

Diseño del empaque de grava: El nexo entre la teoría, la experiencia y las preferencias personales

Introducción

En general, se reconoce que un empaque de grava correctamente diseñado, bien instalado y compuesto de material adecuadamente seleccionado, mejorará la eficiencia del pozo y controlará la migración de arenas finas hacia la columna. Estos y otros aspectos con alto valor agregado en un empaque de grava constituyen las razones por las cuales la mayoría de los pozos para aguas municipales, industriales y agrícolas se construyen con un filtro de grava. No obstante, si bien existe un consenso general respecto de la utilidad del empaque de gravas seleccionadas, parece no haber acuerdo respecto del mejor método para el diseño de este filtro. Al igual que con la mayoría de los temas de ingeniería, no faltan opiniones sobre el diseño de estos empaques.

Desde hace más de 80 años y a partir de la teoría de la mecánica de suelos de Karl Terzaghi en 1943, muchos artículos y documentos técnicos han descrito distintos métodos para el diseño de un empaque de grava. En general, adhieren a la importancia de distintas consideraciones en el diseño, tales como espesor del empaque, selección (o graduación) del material granular, coeficiente de uniformidad ideal y tamaño efectivo y parámetros de la razón empaque-acuífero. Cada uno de estos autores presenta gráficas, razones y criterios de diseño, todos destinados a guiar al proyectista en la elección de un empaque correctamente seleccionado para una formación dada.

Ante este sinnúmero de opiniones, el proyectista se enfrenta con una decisión importante: ¿Qué método(s) debo escoger? Sobre la base de nuestra propia experiencia personal, creemos que muchos proyectistas realizan esta decisión basados en factores tales como:

- ∞ Comprensión de los distintos métodos de diseño
- ∞ Asesoramiento de colegas o directivas de supervisores
- ∞ Preferencias personales

Al investigar los distintos métodos de selección de los empaques de grava, se observa claramente que todos los métodos están regidos por dos dogmas. En última instancia, el empaque de grava debe:

- ∞ Mejorar la eficiencia del pozo y
- ∞ Controlar la migración de las arenas de la formación para satisfacer los requerimientos de desempeño del proyecto.

Definiciones clave

A continuación se definen algunos términos importantes y de uso común:

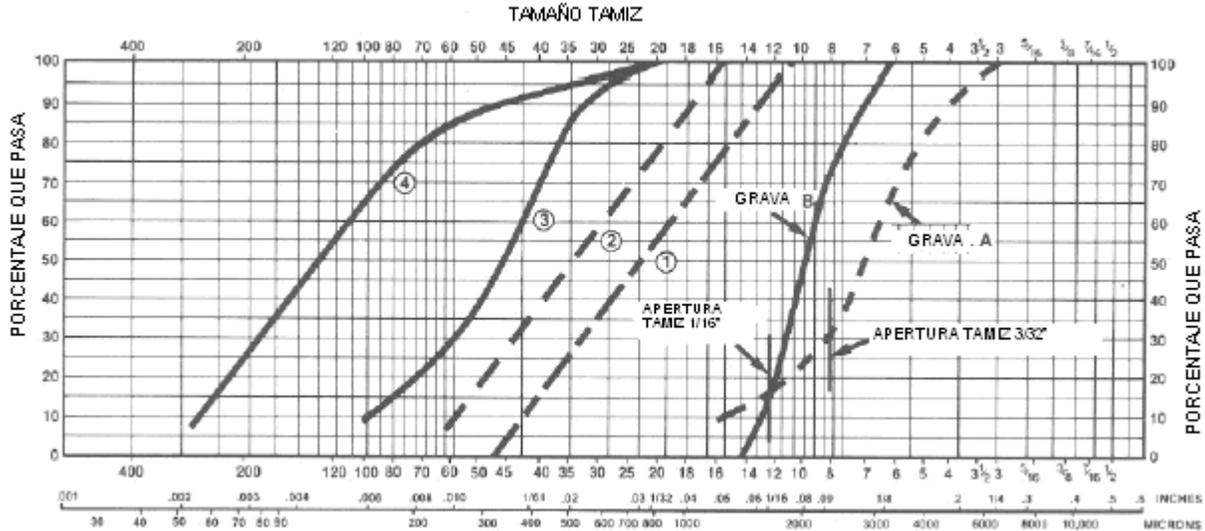
1. d_x - Es el tamaño de partícula, donde x es el porcentaje de material más pequeño. En otras palabras, d_x es el porcentaje que pasa.
2. *Coefficiente de uniformidad* - es la relación entre el d_{60} y el d_{10} .
3. *Relación empaque-acuífero* - La relación entre el tamaño d_{50} del empaque y el tamaño d_{50} de partícula del acuífero.
4. *Estabilizador de la formación* - es un empaque de grava cuyo principal objetivo es rellenar el espacio anular entre la pared del pozo y la tubería y la rejilla del pozo, en formaciones inestables, para impedir el desmoronamiento.

