

ENSAMBLAJE DE CABLE SENSOR DE FLUIDO, SISTEMA, y MÉTODO

CAMPO

[0001] Algunas modalidades del objeto que aquí se revela se relacionan con ensamblajes, sistemas, y métodos para medir velocidades de fluido y/o medir fases fluidas.

ANTECEDENTES

[0002] Los dispositivos de medición de múltiples fases se pueden disponer en el interior de los pozos para medir las velocidades individuales de fase de flujo de diferentes fases que fluyen en los pozos. Estos dispositivos solo se pueden en el interior de pozos que no están en producción, o durante periodos en los cuales el pozo no está produciendo recursos (p.ej., durante los periodos en los cuales no se está extrayendo petróleo u otros recursos del pozo). Los dispositivos pueden medir las velocidades de flujo de los fluidos que fluyen en los pozos. Estas mediciones se pueden usar para mejorar la producción de recursos (p.ej., petróleo) de los pozos, limitar el desgaste (p.ej., la corrosión) de los componentes que están en el pozo (haciendo el seguimiento de la cantidad de agua y gas en el pozo), representar el desempeño de los pozos, etc.

[0003] Algunos de estos dispositivos miden las velocidades de flujo calentando el pozo con cables alargados que se extienden hacia el interior de los pozos y monitorear el enfriamiento del pozo. Pero el calentamiento del pozo puede demandar una cantidad significativa de tiempo, y puede que el pozo no se caliente de forma pareja. El tiempo prolongado de calentamiento y el calentamiento disparejo pueden limitar la resolución y exactitud de las mediciones obtenidas por los dispositivos. Además, estos dispositivos se limitan a medir las velocidades de flujo durante los tiempos en los cuales no se están extrayendo recursos del pozo. Como resultado, estos dispositivos no pueden proporcionar mediciones en tiempo real de las velocidades de flujo, o las velocidades de flujo de los fluidos en el pozo durante el mismo periodo en el cual de los fluidos están siendo extraídos del pozo.

[0004] Además, estos dispositivos pueden ser capaces de medir la tasa total de cada uno de varios constituyentes fluidos diferentes que se encuentran en el pozo. Por ejemplo, los dispositivos pueden ser incapaces de medir las diferentes cantidades de petróleo, agua, y/o gas en el pozo. Antes bien, los dispositivos pueden estar limitados a medir la tasa total de flujo de estos fluidos, pero no las velocidades individuales de flujo o las cantidades de los diferentes fluidos.

BREVE DESCRIPCIÓN

[0005] En una modalidad, un ensamblaje de cable sensor de fluido incluye un cuerpo central interno, cuerpos de conducción, y fibras ópticas. El cuerpo central interno tiene una longitud

que se extiende desde un primer extremo hasta un segundo extremo opuesto. Los cuerpos de conducción se extienden a lo largo de la longitud del cuerpo central, y están configurados para conducir una corriente de calentamiento a lo largo de la longitud del cuerpo central para calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido. Los cuerpos de conducción también están configurados para conducir una señal de interrogación a lo largo de la longitud del cuerpo central y para conducir reflexiones de la señal de interrogación como señales distribuidas de medición de fase a un sistema de adquisición por computador. Las fibras ópticas se extienden a lo largo de la longitud del cuerpo central hasta una distancia radial designada desde un eje central del cuerpo central. Las fibras ópticas incluyen una pluralidad de elementos sensibles a la temperatura dispuestos en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central. Los elementos sensibles a la temperatura están configurados para medir el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central a continuación del calentamiento del ensamblaje del cable sensor de fluido por los cuerpos de conducción y comunicar el flujo térmico que es medido través de los cables ópticos al sistema de adquisición por computador.

[0006] En una modalidad, un método (p.ej., para medir fases distribuidas y/o velocidades de flujo en un pozo subterráneo) incluye conducir una señal de interrogación con distribución de fase a lo largo de cuerpos de conducción que se extienden a lo largo de un cuerpo central alargado de un ensamblaje de cable sensor de fluido y recibir señales distribuidas de medición de fase a lo largo de los cuerpos de conducción en respuesta a la conducción de la señal de interrogación. Las señales distribuidas de medición de fase son reflejadas de vuelta a lo largo de la bobina de conducción en localizaciones diferentes a lo largo de una longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido y representan una cantidad de fases de fluido que fluyen fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido. El método también incluye calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido conduciendo una corriente de calentamiento durante un tiempo designado a lo largo de los cuerpos de conducción y, a continuación del calentamiento del ensamblaje de cable sensor de fluido, recibir mediciones de temperatura de elementos sensibles a la temperatura en fibras ópticas del ensamblaje de cable sensor de fluido en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido. Las mediciones de temperatura representan el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido en las localizaciones diferentes.

[0007] En una modalidad, un sistema de sensor de fluido incluye ensamblajes de cable de fluido y un sistema de adquisición por computador. Los ensamblajes de cable sensor de fluido están configurados para ser dispuestos en pozos subterráneos. Los ensamblajes de cable de fluido incluyen un cuerpo central alargado interno y cables ópticos que se extienden a lo largo de una longitud de los ensamblajes de cable sensor de fluido y que tienen elementos sensibles a la temperatura. Los ensamblajes de cable también incluyen bobinas de conducción envueltas alrededor del cuerpo central a lo largo de la longitud de los ensamblajes de cable sensor de fluido. El sistema de adquisición por computador está configurado para ser acoplado operativamente a los ensamblajes de cable sensor de fluido. El sistema de adquisición por

computador está configurado para conducir, a por lo menos uno de los ensamblajes de cable sensor de fluido, una señal de interrogación con distribución de fase a lo largo de las bobinas de conducción y está configurado para recibir señales distribuidas de medición de fase conducidas a lo largo de las bobinas de conducción en respuesta a la conducción de la señal de interrogación. Las señales distribuidas de medición de fase son reflejadas de vuelta a lo largo de las bobinas de conducción en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido y representan cantidades de diferentes fases del fluido en las localizaciones diferentes. El sistema de adquisición por computador también está configurado para calentar el por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido conduciendo una corriente de calentamiento a lo largo de por lo menos una de las bobinas de conducción y, después del calentamiento del por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido, para recibir mediciones de temperatura de los elementos sensibles a la temperatura en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido, las cuales mediciones de temperatura son representativas del flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0008] Se hace referencia a los dibujos acompañantes en los cuales se ilustran modalidades particulares y beneficios adicionales de la invención como se describe en más detalle en la siguiente descripción, en la cual:

[0009] La FIG. 1 ilustra una modalidad de un sistema de medición de fluidos;

[0010] La FIG. 2 ilustra un extremo del ensamblaje de cable que se muestra en la FIG. 1 de acuerdo con una modalidad;

[0011] La FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de un segmento del ensamblaje de cable que se muestra en las FIGS. 1 y 2 de acuerdo con una modalidad;

[0012] La FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de otro segmento del ensamblaje de cable que se muestra en las FIGS. 1 a 3 de acuerdo con una modalidad;

[0013] La FIG. 5 ilustra el ensamblaje de cable que se muestra en la FIG. 1 de acuerdo con otra modalidad;

[0014] La FIG. 6 ilustra ondas de una señal eléctrica que se refleja de vuelta a lo largo de por lo menos un cuerpo conductivo del ensamblaje de cable (que se muestra en la FIG. 2) de acuerdo con un ejemplo;

[0015] La FIG. 7 ilustra una corriente de calentamiento que un sistema de adquisición por computador que se muestra en la FIG. 1 conduce a través de un elemento de calentamiento que se muestra en la FIG. 3 durante un ciclo de calentamiento de acuerdo con una modalidad;

[0016] La FIG. 8 ilustra temperaturas del ensamblaje de cable de acuerdo con un ejemplo;

[0017] La FIG. 9 ilustra temperaturas medidas por elementos sensibles a la temperatura del ensamblaje de cable de acuerdo con un ejemplo;

[0018] La FIG. 10 ilustra temperaturas medidas por un elemento sensible a la temperatura del ensamblaje de cable de acuerdo con otro ejemplo;

[0019] La FIG. 11 ilustra temperaturas medidas por un elemento sensible a la temperatura del ensamblaje de cable de acuerdo con otro ejemplo;

[0020] La FIG. 12 ilustra temperaturas adicionales medidas por el mismo o por otro elemento sensible a la temperatura del ensamblaje de cable de acuerdo con un ejemplo;

[0021] La FIG. 13 ilustra una salida que puede ser generada por el sistema de adquisición por computador sobre la base de las velocidades de flujo medidas usando varios ensamblajes de cable de acuerdo con un ejemplo;

[0022] La FIG. 14 ilustra una salida que puede ser generada por el sistema de adquisición por computador sobre la base de las fases distribuidas medidas usando varios ensamblajes de cable de acuerdo con un ejemplo;

[0023] La FIG. 15 ilustra un diagrama de flujo de una modalidad de un método para manufacturar un ensamblaje de cable sensor de fluido;

[0024] La FIG. 16 ilustra esquemáticamente diferentes etapas del ensamblaje de cable durante el método de manufactura representado por el diagrama de flujo que se muestra en la FIG. 15 de acuerdo con un ejemplo; y

[0025] La FIG. 17 ilustra un diagrama de flujo de una modalidad de un método para medir fases distribuidas y velocidades de flujo de fluidos en un pozo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0026] modalidades del objeto de la invención que aquí se describe proporcionan ensamblajes de cable, sistemas de medición, y métodos que miden fases distribuidas (p.ej., corte de agua, contenido de gas, etc.) y velocidad de flujo en un pozo de petróleo. El sistema y el método pueden permitir la perfilación en tiempo real a través de múltiples perforaciones, múltiples zonas y horizontales, así como permitir la optimización de la producción del yacimiento y el manejo del drenaje en tiempo real. Las mediciones proporcionadas por los sistemas y métodos pueden ayudar a validar modelos sísmicos de campos petroleros, mejorar la planificación del yacimiento, aumentar las reservas, mejorar el manejo de las fracturas, y aumentar las tasas de producción. Los sistemas y métodos pueden perfilar formaciones en producción, así como la producción neta y ser útiles para el manejo del uso de agua, gas, y arena en los pozos.

[0027] Los sistemas y métodos pueden usar un anemómetro distribuido con elementos sensibles a la temperatura en fibra óptica distribuidos acoplados a elementos de calentamiento. Se pueden usar señales de radiofrecuencia (RF) para medir las diferentes fases de los fluidos en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud de los ensamblajes de cable dispuestos en el interior de los pozos.

