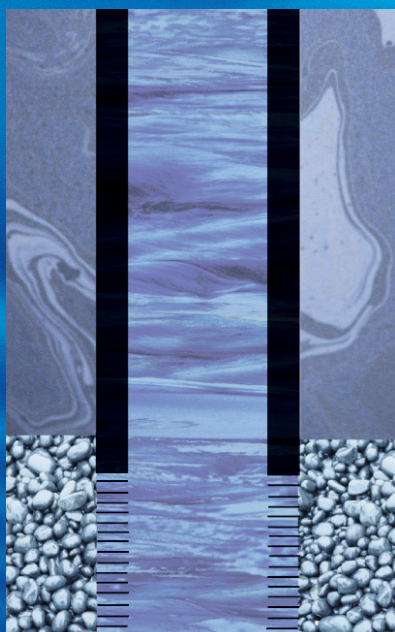




POZOS

Selección de entubado de pozos de PVC

En función de las consideraciones del hundimiento hidráulico

Westlake
Tubería y Conexiones

Selección de entubado de pozos de PVC en función de las consideraciones del hundimiento hidráulico

El PVC ofrece muchas ventajas conocidas para el perforador de pozos, incluida una excelente resistencia a la corrosión y un fácil montaje. Sin embargo, a diferencia del tubo de PVC convencional, la carga principal en el entubado de pozos es la presión externa más que la presión interna. Debido a esta distinción, comprender el efecto de la presión externa en el entubado de pozos de PVC es de vital importancia, como lo es también el uso de esta información en el proceso de selección del entubado de pozos.

La fuerza de hundimiento puede ser generada por diversas presiones externas, que actúan independientemente o en combinación, incluidas las siguientes:

- Hundimiento hidráulico, que se produce cuando el líquido que está fuera del entubado es mayor o más pesado que el líquido interior.
- Carga asimétrica o de impacto como consecuencia de una colocación inadecuada del empaque de grava.
- Liberación repentina del empaque de grava de puente.
- Expansión de la arcilla o desplazamiento de la formación.

De estos, solo el hundimiento hidráulico puede evaluarse y predecirse sin problemas. Los demás, que están generalmente influenciados por las prácticas de construcción, se evalúan de una mejor manera a través de la experiencia y el conocimiento de la geología local.

El procedimiento de selección de entubado de pozos de PVC en función de las consideraciones del hundimiento hidráulico es directo y consta de los siguientes pasos:

1. Calcular la presión externa, P_e , en la parte inferior del entubado.
2. Calcular la desviación de la presión interna, P_i , en la parte inferior del entubado.
3. Calcular $P_d = P_e - P_i$ para obtener la presión de hundimiento externa neta que actúa en la parte inferior del entubado.
4. Comparar este valor con la Resistencia a la presión de hundimiento hidráulico (RHCP) del entubado de PVC publicada (consultar la tabla 1). El entubado debe ser seleccionado de modo que su resistencia al hundimiento hidráulico sea mayor que la carga de presión externa neta aplicada; por lo general, se recomienda un factor de seguridad (F.S.) de 2:1.

NOTA: SI SE USA LECHADA DE CEMENTO, EL VALOR DE LA RHCP DEBERÁ REDUCIRSE EN FUNCIÓN DE LOS EFECTOS DE LA TEMPERATURA. CONSULTAR LA SECCIÓN "ENTUBADO DE PVC PARA LECHADA DE CEMENTO".

