

SISTEMA Y MÉTODO DE MONITOREO DE INSTALACIONES TUBULARES

ANTECEDENTES

Campo de la divulgación

[0001] La presente divulgación generalmente se refiere al acceso y a la producción de hidrocarburos (por ejemplo, petróleo y gas) de yacimientos de hidrocarburos. Más específicamente, las formas de realización de la divulgación se relacionan con la instalación de componentes tubulares (por ejemplo, encamisado) en pozos perforados para acceder a yacimientos de hidrocarburos.

Descripción de la técnica relacionada

[0002] La producción de hidrocarburos normalmente se basa en pozos perforados para acceder a yacimientos de hidrocarburos, tales como depósitos ubicados en formaciones subterráneas. Durante la terminación de un pozo, se pueden instalar tuberías como encamisados para soportar el pozo y proporcionar un conducto desde un yacimiento de hidrocarburos hasta la superficie para facilitar la producción de hidrocarburos a través del pozo. El proceso de instalación del encamisado (también conocido como tubería de revestimiento, “running casing” o “running pipe”) en pozos horizontales y verticales presenta varios desafíos relacionados con la trayectoria del pozo, arrastre excesivo en el pozo, torque excesivo, efectos dinámicos de fondo de pozo, fatiga y capacidad de ejecución de la conexión.

SÍNTESIS

[0003] Las formas de realización de la descripción incluyen un sistema de monitoreo de la instalación del encamisado que monitorea el equipo de superficie (es decir, el equipo de una plataforma de perforación), proporciona información sobre las operaciones de instalación del encamisado (por ejemplo, carga del gancho, torque, RPM, fatiga acumulada) en varios momentos y profundidades, proporciona pautas para la instalación inicial del encamisado y proporciona alarmas antes y durante la operación de instalación del encamisado. Ventajosamente, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado puede usar varias fuentes de datos, agilizar el proceso de planificación y proporcionar datos de instalación de encamisado, reduciendo así el tiempo para las decisiones relacionadas con la operación de instalación de encamisado y aumentando la eficiencia operativa. El sistema puede además determinar y proporcionar indicadores clave de rendimiento que pueden ayudar a reducir el tiempo improductivo (NPT).

[0004] En algunas formas de realización, se proporciona un método para instalar un encamisado en un pozo. El método incluye la recepción de datos asociados con una plataforma de perforación, en donde los datos incluyen datos del registrador electrónico de perforación (EDR), de modo que los datos del EDR incluyen la carga del gancho, la profundidad de la sarta, las revoluciones por minuto (RPM), el torque y la altura del bloque. El método también incluye determinar, usando los datos de EDR, un estado de la

plataforma de perforación asociado con la plataforma de perforación y determinar, usando el estado de la plataforma de perforación y los datos de EDR, una fatiga acumulada asociada con el encamisado.

[0005] En algunas formas de realización, el método incluye instalar el encamisado en el pozo. En algunas formas de realización, el método incluye detener la instalación del encamisado en el pozo basándose en la determinación de que la fatiga acumulada supera un umbral de fatiga. En algunas formas de realización, los datos asociados con la plataforma de perforación incluyen el peso del bloque. En algunas formas de realización, el estado de la plataforma de perforación se selecciona del grupo que consiste en entrar y salir del pozo (RIH), escariar, salir del pozo (TOOH), retro-escariar, girar dentro y fuera del fondo (ROB), en cuñas, hacer una conexión, un estado estático y un estado desconocido. En algunas formas de realización, el método incluye la activación de una alarma basada en los datos de EDR, la fatiga acumulada o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, el método incluye determinar, usando los datos de EDR, el estado de la plataforma de perforación, o una combinación de los mismos, los datos de instalación del encamisado. En algunas formas de realización, los datos de instalación del encamisado incluyen un gráfico de la carga del gancho frente a la profundidad o un gráfico del torque superficial frente a la profundidad. En algunas formas de realización, el método incluye proporcionar los datos de instalación del encamisado en una plataforma de visualización interactiva en una pantalla.

[0006] En otra forma de realización, se proporciona un medio de almacenamiento legible por computadora no transitorio que tiene un código ejecutable almacenado en el mismo para monitorear una instalación de encamisado. El código ejecutable incluye un conjunto de instrucciones que hacen que un procesador realice operaciones que incluyen la recepción de datos asociados con una plataforma de perforación, en donde los datos incluyen datos del registrador electrónico de perforación (EDR), de modo que los datos del EDR incluyen la carga del gancho, la profundidad de la sarta, las revoluciones por minuto (RPM), torque y altura del bloque. Las operaciones también incluyen determinar, usando los datos de EDR, un estado de la plataforma de perforación asociado con la plataforma de perforación y determinar, usando el estado de la plataforma de perforación y los datos de EDR, una fatiga acumulada asociada con el encamisado.

[0007] En algunas formas de realización, los datos asociados con la plataforma de perforación incluyen el peso del bloque. En algunas formas de realización, el estado de la plataforma de perforación se selecciona del grupo que consiste en entrar y salir del pozo (RIH), escariar, salir del pozo (TOOH), retro-escariar, girar dentro y fuera del fondo (ROB), en cuñas, hacer una conexión, un estado estático y un estado desconocido. En algunas formas de realización, el método incluye la activación de una alarma basada en los datos de EDR, la fatiga acumulada o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, las operaciones incluyen determinar, utilizando los datos de EDR, el estado de la plataforma de perforación, o una combinación de los

mismos, los datos de instalación del encamisado. En algunas formas de realización, los datos de instalación del encamisado incluyen un gráfico de la carga del gancho frente a la profundidad o un gráfico del torque superficial frente a la profundidad. En algunas formas de realización, las operaciones incluyen proporcionar los datos de instalación del encamisado en una plataforma de visualización interactiva en una pantalla.

