

FLUIDOS DE ESTIMULACIÓN DE LGN DE GRADO Y

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

CAMPO DE LA DIVULGACIÓN

[0001] Normalmente, las modalidades de la presente divulgación están relacionadas con los fluidos de estimulación.

Descripción de la técnica relacionada

[0002] Los tratamientos de fractura se utilizan para estimular y mejorar la conductividad de los fluidos entre un pozo y una formación de interés con el fin de incrementar la tasa de producción de fluidos y las reservas asociadas. Los tratamientos de fracturación hidráulica generalmente son utilizados en formaciones de permeabilidad baja, en depósitos convencionales con el fin de evitar el daño de la permeabilidad cerca del pozo y en depósitos no convencionales para intersectar las fracturas inducidas con una red de fractura natural.

[0003] Los fluidos de estimulación se han clasificado en diferentes tipos de fluidos:

[0004] • Los convencionales, compuestos por un agente gelificante y un reticulante(s);

[0005] • El agua para fracturación hidráulica, (*Water Frac*), a veces denominada "*slick water*", compuesta por un reductor de fricción, un agente gelificante y/o un tensioactivo visco elástico.

[0006] • Los híbridos, compuestos por una combinación de un reductor de fricción, un agente gelificante y un(os) reticulante(es);

[0007] • Los energizados, que incorporan dióxido de carbono o nitrógeno en el fluido;

[0008] • Los ácidos para fracturación hidráulica, compuestos por una base ácida gelificada; y

[0009] • El gas para fracturación hidráulica, compuesto por gas, normalmente el propano como fluido base.

[0010] Un tratamiento común inyecta un fluido de estimulación viscoso para abrir una fractura de una geometría deseada y el fluido de estimulación viscoso lleva un agente de sustentación hacia la fractura abierta para mantener la conductividad en la fractura después de que el tratamiento se completa. Los fluidos de estimulación viscosos pueden tener características que dañan la permeabilidad del paquete de agentes de sustentación y/o la formación que esté cerca a la fractura. Por ejemplo, los fluidos de estimulación a base de agua pueden absorber en la cara de formación y reducir la permeabilidad, p. ej. las fuerzas capilares pueden precipitar la escala y pueden causar la migración de finos durante el contraflujo y la limpieza del pozo.

[0011] Datos recientes sugieren que aproximadamente el 98% de las estimulaciones de fracturación hidráulica en los EE.UU. utilizan tecnología a base de agua. Minimizar o eliminar el agua y los productos químicos a base de agua asociados (tales como ácidos, biocidas, inhibidores de corrosión, absorbentes de oxígeno, reductores de fricción, reticulantes, agentes de ruptura y ciertos agentes gelificantes) del fluido base ayudarían a reducir la huella ambiental y ciertos costos químicos asociados con la fracturación.

[0012] Los fluidos a base de agua para fracturación hidráulica también tienen problemas asociados de eliminación y/o limpieza y pueden tener conflictos de uso. El uso de agua para la fracturación hidráulica puede desviar el agua del caudal, del abastecimiento de agua para municipios e industrias como la generación de energía, así como de la recreación y de la vida acuática. Después de un tratamiento de fractura, el fluido de fractura que fluye de nuevo a la superficie debe eliminarse o remediarse y cuanto más fluido se utilice en el tratamiento mayor será el riesgo y gasto de disposición. Los grandes volúmenes de agua requeridos para la mayoría de los métodos de fracturación hidráulica más comunes han aumentado la preocupación por las regiones áridas particularmente en Texas propenso a la sequía. La disposición del agua para fracturación hidráulica a través de la inyección en pozos

subterráneos profundos se ha asociado con aumentos recientes en la sismicidad en el Oklahoma Central.

[0013] La fracturación hidráulica masiva utiliza tradicionalmente entre 1,2 y 3,5 millones de galones de agua por pozo con grandes proyectos usando más de 5 millones de galones. Cada tratamiento se compone de una serie de etapas. Ciertos pozos horizontales no convencionales pueden tener hasta 40 etapas o más. Cada etapa puede utilizar más de 300.000 galones de agua y más de 5,5 millones de libras de agente de sustentación.