[0028] La FIG. 1 ilustra una modalidad de un sistema de medición de fluidos 100. El sistema 100 se puede usar para medir velocidades de flujo de fluidos y mediciones de distribución de fase dentro de un pozo subterráneo 106, como un pozo de petróleo. Por ejemplo, el sistema

100 puede medir las tasas a las cuales el petróleo, el agua, y/o el gas fluyen dentro del pozo, así como cuánto petróleo, agua, y/o gas hay dentro del pozo. El sistema 100 puede ser un sistema de medición distribuido en el cual el sistema 100 mide al mismo tiempo las velocidades de flujo de los fluidos a lo largo de la superficie externa del ensamblaje de cable 102 y las mediciones de distribución de fase en múltiples localizaciones diferentes dentro del pozo.

[0029] El sistema 100 incluye ensamblajes de cable sensor de fluido 102 y un sistema de adquisición por computador 104. El ensamblaje de cable 102 puede ser alargado entre extremos opuestos 106, 108, los cuales pueden estar a varios cientos o miles de metros de distancia entre sí. Los ensamblajes de cable 102 incluyen dispositivos sensores que miden características de los fluidos en un pozo que representan las velocidades de flujo y mediciones de distribución de fase. Algunos de los dispositivos sensores se muestran en la FIG. 1 como elementos sensibles a la temperatura 110. Como se describe más adelante, el ensamblaje de cable 102 puede incluir sensores adicionales. Varios ensamblajes de cable 102 pueden disponerse en diferentes pozos en un campo y acoplarlos de forma comunicativa con el mismo sistema de adquisición por computador 104. El sistema de adquisición por computador 104 representa dispositivos de cómputo, como circuitos de hardware que incluyen y/o están conectado con procesadores (p.ej., microprocesadores, arreglos de compuertas programables en el campo, circuitos integrados, u otros dispositivos electrónicos basados en software). El sistema de adquisición por computador 104 recibe las características medidas por los dispositivos sensores del ensamblaje de cable 102 y determina las velocidades de flujo y las mediciones de distribución de fase sobre la base de las características medidas. El sistema 100 puede medir las velocidades de flujo y/o las mediciones de fase en tiempo real. Por ejemplo, el ensamblaje de cable 102 puede ser insertado dentro del pozo 106 para medir las velocidades de flujo y/o las mediciones de fase al mismo tiempo en que recursos (p.ej., petróleo y/o gas) están siendo extraídos del pozo 106. En una modalidad, el ensamblaje de cable 102 es capaz de medir tanto las velocidades de flujo como las fases distribuidas dentro del pozo 106. Como alternativa, el ensamblaje de cable 102 puede medir solo velocidades de flujo o fases distribuidas, pero no ambas, dentro del pozo 106. Por ejemplo, el ensamblaje de cable 102 puede tener menos componentes de los que se describen más adelante y puede medir las velocidades de flujo pero no las fases distribuidas dentro del pozo 106. Esto puede ayudar a hacer el factor forma (p.ej., tamaño) del ensamblaje de cable 102 más pequeño que un ensamblaje de cable 102 que mide tanto fases distribuidas como velocidades de flujo.

[0030] La FIG. 2 ilustra un extremo 106 del ensamblaje de cable 102 que se muestra en la FIG. 1 de acuerdo con una modalidad. El ensamblaje de cable 102 incluye un cuerpo central interno 214 que soporta componentes adicionales del ensamblaje de cable 102. El cuerpo central 214 pueden tener forma de cuerda, como una cuerda extruida de polipropileno, nylon, otra poliamida, Kevlar®, u otro material. Como alternativa, el cuerpo central 214 puede ser otro tipo de cuerpo alargado distinto de una cuerda. Un recubrimiento 200 está dispuesto alrededor del cuerpo central 214 en la modalidad que se ilustra. El recubrimiento 200 puede estar hecho de un material similar al del cuerpo central 214, como polipropileno. En una modalidad, el

recubrimiento 200 se extruye encima del cuerpo central 214. Como alternativa, el recubrimiento 200 se puede proporcionar alrededor del cuerpo central 214 de otra manera.

[0031] hendiduras 202 están formadas dentro del ensamblaje de cable 102 como se muestra en la FIG. 2. Estas hendiduras 202 pueden ser cortadas dentro del exterior del recubrimiento 200 a profundidades radiales designadas del ensamblaje de cable 102. Las hendiduras 202 pueden extenderse a la misma distancia radial de un eje central 206 del ensamblaje de cable 102. Las hendiduras 202 pueden extenderse linealmente a lo largo del exterior del recubrimiento 200. Hay fibras ópticas 204 dispuestas dentro de las hendiduras 202. En la modalidad que se ilustra, las fibras ópticas 204 y las hendiduras 202 se encuentran en lados opuestos del ensamblaje de cable 102 (p.ej., las fibras 204 y las hendiduras 202 están situadas en las posiciones de las doce y las seis del reloj), pero como alternativa, las fibras 204 y hendiduras 202 pueden estar situadas en otras posiciones (p.ej., pueden no ser opuestas entre sí). Aunque se muestran dos fibras 204 y dos hendiduras 202 en la FIG. 2, el ensamblaje de cable 102 como opción puede incluir más de dos fibras 204 y/o más de dos hendiduras 202, o puede incluir una única fibra 204 y una única hendidura 202. Como alternativa, las hendiduras 202 y las fibras 204 pueden estar envueltas en forma helicoidal alrededor del ensamblaje de cable 102 para permitir que las fibras ópticas 204 se desplacen con el ensamblaje de cable 102 a medida que el ensamblaje de cable 102 cambia de longitud (p.ej., se alaga durante el calentamiento).

[0032] Las fibras 204 pueden estar dispuestas en el interior de tubos dieléctricos 208 en las hendiduras 202, como tubos plásticos. En algunas modalidades las fibras pueden estar dispuestas en el interior de tubos de metal 208 en las hendiduras 202. Las fibras 204 pueden tener un recubrimiento de carbono y/o los tubos 208 pueden contener un material en gel, como un gel de barrido de hidrógeno. Las fibras 204 pueden estar embebidas dentro de ese gel en el interior de los tubos 208. Como opción, las fibras 204 pueden estar recubiertas con carbono o un metal como aleación de cobre-níquel, aluminio u oro.

[0033] Las fibras ópticas 204 pueden estar dispuestas en las hendiduras 202 para prevenir el pandeo de las fibras 204 durante el enrollado y desenrollado del ensamblaje de cable 102. Si las fibras ópticas 204 no están puestas dentro de las hendiduras 202 (por ejemplo, si las fibras ópticas 204 se extienden a lo largo del exterior del recubrimiento 200, las fibras ópticas 204 pueden experimentar un aumento de la tensión durante el doblado del ensamblaje de cable 102 y/o formar retorcimientos. El ensamblaje de cable 102 puede ser envuelto alrededor de un carrete u otro dispositivo durante la manufactura y para almacenamiento, transporte, etc. Durante enrollado o desenrollado del ensamblaje de cable 102, las fibras ópticas 204 pueden experimentar un aumento de la tensión y doblarse o dañarse si las fibras ópticas 204 son están situadas en las hendiduras 202. Las fibras ópticas 204 pueden situarse dentro de las hendiduras 202 con holgura adicional de manera que al poner las fibras ópticas 204 en las hendiduras 202 se reduce la tensión que experimentan las fibras 204 y, como resultado, las fibras 204 no se retuercen durante el enrollado o desenrollado del ensamblaje de cable 102. La

hendidura también ayuda a aliviar la tensión que se puede experimentar en el fondo de un pozo de petróleo debido a desviaciones del pozo.

[0034] Los elementos sensibles a la temperatura 110 que se muestra en la FIG. 1 pueden representar fibras con rejillas de Bragg (FRB) en las fibras ópticas 204. Los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden usar mediciones distribuidas de temperatura de Raman para proporcionar múltiples mediciones de temperatura en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Por ejemplo, los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden reflejar longitudes de onda de luz a lo largo de las fibras 204 de vuelta al sistema de adquisición por computador 104 que se muestra en la FIG. 1. La longitud de onda de la luz que es reflejada por un elemento sensible a la temperatura 110 puede cambiar sobre la base de la temperatura en y/o alrededor del elemento sensible a la temperatura 110. Los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden estar espaciados entre sí a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 para proporcionar mediciones distribuidas de temperatura. Como se describe aquí, los cambios en las temperaturas medidas por los elementos sensibles a la temperatura 110 se pueden usar para calcular velocidades de flujo en o cerca de los diferentes elementos sensibles a la temperatura 110. Proporcionar múltiples elementos sensibles a la temperatura 110 en localizaciones diferentes a lo largo del ensamblaje de cable 102 permite medir las velocidades de flujo a diferentes profundidades de un pozo.

[0035] cuerpos de conducción 210 pueden extenderse a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Los cuerpos de conducción 210 pueden incluir alambres que están envueltos de forma helicoidal alrededor del exterior del recubrimiento 200. Como alternativa, de los cuerpos de conducción 210 pueden ser lineales y extenderse linealmente a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. En la modalidad que se ilustra, los cuerpos de conducción 210 se extienden sobre los elementos sensibles a la temperatura 110. Por ejemplo, los cuerpos de conducción 210 pueden estar radialmente fuera de los elementos sensibles a la temperatura 110 y las fibras ópticas 204. Como alternativa, los cuerpos de conducción 210 pueden estar por debajo de los elementos sensibles a la temperatura 110 y las fibras ópticas 204 de modo que los elementos sensibles a la temperatura 110 y las fibras ópticas 204 están radialmente fuera de los cuerpos de conducción 210. En algunas modalidades los cuerpos de conducción 210 corren paralelos a las fibras ópticas 204 dentro de las hendiduras.

[0036] Por lo menos uno de los cuerpos de conducción 210 puede ser un elemento de calentamiento que calienta el ensamblaje de cable 102. El elemento de calentamiento puede conducir una corriente de calentamiento para calentar el ensamblaje de cable 102. El sistema de adquisición por computador 104 puede incluir y/o estar conectado a una fuente de energía que suministra la corriente. Como se describe más adelante, el sistema de adquisición por computador 104 puede conducir la corriente a través del elemento de calentamiento durante un periodo designado que parcialmente calienta el ensamblaje de cable 102. Por ejemplo, en vez de calentar el ensamblaje de cable 102 durante un tiempo suficientemente largo para calentar todo el ensamblaje de cable 102 (p.ej., el espesor completo) a la misma temperatura, el sistema de adquisición por computador 104 puede hacer que el elemento de calentamiento caliente el

ensamblaje de cable 102 durante un periodo más corto. Como resultado, el ensamblaje de cable 102 puede no calentarse a la misma temperatura a través del espesor completo del ensamblaje de cable 102.

[0037] El sistema de adquisición por computador 104 puede controlar la conducción de una corriente de calentamiento suministrada por una fuente de energía, como la red pública, baterías, generadores, alternadores, condensadores, etc. En una modalidad, el sistema de adquisición por computador 104 controla la conducción de corriente de un condensador que almacena energía eléctrica durante los periodos en los cuales el ensamblaje de cable 102 no está siendo calentado, pero que conduce la energía como corriente de calentamiento durante los periodos en los cuales el ensamblaje de cable 102 es calentado. El uso de un condensador de este tipo puede permitir que la fuente de energía sea una fuente de energía de calificación menor que la que se usaría si la red pública se emplea para suministrar la corriente de calentamiento.