[0008] En otra forma de realización, se proporciona un sistema para monitorear una instalación de encamisado. El método incluye un procesador y una memoria de almacenamiento legible por computadora no transitoria accesible por el procesador y que tiene almacenado un código ejecutable para monitorear una instalación de encamisado. El código ejecutable incluye un conjunto de instrucciones que hacen que el procesador realice operaciones, incluida la recepción de datos asociados con una plataforma de perforación, en donde los datos incluyen datos del registrador electrónico de perforación (EDR), de modo que los datos del EDR incluyen la carga del gancho, la profundidad de la sarta, las revoluciones por minuto (RPM), torque y altura del bloque. Las operaciones también incluyen determinar, usando los datos de EDR, un estado de la plataforma de perforación asociado con la plataforma de perforación y determinar, usando el estado de la plataforma de perforación y los datos de EDR, una fatiga acumulada asociada con la tubería de encamisado.

[0009] En algunas formas de realización, los datos asociados con la plataforma de perforación incluyen el peso del bloque. En algunas formas de

realización, el estado de la plataforma de perforación se selecciona del grupo que consiste en entrar y salir del pozo (RIH), escariar, salir del pozo (TOOH), retro-escariar, girar dentro y fuera del fondo (ROB), en cuñas, hacer una conexión, un estado estático y un estado desconocido. En algunas formas de realización, el método incluye la activación de una alarma basada en los datos de EDR, la fatiga acumulada o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, las operaciones incluyen determinar, utilizando los datos de EDR, el estado de la plataforma de perforación, o una combinación de los mismos, los datos de instalación del encamisado. En algunas formas de realización, los datos de instalación del encamisado incluyen un gráfico de la carga del gancho frente a la profundidad o un gráfico del torque superficial frente a la profundidad. En algunas formas de realización, el sistema incluye una pantalla y las operaciones incluyen proporcionar los datos de instalación del encamisado en una plataforma de visualización interactiva en una pantalla.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] FIG. 1 es un diagrama esquemático de un equipo de superficie (por ejemplo, una plataforma de perforación) en un sitio de pozo y un sistema de monitoreo de instalación de encamisado de acuerdo con una forma de realización de la descripción;

[0011] FIG. 2 es un diagrama de flujo de un proceso para instalar un encamisado y monitorear un proceso de instalación de un encamisado de acuerdo con una forma de realización de la descripción;

[0012] FIG. 3 es un diagrama de flujo de la operación de un sistema de monitoreo de instalación de encamisado de acuerdo con una forma de realización de la descripción;

[0013] FIG. 4-6 son pantallas de una plataforma de visualización interactiva de un sistema de monitoreo de instalación de encamisado de acuerdo con una forma de realización de la divulgación; y

[0014] FIG. 7 es un diagrama de bloques de un sistema de monitoreo de instalación de encamisado de acuerdo con una forma de realización de la divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0015] La presente divulgación se describirá más completamente con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran formas de realización de la divulgación. Sin embargo, esta descripción puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las formas de realización ilustradas. Más bien, estas formas de realización se proporcionan para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance de la descripción a los expertos en la técnica.

[0016] Las formas de realización de la divulgación incluyen sistemas para monitorear y mejorar la instalación de componentes tubulares (por ejemplo, encamisado) en un pozo. Las formas de realización de la divulgación también incluyen procesos para instalar componentes tubulares en un pozo y monitorear

la instalación de tales componentes tubulares. Como se describe en la descripción, un sistema de monitoreo de instalación tubular y el proceso asociado pueden recibir y procesar datos del equipo de superficie de una plataforma de perforación en un pozo y recibir datos adicionales de otras fuentes. El sistema de monitoreo de instalación tubular y el proceso asociado pueden 1) proporcionar pautas de instalación tubular; 2) determinar un estado de la plataforma de perforación; 3) proporcionar alarmas basadas en desviaciones de las pautas de instalación u otras evaluaciones; 4) determinar la fatiga acumulada a través de una tubería (por ejemplo, sarta de encamisado); 5) determinar los límites operacionales para el funcionamiento de la instalación tubular; y 6) determinar indicadores clave de rendimiento (KPI) para la operación de instalación tubular.

[0017] Las formas de realización de la divulgación también incluyen la instalación de una tubería en un pozo usando las pautas, indicadores u otra información proporcionada por el sistema de monitoreo de la instalación tubular. Las formas de realización de la divulgación pueden incluir además proporcionar datos (por ejemplo, directrices, datos de instalación de tuberías, alarmas e indicadores clave de rendimiento) en una plataforma de visualización interactiva. En algunas formas de realización, los datos pueden proporcionarse en tiempo real. Como se usa aquí, la expresión “tiempo real” se refiere a una frecuencia de muestreo de al menos 10 segundos (0,1 Hz), de manera que los datos recibidos y procesados tienen un intervalo de tiempo mínimo de 10 segundos. Como se apreciará, la tasa de muestreo puede depender de las

capacidades proporcionadas por un registrador electrónico de perforación (EDR). En algunas formas de realización, la frecuencia de muestreo puede ser de 0,1 Hz, 0,2 Hz o 1 Hz.

[0018] Ventajosamente, las formas de realización de la divulgación pueden proporcionar una evaluación en tiempo real de los límites operativos de una instalación tubular y la mejora de la operación mediante modelado basado en la física, indicadores y determinaciones de fatiga. Además, las formas de realización de la descripción pueden aumentar la velocidad de instalación de las tuberías, la velocidad de montaje de la conexión tubular, reducir el tiempo para realizar varias operaciones en el sitio del pozo y aumentar la eficiencia operativa. Otras formas de realización de la divulgación pueden reducir el NPT, minimizar o eliminar el daño a las tuberías o conexiones tubulares, y minimizar o eliminar la pérdida de producción y longitud lateral.

