

# En busca de la antiparafina: evaluación de proyectos mediante opciones reales

Maximiliano González y Carlos Jaramillo

María Magdalena González Gorrondona es una hermosa química de la Universidad Central de Venezuela (1986) que, luego de culminar su Ph.D. en química orgánica en el Massachusetts Institute of Technology (1995), decidió entrar a trabajar en Intepet (Instituto de Tecnología Petrolera) con un solo propósito en mente: derrotar a aquel agente maligno que había hecho fracasar su relación con Federico Andueza, un joven ingeniero petrolero que trabajaba en el área de perforación en el oriente de Venezuela.

Federico y María Magdalena eran novios desde su época de bachillerato. Tanto familiares como amigos consideraban que su matrimonio era sólo cuestión de tiempo. Federico empezó a trabajar en la Compañía Petrolera de Venezuela, S.A. (Copevesa) a comienzos de los años noventa, y muy rápidamente fue percibido como un joven emprendedor y amante de nuevos retos. Tales características de personalidad lo llevaron a aceptar el puesto de Gerente de Perforación y Producción para la zona de oriente. Fue entonces cuando la vida de Federico comenzó a dejar de ser rosa... Atormentado por las sistemáticas obstrucciones de los pozos y las continuas quejas de sus supervisores, el apacible Federico cambió dramáticamente.

María Magdalena estaba cerca de encontrar un mecanismo para identificar los solventes adecuados para las distintas parafinas que ocasionaban las obstrucciones de los pozos, lo que permitiría ponerlos en funcionamiento en un tiempo menor. Justamente esa matriz donde se relacionaban las parafinas y los solventes era lo que ella deseaba darle a Federico para que no ocurriera lo que todos temían.

María Magdalena no sólo tenía que enfrentarse a su drama personal, sino a otro quizás peor: sus superiores exigían de inmediato una justificación financiera de su proyecto de investigación. «¡Yo soy una científica!», argüía indignada, «¿por qué esta gente quiere ponerle frenos al saber?», gritaba por los pasillos de Intepet.

## Copevesa-Intepet

Copevesa es una empresa del Estado venezolano encargada de explotar y comercializar hidrocarburos. Su desarrollo permitió ubicar al país entre los cinco productores de petróleo más importantes del mundo.

---

Este caso fue preparado por los profesores Maximiliano González y Carlos Jaramillo. Los casos de enseñanza son desarrollados exclusivamente para servir como base de discusión en un ámbito educativo. No implican respaldo a personas u organizaciones, no ilustran el manejo efectivo o no de una situación administrativa ni deben considerarse fuentes primarias de información. Copyright © 2004 Instituto de Estudios Superiores de Administración, IESA. Para adquirir copias del caso o solicitar autorización para reproducirlo en todo o en parte, contactar a [ediesa@iesa.edu.ve](mailto:ediesa@iesa.edu.ve) o llamar a +58-212-555.44.52. Ninguna parte de este documento puede ser reproducida, almacenada en base de datos, utilizada en hojas de cálculo o transmitida en cualquier forma (incluso métodos electrónicos o mecánicos, fotocopias, grabaciones o cualquier otro) sin el permiso del IESA, titular del derecho de autor que protege esta obra.

---

El sueño de muchos jóvenes profesionales como Federico y María Magdalena era ingresar en esta empresa y hacer carrera en ella. De hecho, apenas se graduó en la Universidad Central de Venezuela (UCV) como ingeniero petrolero, Federico fue contratado por Copevesa como pasante en el área de producción, a fin de aprender el negocio desde adentro.

El caso de María Magdalena fue diferente. Desde que comenzó a estudiar química en la UCV sabía que su destino era la investigación. Prueba de ello fue su primer trabajo fue como profesora asistente de la misma universidad, cargo que desempeñó por cuatro años. Siempre demostró una alta vocación académica comprobada en más de cinco artículos publicados en revistas de gran prestigio internacional antes de ingresar al MIT. En 1995, cuando regresa a Venezuela, supo de un concurso de oposición para optar a un cargo de investigadora en el departamento de geoquímica orgánica del Intepet. Esta empresa es una filial de Copevesa y fue creada a finales de los años setenta para unificar los esfuerzos de investigación y apoyo tecnológico de la industria petrolera venezolana. Así lo demostraban sus 1.200 patentes, 225 signos distintivos, 197 derechos de autor y más de 175 mejoras operacionales. Como era de esperarse, María Magdalena no tardó mucho en hacerse acreedora del cargo y, desde ese momento, su carrera dentro de la empresa siempre fue sobresaliente.