[0038] El sistema de adquisición por computador 104 puede controlar la cantidad de energía térmica transferida al ensamblaje de cable 102 del elemento de calentamiento mediante el control de varios parámetros de la corriente de calentamiento que es conducida a través del elemento de calentamiento. Estos parámetros pueden incluir el tiempo durante el cual la corriente de calentamiento es conducida a través del elemento de calentamiento, la magnitud de la corriente de calentamiento (p.ej., la cantidad de amperios o voltios conducidos a través del elemento de calentamiento), con qué frecuencia se conduce la corriente de calentamiento (p.ej., la frecuencia a la cual se pulsa la corriente de calentamiento), y/o el número de ciclos de operación empleados para conducir la corriente de calentamiento a través del elemento de calentamiento.

[0039] El mismo cuerpo conductor 210 que es el elemento de calentamiento también se puede usar para conducir una señal eléctrica (p.ej., una señal de radiofrecuencia o RF) a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 para determinar cantidades de diferentes fases de fluido en el pozo y para calentar el ensamblaje de cable 102. Como alternativa, se pueden usar dos diferentes bobinas de conducción para conducir la señal y calentar el ensamblaje de cable 102. Los cuerpos de conducción 210 pueden incluir una bobina marcadora que está separada en segmentos a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Como alternativa, la bobina marcadora puede no ser una bobina sino tener otra forma, como un alambre lineal. La bobina marcadora puede ser una bobina que está segmentada de modo que la bobina incluye brechas en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Estas brechas interrumpen una trayectoria de conducción a lo largo de la bobina marcadora. Las brechas se pueden proporcionar como localizaciones designadas a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102, como cada tres metros u otra distancia. Como se describe más adelante, las brechas ayudan a identificar localizaciones a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 en las cuales se hacen las mediciones de fase sobre la base de reflexiones de una señal conducida a lo largo de por lo menos uno de los cuerpos de conducción 210. Las reflexiones se pueden usar para determinar las cantidades de diferentes fases (p.ej., petróleo,

gas, y/o agua) en las localizaciones de las diferentes brechas. Por ejemplo, dependiendo de las características de las ondas en la señal reflejada, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar las cantidades relativas de las diferentes fases en las diferentes profundidades del pozo.

[0040] En una modalidad, los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden ser elementos de calentamiento que calientan el ensamblaje de cable 102 en lugar o además del cuerpo conductor 210 que se describió arriba. Por ejemplo, los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden ser metalizados y acoplados de forma conductiva con los cuerpos de conducción 210. La corriente conducida desde el sistema de adquisición por computador 104 a los elementos metalizados sensibles a la temperatura 110 pueden hacer que los elementos sensibles a la temperatura 110 calienten el ensamblaje de cable 102, parecido a lo que aquí se describe en relación con los cuerpos de conducción 210. En una modalidad, el elemento de calentamiento en el ensamblaje de cable 102 incluye regiones de menores resistencias eléctricas conectado con regiones de mayores resistencias eléctricas. Por ejemplo, el elemento de calentamiento puede incluir un alambre de conducción que tiene un primer diámetro en primeras porciones de la longitud del alambre y diámetros menores periódicos que tienen mayores resistencias. Las porciones de mayor resistencia del alambre forman elementos de calentamiento localizados. La conducción de corriente por el alambre puede dar lugar a que las porciones de mayor resistencia calienten áreas localizadas del ensamblaje de cable 102. Como opción, se pueden acoplar resistencias de forma conductiva con por lo menos uno de los cuerpos de conducción 210. Estas resistencias pueden estar situadas en, sobre, o debajo de los elementos sensibles a la temperatura 110, y pueden calentar localmente el ensamblaje de cable 102 cuando una corriente de calentamiento es conducida a través del o los cuerpos conductivos 210 que están conectados a las resistencias.

[0041] Una capa protectora 212 está dispuesta fuera de los cuerpos de conducción 210, el recubrimiento 200, los tubos 208, y las fibras ópticas 204 en la modalidad que se ilustra. La capa protectora 212 puede estar hecha de una cinta que se enrolla alrededor de los cuerpos de conducción 210, el recubrimiento 200, los tubos 208, y las fibras ópticas 204. A manera de ejemplo, la capa protectora 212 puede estar hecha de cinta de politetrafluoroetileno, como Teflón™. Además o como alternativa, la capa protectora 212 puede estar hecha de otra forma o de otro material. Por ejemplo, la capa protectora 212 puede ser extruida alrededor de la cinta, los cuerpos de conducción 210, el recubrimiento 200, los tubos 208, y las fibras ópticas 204. La capa protectora 212 puede ser resistente a sustancias químicas como petróleo, gases corrosivos, agua, etc. El intervalo operativo de temperaturas de la capa protectora puede estar por encima de 200 grados Celsius. Un ejemplo de un material que se puede usar para formar la capa protectora 212 incluye perfluoroalcoxi alcano (PFA 350 disponible en DuPont™).

[0042] En una modalidad, el recubrimiento 200 y/o la capa protectora 212 pueden estar hechos de materiales para controlar la conductividad térmica del ensamblaje de cable 102. Por ejemplo, para aumentar la conductividad térmica del ensamblaje de cable 102, partículas conductoras (p.ej., partículas hechas de nitruro de boro, óxido de aluminio, u otros materiales de

alta conductividad térmica) pueden estar embebidas dentro del recubrimiento 200 y/o la capa protectora 212.

[0043] La FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de un segmento del ensamblaje de cable 102 que se muestra en las FIGS. 1 y 2 de acuerdo con una modalidad. Varios de los cuerpos de conducción 210 se muestran en la FIG. 3, incluidos la bobina marcadora 300 y un elemento de calentamiento 304. El número y/o disposición de los cuerpos de conducción 210 pueden diferir de la modalidad que se ilustra. Como se muestra, la bobina marcadora 300 y el elemento de calentamiento 304 se envuelven de forma helicoidal alrededor del cuerpo central 214 del ensamblaje de cable 102, el cual se ilustra esquemáticamente en la FIG. 3. La bobina marcadora 300 incluye brechas 306 que reflejan señales conducida a lo largo de la bobina señalizadora 302, como se describió arriba. Estas brechas 306 ayudan a identificar en dónde las ondas de señal reflejadas indican diferentes fases dentro del pozo, como se describe más adelante. La bobina señalizadora 302 puede extenderse continuamente a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 y puede no incluir las brechas 306.

[0044] El elemento de calentamiento 304 se envuelve de forma helicoidal alrededor del cuerpo central 214. En un aspecto, de los elementos de calentamiento 304 pueden estar situados por debajo de elementos sensibles a la temperatura 110. Además o como alternativa, de los elementos de calentamiento 304 pueden estar situadas por encima de de los elementos sensibles a la temperatura 110.

[0045] La FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de otro segmento del ensamblaje de cable 102 que se muestra en las FIGS. 1 a 3 de acuerdo con una modalidad. La porción del elemento de calentamiento 304 que se muestra en la FIG. 4 se envuelve de forma helicoidal alrededor del cuerpo central 214, y también se extiende por encima o por debajo de de los elementos sensibles a la temperatura 110 de las fibras ópticas 204. El elemento de calentamiento 304 puede estar situado encima del elemento sensible a la temperatura 110. Como opción, el elemento de calentamiento 304 puede estar situado por debajo del elemento sensible a la temperatura 110.

[0046] Cada elemento sensible a la temperatura 110 puede estar situado entre vueltas consecutivas del elemento de calentamiento 304 alrededor del ensamblaje de cable 102, o puede estar situado por encima o por debajo del elemento de calentamiento 304. En la FIG. 3, el elemento sensible a la temperatura 110 está situado entre vueltas vecinas del elemento de calentamiento 304 alrededor del ensamblaje de cable 102. En la FIG. 4, el elemento sensible a la temperatura 110 está situado por encima o por debajo de una de las vueltas del elemento de calentamiento 304 alrededor del ensamblaje de cable 102.

[0047] Los datos proporcionados por los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden tener que calibrarse dependiendo de cuáles elementos sensibles a la temperatura 110 están fuera o dentro del elemento de calentamiento 304 (p.ej., como se muestra en la FIG. 4), y cuáles elementos sensibles a la temperatura 110 no están fuera o dentro del elemento de calentamiento 304 (p.ej., como se muestra en la FIG. 3). Por ejemplo, el elemento de calentamiento 304 puede calentar el ensamblaje de cable 102 cuando el ensamblaje de cable

102 está sumergido en un medio de una respuesta conocida al calor. Los cambios medidos de temperatura de los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden ser examinados y comparados con cambios designados de temperatura que deben presentarse a causa del calor generado por el elemento de calentamiento 304. Las diferencias entre los cambios medidos en temperatura y los cambios designados de temperatura en los diversos elementos sensibles a la temperatura 110 se pueden usar para calibrar los cambios medidos en temperatura cuando el ensamblaje de cable 102 está sumergido en un pozo. En otro ejemplo, el sistema de adquisición por computador 104 puede sincronizar los datos obtenidos del ensamblaje de cable 102 con datos adquiridos por sensores adicionales en el pozo. Por ejemplo, se puede disponer una bomba eléctrica sumergible (BES) en el pozo para bombear fluidos en el pozo. La BES puede ser controlada por el sistema de adquisición por computador 104 (o el sistema de adquisición por computador 104 puede comunicarse con el sistema que controla la BES) de modo que el sistema de adquisición por computador 104 conoce la tasa a la cual la BES está bombeando fluido en localizaciones del pozo. El sistema de adquisición por computador 104 puede rastrear los cambios de temperatura medidos usando el ensamblaje de cable 102 y establecer la correspondencia entre estos cambios con la velocidad de flujo conocida del fluido de la BES para calibrar el ensamblaje de cable 102 al pozo. En otro ejemplo, sensores de temperatura y/o presión pueden estar dispuestos en el fondo del pozo y pueden ser acoplados de forma comunicativa con el sistema de adquisición por computador 104. Estos sensores pueden medir las temperaturas y/o presiones en el fondo del pozo y comunicar estos datos al sistema de adquisición por computador 104. El sistema de adquisición por computador 104 puede medir temperaturas usando el ensamblaje de cable 102 y establecer la correspondencia entre estas temperaturas y las temperaturas medidas por los otros sensores para calibrar el ensamblaje de cable 102.