[0019] Como se analiza en la divulgación, las pautas de instalación tubular inicial pueden incluir la profundidad máxima a la que se puede instalar el encamisado sin pandeo para los factores de fricción analizados, y si se permite la rotación en función de las condiciones del pozo, la configuración de la sarta y la trayectoria del pozo y puede incluir otras pautas de instalación. El estado de la plataforma de perforación puede incluir determinar si la sarta de encamisado se está moviendo hacia abajo, hacia arriba (con o sin rotación), si la sarta está estática (con o sin rotación), si la sarta está en cuñas o si se está formando una conexión en el piso de la plataforma de perforación. Las alarmas pueden

proporcionar una alarma en una plataforma de visualización interactiva basada, por ejemplo, en la evaluación de los datos de la instalación tubular hasta un umbral. La plataforma de visualización interactiva puede proporcionar al usuario la capacidad de reconocer el indicador y tomar medidas de mitigación. La fatiga acumulada se puede determinar utilizando la carga superficial y los parámetros de rotación en un momento determinado y la profundidad de la sarta, las condiciones del pozo dadas, la configuración de la sarta y la trayectoria del pozo. Estos parámetros se utilizan para calcular una cantidad de ciclos en ciertas condiciones, que luego se comparan con datos de prueba de escala completa establecidos en laboratorio (curvas S-N) aplicables a ciertas conexiones en niveles de tensión específicos. Los indicadores clave de rendimiento (KPI) para la operación de instalación tubular pueden incluir la velocidad de instalación promedio, mínima y máxima, y el tiempo promedio de recuperación de la conexión. Los indicadores clave de desempeño pueden agregarse en varios intervalos de tiempo y para varias entidades (por ejemplo, por plataforma de perforación, sarta de encamisado, pozo, cuadrilla de instalación de encamisado).

[0020] El sistema de monitorización de la instalación tubular puede detectar un tubular para determinar cuándo mostrar los puntos de datos, cuándo calcular la fatiga acumulada y determinar los indicadores clave de rendimiento. En algunas formas de realización, el número de puntos de datos puede reducirse para ciertas determinaciones y mostrarse en una plataforma de visualización

interactiva para mostrar un punto por tubería y un intervalo de tiempo establecido.

[0021] Debe apreciarse que las formas de realización de la descripción pueden describirse con respecto a un tipo específico de tubería, como un encamisado. Sin embargo, las formas de realización se pueden usar con otros tipos de tuberías.

[0022] La FIG. 1 es un diagrama esquemático del equipo de superficie (por ejemplo, una plataforma de perforación 100) en un sitio de pozo 102 y un sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104 de acuerdo con una forma de realización de la descripción. La plataforma de perforación 100 puede incluir varios componentes conocidos en la técnica para perforar y completar un pozo y proporcionar la instalación de tuberías (por ejemplo, encamisado) en un pozo. La plataforma de perforación 100 puede incluir o estar acoplado a un registrador de perforación electrónico 106 que recibe datos del sensor de los componentes de la plataforma de perforación 100 y transmite dichos datos a un dispositivo o sistema externo (por ejemplo, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104), como a través de un red 108. En algunas formas de realización, el registrador de perforación electrónico 106 puede proporcionar los siguientes datos: carga del gancho, profundidad de la sarta, revoluciones por minuto (RPM), torque y altura del bloque.

[0023] En algunas formas de realización, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104 puede obtener datos a una velocidad de cada

0,5 segundos, cada 1 segundo (es decir, a una frecuencia de 1 Hz), cada 5 segundos o cada 10 segundos. En algunas formas de realización, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104 puede obtener datos a una velocidad superior a 1 segundo pero inferior a 60 segundos.

[0024] El sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104 también puede recibir datos de fuentes de datos adicionales 110. Estas fuentes de datos adicionales 110 pueden incluir entrada manual de datos 112 y bases de datos externas 114. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la entrada manual de datos puede incluir peso del bloque, información del operador, curvas de carga del gancho, curvas de torque de superficie y secciones de sarta. La(s) base(s) de datos externa(s) 114 puede(n) incluir bases de datos de fabricantes de encamisados que proporcionen datos específicos del encamisado, tales como parámetros de rendimiento del cuerpo de la tubería y de la conexión, o soluciones de gestión de datos del ciclo de vida del pozo fuera del sitio. En algunas formas de realización, las curvas de torque de superficie y carga de gancho pueden generarse mediante un modelo basado en física accesible a través de una red (por ejemplo, un modelo basado en física accesible a través de un sistema de computación en la nube).

[0025] El sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104 puede incluir varios módulos y puede determinar y proporcionar información de instalación de encamisado de acuerdo con las técnicas discutidas en la divulgación. Como se muestra en la FIG. 1, el sistema de monitoreo de la

instalación de encamisado 104 puede incluir un módulo de determinación del estado de la plataforma de perforación 116, un modelo de fatiga 118, un módulo de alarmas 120, un módulo KPI 122 y un módulo de detección de tubería nueva 124. El sistema de monitoreo de la instalación de encamisado 104 puede incluir una interacción plataforma de visualización 126 que puede mostrarse en una pantalla acoplada o una parte del sistema de monitoreo de instalación de encamisado 104. El sistema de monitoreo de instalación de encamisado también puede incluir una o más bases de datos 128 que pueden almacenar, por ejemplo, datos recibidos del EDR 106, datos de instalación de encamisado determinados y pautas de instalación de encamisado.

[0026] La FIG. 2 representa un proceso 200 para instalar el encamisado y monitorear un proceso de instalación del encamisado de acuerdo con una forma de realización de la divulgación. Inicialmente, la operación de instalación del encamisado puede comenzar en un pozo (bloque 202). Los datos pueden recibirse desde un registrador electrónico de perforación (EDR) en el sitio del pozo (bloque 204). En algunas formas de realización, los datos pueden recibirse desde el EDR antes de que comience la operación de instalación del encamisado, así como durante la operación de instalación del encamisado. Los siguientes datos pueden recibirse de fuentes de datos adicionales (bloque 206), como la entrada manual de datos, bases de datos externas o una combinación de las mismas.