## **Federico es transferido a oriente: inicio de los problemas**

Durante los primeros meses de su transferencia a oriente Federico viajaba a Caracas todos los fines de semana, y María Magdalena aprovechaba tales viajes para compensar la cotidianidad que la distancia les impedía mantener. Sin embargo, estas visitas comenzaron a espaciarse cuando Federico asumió la responsabilidad de quedarse en oriente cada vez que un pozo se obstruía.

Cuando se perforan las capas minerales que mantienen atrapado al crudo éste sale a la superficie, y, durante el proceso, los distintos tipos de hidrocarburos tienden a separarse. Algunos de estos componentes se solidifican a los niveles de temperaturas presentes en los pozos y los canales abiertos durante las perforaciones se obstruyen, lo que impide la salida de nuevo material. Los grupos de perforación tratan de evitar las obstrucciones inyectando vapor de agua a altas temperaturas, pero a pesar del mantenimiento dado a los pozos, éstos tiende a obstruirse. Para destaparlos es necesario utilizar un solvente de tipo orgánico que pueda separar las moléculas de hidrocarburos solidificadas.

El proceso de recuperación de un pozo obstruido implica, entre otras cosas, conseguir el solvente adecuado para eliminar los residuos acumulados en el interior del mismo. Este es un proceso lento y costoso que implica muchas horas de trabajo para las compañías contratistas encargadas del mantenimiento, debido a que el solvente sólo puede ser identificado después de un largo proceso de ensayo y error.

A medida que Federico no cumplía sus metas de costos su carácter se iba haciendo cada vez más impredecible y violento. Adicionalmente había desarrollado una fobia por las grasas vegetales, lo que tenía a María Magdalena totalmente desconcertada. Al comienzo de su segundo año en oriente, y luego de una evaluación de desempeño semestral mediocre, Federico simplemente enloqueció. Unos obreros lo encontraron una mañana vagando por el campo repitiendo sin cesar la palabra «parafina».

María Magdalena soportó estoicamente esta tragedia y estudió noche y día con un solo objetivo en mente: desarrollar una tecnología para combatir aquel flagelo que le había arrebatado a su amado. El comienzo de su venganza comenzó el día que Intepet la asignó al proyecto 5741.

### **El proyecto 5741**

Los proyectos en Intepet generalmente están asociados a un producto de investigación. En el caso del proyecto 5741 el producto era una matriz que relacionara los tipos de solventes con el tipo de

---

obstrucción. Dadas las diversas composiciones de crudo existentes, no existe un solvente universal para destapar todos los pozos petroleros obstruidos. Para cada tipo de yacimiento existe una familia de solventes determinados que pueden ser utilizados.

Existen tantos tipos de crudo como yacimientos petroleros, por ello no es simple encontrar el solvente adecuado para cada ocasión. Sin embargo, un esfuerzo de investigación que describiera la mayor cantidad de tipos de crudo existente y de solventes aplicables a estos crudos podría hacer más rápido el proceso de destape de los pozos. De este modo, en lugar de probar con decenas de potenciales solventes, la búsqueda se reduciría a una corta lista de candidatos basada en las pruebas de laboratorio realizadas sobre crudos de composición similar al del yacimiento obstruido.

Durante su primer año en el proyecto 5741 María Magdalena distribuía su tiempo entre las largas jornadas en el laboratorio y las agotadoras visitas a los lugares de perforación. Los obreros la miraban con ternura cuando la veían aparecer con su sombrero *panamá* caminando por aquellos pozos petroleros. Cada vez que regresaba al laboratorio de sus visitas de campo María Magdalena introducía un elemento más en su pizarrón, donde estaba dibujada aquella tabla de dos entradas (tipo de crudo versus tipo de solvente). Entonces suspiraba descorazonadamente y repetía aquella frase que se había transformado en el mantra de su vida: muerte a la parafina.

