FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

POTENCIA HIDRÁULICA

Cálculos operativos

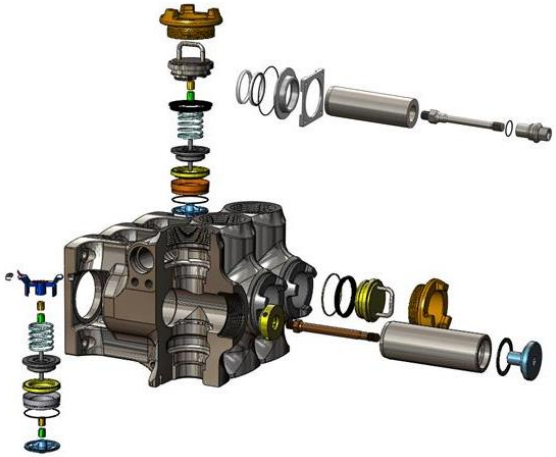
Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

HHP (Hydraulic Horse Power)

- La potencia hidráulica es la energía transferida al fluido que es bombeado por unidad de tiempo (HHP).
- La potencia al freno bHP (brake horse power) es la potencia de entrada que entrega el motor a la bomba.
- En Halliburton, en nuestras operaciones en campo calculamos la máxima HHP requerida en la operación con la siguiente fórmula:

$$HHP = \frac{P_{max} * Q_{max}}{40.8}$$



$P_{max} = Presión\ máxima\ observada\ en\ el\ tratamiento\ (psi)$

$Q_{max} = Caudal\ máximo\ que\ se\ utilizará\ a\ la\ presión\ máxima\ (bpm)$

HHP (Hydraulic Horse Power)

- Ejemplo: Se requiere realizar una fractura hidráulica en el pozo HAL-2014, y derivado de las simulaciones realizadas en fracpro se reporta una presión máxima esperada de 7,500 psi y un caudal máximo de 35 bpm. ¿Cuánta potencia en bombas debo llevar al pozo?

$$HHP = \frac{7{,}500psi * 35bpm}{40.8}$$

$$= 6{,}434\ HHP$$

- IMPORTANTE: Sobre el resultado se debe considerar un exceso de HHP y tomar en cuenta el tipo de bombas que se tienen disponibles y la eficiencia de las misma, ya que puede existir el caso en que se tenga en locación los HHP necesarios pero no se cuente con la capacidad para entregar el caudal requerido. Revisar datos operacionales de bombas HT-400 y HQ-2000.

HHP (Hydraulic Horse Power)

- Problema 1: Determinar la potencia a transportar al pozo ECE-5.

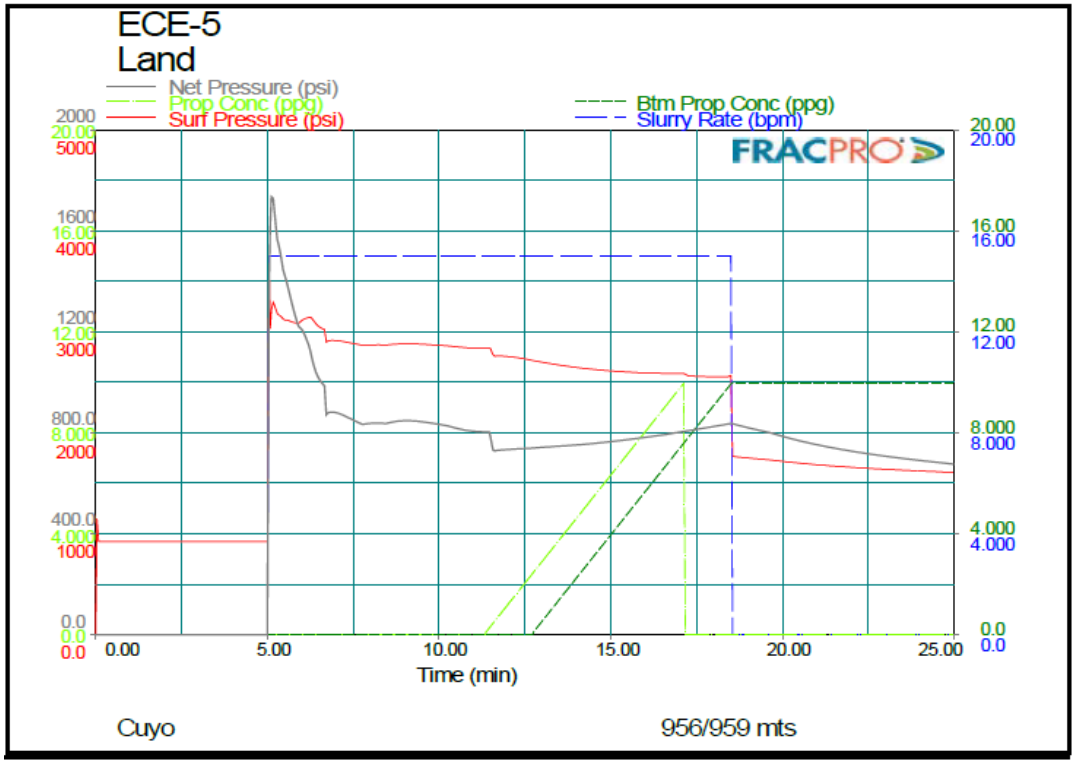


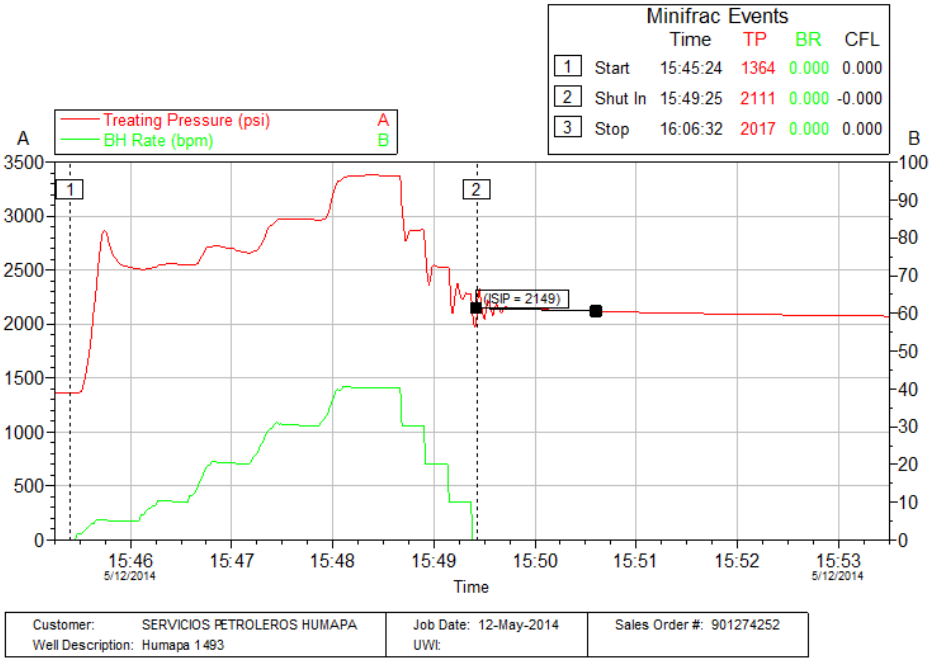
Table 3: Fracture Pressure Summary*

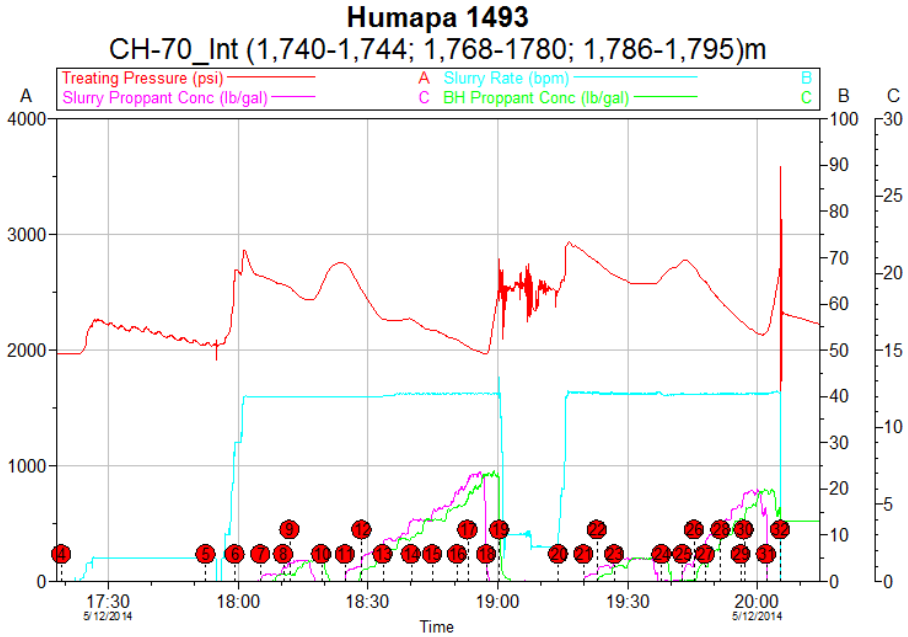
Model Net Pressure (psi)**	836	**BH Fracture Closure Stress (psi)**	2287
Observed Net Pressure (psi)**	0	**Closure Stress Gradient (psi/ft)**	0,728
Hydrostatic Head* (psi)**	1348	**Avg. Surface Pressure (psi)**	2772
Reservoir Pressure (psi)	1425	**Max. Surface Pressure (psi)**	3575

