidas, como enunciamos al principio, a una alternancia en las cargas de tracción, que generan una variable denominada **FATIGA**, que se acumula a través de un reordenamiento granular interno, y limitan su vida útil, al disminuir su capacidad de resistencia. Esta variable genera las denominadas pescas por **Fatiga Acumulada**



Cortes de Varillas (típicos)



En las fotografías siguientes se pueden observar dos tipos de cortes de varillas típicos:

El primero es **una falla por fatiga acumulada**. En la mitad superior de la cara rota, se observará una superficie lisa pulida. Aunque la carga aplicada se distribuye aproximadamente igual sobre toda el área de la sección de la varilla, al reducirse el área, la carga supera la tensión admisible y se produce el corte

El segundo ejemplo es un típico **corte por tracción**, donde la carga superó la tensión admisible, y generó el corte, con la típica copita

Vida útil de las varillas

En la práctica se evalúa la vida útil de las varillas por la cantidad de alternancias o Km recorridos, sin tener en cuenta las cargas soportadas, factor fundamental para alterar la vida útil de las mismas.

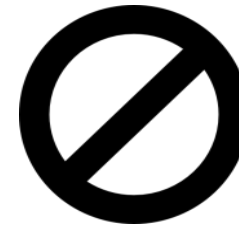


Medición normal trabajo Varillas de Bombeo

Vida útil de las
varillas



Alternancias ó
Km recorrido



Carga
soportada



Forma propuesta para medir la vida útil de la varilla



En función de esta consigna, se diseñó una variable empírica, a la que denominamos **Ta**, que significa **Trabajo acumulado de las varillas** y se hizo dependiente de las variables que afectan la vida útil de las varillas.

Se tomó, como referencia, el método para medir el trabajo útil de los cables de equipos de pulling, workover o perforación, para proceder a su cambio, antes de que se corten por fatiga.



Fórmula empírica propuesta para medir el trabajo acumulado de las varillas

$$Ta = \frac{2 * GPM * carrera * Tt * C_{m\acute{a}x} * (C_{m\acute{a}x} - C_{m\acute{i}n}) * F1 * F2 * F3 * F4}{(C_{m\acute{a}x} + C_{m\acute{i}n})} \quad (\text{Toneladas} * \text{Km})$$

Donde:

2*GPM*Carrera, indica la distancia recorrida por la varilla durante un minuto

C_{máx}, es la carga máxima a la que se ve sometida la v/b normalmente la superior de la sarta

C_{mín}, es la carga mínima

(C_{máx}-C_{mín}), es el rango de cargas y es limitante en la vida útil de la varilla, por cuanto es la que genera la fatiga interna

Tt, es el tiempo de trabajo para el que se determina el Ta





Variables Adimensionales

F1: Variable que tiene en cuenta el grado de la varilla

F1=1 para varillas grado D

F1= 1,2 para varillas especiales

F1= 0,8 para grados menores a D

F2: Mide el trato de las varillas.

Es la variable mas subjetiva y debería valer 1, si se toman todas las precauciones en su manipuleo, desenrosque y enrosque, de acuerdo a las normativas técnicas. Se debería analizar cuando las pescas por fatiga se producen muy temprano, por debajo del T_a previsto

F3 y F4: son variables de ajustes de unidades para que el T_a pueda medirse en las dimensiones $T_n \cdot Km$.





Razones para medir el trabajo acumulado

- 1. No existe un método que pueda medir la fatiga.
- 2. No hay ninguna manifestación visible que nos indique cuando es necesario reemplazarlas
- 3. Podemos medir la cantidad de alternancias que acumulan a lo largo de su vida de trabajo
- 4. Primeras pescas producto del desgaste interno.



Recomendaciones para la determinación de T_a



Legajo del
pozo



Tiempos de
paro
(No hay T_a)

$$T_a = \frac{2 \cdot GPM \cdot carrera \cdot T_t \cdot C_{m\acute{a}x} + (C_{m\acute{a}x} - C_{m\acute{i}n}) \cdot F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{(C_{m\acute{a}x} + C_{m\acute{i}n})}$$

Cálculos por
períodos
(Variables tenidas en
cuenta en la
fórmula)

La planilla recomendada es la siguiente:

[illegible]



Recomendaciones para la determinación de T_a

- En caso de no tener la información necesaria, deberíamos ir determinando el valor de T_a , para periodos de T_t donde tengamos información (dinamómetro y variables del AIB) e ir sumando los mismos hasta que se produzca la 1ª pesca por fatiga
- Es recomendable, en la etapa de estudio para la determinación estadística del valor de T_a , hacer dinamómetros periódicos (una vez por mes), para ver como varían los valores de $C_{máx}$ y $C_{mín}$, y hacer determinaciones periódicas del valor de T_a , para cada cambio de las variables de la fórmula, los cuales se deben ir sumando, hasta el momento de las primeras pescas por fatiga. Para este periodo, el valor final de T_a es la suma de los valores parciales determinados.



Caso Estudio: Yacimiento Maduro

Periodo de estudio 1991-2001

Tipo de yacimiento: Maduro

Profundidad media de la bomba: 2000 mts

Tubing: Tipo J55 y diámetro 2 7/8" pulg

Sumergencia de bombas de 100 mts

Sartas grado D, ROD 86 en la mayoría de los pozos, bombas tipo insertables de 1 ¾ * 20 '-
9 GPM medios y carreras de AIB variables.

Producción media : 30 m³/d- % agua media : 70 %

Resultados

$$Ta = 200.000 Tn * Km$$



RECOMENDACIONES PRÁCTICAS.

1. **El manipuleo de las varillas**, al sacarlas o bajarlas en el pozo, como así también, el enrosque, cuidando el centrado, limpieza, engrasado y torque adecuado, limitan mucho la vida útil de la varilla y debe estar contemplado en la determinación de F2. Es por ello, que es recomendable la supervisión personal para mejorar el valor del mismo.
2. **Rotar las varillas**, por diámetro, aumenta aproximadamente un 50 % su T_a estadístico, de forma tal que la primera pase a ser última al bajarlas. Esto implica un T_t mucho mayor. Este porcentaje de incremento recomendado debe ser corroborada por las estadísticas.
3. Es importante conocer el valor máximo de tracción de las varillas de bombeo, en trabajo, que aparte de estar incluidas dentro del área de trabajo del Diagrama de Goodman, no debe superar la tensión máxima de trabajo, sugerida por el fabricante, para evitar pescas por tracción.
4. Las varillas de bombeo, una vez cumplido su ciclo de vida, **no deben inspeccionarse para su re-uso**, porque no hay método que pueda medir la **fatiga acumulada** de las varillas. Deben ser descartadas o usadas en pozos someros, donde las cargas máximas superen ampliamente la tensión de rotura.

***El ingeniero no debe limitarse únicamente al cumplimiento de los objetivos,
sino ser creativo para mejorarlos***

Ing. Mario Sánchez

MUCHAS GRACIAS.....!