[0027] En algunas formas de realización, se pueden determinar las pautas de instalación del encamisado inicial (bloque 208). En algunas formas de realización, se puede determinar un estado de la plataforma de perforación (bloque 210) a partir de los datos recibidos. A continuación, puede determinarse la fatiga acumulada a lo largo de una sarta de encamisado (bloque 212). Además, se pueden determinar alarmas relacionadas con la operación de instalación del encamisado (bloque 214). En algunas formas de realización, pueden determinarse indicadores de rendimiento clave para la operación de instalación del encamisado (bloque 216).

[0028] Como se describe más adelante en la divulgación, los datos de instalación del encamisado pueden proporcionarse en una plataforma de visualización interactiva de un sistema de supervisión de la instalación del encamisado (bloque 218). Los datos de instalación del encamisado pueden incluir, por ejemplo, algunas de las determinaciones realizadas por el sistema de monitorización de la instalación del encamisado. En algunas formas de realización, se puede instalar o quitar una sarta de encamisado con base en una o más de las determinaciones (bloque 220). En algunas formas de realización, la operación de instalación del encamisado puede ajustarse o detenerse en función de las determinaciones (bloque 222).

[0029] La FIG. 3 representa un proceso 300 que ilustra el funcionamiento de un sistema de gestión de instalación de encamisado de acuerdo con una forma de realización de la descripción. Inicialmente, se pueden obtener los datos 302

del registrador electrónico de datos (EDR) y los datos 304 manuales introducidos. Como se muestra en la FIG. 3, los datos 304 manuales pueden incluir, en algunas formas de realización, datos 308 del operador y de la plataforma de perforación. Los datos 308 del operador y de la plataforma de perforación pueden incluir, por ejemplo, el peso del bloque. Además de la entrada manual de datos 304, el proceso 300 puede incluir la recepción de datos externos 318. En algunas formas de realización, los datos externos 318 pueden obtenerse de un proveedor externo utilizando una interfaz de programación de aplicaciones (API) proporcionada por el proveedor externo. Los datos externos 318 pueden incluir datos de productos de un fabricante de encamisados. Los datos externos 318 pueden proporcionar, por ejemplo, curvas 310 de carga de gancho y torque de superficie (por ejemplo, curvas de carga de gancho y torque de superficie determinadas a partir de un modelo basado en la física) y datos de sección de sarta de encamisado 312. Las pautas de instalación de encamisado 317 se pueden determinar utilizando los datos de EDR 302 y determinaciones previas de modelos basados en la física.

[0030] Como se analiza más adelante en la descripción, se puede determinar un estado de la plataforma de perforación (bloque 314) en función de los datos de EDR 302 y la entrada manual de datos 304, como los datos del operador y de la plataforma de perforación 308. La determinación del estado de la plataforma de perforación 314 puede producir datos de estado de la plataforma de perforación de EDR 316 para usar en determinaciones adicionales mostradas en el proceso. Como se muestra en la FIG. 3, en algunas formas de

realización, las curvas 320 de torque de superficie y carga de gancho interpoladas pueden determinarse y asociarse con alarmas 322 definidas y almacenadas en el sistema de monitoreo de instalación de encamisado.

[0031] Como también se muestra en la FIG. 3, se puede determinar una conexión de tubería nueva (bloque 324) utilizando los datos 316 de estado de la plataforma de perforación de EDR. Un modelo de fatiga 326 puede recibir una determinación de tubería nueva y recibir los datos de estado de la plataforma de perforación de EDR 314 y determinar la fatiga acumulada. En algunas formas de realización, el proceso 300 puede incluir la reducción de la muestra 328 para reducir la muestra de los datos de estado de la plataforma de perforación de EDR 314 y reducir el número de puntos de datos que se trazarán en gráficos de datos de instalación de encamisado o se procesarán de otro modo. Además, el proceso 300 puede incluir la activación de alarmas 330 en función de los datos de estado de la plataforma de perforación de EDR u otros datos en el proceso 300.

[0032] El proceso 300 también puede incluir la determinación de indicadores clave de rendimiento (KPI) 332. Como también se muestra en la FIG. 3, los datos de instalación del encamisado generados a través del proceso 300 pueden proporcionarse (bloque 334), como a un usuario a través de la plataforma de visualización interactiva. En algunas formas de realización, los datos proporcionados pueden incluir datos de diseño de pozos (por ejemplo, operador de pozo, plataforma de perforación y secciones de sarta), pautas de

instalación de encamisado, carga de gancho (por ejemplo, carga de gancho en tiempo real, tendencias y pandeo), torque de superficie (por ejemplo, tiempo real y límites), trayectoria del pozo (posición, profundidad y severidad de pata de perro (dogleg severity) (DLS), registros de alarmas, nivel de riesgo (basado en el nivel de riesgo de las alarmas) e indicadores clave de rendimiento (estado del tiempo, tiempo perdido, rendimiento del personal).

[0033] DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN

[0034] La determinación del estado de la plataforma de perforación 314 puede determinar el estado de una plataforma de perforación en un punto dado en los datos de EDR 302 recibidos. En algunas formas de realización, los estados de la plataforma de perforación determinados pueden incluir: entrar y salir del pozo (RIH), escariar, salir del pozo (TOOH), retro-escariar, girar dentro y fuera del fondo (ROB), en cuñas, hacer una conexión, un estado estático y un estado desconocido. Los estados se definen de la siguiente manera:

[0035] RIH: La sarta se mueve hacia abajo sin rotación.

[0036] Escariar: La sarta se mueve hacia abajo con la rotación.

[0037] TOOH: La sarta se mueve hacia arriba sin rotación.

[0038] Retro-escariar: La sarta se mueve hacia arriba con la rotación (también denominado “escariar hacia afuera”).

[0039] Girar dentro y fuera del fondo: La sarta gira sin ningún movimiento axial.

[0040] En cuñas: La sarta está unida a las cuñas en el piso de la plataforma de perforación y todo el peso de la sarta está soportado por este. Las cuñas sostienen la sarta mientras se quita o se agrega una tubería a la sarta. En algunas formas de realización, la determinación de si una cadena está dentro o fuera de las cuñas puede basarse en un análisis estadístico de los valores de desviación estándar y mediana para un tamaño de muestra dado.