El plan de venganza avanzaba lentamente pero sin pausa, y según estimaciones de la misma María Magdalena la tarea podía tomar cinco años más. Sin embargo, nuestra joven heroína no sabía que la parafina contaba con un poderoso aliado: una nueva política financiera corporativa. Este último factor hizo su aparición en escena una mañana de abril en un sencillo memo del jefe de división que decía:

[...] si usted desea seguir obteniendo recursos para el proyecto 5741, deberá elaborar un estudio económico que demuestre cómo dicho proyecto agrega valor económico a la corporación.

María Magdalena palideció y por primera vez en su vida lloró sin saber qué hacer. Sin embargo, dedicó sólo 45 minutos a la depresión, y a partir de allí comenzó un proceso de organización de toda la información acumulada en el último año con un decreto que rezaba: «Derrotaré a la parafina y a los directivos de Copevesa con sus mismas armas».

### El estudio económico

El montaje de un estudio económico para una línea de investigación no era una tarea sencilla. El jefe de división requería como primera instancia la definición de un objetivo de trabajo vinculado a un producto concreto, y a partir de allí demostrar que ese producto resolvía un problema dentro de la corporación.

Luego de algunas horas de reflexión, María Magdalena determinó que el objetivo del proyecto era:

Generación de conocimiento para el diseño de nuevas metodologías que permitan la inhibición de formación de depósitos orgánicos en los pozos petroleros (parafinas).

Esta generación de conocimiento debía traducirse en un producto concreto que en este caso era una matriz que relacionara el tipo de crudo y el inhibidor más eficiente de depósitos orgánicos en la producción. La matriz sería utilizada por la Gerencia de Perforación y Producción de la zona oriental del país. En ese momento pensaba qué habría sido de su relación con Federico si él hubiese contado con una herramienta como esa.

## Costos y beneficios de la matriz

Una vez que María Magdalena tuvo más claridad con respecto al objetivo y al producto concreto del proyecto 5741, escribió un extenso memo al jefe de división. En él hablaba sobre los potenciales costos y beneficios que generaría a Copevesa continuar financiando su proyecto.

Entre los aspectos más resaltantes del memo aparecían los dos beneficios principales: primero, la matriz reduciría de manera considerable el número de intentos para encontrar el inhibidor apropiado, lo que generaría un ahorro substancial a la empresa; y segundo, la posibilidad de invertir en una unidad productora de solventes especializados para la zona oriental del país.

En cuanto al primer beneficio destacaba que en la actualidad se buscaban los solventes mediante pruebas aleatorias (ensayo y error). Por ejemplo, en oriente se registran no menos de sesenta pozos problemáticos; de éstos, algunos se obstruían una sola vez al año, mientras que otros tenían más de doce obstrucciones, es decir, prácticamente todos los meses había que parar la producción mientras se daba con el solvente que solucionara el problema. Luego de estudiar el comportamiento probabilístico de una gran cantidad de obstrucciones, María Magdalena determinó que cada vez que ella seleccionaba 25 pozos aleatoriamente, el veinte por ciento de ellos sufría eventualmente una obstrucción suficientemente grave como para detener la producción.

En cuanto a los días que los pozos permanecían parados también había una gran variabilidad. María Magdalena determinó que bajo las circunstancias actuales un pozo permanecía cerrado, en promedio, ocho días aproximadamente (anexo 1). Sin embargo, en los casos en los cuales por casualidad se encontraba el solvente en el primer intento, los días de obstrucción se reducían en promedio a sólo tres días. Por lo tanto, una vez que se encontrara la matriz para identificar el tipo de inhibidor podría esperarse un comportamiento probabilístico similar, pero con un promedio de obstrucción de sólo tres días y una desviación estándar de sólo 38 por ciento de la desviación estándar bajo las circunstancias actuales.