* Averages and maxima reported for Main Frac stages.
** Values reported for the end of the last pumping stage (Stage 4, Main frac flush)
*** Value reported for clean fluid

HHP (Hydraulic Horse Power)

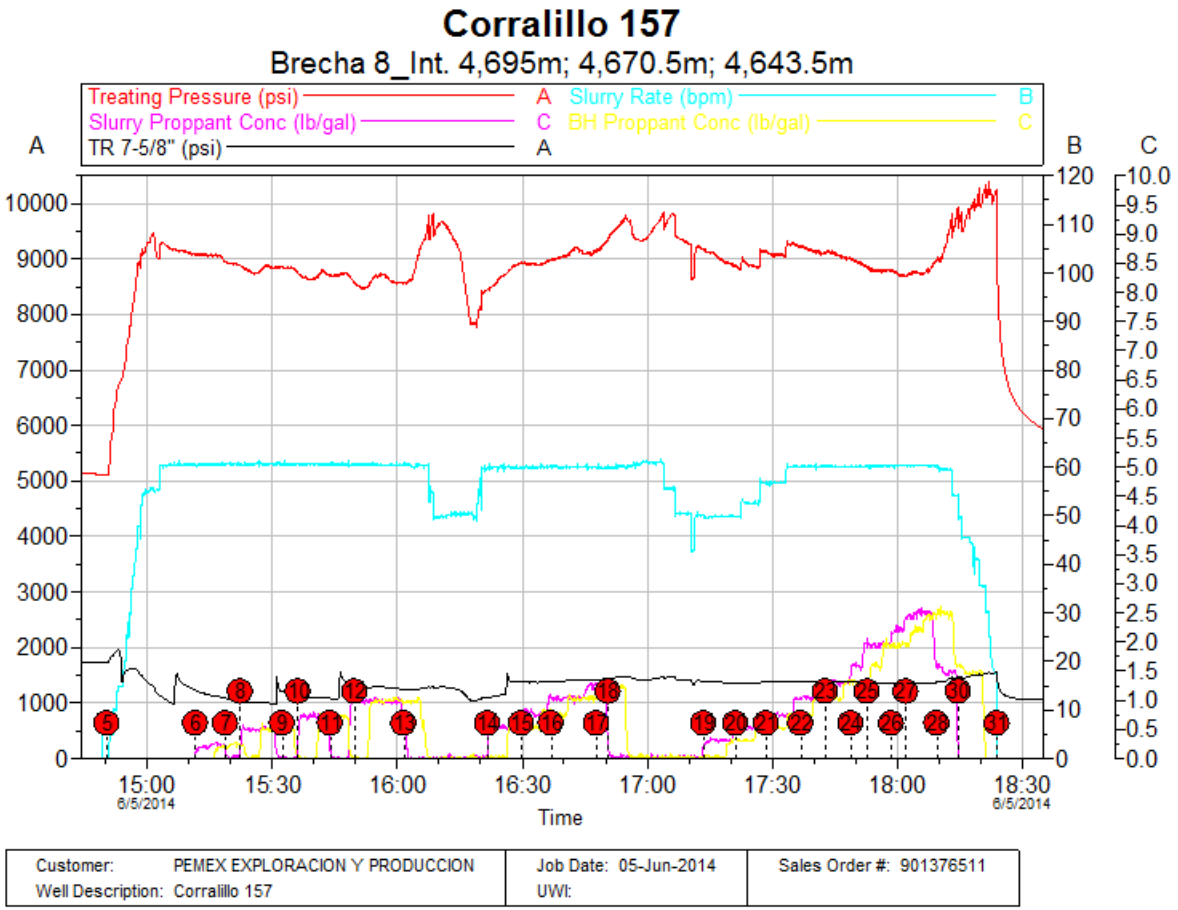
- Problema 2: Determinar la potencia máxima que fue requerida en el trabajo. (utilizar valores aproximados)





HHP (Hydraulic Horse Power)

- Problema : Determinar la potencia máxima que fue requerida en el trabajo. (utilizar valores aproximados)



FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

CAPACIDADES Y DESPLAZAMIENTOS

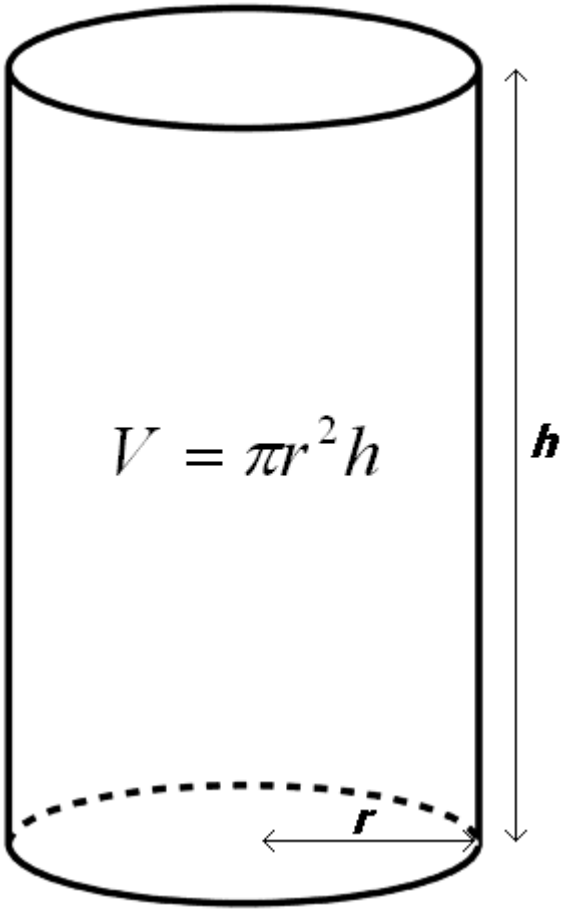
Cálculos Operativos

Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

Cálculo del volumen de un cilindro

- Para poder calcular el volumen es necesario conocer el diámetro (D) o el radio (r) de la base, es decir del círculo y también la altura (h) del cilindro.



π=3.1416

- Por ejemplo con: D=6 ft y h=100 ft

a. $r = \frac{D}{2}$

b. $r = \frac{6ft}{2}$

c. $r = 3ft$

d. $V = 3.1416 * (3ft)^2 x 100\text{ft}$

e. $V = 3.1416 * 9ft^2 x 100\text{ft}$

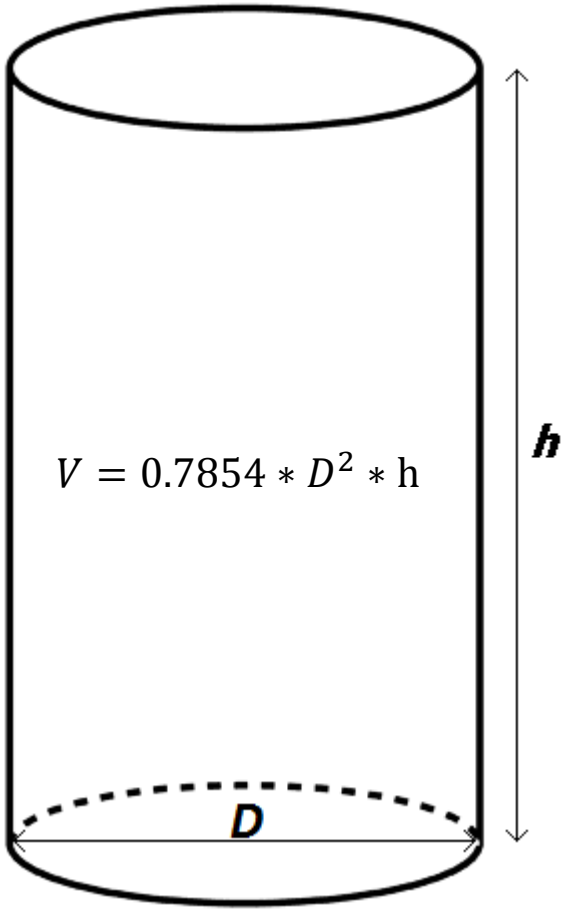
f. $V = 3.1416 * 900ft^3$

g. $\boxed{V = 2827.44ft^3}$

IMPORTANTE: la altura y el diámetro deben estar en las mismas unidades de medición.

Cálculo del volumen de un cilindro

Un método más sencillo:



π=3.1416

- Por ejemplo con:
- D=6 ft
- h=100 ft

a. $V = 0.7854 * (6ft)^2 * 100\mathrm{ft}$

b. $V = 0.7854 * 36ft^2 * 100\mathrm{ft}$

c. $V = 0.7854 * 3600ft^3$

d. $\boxed{V = 2827.44ft^3}$

Características de la cañería

- Para conocer la capacidad de la cañería o el total de volumen que puede entrar en cierta cañería es necesario conocer las características de la misma, por ejemplo:

  - **3 ½”, 9.2 lb/ft, N-80**
  - **5 ½”, 17#, J-55**
  - **4 ½”, 15.1 lb/ft, Q-125**

- Es importante al llegar al pozo confirmar que la cañería de la propuesta es la misma que la real, ya que de esto dependen los cálculos para el desplazamiento y la máxima presión de tratamiento que soporta la cañería.