[0041] Hacer una conexión: La sarta está en cuñas y se está conectando una tubería nueva a la sarta.

[0042] Estático: No hay movimiento axial ni rotacional en la sarta y la sarta no está en cuñas.

[0043] Desconocido: El estado de la plataforma de perforación no se pudo identificar correctamente. El proceso 300 puede minimizar el tiempo empleado en este estado.

[0044] Los datos de EDR 302 utilizados para determinar el estado de la plataforma de perforación pueden incluir las siguientes variables: carga del gancho, profundidad de la sarta, RPM, torque y altura del bloque. Además, el peso del bloque puede recibirse a través de la entrada manual de datos 304 y también usarse en la determinación. Las variables se describen con más detalle a continuación:

[0045] Carga del gancho: La fuerza total que tira hacia abajo del gancho del bloque móvil de la plataforma de perforación. Esta fuerza total incluye el peso de la sarta en el aire y el peso del bloque, reducido por cualquier fuerza que tienda a reducir ese peso. Algunas fuerzas que podrían reducir el peso incluyen la fricción a lo largo de la pared del pozo y la flotabilidad.

[0046] Profundidad de la sarta: La profundidad actual alcanzada por la sarta en el pozo. La profundidad puede variar desde 0 hasta la profundidad total (TD).

[0047] RPM: rotación que se aplica a la sarta en revoluciones por minuto.

[0048] Torque: fuerza de torque que se aplica a la sarta.

[0049] Altura del bloque (BH): altura actual del bloque móvil.

[0050] Peso del bloque: peso del bloque móvil de la plataforma de perforación. El peso del bloque se puede usar para determinar un umbral para detectar el estado “En cuñas”. Como se explica en la divulgación, en algunas formas de realización, el peso del bloque se puede ingresar manualmente (por ejemplo, como entrada manual de datos 304).

[0051] En algunas formas de realización, el estado de la plataforma de perforación puede determinarse usando un árbol de decisión.

[0052] DETERMINACIÓN DE NUEVA TUBERÍA

[0053] La determinación de nueva tubería 324 puede recibir datos y determinar si se conectó una nueva tubería (por ejemplo, una sección nueva de

encamisado) al encamisado. La determinación de nueva tubería 324 puede ser utilizada por el módulo de alarmas y el modelo de fatiga.

[0054] En algunas formas de realización, la detección de nueva tubería puede determinar que se conecta un tubo nuevo en función del tiempo empleado en cuñas y cambios en la profundidad de la sarta.

[0055] La determinación de la conexión proporcionada por la determinación de la tubería 324 también puede incluir el tiempo de inicio y final de la conexión (es decir, el tiempo de “cuñas a deslizadores”) y la profundidad de la sarta de inicio y final.

[0056] MÓDULO DE ALARMAS

[0057] La activación de alarmas 330 puede evaluar datos a intervalos de tiempo para determinar si se activa alguna alarma. En algunas formas de realización, las alarmas pueden agruparse por tipo de alarma dependiendo de la variable con la que están asociadas. En algunas formas de realización, las alarmas pueden incluir lo siguiente: torque, carga del gancho, fatiga, hidráulica o una combinación de las mismas (Comb) y datos.

[0058] La activación de alarmas 330 puede usar datos de una o más fuentes para determinar alarmas. En algunas formas de realización, la activación de alarmas 330 puede usar datos de estado de plataforma de perforación de EDR 316, datos de terceros 318, el modelo de fatiga 326, la salida de estado de plataforma de perforación del módulo de estado de plataforma de perforación

314, o cualquier combinación de los mismos. A modo de ejemplo, algunas alarmas pueden activarse cuando la sarta se acerca o supera ciertos límites de pandeo durante el proceso de instalación de la tubería de encamisado, o cuando el torque registrado en la superficie mientras se gira la sarta de tubería de encamisado supera las capacidades de conexión de la tubería de encamisado. Se pueden activar otras alarmas cuando se alcanza un determinado valor de fatiga acumulada en la sarta. En algunas formas de realización, las acciones de mitigación para remediar el problema y aumentar las posibilidades de instalar con éxito la sarta de encamisado se proporcionan junto con las advertencias de alarma.

[0059] En algunas formas de realización, cada alarma puede tener un valor de riesgo asociado. El valor de riesgo se puede utilizar para determinar un nivel de riesgo para una alarma. En algunas formas de realización, el nivel de riesgo puede mostrarse en la plataforma visual interactiva usando un indicador de color.

[0060] MODELO DE FATIGA

[0061] El modelo de fatiga 326 puede determinar la fatiga del encamisado instalado durante una operación de instalación del encamisado. El modelo de fatiga 326 puede recibir datos precargados y datos de estado de la plataforma

de perforación de EDR 306. Por ejemplo, la inicialización del modelo de fatiga 326 puede realizarse utilizando datos precargados e interpolados.

[0062] El modelo de fatiga 326 puede determinar la fatiga en un intervalo. En algunas formas de realización, el modelo de fatiga 326 puede determinar la fatiga en la primera aparición de un intervalo de tiempo (por ejemplo, cada 5 minutos) o un intervalo de acción (por ejemplo, en la instalación de una junta de encamisado nueva).

[0063] El modelo de fatiga 326 puede recibir las siguientes entradas: las propiedades de la sarta de encamisado de longitud, grado de acero y espesor de pared), una curva de fuerza real, el perfil de fatiga anterior y el número de revoluciones desde la última llamada al modelo de fatiga 326. Estos parámetros se pueden usar para calcular una cantidad de ciclos en ciertas condiciones, que luego se comparan con los datos de prueba de escala completa establecidos en el laboratorio (es decir, las relaciones de tensión con la cantidad de ciclos, también denominadas “curvas SN”) aplicable a ciertas conexiones a niveles de tensión específicos. El modelo de fatiga 326 genera el valor de fatiga acumulada sobre toda la sarta de encamisado. El valor de fatiga puede mostrarse en un gráfico de fatiga en la plataforma de visualización interactiva. El valor de fatiga también se puede proporcionar a la activación de alarmas 330.