María Magdalena sabía que el costo de oportunidad en términos de producción perdida era enorme. En promedio, cada pozo producía nueve mil barriles diarios de petróleo aproximadamente. Obtuvo datos sobre la capacidad de producción de cada pozo en oriente, e hizo especial énfasis en aquéllos más problemáticos (anexo 2). La cantidad de dólares perdidos por cada pozo parado aumentaba a medida que subían los precios del petróleo. María Magdalena pidió al departamento de planificación de Copevesa una serie de precios mensuales de la cesta petrolera venezolana a fin de poder estudiar su comportamiento en los últimos cinco años, pero un problema con las computadoras de ese departamento había impedido que recibiera la información. No le quedó otro remedio que obtener de internet los datos que necesitaba.

A parte de los precios del petróleo, María Magdalena había identificado cuatro variables que afectaban su proyecto. Sabía que éstas podían relacionarse unas con otras, es decir, el comportamiento entre ellas no era totalmente independiente. Luego de analizar todos los datos pudo construir una tabla de correlaciones entre estas variables (anexo 3). Por ejemplo, el número de obstrucciones de un pozo estaba negativamente correlacionado con la duración de la obstrucción a la que no se le aplicaba la matriz. Esto ocurría a veces porque el proceso de ensayo y error podía empeorar el proceso de reparación de los pozos. Igualmente, el número de obstrucciones estaba negativamente correlacionado con el potencial de producción, principalmente porque a veces el proceso de ensayo y error sólo daba soluciones parciales; es decir, el pozo podía reestablecer sus operaciones pero no a su máxima capacidad.

En cuanto a la relación entre la duración con la aplicación o no de la matriz, para María Magdalena estaba claro que cuando un pozo era difícil de reparar de la manera convencional, también iba a ser difícil repararlo cuando se tuviera la matriz. Es decir, a pesar de que la nueva tecnología garantizaba bajar los días de reparación de ocho a tres días aproximadamente, siempre había que contemplar la posibilidad de encontrar pozos más problemáticos.

Por último, uno de los beneficios de la matriz era que una vez identificado el tipo de solvente adecuado, la probabilidad de equivocarse y afectar la capacidad de producción disminuía considerablemente; además, con los solventes administrados de acuerdo a la matriz se lograría que el pozo restableciera su capacidad de producción potencial. Es por ello que María Magdalena relacionó alta y positivamente la duración con la matriz y el potencial de producción de los pozos.

Por otro lado, los contratistas encargados de poner en funcionamiento los pozos obstruidos cobraban 1.500 dólares por hora de trabajo. Estaba claro que a los contratistas les interesaba quedarse el mayor tiempo posible reparando el pozo, por ello, los supervisores de la Gerencia de Perforación y Producción debían contar con una herramienta que les permitiera identificar el tipo de obstrucción e indicar a los contratistas el tipo de solvente que debían utilizar.

En cuanto a la inversión para este proyecto de investigación, María Magdalena determinó que para Intepet había cinco aspectos financieros que debían considerarse:

- Horas-hombre
- Mantenimiento de laboratorios y adquisición de equipos
- Material de investigación
- Viajes a los campos petroleros
- Pruebas en sitio
- Congresos nacionales e internacionales
- Cuota parte de los gastos generales de Intepet

Según las cifras que María Magdalena presentó detalladamente, el monto a financiar durante cada uno de los cinco años del proyecto era de seis millones de dólares. Su gran preocupación consistía en que el beneficio más importante del proyecto era la nueva unidad de producción de solventes, pero si ella no lograba dar con la matriz no habría unidad ni habría nada.

### Unidad de producción de solventes

Una vez que se tuviera la matriz se generarían ingresos incrementales iguales a los ahorros en términos de duración e ingresos perdidos por la obstrucción de los pozos. María Magdalena razonó de la siguiente manera: «si no puedo calcular con precisión las cantidades de solvente que se pueden vender dentro y fuera de la corporación, y menos aún el precio de venta o de transferencia de dichos solventes, al menos sé que los ingresos nunca serán menores que el total de ahorros que se generarán por la nueva tecnología para el caso de la zona oriental». Ella sabía que si el proyecto era bueno en el peor de los escenarios, habría mayores probabilidades de conseguir el financiamiento que necesitaba.