Características de la cañería

- Normalmente se nos dan los siguientes datos de la cañería:

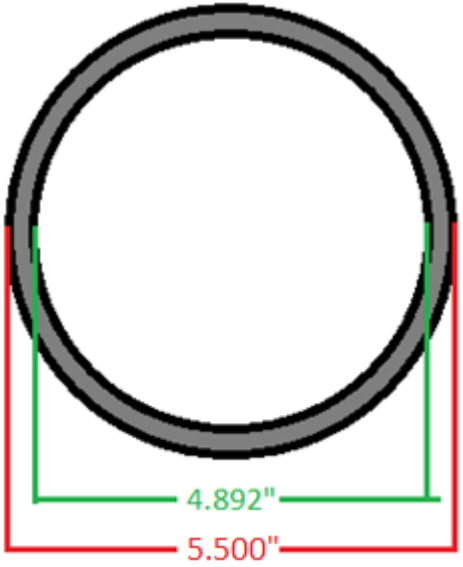
5 ½", 17#, N-80

Diámetro Externo (in) | Peso (lb/ft) | Grado API

Características de la cañería

- Con la anterior información nos podemos referir a las tablas de cañería o al Redbook. ***5 ½", 17#, N-80***

Size		Weight	ID		Drift		Capacity
Inches	*mm*	lbs/ft	Inches	*mm*	Inches	*mm*	bbl/100ft
		13.00	5.044	*128.12*	4.919	*124.94*	2.47
		14.00	5.012	*127.30*	4.887	*124.13*	2.44
		15.50	4.950	*125.73*	4.825	*122.56*	2.38
		17.00	4.892	*124.26*	4.767	*121.08*	2.32
		20.00	4.778	*121.36*	4.653	*118.19*	2.22
5 1/2	*139.70*	23.00	4.670	*118.62*	4.545	*115.44*	2.12
		26.00	4.548	*115.52*	4.423	*112.34*	2.01
		28.40	4.440	*112.78*	4.315	*109.60*	1.91
		29.70	4.376	*111.15*	4.251	*107.98*	1.86
		32.30	4.276	*108.61*	4.151	*105.44*	1.78
		36.40	4.090	*103.89*	3.965	*100.71*	1.62
		39.30	4.044	*102.72*	3.919	*79.54*	1.59



- La cañería tiene entonces un diámetro interno (ID) de 4.892 in y un factor de capacidad de 0.0232 bbl/ft. Para calcular la capacidad volumétrica de la cañería es <u>obligatorio usar el ID de la misma.</u>

Cálculo del volumen de la cañería con ambos diámetros

- Se calculará la capacidad volumétrica en galones utilizando ambos diámetros externo (OD) e interno (ID) de ***5 ½", 17#, N-80***

$$\boldsymbol{OD = 5.5\ in}$$

$$OD = 5.5\ in\left(\frac{1\ ft}{12\ in}\right) = 0.4583ft$$

$$h = 1000m\left(\frac{1\ ft}{0.3048\ m}\right) = 3280.8398ft$$

$$V = 0.7854 * OD^2 * \mathrm{h}$$

$$V = 0.7854 * (0.4583ft)^2 * 3280.8398\mathrm{ft}$$

$$V = 0.7854 * 0.21ft^2 * 3280.8398\mathrm{ft}$$

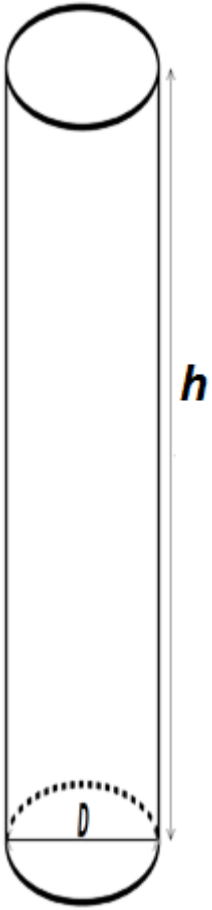
$$V = 0.7854 * 689.1039ft^3$$

$$V = 541.0698ft^3$$

$$V = 447.2222ft^3\left(\frac{7.4805gal}{1\ ft^3}\right)$$

$$\boxed{V = 4048.61gal}$$

$$\boldsymbol{h = 1000m}$$



$$\boldsymbol{ID = 4.892\ in}$$

$$ID = 4.892\ in\left(\frac{1\ ft}{12\ in}\right) = 0.4076ft$$

$$h = 1000m\left(\frac{1ft}{0.3048\ m}\right) = 3281ft$$

$$V = 0.7854 * OD^2 * \mathrm{h}$$

$$V = 0.7854 * (0.4076ft)^2 * 3280.8398\mathrm{ft}$$

$$V = 0.7854 * 0.1662ft^2 * 3280.8398\mathrm{ft}$$

$$V = 0.7854 * 545.0713ft^3$$

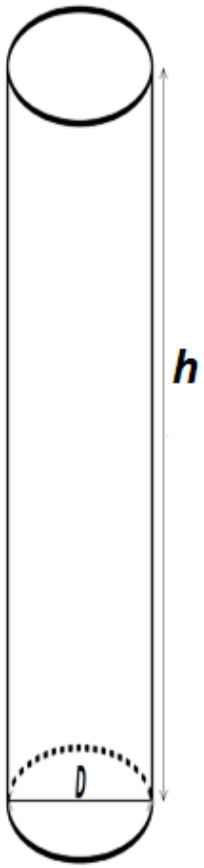
$$V = 428.23941$$

$$V = 428.2394ft^3\left(\frac{7.4805gal}{1\ ft^3}\right)$$

$$\boxed{V = 3203.44gal}$$

Cálculo del volumen de la cañería

- Se concluye entonces que existe una gran diferencia en el resultado si se toma por equivocación el diámetro externo. A continuación se explica un método más sencillo para calcular la capacidad volumétrica adecuado a las unidades de medida que se ocupan comúnmente en la industria del petróleo. Nuevamente ***5 ½", 17#, N-80***



$h = 1000m$

$ID = 4.892\ in$

$$\boldsymbol{V = 0.133856 \frac{1}{in^2 m} * ID^2 * \mathrm{h}}$$

$$V = 0.133856 \frac{1}{in^2 m} * (4.892 in)^2 * 1000\mathrm{m}$$

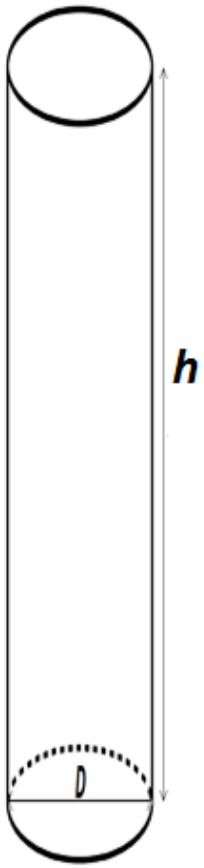
$$V = 0.133856 \frac{1}{in^2 m} * 23.9317 in^2 * 1000\mathrm{m}$$

$$V = 0.133856 \frac{1}{in^2 m} * 23931.7 in^2 m$$

$$\boxed{V = 3203.40 gal}$$

Cálculo del volumen de la cañería

- Cuando se cuenta con el factor de capacidad se realiza de la siguiente manera. Nuevamente ***5 ½", 17#, N-80***



$$factor\ de\ capacidad = 0.0232\frac{bbl}{ft}$$

$$h = 1000m$$

$$h = 1000m * \left(\frac{3.281\ ft}{1\ m}\right) = 3281ft$$

$$V = 0.0232\frac{bbl}{ft} * 3281ft$$

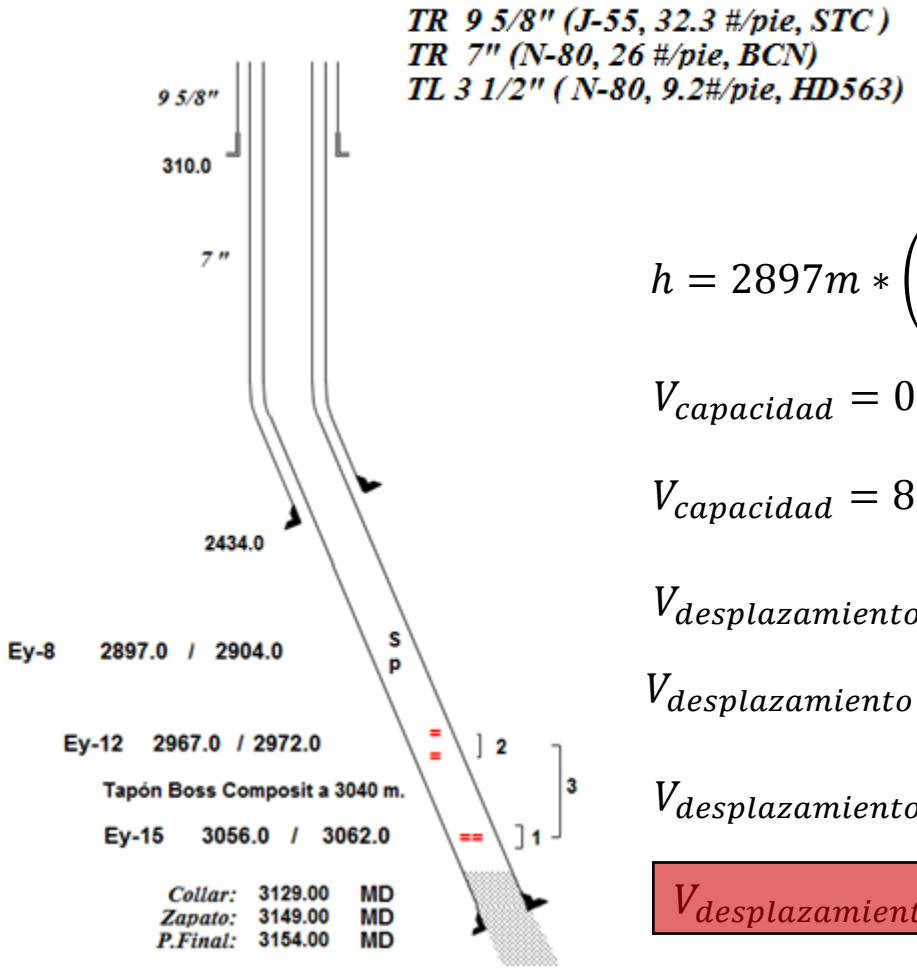
$$V = 76.1192bbl$$

$$V = 76.1192bbl * \left(\frac{42gal}{1bbl}\right)$$

$$\boxed{V = 3197gal}$$

Caso práctico

- Se requiere calcular el volumen para desplazar el tratamiento de la formación Ey-8 en el Pozo Trapiche 7. El cliente solicita que se sub-desplace 2 bbl por encima del tope de los perforados.