Clasif. nominal de SDR		Clasif. nominal de SCH		
	RHCP		RHCP (PSI)	
SDR	(PSI)	Tamaño	SCH 40	SCH 80
41	14	2"	291	877
32,5	29	3"	250	704
27,6	48	4"	152	459
26	58	4½"	130	
21	111	5"	103	329
17	215	6"	77	297
13,5	443	8"	52	205
		10"	39	176
		12"	32	163
		14"	30	160
		16"	30	152

TABLA 1: Resistencia a la presión de hundimiento hidráulico (RHCP) del entubado de pozos de PVC

NOTAS:

- PARA LOS ENTUBADOS CON CLASIFICACIÓN DE SDR, LOS VALORES DE RHCP APLICAN PARA TODOS LOS TAMAÑOS.
- LOS VALORES MÍNIMOS DE RHCP MOSTRADOS ANTERIORMENTE SE APLICAN INDEPENDIENTEMENTE DEL TIPO DE UNIÓN (SOLDADA CON SOLVENTE O CERTA-LOK).
- LOS VALORES DE RHCP SON PUNTOS DE FALLA PRONOSTICADOS; EL INGENIERO O EL CONTRATISTA DEBERÁN APLICAR UN FACTOR DE SEGURIDAD AL DISEÑO.
- ES POSIBLE QUE NO TODOS LOS TAMAÑOS Y LAS CLASIFICACIONES ESTÉN COMERCIALMENTE DISPONIBLES. CONSULTE LA DOCUMENTACIÓN DE ENTUBADO DE POZOS DE WESTLAKE TUBERÍA Y CONEXIONES PARA OBTENER UN LISTADO DE PRODUCTOS ESTÁNDAR.
- DISMINUCIÓN DE LA RHCP = 0,6 PSI POR °F DE AUMENTO DE TEMPERATURA SOBRE AMBIENTE.

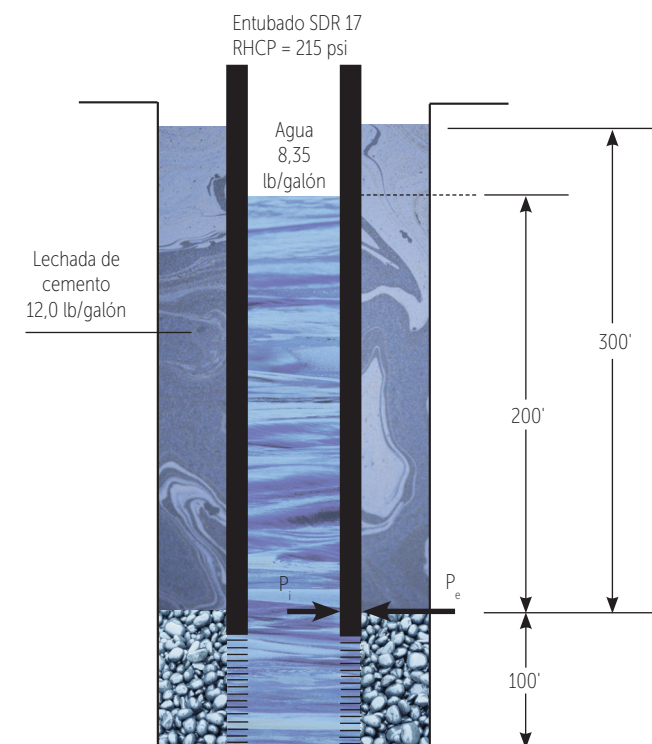
En los cálculos anteriores:

- **Presión (psi) = $H * W * 0,052$** donde H = Columna de altura del líquido (ft), W = Peso del líquido (lb/galón)
 - Agua = 8,35 lb/galón
 - Otros líquidos que se utilizan en la construcción de pozos, como lodo, lechadas y detritos de sondeos, pueden variar de 9 a 15 lb/galón o más.

Ejemplo

El siguiente ejemplo se usará para ilustrar este procedimiento. Aquí se hace hincapié en el entubado sólido, ya que las presiones hidráulicas tienden a igualarse a lo largo de la sección de pantallas abiertas antes del relleno, y la pantalla o el entubado ranurado deberán ser prácticamente inmunes al hundimiento después de que el empaque de grava se haya colocado correctamente. Sin embargo, se debe prestar especial atención al colocar el empaque de grava a fin de evitar el arriostamiento o una sedimentación excesiva que pueden generar altas fuerzas de tracción o radiales en el entubado, la pantalla y las uniones.