Luego de varios días investigando en la red y enviando correos electrónicos a sus proveedores de solventes, estimó que los costos, como porcentaje de los ingresos, estaban en un rango entre 65 y 85 por ciento de los ingresos estimados. Sin embargo, por tener tan poca información confiable decidió dejar 75 por ciento como un estimado grueso de dichos costos (materias primas, mano de obra, carga fabril y gastos indirectos de producción). En este porcentaje estaban incluidos todos los costos y gastos directos e indirectos atribuibles al proceso productivo.

La inversión necesaria para arrancar la unidad y comenzar con la producción a escala industrial era de 450 millones de dólares en equipos aproximadamente. Esto se lograría dentro de cinco años, tiempo necesario para que la matriz estuviera disponible para la Gerencia de Perforación y Producción. Este tipo de tecnologías, según estimaciones de los amigos que María Magdalena había hecho en el departamento de contabilidad de Copevesa, se depreciaría en línea recta a diez años (independientemente de la duración del proyecto) y no tenían ningún valor de salvamento.

El memo del jefe decía explícitamente que todos los beneficios financieros debían ser pechados con una tasa impositiva de 67 por ciento. Igualmente, la evaluación financiera de los proyectos debía contemplar un horizonte de cinco años. Por otro lado, la tasa de descuento para los proyectos de la corporación era de diez por ciento en dólares. María Magdalena había leído recientemente en el periódico que la tasa libre de riesgo (bonos a cinco años respaldados por el gobierno de Estados Unidos) estaba ubicada en cinco por ciento en dólares.

Luego de un gran suspiro, María Magdalena envió a su jefe un bosquejo de los flujos de ingresos y egresos del proyecto y los flujos de caja de la planta de solvente. La pobre pensó que estaba perdida, porque la inversión total necesaria para seguir con el proyecto 5741 ascendía en valor presente a más de 22 millones de dólares. Los ingresos previstos para la unidad de solventes (suponiendo sólo los ingresos incrementales por el ahorro en los días de reparación) no cubrían la inversión de 450 millones, y, sin producción a escala industrial de sus solventes, el proyecto no estaría agregando valor a Copevesa.

## Metodología de opciones reales

No pasaron más de dos o tres horas cuando María Magdalena recibió un correo de su jefe en el cual le indicaba que a pesar de que la discriminación de los flujos de inversión para financiar el proyecto estaba bastante clara y, en general, parecían razonables, no entendía bien lo referente a la nueva unidad de solventes.

El jefe comprendía que no importaba que el valor presente neto (VPN) de la nueva unidad de solventes fuera negativo, debido a que esto era así de acuerdo con la información disponible para ese momento y tomando en cuenta sólo los ingresos incrementales por el ahorro en los días de obstrucción de cada pozo; pero eso no era lo que le preocupaba. Era consciente de que a medida que el tiempo pasara se podría recabar más y mejor información sobre la operación de la planta y así se afinarían las proyecciones de los ingresos. Lo que le preocupaba era algo más básico: ¿cómo estimar los beneficios y los costos de la planta sin la seguridad de que la matriz eventualmente sería descubierta?

El jefe le dijo a María que su argumento sobre el valor estratégico del proyecto 5741 era inviable bajo la nueva dirección de la compañía. Ahora todo debía ser cuantificado y justificado en términos de creación de valor. Por otro lado, también era inviable mostrar el análisis financiero de un proyecto que dependía del descubrimiento de una matriz que, como María Magdalena afirmaba en su informe, podía llevar hasta cinco años en producirse.

Luego de llorar otra vez María Magdalena decidió realizar una cita con una amiga que acababa de hacer un postgrado en negocios. Luego de hacer los saludos de rigor y de responder a la inevitable pregunta de todos sus allegados (¿qué has sabido de Federico?) fue al grano y le dijo que necesitaba ayuda para valorar proyectos dependientes de otros proyectos más básicos. Le mostró todas las hojas de cálculo que había preparado y los dos correos que había recibido de su jefe.