[0064] MÓDULO DE REDUCCIÓN DE MUESTREO

[0065] La reducción de la muestra de datos 328 puede reducir la muestra de los datos de estado de la plataforma de perforación de EDR 316 para aumentar la eficiencia de procesamiento y permitir una visualización más sencilla de gráficos (por ejemplo, carga de gancho, torque de superficie y trayectoria) en la plataforma de visualización interactiva.

[0066] En algunas formas de realización, el módulo de reducción de muestreo 328 puede reducir el muestreo de los datos de estado de la plataforma de perforación de EDR 316 a profundidades e intervalos de tiempo específicos para los estados relevantes de la plataforma de perforación.

[0067] El módulo de reducción de muestreo 328 sólo puede reducir la resolución de datos para los estados de la plataforma de perforación relevantes para un gráfico o indicador en particular. Por ejemplo, para una curva de carga del gancho, los estados relevantes de la plataforma de perforación son RIH, TOOH, escariado hacia dentro “Ream In” y escariado hacia afuera “Ream Out”. En otro ejemplo, para una curva de torque de superficie, los estados de la plataforma de perforación relevantes son escariar hacia dentro “Ream In”, escariar hacia afuera “Ream Out” y ROB. En algunas formas de realización, la reducción de muestra resultante es un promedio de los puntos agrupados por estado de la plataforma de perforación.

[0068] DIRECTRICES DE INSTALACIÓN

[0069] Las pautas de instalación del encamisado 317 (también denominadas “directrices de funcionamiento inicial”) pueden proporcionar un resumen de orientación y recomendaciones para un proceso de instalación del encamisado. En algunas formas de realización, las pautas de instalación inicial pueden incluir lo siguiente: el operador de la plataforma de perforación, la plataforma de perforación, el pozo, la sarta y la longitud total.

[0070] En algunas formas de realización, las pautas de instalación del encamisado 317 también pueden incluir lo siguiente: profundidad donde puede comenzar el pandeo helicoidal si no se aplica rotación dependiendo del factor de fricción (FF): las secciones de la sarta, la máxima severidad de pata de perro (dogleg severity) (DLS) para las secciones de sarta, y si permiten la rotación; y recomendaciones y consideraciones generales.

[0071] Las pautas de instalación de encamisado 317 se pueden obtener de las bases de datos del sistema de monitoreo de instalación de encamisado basado en los datos de EDR recibidos 302, entrada manual de datos 304, datos externos 318, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, una combinación particular de operador y sarta puede tener pautas de instalación asociadas en la base de datos. De manera similar, variables que describen una sección de sarta pueden almacenarse en las bases de datos y usarse para recuperar datos para las pautas de instalación inicial.

[0072] INDICADORES CLAVE DE RENDIMIENTO

[0073] La determinación de indicadores clave de rendimiento 332 puede determinar los KPI basados en cualquiera de los datos disponibles en el proceso 300 o una combinación de los mismos. En algunas formas de realización, los KPI pueden incluir lo siguiente: tiempo pasado en cada estado de plataforma de perforación para cada plataforma de perforación; profundidad de bits vs. tiempo para un pozo; rendimiento de la tripulación; juntas promedio por hora; juntas máximas en una hora; número de articulaciones en la última hora; y tiempo de conexión individual para un número específico de conexiones.

[0074] PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN INTERACTIVA

[0075] Como se discute en la descripción, las formas de realización del sistema de monitoreo de instalación de encamisado pueden incluir una plataforma de visualización interactiva que puede proporcionar visualizaciones de datos de instalación de encamisado y elementos de interfaz de usuario para interactuar con el sistema de monitoreo de instalación de encamisado. Las FIG. 4-7 representan pantallas de ejemplo de una plataforma de visualización interactiva de acuerdo con una forma de realización de la divulgación. La plataforma de visualización interactiva puede actualizarse a intervalos de tiempo establecidos para permitir la visualización y la toma de decisiones en tiempo real. En algunas formas de realización, la plataforma de visualización interactiva puede incluir tres tableros: 1) pautas de instalación del encamisado; 2) datos de instalación del encamisado; y 3) indicadores clave de desempeño.

[0076] Las FIG. 4 y 5 muestran pantallas 400 y 500, respectivamente, que ilustran visualizaciones de datos de instalación de encamisado. La pantalla 400 incluye los elementos gráficos 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414 y 416, como se describe más adelante.

[0077] El elemento 402 puede incluir texto que incluya el pozo, el estado de la plataforma de perforación y el tipo de curva asociados con los elementos visuales 406, 408 y 410. El elemento 402 también puede incluir elementos de interfaz de usuario (por ejemplo, cuadros desplegables) que permiten la selección del pozo, el estado de la plataforma de perforación y el tipo de curva que muestra la plataforma de visualización interactiva.

[0078] El elemento 404 es un gráfico de carga del gancho que es un gráfico de la carga del gancho (en kip) frente a la profundidad (en pies (ft)), con la profundidad de 0 pies en la parte superior y la profundidad máxima en la parte inferior del gráfico. Como se usa aquí, el término “kip” equivale a 1000 libras-fuerza (lbf) o 4488,2216 Newtons (N). En algunas formas de realización, el elemento 404 puede incluir carga de gancho registrada frente a puntos de profundidad que tienen diferentes colores según el estado de la plataforma de perforación en ese punto. En algunas formas de realización, el elemento 404 puede incluir curvas de tendencia que representan diferentes posibles líneas de tendencia de carga de gancho. En algunas formas de realización, el elemento 404 puede incluir límites de pandeo.

[0079] El elemento 406 es un gráfico de torque superficial que es un gráfico del torque superficial (en kip) frente a la profundidad (en pies), con la profundidad de 0 pies en la parte superior y la profundidad máxima en la parte inferior del gráfico. En algunas formas de realización, el elemento 406 puede incluir puntos registrados de torque de superficie frente a profundidad que pueden tener diferentes colores según el tipo de operación de rotación realizada. En algunas formas de realización, el elemento 406 puede incluir límites de torque indicados por líneas que representan los límites de torque según diferentes FF.