Ejemplos de métodos de diseño

Como introducción al diseño de empaques de grava, hemos seleccionado dos métodos de ejemplo y preparamos una breve reseña. Queremos remarcar que este memorandum no sugiere que un método sea mejor que el otro. Nuestra propia experiencia nos ha demostrado que a pesar de las diferencias existentes entre ambos métodos, ambos producen resultados satisfactorios. En la lista de referencias se presentan otros métodos de diseño.

Método No. 1: Con tamaño d_{30}

- a. Trace un esquema de los resultados de tamiz para todas las muestras dentro de la zona o zonas de producción en las que se instalará la rejilla.
- b. Ubique el sedimento más fino a partir de las curvas. Identifique el tamaño d_{30} y determine su tamaño a partir de la gráfica de tamaño de partícula (en milésimas de pulgada). Trace ese punto en la curva.
- c. Multiplique el d_{30} por un factor de 4 a 6. Para arenas finas muy variadas (de difícil clasificación) emplee 4 como multiplicador. Para arenas gruesas, de escasa variación (bien clasificadas) emplee un 6.
- d. Trace una línea recta oblicua desde el punto d_{30} de la gráfica.
- e. Identifique los tamaños d_{60} y d_{10} en la línea recta que pasa por el punto d_{30} .
- f. Calcule el coeficiente de uniformidad. El valor debe ser 2.5 o menos. Si el valor es superior a 2.5, vuelva a trazar la línea recta que atraviesa al punto d_{30} y calcule nuevamente el coeficiente de uniformidad.
- g. Determine el tamaño de grava a partir de la línea recta. Los empaques de grava normalmente se denominan por tamaño de tamiz, por ej. 8x16 (que se lee 8 por 16).



Método No. 2: Método simplificado

A través de los años, Roscoe Moss Company (RMC) instaló innumerable cantidad de pozos con empaque de grava en una amplísima diversidad de ambientes hidrogeológicos. RMC, con la ayuda y con la información provista por consultores muy experimentados, desarrolló un método simplificado para la selección de los empaques de grava y se presentan en la gráfica a continuación.

- a. Empaque estabilizador de la formación
 - 1) Las formaciones con partículas más gruesas que la Línea 1 se pueden estabilizar con gravas similares a la Grava A y rejilla de 0.094”.
 - 2) Las formaciones entre las Líneas 1 y 2 se pueden estabilizar también con grava A y rejilla de 0.094”.

- b. Empaque filtrante
 - 1) Las formaciones con partículas más finas que la Línea 2 necesitan gravas similares a la Grava B y malla de 0.060”.
 - 2) Las graduaciones 3 y 4 se pueden son trazados de muestras reales de acuíferos que se construyeron satisfactoriamente con Grava B y rejilla de 0.060”. Se debe destacar que si la formación es más uniforme con el mismo tamaño medio, la Grava B y la rejilla de 0,060” no funcionan bien. De acuerdo con nuestra experiencia, la Grava B se puede modificar agregándole aproximadamente un 20% de material más fino (como por ej. 12x20) y así emplear una rejilla de 0.060”.

Resumen

En vista de la gran cantidad de opciones de métodos para el diseño de empaques, el proyectista tiene muchas posibilidades de elección. Algunos métodos son más directos que otros, pero al final, la mayoría son sencillos de usar. En consecuencia, sugerimos que investigue los distintos métodos, converse con otros profesionales, seleccione uno y lo pruebe. Después de todo, el diseño del empaque de grava es tanto una ciencia como un arte. No existe un único empaque de grava perfecto para un pozo en particular. De hecho, hay una importante libertad de elección para el proyectista, lo que le permite aplicar su experiencia personal en un área o en un ambiente hidrogeológico particular.

Como reflexión final, antes de finalizar el diseño del empaque, el proyectista deberá tener en cuenta que es mejor conversarlo con el contratista de perforaciones. Según nuestra propia experiencia, muchas veces aceptamos el diseño de empaque de grava sugerido por ese contratista. El conocimiento que el contratista de perforaciones tiene sobre la calidad y disponibilidad de distintas mezclas de gravas y el historial de desempeño de pozos cercanos que ha perforado y otros datos valiosos, no debe pasarse por alto.

Referencias

Bieske, E., 1961, *Well Screen and Filter Media in Boreholes* [Rejillas y elementos filtrantes en perforaciones] Tech Rep. No. 11

Blair, A. H., 1970, *Well Screens and Gravel Packs*, [Rejillas y empaques de grava] *Ground Water*, Vol. 8, No. 1.

Handbook of Ground Water Development, [Manual de desarrollo de aguas subterráneas] Roscoe Moss Company, 1990, John Wiley and Sons, New York, NY.

Johnson Division, UOP, Inc., 1975, *Drillers Journal*. [Revista del perforista]

Nold, J. 1962, *Nold-Brunnenfilter-Buch*, 3rd Edition.

The Engineer's Manual for Water Well Design, [Manual del ingeniero para diseño de pozos de agua] 1985, Roscoe Moss Company.