$$h = 2897m$$

$$ID(Redbook) = 2.992\ in$$

$$factor\ de\ capacidad = 0.0087\frac{bbl}{ft}$$

$$h = 2897m * \left(\frac{3.281\ ft}{1\ m}\right) = 9505.06ft$$

$$V_{capacidad} = 0.0087\frac{bbl}{ft} * 9505ft$$

$$V_{capacidad} = 82.6935bbl$$

$$V_{desplazamiento} = 82.6935bbl - 2bbl$$

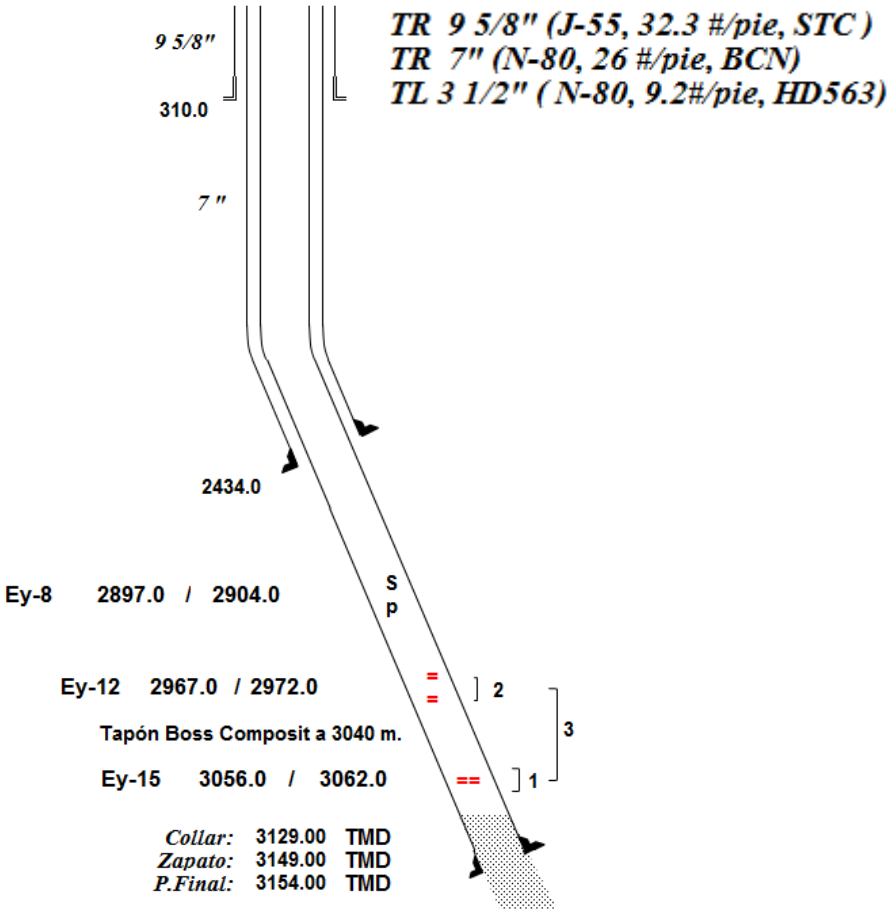
$$V_{desplazamiento} = 80.6935bbl$$

$$V_{desplazamiento} = 80.6935bbl * \left(\frac{42gal}{1bbl}\right)$$

$$\boxed{V_{desplazamiento} = 3389gal}$$

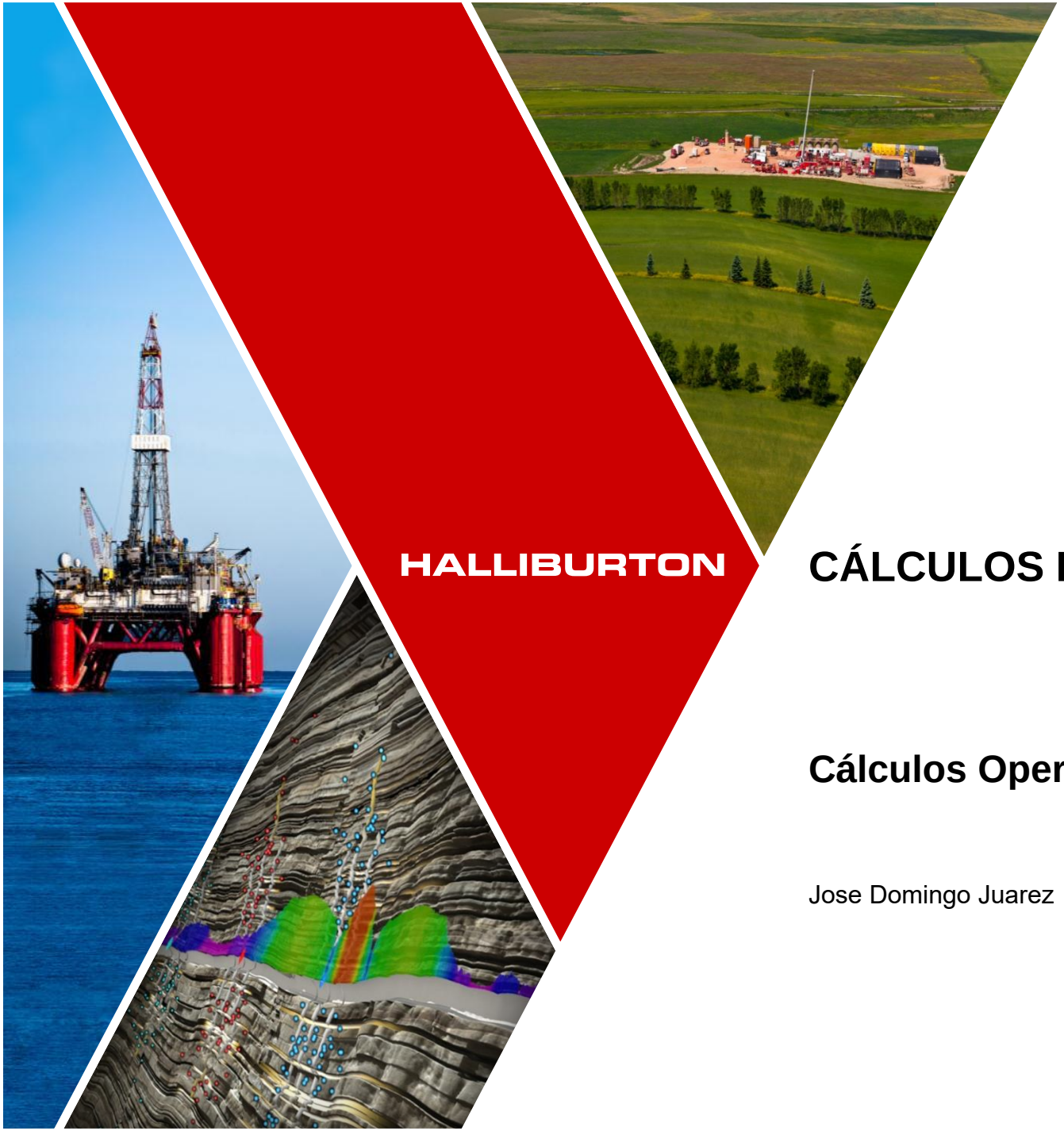
Caso práctico

- Problema 1: Calcular volumen de desplazamiento de tratamiento solicitado por el cliente para los tratamientos de las formaciones Ey-12 y la Ey-15



$$ID(Redbook) = 2.992\ in$$

$$factor\ de\ capacidad = 0.0087\,\frac{bbl}{ft}$$



FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

CÁLCULOS DE TIEMPO

Cálculos Operativos

Jose Domingo Juarez

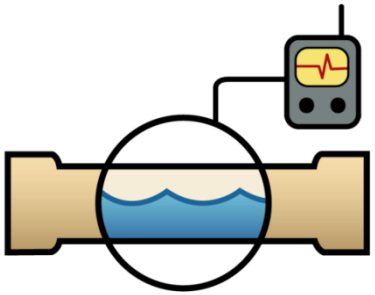
Solving challenges.™

Tiempo de Tránsito

- Se le conoce como tiempo de tránsito t al total de minutos que transcurren para que el fluido bombeado (etapa de ácido o de arena, etc.) alcance el tope de los perforados.
- Este dato depende de la capacidad del pozo V y del caudal Q al que se está realizando la operación.
- Se despeja el tiempo de la fórmula de caudal:

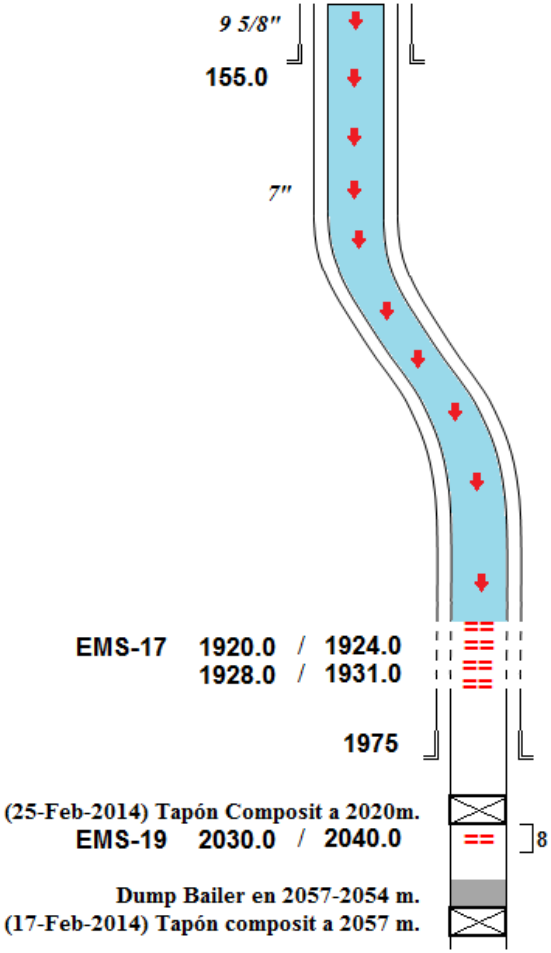
$$Q = \frac{V}{t}$$

$$\boldsymbol{t = \frac{V}{Q}}$$



Tiempo de Tránsito

- El pozo Arcabuz 428 tiene una capacidad hasta 1920m de 2,300 gal y se realizará un tratamiento de estimulación a la formación EMS-17 a un caudal de 30 bpm. ¿Cuál es el tiempo de tránsito?



$$V = 2300gal * \left(\frac{1bbl}{42\ gal}\right)$$

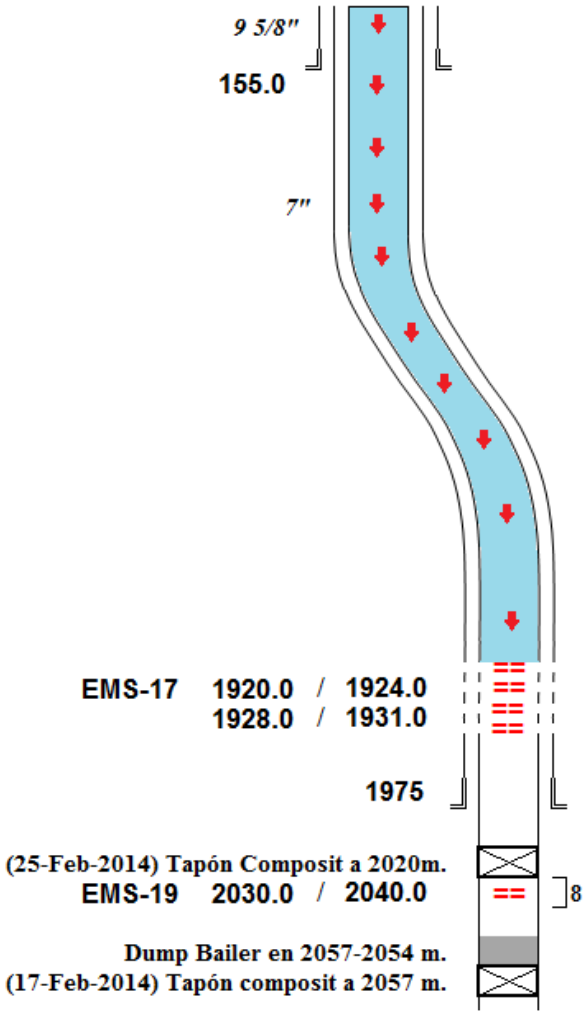
$$V = 54.7619bbl$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{54.7619bbl}{30\frac{bbl}{min}}$$

$$\boxed{t = 1.83min = 1{:}49min}$$

Tiempo de Tránsito



- Problema 1: Calcular el tiempo de tránsito con $Q = 40bpm$ para la formación EMS-17.
- Problema 2: Calcular el tiempo de tránsito con $Q = 30bpm$ para la formación EMS-19. La capacidad al tope de los perforados es de 2,432gal.

Tiempo de bombeo

- Si se requiere calcular cuánto tiempo llevará el realizar el tratamiento en total o únicamente una etapa se emplea la misma fórmula.

$$t = \frac{V}{Q}$$

ETAPA DE FRACTURA 1								
Stage Type	Flow Rate (bpm)	Prop Conc (ppg)	Prop Conc (ppg)	Clean Vol (gal)	Stage Length (min)	Stage Prop (klbs)	Fluid Type	Proppant Type
Main frac pad	15	0	0	4.000		0	DF140 25#	
Main frac slurry	15	0	10	3.000		150	DF140 25#	Arena Blanca 12/20
Main frac flush	15	0	0	850			WG35 25#	
Shut-in							Shut-in	

- Para calcular el tiempo que requerirá el bombeo del colchón:

$$V = 4000gal * \left(\frac{1bbl}{42\ gal}\right)$$

$$V = 95.238bbl$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{95.238bbl}{15\frac{bbl}{min}}$$

$$\boxed{t = 6.35min = 6{:}21min}$$

FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

PORCENTAJE DE COLCHÓN

Cálculos Operativos

Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

Porcentaje de PAD

- Para conocer el porcentaje que ocupa la etapa de PAD o colchón es necesario conocer el total de los volúmenes de las etapas de arena y el volumen del PAD. Se calcula dividiendo el volumen de PAD entre el volumen total de la fractura.

	Stage Type	Flow Rate (bpm)	Prop Conc (ppg)	Clean Vol (gal)	Stage Length (min)	Cumul Time (min:sec)	Fluid Type	Proppant Type
1	Minifrac	40.00	0.00	8,000	4.76	4:45	WG1812cP	
2	Shut-in	0.00	0.00	0	60.00	64:45	Shut-in	
3	Main frac pad	40.00	0.00	24,000	14.29	79:02	Sir33cP	
4	Main frac slurry	40.00	1.00	5,000	3.11	82:09	Sir33cP	Ceramax I 20/40
5	Main frac slurry	40.00	2.00	7,500	4.87	87:01	Sir33cP	Ceramax I 20/40
6	Main frac slurry	40.00	3.00	10,500	7.09	94:07	Sir33cP	Ceramax I 20/40
7	Main frac slurry	40.00	4.00	11,000	7.73	101:50	Sir33cP	Ceramax I 20/40
8	Main frac slurry	40.00	5.00	12,000	8.75	110:35	Sir33cP	Ceramax I 20/40
9	Main frac slurry	40.00	6.00	12,000	9.07	119:40	Sir33cP	Ceramax I 20/40
10	Main frac slurry	40.00	7.00	13,214	10.34	130:00	Sir33cP	Ceramax I 20/40
11	Main frac flush	40.00	0.00	7,279	4.33	134:20	WG1812cP	
12	Shut-in	0.00	0.00	0	1,500.00	1634:20	Shut-in	

$$V_{total} = (24000 + 5000 + 7500 + 10500 + 11000 + 12000 + 12000 + 13214)gal$$

$$V_{total} = 95214gal$$

$$\%PAD = \frac{V_{PAD}}{V_{total}} * 100$$

$$\%PAD = \frac{24000gal}{95214gal} * 100 = \boxed{25.2\%}$$

Porcentaje de PAD

- Problema: Calcular el porcentaje de PAD del tratamiento de fractura a realizarse en el pozo Culebra 638.

Perm Stim 60#

FECHA: 28-Nov-14

POZO : Culebra 638

INTERVALO : 1834-1840 m

YACIMIENTO: MS-18

TEMPERATURA : 208 F

VERSION: FINAL

1,200 Sacos Super DC 16/30

Sacos

GEL+ Reserva: 10,000 GAL **30** **10,000 GALS. RESERVA GALS** **GASTO: 20.0 BPM** **EN FONDO**

Etapa No.	Etapa # GEL	Conc. Arena (Lbs/Gal)	Vol. Limpio Etapa (Gals.)	Vol. Limpio Trabajo (Gals.)	Vol. Limpio x Bombear (Gals.)	**Vol. Sucio por Etapa (Gals.)**	Vol. Sucio x Trabajo (Gals.)	Apuntalante x Etapa (Sacos)	Apuntalante Acumulado (Sacos)	Arena x Bombear (Sacos)	Gasto Sucio (BPM)	Gasto Limpio (BPM)	Tiempo por Etapa (Minutos)	Tiempo de Operación	Volumen Absoluto (Gal/Lb)
1	Precolchón		**5,000**	5,000		**5,000**	5,000				**20.0**	20.00	5.95	70.1	
2	**Colchon 60#**	0	**10,500**	15,500	45,500	**10,500**	15,500				**20.0**	20.00	12.50	64.1	
3	**STG 1 60#**	1.0	**3,500**	19,000	35,000	**3,663**	19,163	35	35	1,200	**20.0**	19.11	4.36	51.6	**0.04660**
4	**STG 2 60#**	2.0	**6,000**	25,000	31,500	**6,559**	25,722	120	155	1,165	**20.0**	18.29	7.81	47.2	**0.04660**
5	**STG 3 60#**	3.0	**7,000**	32,000	25,500	**7,979**	33,701	210	365	1,045	**20.0**	17.55	9.50	39.4	**0.04660**
6	**STG 4 60#**	4.0	**9,000**	41,000	18,500	**10,678**	44,379	360	725	835	**20.0**	16.86	12.71	29.9	**0.04660**
7	**STG 5 60#**	5.0	**9,500**	50,500	9,500	**11,714**	56,092	475	1,200	475	**20.0**	16.22	13.94	17.2	**0.04660**
8	DESPLAZAR	0.00	**2,242**	52,742	0	**2,242**	58,334			0	**20.0**	16.25	3.28	3.3	
	TOTALES		**45,500 GEL LIMPIO**			**51,092**	GALS.	**1,200 Sacos**					**70.06**		

FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

VOLÚMENES

Cálculos Operativos

Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

Volumen de aditivos

- Las pruebas de estabilidad realizadas en laboratorio nos arrojan concentraciones de aditivos a utilizar en gal/Mgal o GPT. Si tenemos la concentración y el volumen de la etapa podemos calcular el volumen a utilizar de cada aditivo. Por ejemplo, se requiere conocer el volumen de BC-140 que será empleado en la etapa de colchón:

Programa de bombeo		% PAD	50%											LA			
Tiempo	Conc. Arena	Volumen Limpio		Limpio Tanque	Tornillo 12		Caudal Entrada		Volumen Sucio		Dens.		BC-140 1.4 gal/Mgal				
min	#/gal	bbls	gal	gal	rpm		bpm		bbls	gal	#/gal		gal/Mgal	gal	gpm	gpm	
4:33	Tubing	18.2	765	22746			4.00		18.2	765	8.35						
2:22	Minifrac	47.6	2000	21981			20.00		65.8	2765	8.35		1.4				
0:23	StepDown	7.1	300	19981			18.00		73.0	3065	8.35						
0:26	StepDown	7.1	300	19681			16.00		80.1	3365	8.35						
0:30	StepDown	7.1	300	19381			14.00		87.3	3665	8.35						
0:35	StepDown	7.1	300	19081			12.00		94.4	3965	8.35						
10:34	Colchón	190.5	8000	18781			18.00		208.7	8765	8.35		1.4				
4:19	2	2	71.4	3000	10781	38	38	16.50	16.50	286.6	12038	9.48	9.48	1.4			
3:07	4	4	47.6	2000	7781	71	71	15.22	15.22	342.9	14403	10.44	10.44	1.4			
4:41	4	10	71.4	3000	5781	71	144	15.22	12.36	427.4	17950	10.44	12.60	1.4			
1:01	Desplaz	18.6	781	2781			18.00		446.0	18731	8.35						
	Exceso	47.6	2000	2000													

$$V_{PAD} = 8000gal$$

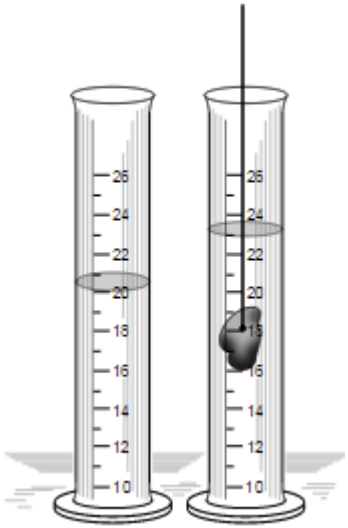
$$Conc_{BC-140} = 1.4\frac{gal}{Mgal}$$

$$V_{BC-140} = 8000gal * \left(\frac{1Mgal}{1000gal}\right) * 1.4\frac{gal}{Mgal}$$

$$\boxed{V_{BC-140} = 11.2gal}$$

- Problema: calcular el total de volumen de BC-140 a utilizar en TODA la operación.

Factor de volumen absoluto (AVF)



- Empezaremos por revisar el principio de Arquímides, que nos dice que, cuando un cuerpo es sumergido en un fluido, este cuerpo desplazará un volumen de fluido igual a su propio volumen.
- Es decir, si requiero conocer el volumen de una roca de dimensiones irregulares puedo, por ejemplo, sumergirla en un recipiente con 20 ml de agua. Si tras sumergirla yo mido 23 ml en el recipiente quiere decir que el volumen de la roca es de 3ml.
- El AVF es un factor que nos dice cuánto volumen ocupa (en galones) una libra de cierto apuntalante. Cada tipo de apuntalante tiene su propio AVF.
- Por ejemplo, la arena Ottawa tiene un AVF de $0.0456\frac{gal}{lb}$ quiere decir que si sumerjo 1lb de arena Ottawa en un contenedor con 1 gal de agua, la medición posterior marcará 1.0456gal.

Volumen limpio y sucio

- En los tratamientos de fractura hidráulica apuntalada manejamos 2 tipos de volúmenes principales: Limpio y Sucio.
- El volumen limpio es el que incluye únicamente el fluido sin apuntalante, mientras que el sucio incluye el volumen que ocupa el apuntalante una vez que es mezclado con el fluido limpio.
- Para calcular el volumen sucio V_S es necesario conocer el volumen limpio V_L, la concentración del apuntalante C y el AVF del apuntalante. La fórmula es la siguiente:

$$V_S = V_L * (1 + [C * AVF])$$

Volumen limpio y sucio

- Si vamos a bombear una etapa de arena Ottawa 20/40 ($AVF = 0.0456\frac{gal}{lb}$) de 5000gal a una concentración de 4ppg, ¿cuánto es el volumen sucio que se bombeará al pozo?

$$V_S = V_L * (1 + [C * AVF])$$

$$V_S = 5000gal * \left(1 + \left[4\frac{lb}{gal} * 0.0456\frac{gal}{lb}\right]\right)$$

$$V_S = 5000gal * (1 + 0.1824)$$

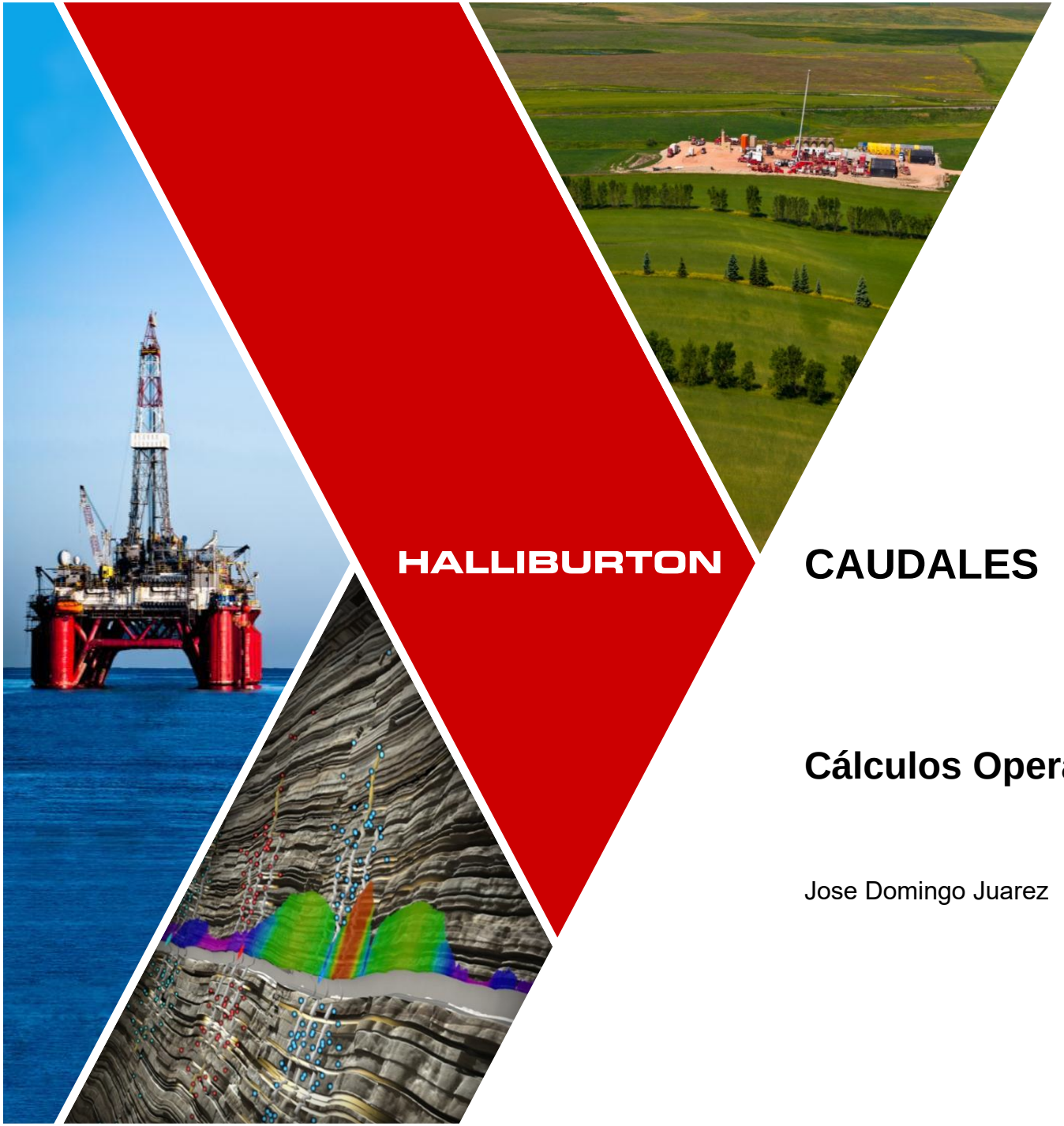
$$V_S = 5000gal * (1.1824)$$

$$\boxed{V_S = 5912gal}$$

- Si se requiere conocer el volumen limpio y se conoce el volumen sucio simplemente se despeja la fórmula anterior:

$$V_S = V_L * (1 + [C * AVF])$$

$$\boldsymbol{V_L = \frac{V_S}{(1 + [C * AVF])}}$$



FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

CAUDALES

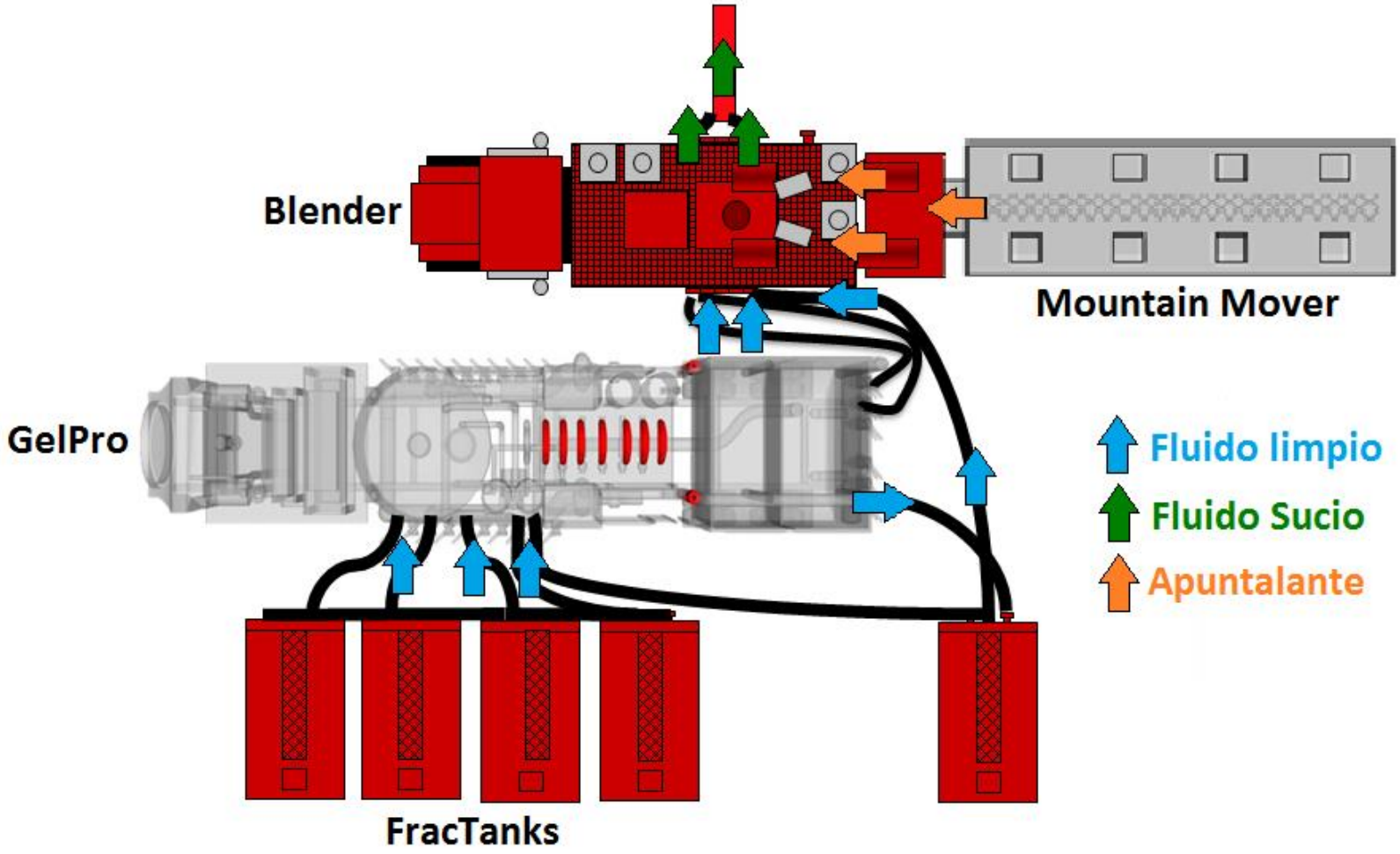
Cálculos Operativos

Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

Caudal limpio y sucio

- En los tratamientos de fractura hidráulica apuntalada manejamos también 2 tipos de caudales principales: Caudal Limpio Q_L y Caudal Sucio Q_S.



Caudal limpio y sucio

- Para calcular el caudal sucio Q_S es necesario conocer el caudal limpio Q_L, la concentración de apuntalante C, y el AVF del apuntalante. Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_S = Q_L * (1 + [C * AVF])$$

- Por ejemplo: el sensor de caudal colocado en la succión del blender marca 30.789bpm y estamos en la etapa de 3ppg de apuntalante Ottawa 20/40 ($AVF = 0.0456 \frac{gal}{lb}$). ¿A qué gasto se está realizando la fractura?

$$Q_S = 30.789bpm * \left(1 + \left[3\frac{lb}{gal} * 0.0456\frac{gal}{lb}\right]\right)$$

$$Q_S = 30.789bpm * (1 + 0.1368)$$

$$Q_S = 30.789bpm * (1.1368)$$

$$\boxed{Q_S = 35bpm}$$

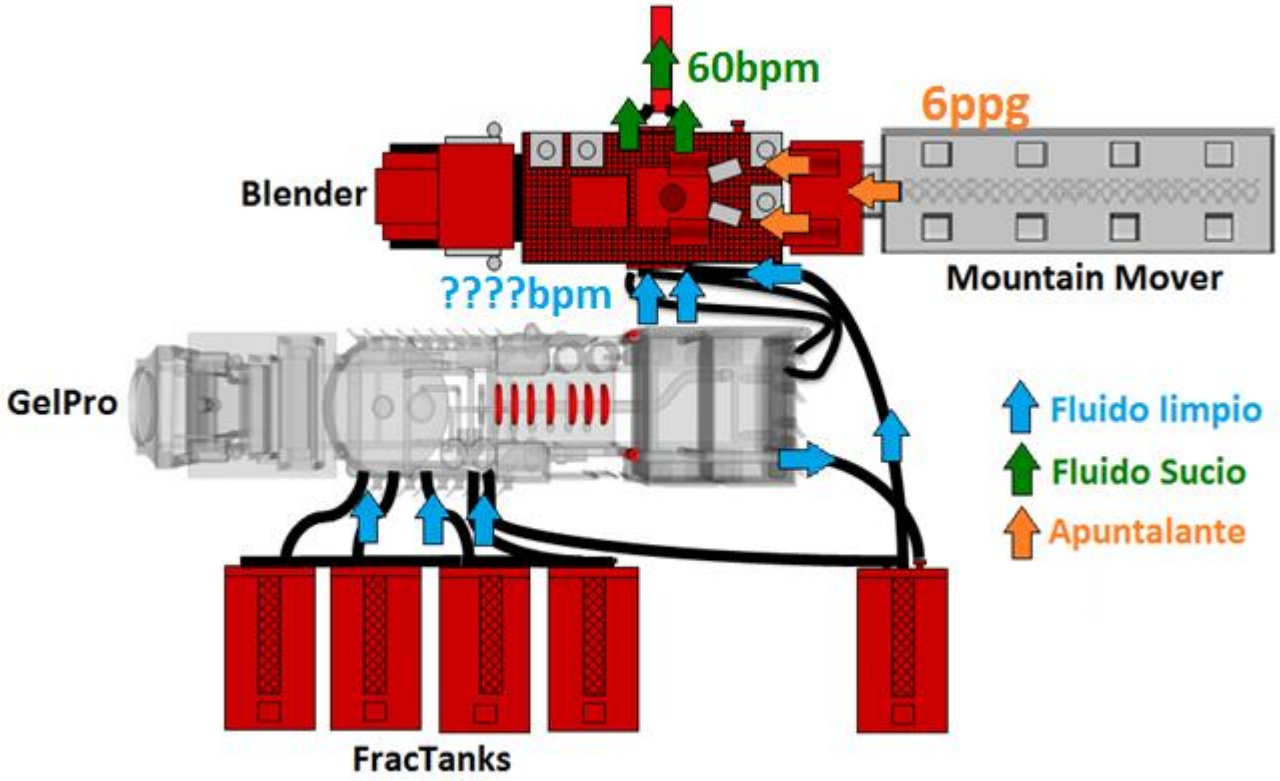
- Si se requiere calcular el caudal limpio, se despeja la fórmula:

$$Q_S = Q_L * (1 + [C * AVF])$$

$$\boldsymbol{Q_L = \frac{Q_S}{(1 + [C * AVF])}}$$

Caudal limpio y sucio

- Ejemplo: la fractura hidráulica apuntalada se está llevando a cabo a 60bpm y se cree que existe un problema con el sensor de caudal de succión que marca 34.98bpm y requerimos conocer el caudal que debería marcar. Nos encontramos en la etapa de 6ppg de apuntalante Ottawa 20/40 ($AVF = 0.0456\frac{gal}{lb}$).