[0080] El elemento 408 es un gráfico que traza la fatiga acumulada (en %) frente a la profundidad (en pies) y traza DLS (grados/100 pies) frente a la profundidad (en pies), con la profundidad de 0 pies en la parte superior y la profundidad máxima en la parte inferior del gráfico.

[0081] El elemento 410 es un gráfico tridimensional que traza la trayectoria del pozo en tres dimensiones de NS (en pies), EW (en pies) y profundidad (en pies), con la profundidad de 0 pies en la parte superior y la profundidad máxima en la parte inferior del gráfico. En algunas formas de realización, una línea trazada en el elemento 410 puede tener un gradiente de color basado en el DLS en cada punto de la trayectoria del pozo.

[0082] Como se apreciará, cada uno de los gráficos en los elementos 406, 408, 410 y 412 se pueden sincronizar cuando se selecciona un elemento

particular (por ejemplo, moviendo un cursor sobre el elemento, haciendo clic en el elemento, etc.).

[0083] El elemento 412 es un registro de mensajes que muestra un registro continuo de mensajes (alarmas activadas) por el sistema de monitoreo de la instalación del encamisado. En algunas formas de realización, una alarma activada que supere un nivel de riesgo específico puede mostrarse en un elemento emergente (por ejemplo, una ventana emergente) en la plataforma de visualización interactiva.

[0084] Los elementos 414 y 416 pueden ser indicadores de estado que indican el estado del sistema de monitoreo de la instalación del encamisado. Por ejemplo, el elemento 414 puede proporcionar una indicación del número de alertas activas y el elemento 416 puede indicar si el sistema de instalación de encamisado está recibiendo actualmente datos de una plataforma de perforación (por ejemplo, de un registrador de perforación electrónico).

[0085] La FIG. 5 ilustra una pantalla 500 que tiene una visualización de las pautas de instalación del encamisado inicial de acuerdo con una forma de realización de la divulgación. La pantalla 500 incluye elementos gráficos 502, 504, 506 y 508, como se describe más adelante. El elemento 502 puede incluir texto que identifique el pozo asociado con los elementos visuales 504, 506 y 508. El elemento 502 puede incluir un elemento de interfaz de usuario (por ejemplo, un cuadro desplegable) que permite la selección del pozo que muestra la plataforma de visualización interactiva.

[0086] Los elementos 504, 506 y 508 pueden proporcionar pautas de instalación del encamisado como se describe en la divulgación. Por ejemplo, el elemento 504 puede indicar la profundidad a la que comenzará el pandeo helicoidal si no se aplica rotación dependiendo de la FF. El elemento 506 puede indicar las secciones de la sarta de encamisado, el DLS máximo para cada sección y si permiten la rotación. El elemento 508 puede incluir texto que proporcione recomendaciones y consideraciones para la operación de instalación del encamisado.

[0087] La FIG. 6 ilustra una pantalla 600 que tiene una visualización de indicadores clave de rendimiento de acuerdo con una forma de realización de la divulgación. La pantalla 600 puede incluir los elementos 602, 604, 606, 608 y 610, como se describe más adelante.

[0088] El elemento 600 puede incluir texto que identifique el pozo asociado con los KPI mostrados. El elemento 602 puede incluir un elemento de interfaz de usuario (por ejemplo, un cuadro desplegable) que permite la selección del pozo asociado con los KPI mostrados. Como se muestra en la FIG. 6, el elemento 604 puede proporcionar KPI relacionados con el promedio de conexiones por hora, el número máximo de conexiones en una hora, el número de conexiones en los últimos 60 minutos y el tiempo promedio de conexión. El elemento 606 puede mostrar un gráfico continuo de los últimos tiempos de conexión para las últimas 100 conexiones.

[0089] Como también se muestra en la FIG. 6, el elemento 608 puede mostrar los KPI correspondientes al tiempo transcurrido en cada estado de la plataforma de perforación, como CUÑAS, ROB, RIH, etc. El elemento 610 puede mostrar un gráfico de profundidad versus tiempo para el pozo seleccionado y puede representar la profundidad de la broca y la profundidad del agujero.

[0090] La FIG. 7 representa componentes de un sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 de acuerdo con una forma de realización de la divulgación. En algunas formas de realización, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 puede estar en comunicación con otros componentes para obtener datos de una plataforma de perforación o proporcionar datos a otro sistema. Dichos otros componentes pueden incluir, por ejemplo, un registrador de perforación electrónico como se describe en este documento. Como se muestra en la FIG. 7, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 puede incluir un procesador 702, una memoria 704, una pantalla 706 y una interfaz de red 708. Debe apreciarse que el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 puede incluir otros componentes que se omiten por claridad. En algunas formas de realización, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 puede incluir o ser parte de un grupo de computadoras, un sistema de computación en la nube, un centro de datos, un bastidor de servidor u otro gabinete de servidor, un servidor, un servidor virtual, una computadora de escritorio, una computadora portátil, una tableta o similar.

[0091] El procesador 702 (como se usa en la descripción, el término “procesador” abarca microprocesadores) puede incluir uno o más procesadores que tienen la capacidad de recibir y procesar datos, como datos de un registrador electrónico de perforación (EDR). En algunas formas de realización, el procesador 702 puede incluir un circuito integrado específico de la aplicación (AISC). En algunas formas de realización, el procesador 702 puede incluir un procesador de conjunto de instrucciones reducido (RISC) o un procesador de conjunto de instrucciones complejas (CISC). Además, el procesador 702 puede incluir procesadores de un solo núcleo y procesadores de múltiples núcleos y puede incluir procesadores de gráficos. Pueden emplearse múltiples procesadores para proporcionar la ejecución paralela o secuencial de una o más de las técnicas descritas en la descripción. El procesador 702 puede recibir instrucciones y datos desde una memoria (por ejemplo, la memoria 704).