Siempre es una buena idea extraer un perfil del pozo que muestre las densidades y las alturas de los líquidos como una ayuda para calcular las presiones de hundimiento.



$$\begin{aligned}\text{Presión externa: } P_e &= 300 \times 12,0 \times 0,052 = 187 \text{ psi} \\ \text{Presión interna: } P_i &= 200 \times 8,35 \times 0,052 = 87 \text{ psi} \\ P_d &= 100 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 215/100 = 2,15$$

Presión de
hundimiento
externa neta

Las lechadas de cemento, como se mostró anteriormente, crean, generalmente, las mayores presiones de hundimiento que el entubado puede resistir. Sin embargo, las presiones de hundimiento también deben evaluarse para cualquier pozo que se construya con un espacio anular abierto ilimitado que se llenará posteriormente con líquido, especialmente si este espacio está ubicado al lado de la bomba sumergible. Los motores de la bomba sumergible pueden calentarse bastante, especialmente si la bomba puede funcionar en condiciones de carga cerrada de la bomba/flujo cero. Una disminución de la resistencia al hundimiento a causa del calentamiento de un motor cercano al D.I. (diámetro interior) del entubado, en combinación con la presión hidráulica directamente fuera del entubado, puede derivar en una falla

prematura. Este problema de una bomba atascada en un pozo a causa de un hundimiento relacionado con el calentamiento de un motor se puede resolver, en general, simplemente usando un entubado que sea lo suficientemente grande como para la bomba y limitando el entubado adecuadamente a fin de eliminar la presión hidráulica.

Las presiones de hundimiento también deben evaluarse durante el desarrollo del pozo si este proceso se realiza antes de la limitación. Las presiones de hundimiento durante el desarrollo del pozo pueden ser provocadas por lo siguiente:

1. Rápida inyección de aire, que puede generar una presión de hundimiento neta excesiva provocada por la reducción de la densidad y el nivel de líquido interno. Cuanto mayor es la velocidad de la inyección de aire en el entubado, mayor es el diferencial de presión. Por lo tanto, se debe prestar especial atención al momento de determinar esta velocidad.
2. Rápida remoción de un achicador lleno de lodo de perforación, lo que reduce la presión interna a través del efecto de succión.
3. Descensos extremos del nivel del agua a causa de bombeos excesivos durante algunos procedimientos de desarrollo de pozos.

Entonces, ¿cuán profundo se puede llegar? Debería ser evidente de acuerdo con el análisis anterior que no existe una recomendación respecto de la profundidad máxima a la cual puede llegar un entubado de pozos de PVC de un tipo y un tamaño específicos. Es posible usar entubados de pared más delgada a profundidades importantes siempre que se tomen las medidas necesarias para controlar el calor y las presiones de hundimiento. Por otra parte, los entubados de paredes gruesas pueden fallar incluso a menor profundidad si el diseñador no se enfoca lo suficiente en las consideraciones de hundimiento hidráulico.

Entubado de PVC para lechada de cemento

Un método que se utiliza para llenar el anillo entre el entubado de pozos y el pozo de sondeo es verter lechada en el vacío, por lo general con un tubo tremie. Ni bien instalada, la lechada es una mezcla de lechada líquida que puede crear presiones de hundimiento hidráulico externas potencialmente excesivas. Sin embargo, cuando la lechada se cura o se lleva a un estado semirrígido, la presión de hundimiento provocada por esta mezcla es eliminada. La lechada curada proporciona un apoyo lateral y mantiene el entubado firmemente en su lugar; además, sella el pozo de sondeo para evitar filtraciones de agua de la superficie o de acuíferos no deseados.

Es importante tener en cuenta que cuando se curan las lechadas de cemento Portland, la reacción de la hidratación produce un calor que puede transferirse al entubado. El aumento de temperatura resultante reducirá la RHCP del entubado de PVC de acuerdo con la siguiente relación:

Disminución de la RHCP = 0,6 psi por °F de aumento de temperatura sobre ambiente.