La amiga, con una leve sonrisa en la boca, le preguntó si su proyecto tendría algún beneficio concreto en caso de que tuviera éxito. María Magdalena contestó un sí enfático: «si logro dar con la matriz generaré un negocio que reportará flujos de caja con valor presente en el quinto año de cerca de 250 millones de dólares en el escenario más conservador. El problema es que no compensa la inversión de 450 millones que debo hacer al quinto año». «No importa —contestó la amiga—, ese proyecto puedes valorarlo con la técnica de opciones reales». La amiga continuó:

Básicamente, lo que tú le estás pidiendo a Copevesa es que compre, mediante el financiamiento de tu proyecto 5741, una opción *call* o de compra que le dará la oportunidad de invertir, si vale la pena, en una nueva unidad de solventes dentro

de cinco años. Si llegado ese momento resulta que el proyecto no es viable, la opción expira, como dicen los financistas, *out-of-the-money*; pero si por el contrario el proyecto resulta un éxito, entonces aprovecharán tu matriz para explotar los beneficios de la nueva unidad. Entonces, —le dijo la amiga dándole una palmadita en el hombro para subirle el ánimo— ¡véndeles un *call* chica!

Si el valor del *call* es mayor que la inversión necesaria para llevar a cabo tus investigaciones, entonces Copevesa hará un buen negocio contigo, esgrimió la amiga, y puedes estar segura de que te seguirán financiando tu proyecto.

Luego de incontables horas de estudio sobre teoría de opciones, María Magdalena concientizó que una forma de aproximar el valor de un *call* real, es decir, una opción de compra de un proyecto, era valorarlo como si fuera un *call* financiero, para lo cual sólo se necesitan cinco variables: precio actual de la acción, precio de ejercicio de la opción, tasa libre de riesgo, tiempo de expiración y volatilidad de los rendimientos de la acción. Para ello tenía que responder muchas preguntas sobre cómo ajustar la información de su proyecto para obtener las cinco variables que necesitaba para calcular el valor del *call*.

María Magdalena exclamó: «¡Los tengo!»... sus ojeras iban creciendo a medida que avanzaba la noche.

## Anexo 1

### Días (número total de horas dividido entre 24) que pasaron obstruidos 150 pozos en la zona oriental

6,31	5,94	7,38	10,42
5,6	8,73	8,78	8,38
11,57	7,88	10,71	3,96
9,96	5,06	6,78	5,9
6,8	5,10	9,32	5,63
3,57	9,44	8,84	10,5
8,44	8,44	6,09	12,06
8,29	7,45	6,54	11,32
4,03	5,18	8,87	10,51
8,13	8,62	7,83	10,46
5,75	5,88	7,86	10,07
9,88	6,77	6,53	7,33
6,66	7,65	6,93	5,92
10,01	8,39	9,18	4,31
10,04	8,44	8,47	8,33
4,63	12,54	6,06	6,08
6,72	9,81	8,77	7,93
6,47	9,50	6,99	7,99
3,85	7,98	9,13	8,63
7,77	8,10	10,43	5,59
6,57	6,62	9,68	7,94
8,05	10,14	7,34	9,93
5,86	7,77	6,04	6,98
7,72	3,96	5,17	6,11
11,72	7,58	6,07	7,29
11,19	9,58	8,01	11,66
7,2	10,06	7,04	3,69
9,16	7,11	8,85	8,52
5,88	7,46	10,04	7,19
3,48	8,90	12,04	7,11
9,67	5,84	8,70	10,27
6,63	9,40	8,70	9,59
4,63	6,05	10,33	6,54
5,63	8,14	8,36	4,68
10,96	6,44	3,33	8,89
9,91	12,35	8,57	10,69
9,1	7,68	8,76	
9,49	7,64	9,22	

**Fuentes:** Gerencia de Perforación y Producción (zona oriente), Copevesa.



## Anexo 2

### Producción diaria promedio de una selección de pozos problemáticos de la zona oriental. Unidades en barriles de petróleo por día