[0048] La FIG. 5 ilustra el ensamblaje de cable 102 que se muestra en la FIG. 1 de acuerdo con otra modalidad. En contraposición con el ensamblaje de cable 102 que se muestra en las FIGS. 2 a 4, el elemento de calentamiento 304 del ensamblaje de cable 102 que se muestra en la FIG. 5 puede ser un elemento de calentamiento alargado, lineal o alambre, en vez de una bobina helicoidal como se muestra en las FIGS. 2 a 4. El elemento de calentamiento 304 que se muestra en la FIG. 5 pueden ser calentado de una forma similar a la que se describió arriba para permitir que el sistema 100 (que se muestra en la FIG. 1) mida las velocidades de flujo, como aquí se describe.

[0049] En la operación, modalidades del ensamblaje de cable 102 que aquí se describe se disponen dentro de un pozo subterráneo para medir las velocidades de flujo y las cantidades de diferentes fases de fluidos que fluyen en el pozo y fuera del ensamblaje de cable 102. Por ejemplo, el ensamblaje de cable 102 puede medir al mismo tiempo las cantidades de petróleo, gas, y agua, así como la velocidad a la cual el petróleo, el gas, y/o el agua están fluyendo, en múltiples localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. A continuación de la inserción del ensamblaje de cable 102 dentro de un pozo, una señal eléctrica es conducida del sistema de adquisición por computador 104 a lo largo de los cuerpos de

conducción 210, como el elemento de calentamiento 304 u otra bobina. Esta señal puede ser una señal de radiofrecuencia (RF) u otro tipo de señal. Esta señal es conducida a lo largo de un cuerpo conductor 210 y se refleja de vuelta del cuerpo conductor 210 al sistema de adquisición por computador 104 en localizaciones en o cerca de las brechas 306 de la bobina marcadora 300. Las reflexiones de la señal se pueden usar para determinar las cantidades de diferentes fases en las localizaciones diferentes de reflexión. Las señales reflejadas pueden denominarse señales distribuidas de medición de fase.

[0050] La FIG. 6 ilustra las ondas 600, 602, 604, 606 de la señal eléctrica reflejadas de vuelta a lo largo del cuerpo conductor 210 de acuerdo con un ejemplo. Las ondas 600, 602, 604, 606 pueden representar la señal que es medida por el sistema de adquisición por computador 104 a través del cuerpo conductor 210 en respuesta a la conducción de una señal de RF u otra señal a lo largo del cuerpo conductor 210. La señal es una señal reflejada y se muestra a lo largo de un eje horizontal 610 representativo del tiempo o la distancia a lo largo del ensamblaje de cable 102 y un eje vertical 608 representativo de las magnitudes de la señal reflejada.

[0051] El sistema de adquisición por computador 104 puede generar la señal (p.ej., una señal de RF, la cual puede denominarse aquí como una señal de interrogación o una señal de interrogación con distribución de fase) para conducirla a lo largo de por lo menos uno de los cuerpos de conducción 210 durante un tiempo designado, y luego dejar de generar la señal de interrogación. La señal es conducida en el cuerpo conductor 210 a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102, y se refleja de vuelta a lo largo del cuerpo conductor 210 al sistema de adquisición por computador 104. Las reflexiones pueden tener lugar en varias localizaciones a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. La bobina marcadora 300 puede estar acoplada de forma capacitiva con el cuerpo conductor 210 a través de la cual se conduce la señal de interrogación. Las reflexiones de la señal de interrogación pueden indicar en dónde están situadas las brechas 306 de la bobina marcadora 300. Por ejemplo, las reflexiones de la señal de interrogación puede incluir disminuciones o brechas que indican el lugar en el cual están situadas las brechas 306 en la bobina marcadora 300.

[0052] Las reflexiones de la señal de interrogación son medidas por el sistema de adquisición por computador 104 y pueden incluir ondas, como las ondas 600, 602, 604, 606. Las ondas 600, 602, 604, 606 pueden estar asociadas con localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 lejos del sistema de adquisición por computador 104 sobre la base del retardo del tiempo entre la transmisión de la señal de interrogación y la recepción de las reflexiones de la señal. Por ejemplo, la onda 600 puede estar asociada con localizaciones más cercanas al sistema de adquisición por computador 102 que las ondas 602, 604, 606 debido a que el tiempo de vuelo entre la generación de la señal de interrogación y la recepción de la onda 600 es menor que el tiempo de vuelo para las ondas 602, 604, 606. Las localizaciones de las brechas 306 en la bobina marcadora 300 a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 pueden ser conocidas de mediciones previas, y las localizaciones asociadas con las ondas 600, 602, 604, 606 a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 pueden ser determinadas con respecto a las brechas 306 sobre la base de los tiempos de

vuelo de las diferentes ondas 600, 602, 604, 606. Por ejemplo, la velocidad a la cual la señal de interrogación es conducida y reflejada a lo largo del cuerpo conductivo 210 puede ser conocida y empleada para calcular las localizaciones a lo largo del ensamblaje de cable 102 que están asociadas con las ondas 600, 602, 604, 606. En la modalidad que se ilustra, las localizaciones de varias brechas 306 en la bobina marcadora 300 (denominadas "Marcador #1", "Marcador #2", etc., en la FIG. 6) se muestran en la FIG. 6. Las brechas 306 pueden ser denominadas marcadores, y pueden estar situadas cada 7,5 m u otra distancia a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102.

[0053] En una modalidad, las ondas 600, 602, 604, 606 son indicativas de velocidades de onda en el fluido que fluye fuera del ensamblaje de cable 102. características de las ondas 600, 602, 604, 606 pueden ser examinadas para determinar las cantidades de diferentes fases del fluido en las localizaciones diferentes a lo largo del ensamblaje de cable 102. En un aspecto, las características de las ondas 600, 602, 604, 606 situadas entre marcadores vecinos en la señal reflejada pueden ser determinadas y empleadas para calcular cantidades de diferentes fases en el pozo en las localizaciones entre los marcadores. Estas características pueden incluir, por ejemplo, localizaciones o tiempos 612 en los cuales se presentan las amplitudes pico 614 de las ondas. Las localizaciones o tiempos 616 en los cuales se presentan las amplitudes pico 614 pueden representar el momento en el cual las amplitudes pico 614 son medidas a lo largo del eje horizontal 610 y/o el lugar a lo largo del ensamblaje de cable 102 en el cual se presentan las amplitudes pico 614.

[0054] El sistema de adquisición por computador 104 puede generar varias señales de interrogación, el sistema de adquisición por computador 104 puede medir varias reflexiones de las señales, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar las características de las ondas 600, 602, 604, 606 en las señales reflejadas, y el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar cambios en las características. Por ejemplo, el sistema de adquisición por computador 104 puede medir o calcular velocidades 618 (p.ej., tasas de cambio de las localizaciones o tiempos 616) de las ondas 600, 602, 604, 606 mediante la determinación de qué tan rápidamente las localizaciones o tiempos 616 de las amplitudes pico 604 cambian entre los mismos marcadores de diferentes señales reflejadas. Estas velocidades pueden indicar las cantidades de diferentes fases del fluido que están presentes entre los diferentes marcadores. Por ejemplo, una primera tasa de cambio designada en la localización o el tiempo 616 de la onda 600 puede indicar que una primera proporción de 20% de agua, 10% de gas, y 70% de petróleo está fuera del ensamblaje de cable 102 entre el primero y el segundo marcadores, en tanto que una segunda tasa de cambio designada diferente, en la localización o el tiempo 616 de la onda 602 puede indicar que una segunda proporción diferente de agua, gas, y petróleo se encuentra fuera del ensamblaje de cable 102 entre el primero y el segundo marcadores (p.ej., 40% de agua, 20% de gas, y 40% de petróleo). Otros cambios en las características de las ondas pueden indicar otras cantidades de las diferentes fases de los fluidos fuera del ensamblaje de cable 102.

[0055] El sistema de adquisición por computador 104 puede calentar el ensamblaje de cable 102 usando la bobina de calentamiento 304 que se muestra en las FIGS. 3 y 4. El sistema de adquisición por computador 104 puede conducir una corriente de calentamiento eléctrica a través de la bobina de calentamiento 304 para por lo menos calentar parcialmente el ensamblaje de cable 102. En una modalidad, el sistema de adquisición por computador 104 puede solo calentar parcialmente el ensamblaje de cable 102 alternando entre conducir la corriente de calentamiento a través de la bobina de calentamiento 304 durante un primer periodo designado, detener la conducción de la corriente de calentamiento durante un segundo periodo designado subsiguiente, y repetir la conducción y la detención de la conducción de la corriente de calentamiento durante iteraciones de calentamiento. Los periodos en los cuales la corriente de calentamiento es conducida a través del elemento de calentamiento 304 para calentar el ensamblaje de cable 102 pueden ser suficientemente cortos para evitar el calentamiento de todo el ensamblaje de cable 102 a una temperatura designada. Por ejemplo, el tiempo de calentamiento en el cual la corriente de calentamiento está siendo conducida puede ser de una duración suficientemente corta para aumentar la temperatura del ensamblaje de cable 102 en una dimensión externa del espesor del ensamblaje de cable 102, pero no de una duración suficientemente larga para aumentar la temperatura de todo el cuerpo central 214 (que se muestra en la FIG. 2) del ensamblaje de cable 102 a la misma temperatura del exterior del ensamblaje de cable 102. Como alternativa, el sistema de adquisición por computador 104 puede conducir la corriente de calentamiento a través de la bobina de calentamiento 304 durante un tiempo suficientemente largo para calentar todo el ensamblaje de cable 102 hasta por lo menos la misma temperatura.

[0056] La FIG. 7 ilustra una corriente de calentamiento 700 que el sistema de adquisición por computador 104 conduce a través del elemento de calentamiento 304 durante un ciclo de calentamiento de acuerdo con una modalidad. La corriente de calentamiento 700 representa un voltaje conducido en el elemento de calentamiento 304, y se muestra a lo largo de un eje horizontal 702 representativo del tiempo y un eje vertical 704 representativo de las magnitudes del voltaje. La corriente de calentamiento 700 es conducida a lo largo del elemento de calentamiento 304 durante un periodo designado 706 que no es lo suficientemente largo para calentar completamente el ensamblaje de cable 102 hasta una temperatura común. El ciclo de calentamiento que se muestra en la FIG. 7 puede ser repetido veces adicionales con el fin de medir las velocidades de flujo a lo largo de la superficie externa del ensamblaje de cable 102.

[0057] En una modalidad, la magnitud y/o duración del ciclo de calentamiento pueden modificarse sobre la base de una velocidad de flujo medida. La cantidad de voltaje (p.ej., magnitud) de la corriente de calentamiento 700 y/o el periodo 706 (p.ej., la duración) en el cual la corriente de calentamiento 700 es conducida a través del elemento de calentamiento 304 puede cambiar sobre la base de una velocidad de flujo previamente medida. Por ejemplo, para velocidades de flujo más rápidas, la magnitud y/o la duración de la corriente de calentamiento 700 pueden aumentarse con respecto a las velocidades de flujo más lentas. La mayor magnitud y/o la mayor duración se pueden usar para calentar el ensamblaje de cable 102 hasta una

temperatura más alta. El aumento de la temperatura puede hacer que una medición subsiguiente de la velocidad de flujo sea más exacta, porque más flujo térmico puede salir del ensamblaje de cable 102 dentro de los fluidos que se mueven más rápido fuera del ensamblaje de cable 102.