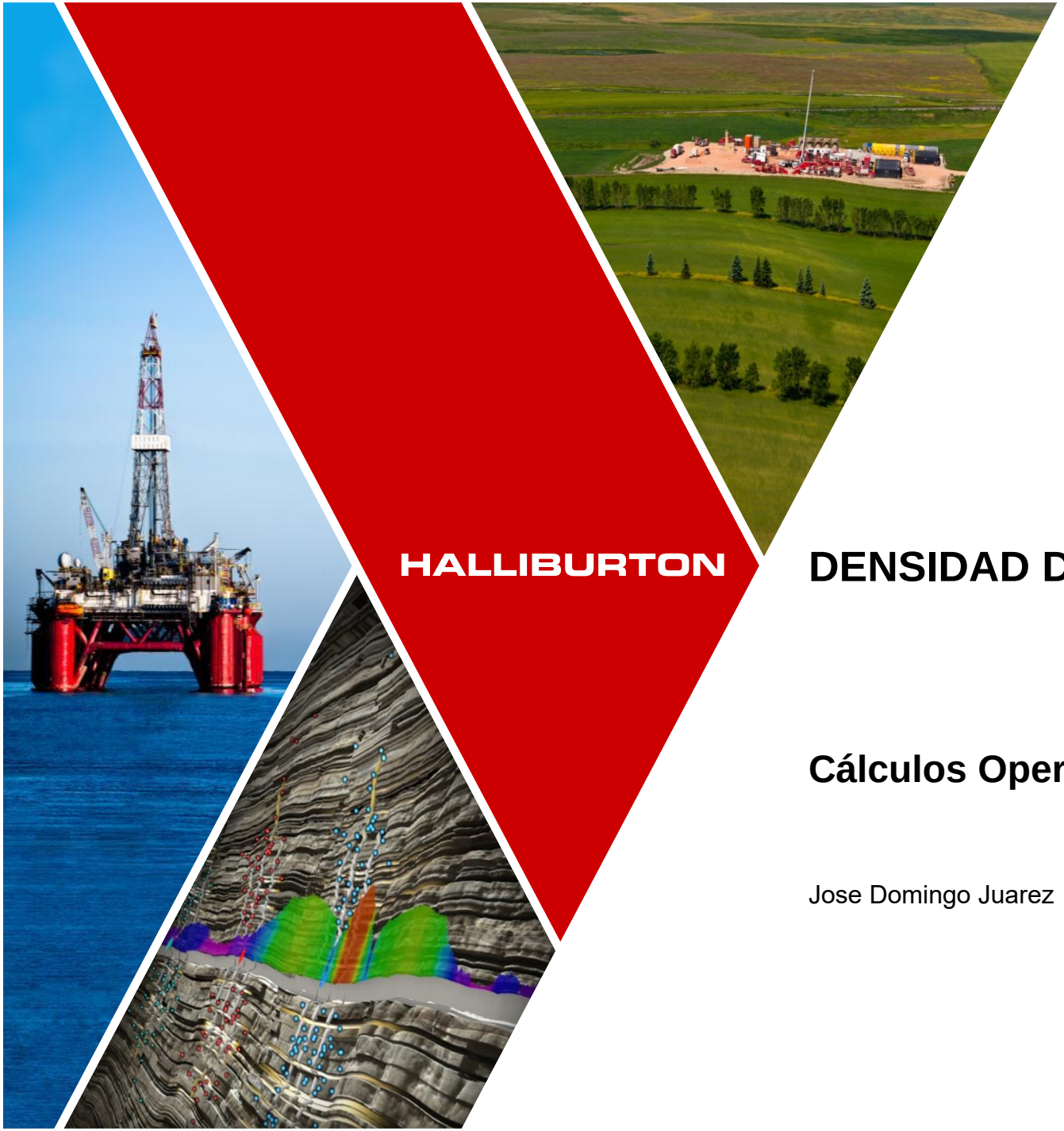
$$Q_L = \frac{Q_S}{(1 + [C * AVF])}$$

$$Q_L = \frac{60bpm}{\left(1 + \left[6\frac{lb}{gal} * 0.0456\frac{gal}{lb}\right]\right)}$$

$$Q_L = \frac{60bpm}{(1 + 0.2736)}$$

$$Q_L = \frac{60bpm}{(1.2736)}$$

$$\boxed{Q_L = 47.11bpm}$$



FOR INTERNAL USE ONLY

HALLIBURTON

DENSIDAD DE LA MEZCLA

Cálculos Operativos

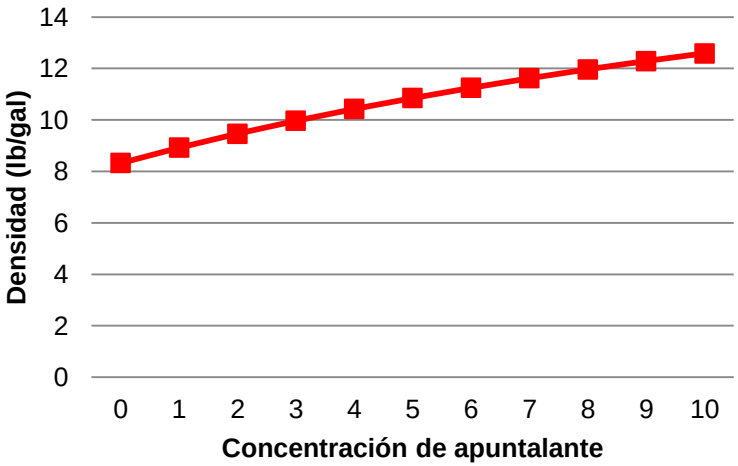
Jose Domingo Juarez

Solving challenges.™

Densidad de mezcla

- En los tratamientos de fractura utilizamos generalmente como fluido base el agua, cuya densidad ρ_{H2O} es de $8.33\,\frac{lb}{gal}$, que en otras palabras nos dice que si pesamos un galón de agua, el valor observado en la báscula será 8.33lb.
- Cuando mezclamos el agua con apuntalante la densidad comienza a subir conforme aumenta la concentración de arena. Para calcular la densidad de un fluido con arena ρ_{slurry} es necesario conocer la densidad del fluido base ρ_{base}, la concentración del apuntalante C y el AVF del apuntalante. La fórmula es:

$$\rho_{slurry} = \frac{(\rho_{base} + C)}{(1 + [C * AVF])}$$



Densidad de mezcla

- Ejemplo: se requiere conocer la densidad que deberá medir el densímetro durante la etapa de 1.5ppg de apuntalante Ottawa 20/40 ($AVF = 0.0456\frac{gal}{lb}$). El fluido base es agua.

$$\rho_{slurry} = \frac{(\rho_{base} + C)}{(1 + [C * AVF])}$$

$$\rho_{slurry} = \frac{\left(8.33\frac{lb}{gal} + 1.5\frac{lb}{gal}\right)}{\left(1 + \left[1.5\frac{lb}{gal} * 0.0456\frac{gal}{lb}\right]\right)}$$

$$\rho_{slurry} = \frac{\left(9.83\frac{lb}{gal}\right)}{(1 + 0.0684)}$$

$$\rho_{slurry} = \frac{\left(9.83\frac{lb}{gal}\right)}{(1.0684)}$$

$$\boxed{\rho_{slurry} = 9.2\frac{lb}{gal}}$$

Concentración de apuntalante

- Si se conoce la densidad del fluido base ρ_{base} y la densidad de la mezcla ρ_{slurry} y el tipo de arena (para contar con el AVF) y se requiere conocer la concentración de apuntalante se debe despejar la fórmula:

$$\rho_{slurry} = \frac{(\rho_{base} + C)}{(1 + [C * AVF])}$$

$$\rho_{slurry}(1 + [C * AVF]) = \rho_{base} + C$$

$$\rho_{slurry} + \left(C * \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right) = \rho_{base} + C$$

$$\left(C * \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right) = \rho_{base} + C - \rho_{slurry}$$

$$-C + \left(C * \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right) = -\rho_{slurry} + \rho_{base}$$

$$C - \left(C * \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right) = \rho_{slurry} - \rho_{base}$$

$$C * \left(1 - \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right) = \rho_{slurry} - \rho_{base}$$

$$\boldsymbol{C = \frac{\rho_{slurry} - \rho_{base}}{\left(1 - \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right)}}$$

Concentración de apuntalante

- Si se conoce que la densidad medida de la mezcla es de $12.2873\,\frac{lb}{gal}$ y se está ocupando agua como fluido base, ¿cuál es la concentración de apuntalante de la etapa? Se está trabajando con apuntalante Ottawa 20/40 ($AVF = 0.0456\,\frac{gal}{lb}$).

$$C = \frac{\rho_{slurry} - \rho_{base}}{\left(1 - \left[AVF * \rho_{slurry}\right]\right)}$$

$$C = \frac{\left(12.2873\,\frac{lb}{gal} - 8.33\,\frac{lb}{gal}\right)}{\left(1 - \left[0.0456\,\frac{gal}{lb} * 12.2873\,\frac{lb}{gal}\right]\right)}$$

$$C = \frac{\left(3.9573\,\frac{lb}{gal}\right)}{(1 - 0.5603)}$$

$$C = \frac{\left(3.9573\,\frac{lb}{gal}\right)}{(0.4397)}$$

$$\boxed{C = 4\,\frac{lb}{gal}}$$