[0014] La perforación de múltiples pozos desde la misma plataforma o la capacidad de perforar y completar múltiples pozos en una sola plataforma se está volviendo frecuente en la industria debido a la pequeña huella y a la mayor eficiencia operativa. Esta tecnología está afectando la industria de la fracturación hidráulica ya que seis o más estimulaciones de pozos individuales pueden llevarse a cabo de forma secuencial desde una sola plataforma. Complementando esta tecnología es un proceso conocido como fracturamiento en cremallera "zipper fracs" que implica alternar fracturamiento simultáneo entre dos pozos vecinos cuyos cabezales se encuentra sobre la misma plataforma. Cuando se combinan, estas tecnologías le añaden requisitos de logística adicionales al operador del fracturamiento.

[0015] Los tratamientos de fracturación ácida se utilizan para eliminar daños y/o canales abiertos en la formación. El ácido corroe los canales que en teoría permanecen abiertos después de que se libera la presión hidráulica y la formación se relaja volviendo a una condición de presión natural. Es deseable que el ácido fluya hacia adentro y corra o elimine el daño de las áreas de la formación que no fluyen bien antes del tratamiento. Sin embargo las áreas de la formación que son altamente permeables y fracturadas naturalmente tienden a aceptar el fluido de una mejor manera y por lo tanto tomar más ácido del que se desea. Por lo tanto, se pueden añadir aditivos de pérdida y desviación de fluido al tratamiento de fracturación ácida para bloquear los canales de permeabilidad alta y redirigir el tratamiento hacia los canales de permeabilidad inferior.

[0016] La fracturación con espuma también es un método estándar que se usa en América del Norte con el fin de estimular la permeabilidad baja o los depósitos agotados parcialmente presionados, incluyendo las vetas no convencionales de lutita y carbón. Los fluidos de fractura a base de espuma pueden ser atractivos debido al bajo contenido de agua ya que la espuma consiste normalmente en un alto porcentaje de un gas, generalmente el dióxido de carbono o el nitrógeno como la fase interna y un porcentaje menor de un líquido como la fase externa que incluye un estabilizante llamado agente espumante. Las espumas con calidades de nitrógeno del 70 al 90 por ciento se han aplicado de manera efectiva en los tipos de formación mencionados con anterioridad. Las espumas de alta calidad requieren menos agua pero pueden carecer de suficiente viscosidad para soportar la carga necesaria del agente de sustentación.

[0017] El gas licuado del petróleo ("GLP"), principalmente el gel de propano, se ha utilizado como un fluido de la fracturación de hidrocarburos el cual no es dañino para la formación. Sus propiedades incluye lo siguiente: baja tensión superficial, baja viscosidad, baja densidad, junto con la miscibilidad con los hidrocarburos naturales del yacimiento. Este método sin agua aumenta las tasas de producción inicial ayudando a establecer la producción mucho antes que los métodos tradicionales de fracturación. También es capaz de recuperar la mayoría del fluido de fracturación dentro de pocos días de la estimulación lo cual crea beneficios económicos y ambientales de una limpieza rápida con un mínimo de residuos y de disposición. Sin embargo, el costo y la disponibilidad de grandes cantidades de propano que se requiere para estimulaciones de múltiples etapas en plataforma son a veces un freno para el uso de esta tecnología.

[0018] Por lo tanto, existe la necesidad de nuevos fluidos de estimulación que no sean dañinos para la formación, que tengan un contenido mínimo de agua y adiciones químicas, que sean componentes naturales y localmente disponibles, rápidos de limpiar, rentables y que sean totalmente recuperables con un reflujo mínimo de agentes de sustentación.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0019] Una modalidad de la presente divulgación comprende un fluido de estimulación espumoso a base de LGN de grado Y [Líquidos de Gas Natural antes de ser fraccionados (Y- Grade NGL)]. La espuma se puede generar con nitrógeno o dióxido de carbono e incluir un(os) tensioactivo(s). La calidad de la espuma puede estar entre aproximadamente 55% y aproximadamente 95%. La formación de espuma de los LGN de grado Y se puede conseguir utilizando un agente o agentes espumantes, tales como tensioactivos iónicos o no iónicos o mezclas de los mismos. Los agentes espumantes pueden comprender ácidos sulfónicos, compuestos de betaína, fluorotensioactivo, disolventes de hidrocarburos, jabones de aluminio, ésteres de fosfato y/u otros productos similares.