[0058] A continuación del calentamiento por lo menos parcial del ensamblaje de cable 102, el sistema de adquisición por computador 104 puede recibir mediciones de temperatura de los elementos sensibles a la temperatura 110 a través de las fibras ópticas 204. Las mediciones de temperatura representan cambios en la temperatura del ensamblaje de cable 102 medidas por los elementos sensibles a la temperatura 110 en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden ser reflectores de fibras con rejilla de Bragg que reflejan longitudes de onda de luz designadas, pero permiten que otras longitudes de onda pasen a través de los reflectores. El sistema de adquisición por computador 104 puede generar luz que se propaga a través de las fibras ópticas 204 a los elementos sensibles a la temperatura 110. Diferentes elementos sensibles a la temperatura 110 pueden reflejar diferentes longitudes de onda de luz de vuelta a través de las fibras ópticas 204 hacia el sistema de adquisición por computador 104. Los cambios en la temperatura del ensamblaje de cable 102 pueden cambiar las longitudes de onda de luz que son reflejadas por los diferentes elementos sensibles a la temperatura 110. Como resultado, el sistema de adquisición por computador 104 puede monitorear cambios en las longitudes de onda de la luz reflejada por los diferentes elementos sensibles a la temperatura 110 para rastrear el enfriamiento del ensamblaje de cable 102 (p.ej., después del calentamiento del ensamblaje de cable 102). El desplazamiento o cambio en las longitudes de onda de luz reflejadas por diferentes elementos sensibles a la temperatura 110 puede representar el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102. Este flujo térmico puede ser indicativo de velocidades de flujo del fluido fuera del ensamblaje de cable 102 en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102. Como alternativa, los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden representar otros sensores que son capaces de medir el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102, como pares termoeléctricos.

[0059] La FIG. 8 ilustra las temperaturas 800, 802 del ensamblaje de cable 102 de acuerdo con un ejemplo. Las temperaturas 800 representan temperaturas a las cuales el ensamblaje de cable 102 es calentado mediante la conducción de la corriente de calentamiento 700 (que se muestra en la FIG. 7) durante dos ciclos de calentamientos que tienen lugar durante diferentes periodos 804, 806. Las temperaturas 802 representan temperaturas del ensamblaje de cable 102 que es calentado cuando el ensamblaje de cable 102 es calentado durante un periodo más largo (p.ej., para calentar todo el ensamblaje de cable 102 a la misma temperatura). Las temperaturas 800, 802 se muestran a lo largo de un eje horizontal 808 representativo del tiempo y un eje vertical 810 representativo de la temperatura.

[0060] Las temperaturas 800, 802 inicialmente aumentan a la misma velocidad. Dado que el ciclo de calentamiento termina en una modalidad en el final del primer periodo 804, las temperaturas 800 a las cuales el ensamblaje de cable 102 realmente se calienta comienzan a

disminuir, pero aumentan de nuevo durante el segundo periodo subsiguiente 806. Las tasas de enfriamiento 812, 814 de las temperaturas 800, 802 representan qué tan rápidamente el ensamblaje de cable 102 se enfría después del calentamiento, o la cantidad del flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102. Como se muestra en la FIG. 8, la tasa de enfriamiento 812 del ensamblaje de cable 102 después del calentamiento parcial del ensamblaje de cable 102 es igual a la tasa de enfriamiento 814 del ensamblaje de cable 102 si se calentara durante un tiempo más largo. Dado que la tasa de enfriamiento se puede usar para determinar las velocidades de flujo a lo largo de la superficie externa del ensamblaje de cable 102 (como se describe más adelante), el sistema 100 puede solo calentar parcialmente el ensamblaje de cable 102 con el fin de medir las velocidades de flujo, ahorrando de esta manera tiempo y energía. El ensamblaje de cable 102 puede ser calentado a una temperatura promedio más baja (con respecto al calentamiento del ensamblaje de cable 102 durante periodos más largos), al tiempo que sigue proporcionando la misma tasa de enfriamiento que se usa para determinar las velocidades de flujo.

[0061] La FIG. 9 ilustra las temperaturas 900, 902, 904 medidas por tres elementos sensibles a la temperatura 110 del ensamblaje de cable 102 de acuerdo con un ejemplo. Las temperaturas 900, 902, 904 se muestran a lo largo del eje horizontal 702 representativo del tiempo y un eje vertical 906 representativo de las magnitudes de las temperaturas. Cada una de las temperaturas 900, 902, 904 es representada como una onda que tienen un borde de elevación 908 y un borde de caída 910 separadas entre sí por un pico 912. En un aspecto, las temperaturas 900, 902, 904 pueden representar las temperaturas y el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102 del ciclo de calentamiento que se muestra en la FIG. 7.

[0062] El sistema de adquisición por computador 104 puede examinar las ondas de las temperaturas 900, 902, 904 siguiendo diferentes ciclos de calentamiento 706 para determinar características de las ondas. El sistema de adquisición por computador 104 entonces puede calcular o estimar las velocidades a las cuales los fluidos fluyen a lo largo de la superficie externa del ensamblaje de cable 102 en las localizaciones respectivas de los elementos sensibles a la temperatura 110. En una modalidad, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar diferencias en los picos 912 de las temperaturas medidas por el mismo elemento sensible al calor 110. Por ejemplo, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar si un pico de temperatura 912 medida por el mismo elemento sensible a la temperatura 110 aumenta o disminuye (y/o cuánto aumenta o disminuye la pico de temperatura 912) en ciclos consecutivos de calentamiento 700. Este análisis puede repetirse para las temperaturas medidas por otros elementos sensibles a la temperatura 110. Las diferencias entre los picos 912 en diferentes ciclos de calentamiento 700 pueden representar el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102 después del calentamiento del ensamblaje de cable 102. Velocidades mayores del fluido fuera del ensamblaje de cable 102 pueden hacer que los picos 912 de temperatura disminuyan en cantidades mayores con respecto a las velocidades menores de fluido. Por ejemplo, si los picos disminuyen de valor en una primera cantidad (o los picos aumentan) en un primer elemento sensible a la temperatura 110 pero los picos

disminuyen de valor en una segunda cantidad más grande (o los picos no aumentan) en un segundo elemento sensible a la temperatura diferente, entonces el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar que la velocidad de flujo del fluido fuera del ensamblaje de cable 102 es más rápida en el segundo elemento sensible a la temperatura 110 que en el primer elemento sensible a la temperatura 110. El sistema de adquisición por computador 104 puede ser calibrado para igualar los diferentes cambios en los picos de las temperaturas con diferentes velocidades de flujo. Una vez que se determina un cambio en los picos de temperatura, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar la velocidad de flujo asociada con el cambio.

[0063] Como opción, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar características de disminución de las temperaturas 900, 902, 904 para determinar las velocidades de flujo. Una característica de la disminución puede ser una medición o característica de las temperaturas 900, 902, 904 indicativa de la disminución de las temperaturas después de un pico de temperatura 912. Por ejemplo, una tasa a la cual las temperaturas 900, 902, 904 disminuyen después del respectivo pico de temperatura 912 puede ser una característica de la disminución determinada por el sistema de adquisición por computador 104. En otro ejemplo, un periodo a lo largo del cual las temperaturas 900, 902, 904 disminuyen desde el pico de temperatura 912 hasta una temperatura designada más baja (p.ej., el eje 702; un porcentaje del pico de temperatura 912, como 10%, 15%, o similares; u otro valor) puede ser una característica de la disminución determinada por el sistema de adquisición por computador 104.

[0064] La FIG. 10 ilustra las temperaturas 1000 medidas por un elemento sensible a la temperatura 110 del ensamblaje de cable 102 de acuerdo con otro ejemplo. Las temperaturas 1000 se muestran a lo largo del eje horizontal 702 y el eje vertical 906 que se describieron arriba. Las temperaturas 1000 son medidas por el sistema de adquisición por computador 104 sobre la base de la salida de un elemento sensible a la temperatura 110 del ensamblaje de cable 102 a continuación a diferentes tiempos de calentamiento, similar a las temperaturas 900, 902, 904 que se muestran en la FIG. 9.

[0065] El sistema de adquisición por computador 104 puede examinar las temperaturas 1000 (o las ondas de las temperaturas 1000) para determinar características de las temperaturas 1000. El sistema de adquisición por computador 104 entonces puede calcular o estimar las velocidades a las cuales los fluidos fluyen por el ensamblaje de cable 102 en la localización del elemento sensible a la temperatura 110 que mide las temperaturas 1000. Las velocidades de flujo que son determinadas pueden ser las tasas a las cuales un fluido compuesto por una mezcla de varias fases diferentes (p.ej., dos o más de entre petróleo, gas, y/o agua) fluye en localizaciones diferentes en el pozo, o pueden ser las tasas a las cuales diferentes fases del fluido fluyen en localizaciones (p.ej., la velocidad de flujo de petróleo, la velocidad de flujo de gas, y/o la velocidad de flujo de agua). En un ejemplo, una integral 1002 de las temperaturas 1000 puede ser una característica de la disminución determinada por el sistema de adquisición por computador 104. La integral 1002 puede ser medida como el área delimitada por las

temperaturas 1000 y el eje horizontal 702, un área delimitada por las temperaturas 1000 y otra frontera, como un porcentaje designado del pico de temperatura de las temperaturas 1000 (p.ej., 1%, 5%, 10%, o similares).

[0066] La característica o características de la disminución que aquí se describen pueden representar el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable 102 después del calentamiento del ensamblaje de cable 102. Las velocidades mayores del fluido fuera del ensamblaje de cable 102 pueden hacer que las características cambien con más rapidez que las velocidades menores. Por ejemplo, la tasa a la cual las temperaturas disminuyen después del calentamiento puede ser mayor (p.ej., el borde de caída o lado de las temperaturas 910 puede ser más vertical o la pendiente de las temperaturas después del pico 912 puede tener un mayor valor negativo) para mayores velocidades de flujo y menor (p.ej., el borde de caída o lado 910 de las temperaturas puede ser menos vertical o la pendiente después del pico 912 puede tener un menor valor negativo) para menores velocidades de flujo.

