

## Un modelo de programación lineal entera mixta para el problema de optimización del área de drenaje en yacimientos no convencionales de hidrocarburos

Javier Marengo

Departamento de Computación, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina  
jmarengo@dc.uba.ar

Un *yacimiento petrolífero* es una acumulación natural de hidrocarburos (gas natural y petróleo, entre otros) en el subsuelo. Uno de los tipos de *yacimientos no convencionales* más explorados está dado por las reservas de petróleo y gas natural almacenados en un tipo de rocas sedimentarias llamadas *pelitas*, conocidos como yacimientos de *shale gas* y *shale oil*. En las últimas décadas se han descubierto enormes reservas de *shale gas* y *shale oil* en Estados Unidos, Canadá, China y Argentina.

La explotación de este tipo de yacimientos utiliza métodos de *fractura hidráulica*, por medio de los cuales se generan fracturas en la roca madre que permiten concentrar el petróleo y el gas natural contenido en la roca para ser extraídos posteriormente. En primer lugar, se realizan varias perforaciones verticales en el subsuelo que llegan hasta la roca madre. El sector en la superficie alrededor de las bocas de pozo se denomina *locación*, y habitualmente ocupa un área rectangular de entre algunas decenas y unos pocos cientos de metros por lado. Cada perforación atraviesa la roca madre, y a lo largo de esta perforación se realizan los procesos de inyección de materiales para lograr la fractura de la roca. Luego, se utilizan las mismas para la extracción de los hidrocarburos que migran hacia las zonas de fractura. De esta forma, desde una locación en la superficie se puede explotar un sector muy amplio en el subsuelo. La zona explotada a partir de una locación se denomina *pad*, y tiene una forma típicamente rectangular.

Al momento de planificar la explotación de un yacimiento no convencional, uno de los principales problemas a resolver es dónde ubicar las locaciones y qué tipo de explotación realizar en cada una (lo cual determina el tipo y tamaño de los pads resultantes) con el objetivo de maximizar la producción y minimizar los costos y el impacto ambiental. Este problema se conoce con el nombre de *optimización del área de drenaje*, y como resultado se espera un *plan de explotación* que muestre las ubicaciones de locaciones y pads sujeto a las siguientes restricciones:

1. Todos los pads deben estar contenidos dentro del yacimiento.
2. Los pads de la solución no se deben superponer, dado que corresponden a zonas de fractura en la roca madre.
3. Cada pad y su locación deben responder a las especificaciones de una configuración predeterminada.

4. Ninguna locación se debe superponer con ningún accidente geográfico en superficie.

En un trabajo anterior [1] se presentó un modelo de programación lineal entera para este problema, que parte de una discretización del yacimiento y reduce el problema a una instancia del problema de conjunto estable de peso máximo en grafos. Este enfoque resultó adecuado en la práctica, pero tiene el inconveniente de que, dependiendo de la instancia y de los parámetros de la discretización, el error de discretización puede ser inaceptable. En el presente trabajo se introduce un modelo de programación lineal entera mixta para este problema, sobre la base de variables continuas para representar las ubicaciones de las locaciones. De esta forma, se evitan los errores por discretización, al costo de proporcionar un modelo de más difícil resolución en la práctica. Se evalúan en este trabajo los límites del modelo propuesto, y se presentan desigualdades válidas que permiten acelerar su resolución.

## References

1. Aliaga F., Delle Donne D., Durán G. y Marengo J., *Optimización del área de drenaje en yacimientos no convencionales por medio de programación lineal entera*. Ingeniería de Sistemas 28 (2014) 27–40.