10.988,69	8.555,32	8.788,64	7.692,99	3.737,88	3.533,64	8.684,50
7.943,94	10.787,88	8.382,01	9.190,51	10.881,12	3.944,58	8.090,87
8.801,80	9.901,32	9.265,27	10.088,47	7.665,24	10.055,85	8.367,84
7.539,99	9.580,77	8.969,72	9.574,25	3.304,64	3.225,33	7.786,33
8.807,16	9.102,13	9.622,98	9.218,72	3.118,38	3.855,26	9.662,65
8.019,55	8.510,72	8.421,63	8.746,00	7.978,04	3.382,78	8.605,26
7.832,65	8.762,90	8.847,17	8.321,81	3.419,05	10.723,01	8.006,09
8.590,56	8.126,51	9.564,01	8.801,88	3.815,45	3.480,53	10.086,91
8.682,54	10.509,35	9.441,40	10.511,75	7.590,08	3.173,36	9.040,77
8.637,61	7.835,68	9.330,52	8.746,43	10.115,00	3.950,78	8.303,77
9.693,51	7.755,09	8.524,53	8.549,18	3.239,02	3.602,34	10.432,29
9.227,66	9.461,70	9.239,28	10.673,99	3.722,82	3.171,01	8.626,21
7.406,89	9.835,66	9.054,67	8.332,33	3.492,55	3.904,49	7.052,39
9.230,48	8.899,07	8.024,87	10.578,90	3.691,54	7.495,73	9.219,61
7.923,87	9.130,97	10.153,24	8.616,89	3.445,84	3.206,98	9.463,01
7.043,61	8.645,84	11.451,20	8.556,92	3.533,50	3.037,32	8.752,20
11.122,68	8.506,29	7.415,04	8.979,32	10.287,51	10.306,16	10.788,05
10.490,41	9.241,42	9.441,19	9.901,30	7.998,21	10.438,53	9.024,40
8.925,76	9.388,69	9.646,59	10.299,77	3.376,79	3.471,72	8.975,44
8.227,41	8.155,95	11.046,89	7.981,40	3.785,38	3.202,62	9.166,63
10.073,40	9.317,65	7.595,89	8.833,47	3.578,32	3.312,11	8.864,38
9.460,54	8.438,02	8.333,97	8.197,62	3.704,34	3.501,09	8.025,92
10.207,44	6.982,50	9.137,96	9.911,35	7.962,97	3.170,94	7.708,14
10.275,14	7.765,64	8.965,54	9.578,47	3.724,78	10.585,36	8.378,85
8.848,46	9.297,54	7.816,42	7.918,78	3.510,97	3.615,33	8.308,43
10.396,37	7.406,37	9.107,49	8.846,13	3.906,57	3.698,75	8.895,52
8.804,34	8.106,17	11.449,98	10.080,85	7.198,62	3.516,37	9.406,06
7.724,31	8.621,49	9.031,79	9.280,85	3.673,44	3.324,49	6.140,56
10.390,22	7.191,63	8.687,08	10.436,61	3.728,29	3.739,48	9.927,81
8.147,99	8.854,17	9.341,97	8.417,45	3.287,54	3.360,97	9.410,78
9.594,35	8.499,91	9.018,16	9.062,38	3.098,72	3.092,29	8.959,86
7.314,78	9.192,22	8.374,67	8.982,82	3.728,84	7.631,69	8.457,24
8.920,26	9.832,97	8.963,30	10.459,86	3.098,88	3.384,87	8.276,09
9.586,73	8.418,33	9.513,52	10.908,90	3.142,48	3.746,00	8.725,04
8.628,74	10.095,16	8.656,96	8.346,39	3.044,98	3.215,54	9.066,04
7.933,46	8.632,87	9.443,67	10.985,33	3.675,20	3.076,26	8.832,76
8.691,84	8.093,02	8.655,24	7.827,25	3.626,46	3.463,61	10.681,21
8.939,81	10.422,98	8.688,44	8.647,73	3.178,90	7.794,81	9.102,37

Fuentes: Gerencia de Perforación y Producción (zona oriente), Copevesa.

## Anexo 3

### Correlaciones calculadas entre las variables relevantes

	Número de obstrucciones	Duración sin matriz	Duración con matriz	Potencial de producción
Número de obstrucciones	1,00	-0,85	0,00	-0,75
Duración sin tecnología		1,00	0,75	0,00
Duración con tecnología			1,00	0,85
Potencial de producción				1,00

Fuente: estimaciones de María Magdalena González Gorrondona.