[0067] En otro ejemplo, el periodo a lo largo del cual las temperaturas disminuyen puede ser más corto para velocidades mayores de flujo y más largo para velocidades menores de flujo. Este periodo puede ser denominado periodo de enfriamiento y puede comenzar en el pico 912 de las temperaturas y terminar cuando las temperaturas disminuyen en una cantidad designada, como 100%, 90%, 80%, o similares, del pico de temperatura 912. El periodo pueden ser más corto para velocidades mayores de flujo porque los fluidos que se mueven más rápido pueden llevarse el calor lejos del ensamblaje de cable 102 más rápido que velocidades menores de flujo y, como resultado, enfriar el ensamblaje de cable 102 en un periodo más corto.

[0068] En otro ejemplo, la integral de las temperaturas puede disminuir para velocidades mayores de flujo y disminuir en cantidades menores (o aumentar) para velocidades menores de flujo. La integral pueden ser más pequeña para velocidades mayores de flujo porque los fluidos que se mueven más rápido pueden llevarse el calor lejos del ensamblaje de cable 102 más rápido que las velocidades menores de flujo y, como resultado, enfriar el ensamblaje de cable 102 en un periodo más corto. Por consiguiente, el tamaño de la integral puede tornarse más pequeño porque las temperaturas no aumentan igual y/o disminuir a velocidades mayores con respecto a las velocidades menores de flujo.

[0069] El sistema de adquisición por computador 104 como opción puede examinar el ruido (p.ej., una cantidad de fluctuación, como una desviación estándar) en las temperaturas medidas usando los elementos sensibles a la temperatura 110 para determinar las velocidades de flujo en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable 102 y/o para identificar el lugar en el cual un fluido fluye dentro del pozo en la cual el ensamblaje de cable 102 está situado.

[0070] La FIG. 11 ilustra temperaturas 1100 medidas por un elemento sensible a la temperatura 110 del ensamblaje de cable 102 de acuerdo con otro ejemplo. La FIG. 12 ilustra temperaturas adicionales 1200 medidas por el mismo o por otro elemento sensible a la temperatura 110 del ensamblaje de cable 102 de acuerdo con un ejemplo. Las temperaturas 1100, 1200 se muestran a lo largo del eje horizontal 702 y el eje vertical 906 que se describió arriba.

[0071] Las temperaturas 1100, 1200 incluyen diferentes cantidades de ruido 1102, 1202. El ruido 1102, 1202 puede representar fluctuaciones en la temperatura medida 1100, 1200 que no son causadas por fluctuaciones correspondientes en la temperatura real del ensamblaje de cable 102. Por ejemplo, el ruido 1102, 1202 puede corresponder a cambios aleatorios de las temperaturas 1100, 1200 causados por factores distintos de la temperatura del ensamblaje de cable 102. La vibración puede causar el ruido 1100, 1200 que será medido por el sistema de adquisición por computador 104. El sistema de adquisición por computador 104 puede examinar las temperaturas 1100, 1200 medidas en diferentes elementos sensibles a la temperatura 110 en el ensamblaje de cable 102 para determinar cuáles temperaturas 1100, 1200 exhiben más ruido que otras temperaturas 1100, 1200. En una modalidad, el ruido 1102, 1202 puede ser medido como desviaciones estándar de las temperaturas 1100, 1200 u otros valores cuantificables representativos de las variaciones en las temperaturas 1100, 1200.

[0072] En el ejemplo que se ilustra, las temperaturas 1200 medidas por un elemento sensible a la temperatura 110 tienen mayores magnitudes de ruido 1202 que las temperaturas 1100 medidas por otro elemento sensible a la temperatura 110. El ruido 1202 en las temperaturas 1200 varía en mayores cantidades que el ruido 1102 en las temperaturas 1100. Las mayores magnitudes de las variaciones del ruido 1202 en las temperaturas 1200 con respecto al ruido 1102 en las temperaturas 1100 pueden indicar que el fluido en el pozo está fluyendo a una mayor velocidad de flujo en o cerca del elemento sensible a la temperatura 110 que proporcionó las temperaturas 1200 que en el elemento sensible a la temperatura 110 que proporcionó las temperaturas 1100. El flujo más rápido del fluido puede hacer que la temperatura medida 1200 fluctúe en mayores cantidades que las temperaturas 1100 medidas para un fluido que se desplaza más despacio. Como resultado, el mayor ruido 1202 puede indicar mayor velocidad de flujo del fluido en el elemento sensible a la temperatura 110 que midió las temperaturas 1200 que en el elemento sensible a la temperatura 110 que midió las temperaturas 1100.

[0073] La velocidad de flujo del fluido puede ser determinada por el sistema de adquisición por computador 104 en varias localizaciones diferentes en el ensamblaje de cable 102 usando los varios elementos sensibles a la temperatura 110. En un aspecto, el sistema de adquisición por computador 104 puede determinar el lugar en el cual se está inyectando fluido dentro del pozo sobre la base de las temperaturas medidas por los elementos sensibles a la temperatura 110. Por ejemplo, las temperaturas medidas por un primer elemento sensible a la temperatura 110 que tienen mayores disminuciones, mayores tasas de disminución, disminuciones a lo largo de periodos más cortos, integrales más pequeñas, y/o más ruido que las temperaturas medidas por los elementos sensibles a la temperatura 110 pueden indicar que se está inyectando fluido (p.ej., agua) dentro del pozo en o cerca de la localización del primer elemento sensible a la temperatura 110 en el pozo. Estas localizaciones pueden ser zonas de inyección, o áreas dentro del pozo en donde se está inyectando dentro del pozo fluido de fuera del pozo.

[0074] Las velocidades de flujo, las cantidades de diferentes fases en el fluido, y/o las zonas de inyección determinadas por el sistema de adquisición por computador 104 de datos recogidos de ensamblajes de cable 102 se puede usar para caracterizar pozos y/o campos que tienen

varios pozos. Esta información puede ser usada por el sistema de adquisición por computador 104 para generar salidas útiles para gestionar los pozos y/o campos.

[0075] En una modalidad, se pueden conectar sensores adicionales con el ensamblaje de cable 102 para medir características adicionales o alternativas del pozo. Por ejemplo, se puede conectar un sensor de presión (p.ej., un sensor micro-electro-mecánico) pueden ser conectado con el extremo distal del ensamblaje de cable 102 (p.ej., el extremo del ensamblaje de cable 102 que está más alejado del sistema de adquisición por computador 104) para obtener mediciones de presión en el pozo. El sensor se puede conectar con de los cuerpos de conducción 210y/o de las fibras ópticas 204 con el fin de comunicar las presiones medidas al sistema de adquisición por computador 104.

[0076] Las FIGS. 13 y 14 ilustran las salidas 1300, 1400 que pueden ser generadas por el sistema de adquisición por computador 104 sobre la base de las velocidades de flujo y/o las fases medidas usando varios ensamblajes de cable 102 de acuerdo con un ejemplo. Las salidas 1300, 1400 representan una visualización que pueden ser presentadas en un dispositivo de visualización del sistema de adquisición por computador 104 u otro sistema. La salida 1300 presenta visualmente las velocidades de flujo 1302 medidas a diferentes profundidades dentro de diferentes pozos de un campo. Las velocidades de flujo 1302 se muestran junto a un primer eje ortogonal 1304 representativo de las profundidades dentro de los pozos, un segundo eje ortogonal 1306 representativo de las localizaciones de los pozos del campo, y un tercer eje ortogonal 1308 representativo de las velocidades de flujo.

[0077] La salida 1400 visualmente presenta cantidades de fase 1402 de por lo menos una de las fases (p.ej., agua o corte de agua) medida a diferentes profundidades en diferentes pozos. Las cantidades 1402 pueden ser determinadas calculando las fases distribuidas a diferentes profundidades en los pozos, como se describió arriba. Las cantidades de fase 1402 se muestran junto a un primer eje ortogonal 1404 representativo del tiempo, un segundo eje ortogonal 1406 representativo de las profundidades dentro de los pozos, y un tercer eje ortogonal 1408 representativo de las cantidades de una de las fases (p.ej., agua).

[0078] La FIG. 15 ilustra un diagrama de flujo de una modalidad de un método 1500 para manufacturar un ensamblaje de cable sensor de fluido. La FIG. 16 ilustra esquemáticamente diferentes etapas del ensamblaje del cable durante el método de manufactura 1500 representado por el diagrama de flujo que se muestra en la FIG. 15 de acuerdo con un ejemplo. El método 1500 se puede llevar a cabo para crear modalidades del ensamblaje de cable 102 que se muestra en las FIGS. 1 a 5. En 1502, se proporciona un recubrimiento alrededor de un cuerpo central. Como se muestra en la FIG. 16, el cuerpo central pueden ser una cuerda u otro cuerpo alargado 214, como se muestra en la etapa 1600. El recubrimiento proporcionado sobre el cuerpo central puede estar hecho de un material similar al del cuerpo central, como polipropileno. En una modalidad, el recubrimiento se extruye encima del cuerpo central. Como alternativa, el recubrimiento se puede proporcionar alrededor del cuerpo central de otra manera. [0079] En 1504, hay hendiduras formadas en el recubrimiento que rodea al cuerpo central. Las hendiduras se pueden formar dentro del recubrimiento durante la extrusión del recubrimiento.

Por ejemplo, el recubrimiento puede ser extruido sobre el cuerpo central usando un troquel que forma las hendiduras dentro del recubrimiento. Como alternativa, las hendiduras se pueden formar cortando las hendiduras dentro del recubrimiento. Las hendiduras 202 se muestran en el exterior del recubrimiento y el cuerpo central en la etapa 1604 de la FIG. 16.

[0080] En 1506, se ponen fibras ópticas en el interior de tubos de polímero o de metal dentro de las hendiduras, como se muestra en la etapa 1606 de la FIG. 16. Las fibras ópticas pueden tener un recubrimiento de carbono o metal y/o los tubos pueden contener un material en gel, como un gel de barrido de hidrógeno (como Sepigel™ H 200LWT de Seppic). Las fibras ópticas pueden estar embebidas dentro del gel mencionado en el interior de los tubos. Como que se describió arriba, las fibras ópticas pueden estar dispuestas en las hendiduras para prevenir el pandeo de las fibras. Las fibras ópticas pueden incluir elementos sensibles a la temperatura, como reflectores de fibras con rejilla de Bragg, en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud de las fibras ópticas. En 1508, cuerpos de conducción se ponen sobre el recubrimiento que está fuera del cuerpo central. Como se muestra en la etapa 1608 de la FIG. 16, el o los cuerpos conductivos 210 pueden ser de alambre de conducción que está envuelto de forma helicoidal alrededor del recubrimiento y el cuerpo central. Como opción, de los cuerpos de conducción se pueden poner encima del recubrimiento a lo largo de un trayecto lineal. El cuerpo o los cuerpos conductivos pueden incluir alambres u otros trayectos de conducción que se usan para conducir corriente y/o señales para el calentamiento del ensamblaje de cable, conducir señales de interrogación y reflexiones de la señales de interrogación, etc.