El aumento de temperatura en los pozos con lechada de cemento depende de tres factores principales:

1. Espesor de la lechada: las temperaturas aumentan proporcionalmente con el espesor de la lechada. Por lo tanto, se debe tener un cuidado especial para evitar que se generen socavones en la formación durante la perforación los cuales, al llenarse con lechada de cemento, podrían generar un calor excesivo. También se recomienda utilizar centralizadores para mantener el entubado centrado en el pozo de sondeo, lo que evitará la acumulación excesiva de lechada en un lado del entubado.

2. Líquido dentro del entubado: el agua que circula dentro del entubado elimina el calor de hidratación de manera más efectiva. El agua estancada dentro del entubado sería el siguiente medio de control de temperatura más efectivo. Un entubado lleno de aire dará como resultado el mayor aumento de temperatura para un espesor de lechada determinado. El agua estancada o en circulación dentro del entubado cumple un doble propósito, proporcionar control de temperatura y desviar la presión interna.

3. Tipo de lechada de cemento: para los cementos Portland, solo se utiliza el tipo 1 estándar por lo general con PVC, sujeto a las limitaciones que se analizan en este documento. No use cemento Portland rápido concentrado para pozos entubados con materiales termoplásticos, debido al calor excesivo que se libera en un corto período de tiempo.

En nuestro ejemplo, usando un aumento de temperatura de 20° F:

Disminución de la RHCP = $0,6 * 20 = 12$ psi
RHCP (SDR17) = $215 \text{ psi} - 12 \text{ psi} = 203 \text{ psi}$
F.S. = $203/100 = 2,03$

En este ejemplo, el factor de seguridad (F.S.) continúa por encima de 2:1, incluso si se consideran los efectos de la temperatura.

Si los cálculos muestran que el factor de seguridad del hundimiento hidráulico cae por debajo de 2:1 o un objetivo modificado establecido por el ingeniero, se deberán tomar una o más de las siguientes acciones correctivas:

- Usar un entubado de pared más pesado con una mayor RHCP (Resistencia a la presión de hundimiento hidráulico).
- Inyectar la lechada en etapas (a menos que las regulaciones locales lo prohíban).
- Presionar la lechada desde el interior del entubado en lugar de vaciarla en el anillo con un tubo tremie. El proveedor de lechada puede proporcionar más detalles sobre este procedimiento. Tenga en cuenta que si bien esta operación elimina prácticamente las presiones de hundimiento en la parte inferior del entubado, por lo general, en la parte superior de este se genera una presión interna potencialmente alta, lo que se puede comparar con la presión nominal del tubo a corto plazo.
- Usar una lechada de bentonita. las mezclas de bentonita y cemento también pueden ser una opción. El uso de lechadas de bentonita elimina completamente el calor y reduce de manera significativa el peso de la lechada en comparación con los cementos Portland estándar. Cuando se usa adecuadamente, la bentonita produce una excelente y flexible lechada; además, se recomienda generalmente para los entubados de PVC. Sin embargo, se recomienda al contratista consultar con el proveedor de bentonita acerca de cualquier limitación sobre el uso de este tipo específico de lechada; específicamente, el uso planificado de bentonita debe evaluarse con mucha atención para asegurarse de que proteja adecuadamente al entubado de cualquier fuerza o movimiento del suelo y no genere ninguna carga compresiva excesiva a largo plazo en el entubado debido a sus propiedades de dilatación.

NOTA: TODAS LAS REGULACIONES LOCALES O ESTATALES APLICABLES QUE RIGEN LOS PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES DE LECHADA PREVALECE SOBRE LAS RECOMENDACIONES INDICADAS EN EL PRESENTE DOCUMENTO.

IMPORTANTE: Debido a que no hay dos pozos iguales, la información que se proporciona en este documento debe ser usada solo como material de referencia por el diseñador o el contratista de perforaciones. El diseñador o el contratista son responsables de las especificaciones del entubado y de los procedimientos de instalación. ¿Necesita más información sobre cómo proteger el entubado de pozos de PVC contra el hundimiento? Comuníquese con Asistencia Técnica de Westlake Tubería y Conexiones al número que se indica a continuación.