[0092] La memoria 704 (que puede incluir uno o más medios de almacenamiento tangibles no transitorios legibles por computadora) puede incluir memoria volátil, como memoria de acceso aleatorio (RAM), y memoria no volátil, como ROM, memoria flash, un disco duro, cualquier otro medio de almacenamiento óptico, magnético o de estado sólido adecuado, o una combinación de los mismos. El procesador 702 puede acceder a la memoria 704. La memoria 704 puede almacenar código informático ejecutable. El código informático ejecutable puede incluir instrucciones de programas informáticos para implementar una o más técnicas descritas en la divulgación. Por ejemplo, el código de computadora ejecutable puede incluir instrucciones de monitoreo

de instalación de encamisado 712 que definen los diversos módulos y procesos para implementar formas de realización de la presente divulgación. En algunas formas de realización, las instrucciones de monitoreo de la instalación del encamisado 712 pueden implementar uno o más elementos de los procesos 200 y 300 descritos con anterioridad e ilustrados en las FIG. 2 y 3. En algunas formas de realización, las instrucciones de monitoreo de la instalación del encamisado 712 pueden recibir, como entrada, datos de EDR 714 y datos adicionales 716, como se describe en la descripción. Las instrucciones de monitoreo de instalación de encamisado 712 también pueden proporcionar una plataforma de visualización interactiva 716 almacenada en la memoria 704 y, como se muestra en la FIG. 7, que se muestra en la pantalla 706. Las salidas de las instrucciones de monitoreo de instalación del encamisado 712 (por ejemplo, como se muestra en las pantallas representadas en las FIG. 4-6) pueden proporcionarse en la plataforma de visualización interactiva 716.

[0093] La pantalla 706 puede incluir una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de diodo orgánico emisor de luz (OLED) u otra pantalla adecuada. La pantalla 706 puede mostrar una interfaz de usuario (por ejemplo, una interfaz gráfica de usuario) que puede mostrar la información recibida de la computadora de procesamiento de información de la planta 706. De acuerdo con algunas formas de realización, la pantalla 706 puede ser una pantalla táctil y puede incluir o proporcionarse con elementos sensibles al tacto a través de los cuales un usuario puede interactuar con la interfaz de usuario. La pantalla 706 puede mostrar la plataforma de

visualización interactiva 718 producida usando las instrucciones 712 de acuerdo con las técnicas descritas en este documento. Por ejemplo, la plataforma de visualización interactiva 718 puede mostrar la fatiga acumulada de una sarta de encamisado, la curva de carga del gancho y la curva de torque superficial, como se describe en la divulgación.

[0094] La interfaz de red 708 puede proporcionar comunicación entre el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 y otros dispositivos. La interfaz de red 708 puede incluir una tarjeta de interfaz de red cableada (NIC), una tarjeta de interfaz de red inalámbrica (por ejemplo, radiofrecuencia) o una combinación de las mismas. La interfaz de red 708 puede incluir circuitos para recibir y enviar señales hacia y desde redes de comunicaciones, como un sistema de antena, un transceptor de RF, un amplificador, un sintonizador, un oscilador, un procesador de señales digitales, etc. La interfaz de red 708 puede comunicarse con redes, como Internet, una intranet, una red de área amplia (WAN), una red de área local (LAN), una red de área metropolitana (MAN) u otras redes. La comunicación a través de redes puede utilizar estándares, protocolos y tecnologías adecuados, como Ethernet Bluetooth, Wireless Fidelity (Wi-Fi) (por ejemplo, estándares IEEE 802.11) y otros estándares, protocolos y tecnologías. En algunas formas de realización, por ejemplo, los datos de un registrador de perforación electrónico (EDR) pueden recibirse a través de una red a través de la interfaz de red 708. En algunas formas de realización, por ejemplo, las salidas del sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700

pueden proporcionarse a otros dispositivos a través de la red a través de la interfaz de red 708.

[0095] En algunas formas de realización, el sistema de monitoreo de instalación de encamisado 700 puede estar acoplado a un dispositivo de entrada 720 (por ejemplo, uno o más dispositivos de entrada). Los dispositivos de entrada 720 pueden incluir, por ejemplo, un teclado, un ratón (mouse), un micrófono u otros dispositivos de entrada. En algunas formas de realización, el dispositivo de entrada 720 puede permitir la interacción con una interfaz de usuario que se muestra en la pantalla 706. Por ejemplo, en algunas formas de realización, los dispositivos de entrada 720 pueden permitir la entrada de entradas que controlan la adquisición de datos, el procesamiento de los datos de instalación del encamisado, reconocimiento de alarmas, etc.

[0096] Los rangos pueden expresarse en la divulgación como desde aproximadamente un valor particular, hasta aproximadamente otro valor particular, o ambos. Cuando se expresa tal rango, debe entenderse que otra forma de realización es desde un valor particular, hasta otro valor particular, o ambos, junto con todas las combinaciones dentro de dicho rango.

[0097] Modificaciones adicionales y formas de realización alternativas de diversos aspectos de la descripción serán evidentes para los expertos en la técnica a la vista de esta descripción. En consecuencia, esta descripción debe interpretarse únicamente como ilustrativa y tiene el propósito de enseñar a los expertos en la técnica la manera general de llevar a cabo las formas de

realización descritas en la divulgación. Debe entenderse que las formas mostradas y descritas en la descripción deben tomarse como ejemplos de formas de realización. Los elementos y materiales pueden sustituirse por los ilustrados y descritos en la divulgación, las partes y los procesos pueden invertirse u omitirse, y ciertas características pueden utilizarse de forma independiente, todo como será evidente para un experto en la técnica después de beneficiarse de esta descripción. Se pueden realizar cambios en los elementos descritos en la divulgación sin apartarse del espíritu y alcance de la divulgación como se describe en las siguientes reivindicaciones. Los encabezados utilizados en la divulgación son solo para fines organizacionales y no están destinados a limitar el alcance de la descripción.