[0081] En otra modalidad, el cuerpo o los cuerpos conductivos pueden estar por debajo de las fibras ópticas. Por ejemplo, el cuerpo o los cuerpos conductivos pueden estar envueltos alrededor o puestos encima del cuerpo central antes de que el recubrimiento sea puesto alrededor del cuerpo central, y las fibras ópticas pueden ponerse dentro de las hendiduras del recubrimiento fuera del cuerpo o los cuerpos conductivos.

[0082] En 1510, capa protectoras son envueltas y/o extruidas encima del cuerpo o los cuerpos conductivos, el recubrimiento, las fibras ópticas, y el cuerpo central. Como se muestra en la etapa 1610 de la FIG. 16, en una modalidad, una cinta protectora 1612 puede envolverse alrededor de los cuerpos de conducción, el recubrimiento, los tubos que contienen las fibras ópticas, y las fibras ópticas. A manera de ejemplo, la capa protectora puede estar hecha de cinta de politetrafluoroetileno, como Teflón™. Como opción, la capa protectora puede incluir un recubrimiento protector 1614 que es extruido alrededor de los cuerpos de conducción, el recubrimiento, los tubos, y las fibras ópticas, como se muestra en la etapa 1616 de la FIG. 16. La capa protectora 212 que se muestra en la FIG. 2 puede estar hecha de la cinta 1612 y el recubrimiento 1614 sobre la cinta 1612. Un ejemplo de un material que se puede usar para formar el recubrimiento 1614 incluye perfluoroalcoxi alcano (PFA 350 disponible de DuPont™).

[0083] En 1512, las fibras ópticas son conexionadas. Como se muestra en la etapa 1618 de la FIG. 16, se pueden acoplar conectores eléctricos 1620 a las fibras ópticas en un extremo del ensamblaje de cable. Los conectores están configurados para conectar las fibras ópticas con el sistema de adquisición por computador que aquí se describe. En 1514, el ensamblaje de cable

formado por cuerpo central, recubrimiento, fibras ópticas, cuerpo o cuerpos conductivos, y capa protectora se corta en segmentos más pequeños. Por ejemplo, el ensamblaje de cable puede cortarse en longitudes apropiadas para ser insertado dentro de un pozo separando el ensamblaje de cable en segmentos 1622, como se muestra en la etapa 1624 de la FIG. 16.

[0084] La FIG. 17 ilustra un diagrama de flujo de una modalidad de un método 1700 para medir fases distribuidas y velocidades de flujo de fluidos en un pozo. El método 1700 puede usar modalidades de los ensamblajes de cable 102 que aquí se describen para medir el contenido de diferentes fases de fluido (p.ej., petróleo, gas, y/o agua) y la velocidad de flujo del fluido en varias localizaciones diferentes de un pozo. En 1702, el ensamblaje de cable se coloca en un pozo. El ensamblaje de cable puede ser insertado dentro del pozo de modo que los elementos sensibles a la temperatura y los marcadores en el ensamblaje de cable estén situados a diferentes profundidades o distancias en el pozo.

[0085] En 1704, una señal eléctrica de interrogación es conducida a lo largo de de los cuerpos de conducción en el ensamblaje de cable. Esta señal puede ser una señal de RF u otro tipo de señal. La señal es conducida a lo largo del cuerpo o los cuerpos conductivos, y es reflejada en diferentes distancias o localizaciones en el pozo. La reflexión de la señal es afectada por las cantidades de diferentes fases del fluido que fluyen fuera del ensamblaje de cable en las diferentes distancias o localizaciones del pozo.

[0086] En 1706, las señales reflejadas de la señal de interrogación son conducidas a lo largo de cuerpos de conducción en el ensamblaje de cable de vuelta al sistema de adquisición por computador. Las señales reflejadas son recibidas y pueden incluir ondas representativas de las cantidades de diferentes fases en el fluido en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable en el pozo. En 1708, las cantidades de las diferentes fases del fluido en el pozo en las localizaciones diferentes en el pozo a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable son determinadas sobre la base de las señales reflejadas. Se pueden determinar características diferentes de las ondas en las señales reflejadas, y se pueden calcular los cambios de estas características (p.ej., cambios en las localizaciones o los tiempos a los cuales los picos tienen lugar en el tiempo) con el fin de determinar las diferentes cantidades de fases (p.ej., petróleo, gas, y/o agua) en el fluido en las localizaciones diferentes, como que se describió arriba.

[0087] En 1710, el ensamblaje de cable es calentado por lo menos parcialmente usando el mismo cuerpo conductivo (u otro) que se usó para conducir la señal de interrogación y/o las señales reflejadas. Por ejemplo, se puede conducir una corriente a lo largo de la misma bobina de conducción que se usó para conducir la señal de interrogación y las reflexiones de la señal de interrogación con el fin de calentar parcialmente el ensamblaje de cable. Como alternativa, se puede usar un cuerpo conductivo o bobina diferente. El ensamblaje de cable puede ser calentado parcialmente, como calentando el ensamblaje de cable durante tres a cuatro minutos (u otro tiempo), para evitar calentar todo el ensamblaje de cable a la misma temperatura. Como alternativa, se puede calentar todo el ensamblaje de cable y/o se puede calentar durante un tiempo más largo.

[0088] En 1712, los cambios en la temperatura del ensamblaje de cable se monitorean. Después del calentamiento del ensamblaje de cable, la corriente que se usó para calentar el ensamblaje de cable puede dejar de ser conducida con el fin de detener el calentamiento del ensamblaje de cable. Después de un tiempo designado para el calentamiento del ensamblaje de cable (p.ej., tres a cuatro minutos), las temperaturas del ensamblaje de cable en localizaciones diferentes pueden ser medidas por los elementos sensibles a la temperatura en las fibras ópticas. Los cambios en estas temperaturas pueden ser indicativos del flujo térmico fuera del ensamblaje de cable.

[0089] En 1714, las velocidades de flujo del fluido en el pozo son determinadas en varias localizaciones a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable sobre la base de los cambios de temperatura. Como se describió arriba, se pueden usar diferentes características de los cambios de temperatura para determinar la tasa a la cual el fluido fluye en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable.

[0090] En una modalidad, un sensor de fluido del ensamblaje de cable incluye un cuerpo central interno, cuerpos de conducción, y fibras ópticas. El cuerpo central interno tiene una longitud que se extiende desde un primer extremo hasta un segundo extremo opuesto. Los cuerpos de conducción se extienden a lo largo de la longitud del cuerpo central, y están configurados para conducir una corriente de calentamiento a lo largo de la longitud del cuerpo central para calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido. Los cuerpos de conducción también están configurados para conducir una señal de interrogación a lo largo de la longitud del cuerpo central y para conducir reflexiones de la señal de interrogación como señales distribuidas de medición de fase a un sistema de adquisición por computador. Las fibras ópticas se extienden a lo largo de la longitud del cuerpo central hasta una distancia radial designada desde un eje central del cuerpo central. Las fibras ópticas incluyen una pluralidad de elementos sensibles a la temperatura dispuestos en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central. Los elementos sensibles a la temperatura están configurados para medir el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central a continuación del calentamiento del ensamblaje de cable sensor de fluido por los cuerpos de conducción y comunicar el flujo térmico que es medido través de los cables ópticos al sistema de adquisición por computador.

[0091] En un aspecto, el flujo térmico pueden ser medido mientras que el ensamblaje se encuentra en un pozo subterráneo y recursos (p.ej., petróleo y/o gas) están siendo extraídos del pozo (a medida que se hacen las mediciones).

[0092] En un aspecto, las fibras ópticas están dispuestas dentro de un tubo dieléctrico con un gel de barrido de hidrógeno.

[0093] En un aspecto, las fibras ópticas están recubiertas con de carbono o un metal.

[0094] En un aspecto, el cuerpo central incluye un recubrimiento externo que tiene hendiduras que se extienden dentro del recubrimiento externo. Las fibras ópticas están dispuestas dentro de las hendiduras.

[0095] En un aspecto, los cuerpos de conducción que conducen la corriente de calentamiento están dispuestos radialmente fuera de las fibras ópticas.

[0096] En un aspecto, los cuerpos de conducción que conducen la corriente de calentamiento están dispuestos radialmente en el interior de las fibras ópticas.

[0097] En un aspecto, el cuerpo central, las fibras ópticas, y los cuerpos de conducción están configurados para ser insertados dentro de un pozo subterráneo para medir el flujo térmico y las fases distribuidas de petróleo, agua, y gases a diferentes profundidades dentro del pozo subterráneo.

[0098] En un aspecto, los elementos sensibles a la temperatura incluyen reflectores de fibras con rejilla de Bragg embebidos dentro de las fibras ópticas.

[0099] En un aspecto, los elementos sensibles a la temperatura miden el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido usando mediciones distribuidas de temperatura de Raman.

[0100] En un aspecto, las señales distribuidas de medición de fase representan cantidades de dos o más de agua, gas, o petróleo a distancias diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central.

[0101] En un aspecto, el flujo térmico que es medido en las localizaciones diferentes representa velocidades de flujo de fluidos en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central fuera del ensamblaje de cable.

[0102] En un aspecto, los cuerpos de conducción incluyen una única bobina de conducción envuelta de forma helicoidal alrededor del cuerpo central que conduce la corriente de calentamiento y conduce las señales distribuidas de medición de fase.

[0103] En un aspecto, los cuerpos de conducción incluyen una primera bobina de conducción envuelta de forma helicoidal alrededor del cuerpo central que conduce la corriente de calentamiento y una segunda bobina de conducción separada envuelta de forma helicoidal alrededor del cuerpo central que conduce las señales distribuidas de medición de fase.

[0104] En un aspecto, los elementos sensibles a la temperatura incluyen porciones metalizadas que están acopladas de forma conductiva con los cuerpos de conducción. Las porciones metalizadas reciben la corriente de calentamiento para calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido.

[0105] En un aspecto, los cuerpos de conducción están configurados para conducir una señal de radiofrecuencia como la señal de interrogación.

[0106] En una modalidad, un método (p.ej., para medir fases distribuidas y/o velocidades de flujo en un pozo subterráneo) incluye conducir una señal de interrogación con distribución de fase a lo largo de cuerpos de conducción que se extienden a lo largo de un cuerpo central alargado de un ensamblaje de cable sensor de fluido y recibir señales distribuidas de medición de fase a lo largo de los cuerpos de conducción en respuesta a la conducción de la señal de interrogación. Las señales distribuidas de medición de fase son reflejadas de vuelta a lo largo de la bobina de conducción en localizaciones diferentes a lo largo de una longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido y representan una cantidad de fases de fluido que fluyen

fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido. El método también incluye calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido conduciendo una corriente de calentamiento durante un tiempo designado a lo largo de los cuerpos de conducción y, a continuación del calentamiento del ensamblaje de cable sensor de fluido, recibir mediciones de temperatura de elementos sensibles a la temperatura en fibras ópticas del ensamblaje de cable sensor de fluido en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido. Las mediciones de temperatura representan el flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido en las localizaciones diferentes.

[0107] En un aspecto, calentar el ensamblaje de cable sensor de fluido incluye alternar entre conducir la corriente de calentamiento durante un primer periodo y detener la conducción de la corriente de calentamiento durante un segundo periodo subsiguiente durante iteraciones de calentamiento.

[0108] En un aspecto, el método también incluye determinar una velocidad de flujo de fluidos fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido sobre la base de las mediciones de temperatura.

[0109] En un aspecto, la velocidad de flujo es determinada sobre la base de la duración de una disminución de las temperaturas medidas.

[0110] En un aspecto, la velocidad de flujo es determinada sobre la base de una integral de una onda representativa de las mediciones de temperatura.

[0111] En un aspecto, la velocidad de flujo es determinada sobre la base de una magnitud de ruido en las mediciones de temperatura. Por ejemplo, el aumento del ruido puede indicar velocidades mayores de flujo y la disminución del ruido puede indicar una menor velocidad de flujo.

[0112] En un aspecto, el método también incluye determinar una zona de inyección de un pozo subterráneo a la cual se inserta el ensamblaje de cable sensor de fluido sobre la base del ruido en las mediciones de temperatura.

[0113] En un aspecto, el método también incluye insertar el ensamblaje de cable sensor de fluido dentro de un pozo subterráneo para obtener las mediciones de temperatura y la cantidad de fases del fluido que fluyen fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido a diferentes profundidades dentro del pozo subterráneo.

[0114] En un aspecto, la recepción de las mediciones de temperatura incluye recibir reflexiones de luz a lo largo de los cables ópticos de reflectores de fibras con rejilla de Bragg dispuestos en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable de fluido.

[0115] En un aspecto, las señales distribuidas de medición de fase representan cantidades de dos o más de agua, gas, o petróleo a distancias diferentes a lo largo de la longitud del cuerpo central.

[0116] En una modalidad, un sistema de sensor de fluido incluye ensamblajes de cable de fluido y un sistema de adquisición por computador. Los ensamblajes de cable sensor de fluido están configurados para ser dispuestos en pozos subterráneos. Los ensamblajes de cable de fluido incluyen un cuerpo central alargado interno y cables ópticos que se extienden a lo largo de una longitud de los ensamblajes de cable sensor de fluido y que tienen elementos sensibles

a la temperatura. Los ensamblajes de cable también incluyen bobinas de conducción envueltas alrededor del cuerpo central a lo largo de la longitud de los ensamblajes de cable sensor de fluido. El sistema de adquisición por computador está configurado para ser acoplado operativamente a los ensamblajes de cable sensor de fluido. El sistema de adquisición por computador está configurado para conducir, para por lo menos uno de los ensamblajes de cable sensor de fluido, una señal de interrogación con distribución de fase a lo largo de las bobinas de conducción y está configurado para recibir señales distribuidas de medición de fase conducidas a lo largo de las bobinas de conducción en respuesta a la conducción de la señal de interrogación. Las señales distribuidas de medición de fase son reflejadas de vuelta a lo largo de las bobinas de conducción en localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del ensamblaje de cable sensor de fluido y representan cantidades de diferentes fases del fluido en las localizaciones diferentes. El sistema de adquisición por computador también está configurado para calentar el por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido conduciendo una corriente de calentamiento a lo largo de por lo menos una de las bobinas de conducción y, después del calentamiento del por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido, para recibir mediciones de temperatura de los elementos sensibles a la temperatura en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido, las cuales mediciones de temperatura son representativas del flujo térmico fuera del ensamblaje de cable sensor de fluido.

[0117] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para determinar velocidades de flujo del fluido en las localizaciones diferentes a lo largo de la longitud del por lo menos un ensamblaje de cable sensor de fluido sobre la base de las mediciones de temperatura.

[0118] En un aspecto, las velocidades de flujo son determinadas sobre la base de un cambio en un pico de temperatura de las mediciones de temperatura a continuación de la conducción de la corriente de calentamiento.

[0119] En un aspecto, las velocidades de flujo son determinadas sobre la base de una duración de una disminución de las temperaturas medidas.

[0120] En un aspecto, las velocidades de flujo son determinadas sobre la base de una integral de una onda representativa de las mediciones de temperatura.

[0121] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para ser acoplado operativamente a dos o más de los ensamblajes de cable sensor de fluido dispuestos en dos o más de los pozos subterráneos. El sistema de adquisición por computador también está configurado para determinar de forma concurrente cantidades de dos o más de agua, gas, o petróleo a diferentes profundidades en los dos o más pozos subterráneos sobre la base de las señales distribuidas de medición de fase.

[0122] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para ser acoplado operativamente a dos o más de los ensamblajes de cable sensor de fluido dispuestos en dos o más de los pozos subterráneos. El sistema de adquisición por computador también puede ser configurado para determinar de forma concurrente velocidades de flujo de fluidos a

diferentes profundidades en los dos o más pozos subterráneos sobre la base de las temperaturas que son medidas.

[0123] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para ser acoplado operativamente a dos o más de los ensamblajes de cable sensor de fluido dispuestos en dos o más de los pozos subterráneos. El sistema de adquisición por computador también está configurado para determinar de forma concurrente cantidades de dos o más de agua, gas, o petróleo a diferentes profundidades en los dos o más pozos subterráneos sobre la base de las señales distribuidas de medición de fase y para determinar de forma concurrente velocidades de flujo de los dos o más de agua, gas, o petróleo a diferentes profundidades en los dos o más pozos subterráneos sobre la base de las temperaturas que son medidas.

[0124] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para generar una salida señal a un dispositivo de visualización que presenta visualmente una imagen representativa de las cantidades y las velocidades de flujo de los dos o más de agua, gas, o petróleo en las diferentes profundidades en los dos o más pozos subterráneos.

[0125] En un aspecto, el sistema de adquisición por computador está configurado para determinar zonas de inyección en pozos y flujo de fluido entre pozos en los cuales están situados los ensamblajes de cable sensor de fluido sobre la base del ruido en las mediciones de temperatura.

[0126] Debe entenderse que la anterior descripción tiene propósitos ilustrativos, y no restrictivos. Por ejemplo, las modalidades arriba descritas (y/o aspectos de las mismas) se pueden usar en combinación entre sí. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas del objeto de la invención sin apartarse de su alcance. Aunque las dimensiones y tipos de materiales que aquí se describen tienen por objeto definir los parámetros del objeto de la invención, de ninguna manera son limitantes y son modalidades ejemplares. Muchas otras modalidades resultarán evidentes para la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente tras la revisión de la anterior descripción. Por consiguiente, el alcance del objeto de la invención debería determinarse con referencia a las reivindicaciones que se anexan, junto con el alcance pleno de equivalentes a los cuales dichas reivindicaciones tienen derecho. En las reivindicaciones que se anexan, los términos "incluidos" y "en el cual" se usan como equivalentes idiomáticos llanos de los respectivos términos "que comprende" y "que se caracteriza porque". Más aún, en las reivindicaciones que siguen, los términos "primero," "segundo," y "tercero", etc. se usan solamente como rótulos, y no tienen por objeto imponer requisitos numéricos a sus objetos. Además, las limitaciones de las reivindicaciones que siguen no están escritas en forma de medio más función y no tienen por objeto ser interpretadas sobre la base de 35 U.S.C. §112(f), a menos que y hasta tanto dichas limitaciones de la reivindicación no usen expresamente la frase "medio para" seguida de una declaración de función desprovista de más estructura.

[0127] Esta descripción escrita recurre a ejemplos para revelar varias modalidades del objeto de la invención y también para permitir que la persona medianamente versada en la materia

técnica correspondiente practique las modalidades del objeto de la invención, incluido hacer y usar cualquier dispositivo o sistema y llevar a cabo cualquier método incorporado. El alcance patentable del objeto de la invención puede incluir otros ejemplos que se le ocurran a la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente. Esos otros ejemplos tienen por objeto caer dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalente con diferencias no sustantivas con el lenguaje literal de las reivindicaciones.

[0128] La anterior descripción de ciertas modalidades del objeto de la invención será mejor entendida cuando se lea en conjunto con los dibujos que se anexan. En la medida en que las figuras ilustran diagramas de los bloques funcionales de varias modalidades, los bloques funcionales no necesariamente son indicativos de la división entre los circuitos de hardware. Así las cosas, por ejemplo, de los bloques funcionales (por ejemplo, procesadores o memorias) pueden estar instalados en una única pieza de hardware (por ejemplo, un procesador de señales de propósito general, microcontrolador, memoria de acceso aleatorio, disco duro, y similares). De manera parecida, los programas pueden ser programas independientes, pueden estar incorporados como subrutinas en un sistema operativo, pueden ser funciones en un paquete instalado de software, y similares. Las diversas modalidades no se limitan a las disposiciones e instrumentalidades que se muestran en los dibujos.

[0129] Tal como se usa en este contexto, un elemento o etapa citado en singular y precedido de la palabra “un” o “una” deberá entenderse que no es excluyente del plural de los mencionados elementos o etapas, a menos que dicha exclusión está explícita. Además, las referencias a “una modalidad” del objeto de la invención no tienen por objeto ser interpretadas como excluyentes de la existencia de modalidades adicional que también incorporan las características citadas. Más aún, a menos que lo contrario esté explícito, las modalidades “que comprenden” “que incluyen” o “que tienen” un elemento o una pluralidad de elementos que tienen una propiedad particular pueden incluir aquellos elementos adicionales no que tienen esa propiedad.

[0130] Dado que se pueden hacer ciertos cambios a los sistemas y métodos arriba descritos sin apartarse del espíritu y el alcance del objeto de la invención que aquí se implica, se tiene la intención que todo el objeto de la descripción arriba descrita o que se muestra en los dibujos acompañantes sea interpretado apenas como ejemplos ilustrativos del concepto inventivo aquí contenido y no que se interprete como limitante del objeto de la invención.

[0131] Tal como se usa en este contexto, un estructura, limitación, o elemento que está “configurado para” llevar a cabo una tarea u operación está estructuralmente formado, construido, programado, o adaptado de una forma particular correspondiente a la tarea u operación. En aras de la claridad y para evitar dudas, un objeto que es simplemente susceptible de ser modificado para realizar la tarea u operación no está “configurado para” llevar a cabo la tarea u operación tal como se usa en este contexto. Más bien, el uso de “configurado para” tal como se usa en este contexto denota adaptaciones o características estructurales, programación de la estructura o elemento para llevar a cabo la correspondiente tarea u operación de una forma que es diferente de una estructura o elemento “listo para usar” que no

es programado para llevar a cabo la tarea u operación, y/o denota requisitos estructurales de cualquier estructura, limitación, o elemento que se describe como que está "configurado para" llevar a cabo la tarea u operación.