[0020] Los agentes espumantes pueden comprender los tensioactivos puros o las mezclas de tensioactivos, se pueden mezclar con co-tensioactivos o pueden ser soluciones acuosas de tensioactivos y/o de co-tensioactivos y opcionalmente co-disolventes. Los co-tensioactivos pueden comprender iC90-glicol y/o iC10-glicol. Los co-disolventes pueden comprender 1-propanol, isopropanol, 2-butanol y/o butilglicol.

[0021] Los agentes espumantes pueden comprender tensioactivos, tanto tensioactivos aniónicos como tensioactivos catiónicos y/o estructuras no iónicas y anfóteras, preferiblemente estructuras aniónicas, no iónicas y anfóteras. Ejemplos de agentes espumantes comprenden éter sulfatos de alcohol, sulfato de alcohol, alcilsulfatos, isetionatos, sarconisatos, acilsarcosinatos, olefinsulfonatos, alcilétercarboxilatos, alcilalcoholamidas, aminoxidos, alquilbenzolsulfonato, sulfonatos de alquilnaftaleno, etoxilatos de alcohol graso, etoxilatos de oxo-alcohol, alquiletoxilatos, alquifenoletoxilatos, etoxilatos amina grasa y amida grasa, alquilpoliglucósidos, etoxilatos de oxoalcohol, y/o alcóxilatos de alcohol de guerbet. Otros ejemplos comprenden alquiléter sulfonato, polímeros en bloque EO/PO, y/o betaínas tales como cocoamidopropilbetaína y alquilamidopropilbetaína C8-C10. Otros ejemplos comprenden sulfobetaínas, alquenilsulfonatos, alquilglicoles, alcoholalcóxilatos, sulfosuccinatos, alquiléterfosfatos, esterquats y/o derivados de di- y trialcila monio.

[0022] Una modalidad de la presente divulgación comprende el agregar estabilizadores de espuma con el fin de formar un fluido de estimulación espumoso a base de LGN de grado Y. Los estabilizadores de espuma pueden ser micro partículas o nano partículas, tales como el sílice o los derivados de sílice que se sabe, estabilizan la espuma y las emulsiones a través de la denominada "estabilización *Pickering*". Los estabilizadores de espuma pueden ser también proteínas Otra clase de estabilizadores de espuma puede ser aditivos que aumentan la viscosidad del fluido de estimulación que forma la lámina tal como las estructuras poliméricas p. ej., la poliacrilamida y/o sus derivados.

[0023] Una modalidad de la presente divulgación comprende un fluido de estimulación gelificado de LGN de grado Y, que utiliza ésteres de fosfato y reticulantes complejos organometálicos. El agente gelificante puede comprender ésteres de fosfato, reticuladores complejos organometálicos, carbamatos de amina, jabones de aluminio, cocoamina (C12-C14), cloruro de sebacoílo, oleil (C18) amina, tolueno-2,4-diisocianato y tolueno 2,6-diisocianato y cualquier combinación de los mismos.

[0024] Una modalidad de la presente divulgación comprende una emulsión formada con LGN de grado Y y hasta aproximadamente 10% de agua, agua de mar, agua de formación y/o salmuera usando un agente o agentes emulsionantes. El agente o los agentes emulsionantes pueden comprender tensioactivos, co-tensioactivos y/o co-disolventes.

[0025] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para reducir los altos costos de operación asociados con la entrega en el campo de un fluido de estimulación mediante la utilización, recuperación y reventa del LGN de grado Y.

[0026] Una modalidad de la presente divulgación comprende la inertización del agente de sustentación por dióxido de carbono o nitrógeno con el fin de evitar la contaminación con el oxígeno, un detector de oxígeno y/o un dióxido de carbono o

nitrógeno en contracorriente al llenar el agente de sustentación en las instalaciones de almacenamiento.

[0027] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para espumar LGN de grado Y, que usa vibración ultrasónica de alta frecuencia y/o un eductor de venturi para crear micro burbujas con el fin de aumentar la capacidad de carga de la espuma. Los sistemas y métodos descritos en la solicitud alemana DE 102014010105.3, que se incorpora aquí como referencia, se puede usar con las modalidades descritas en el presente documento.

[0028] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para suprimir la combustión potencial de la espuma de LGN de grado Y o LGN de grado Y gelificado mediante el despliegue de un gas de dióxido de carbono de emergencia, una espuma a base de dióxido de carbono y/o un sistema de inundación de espuma a base de agua que se puede accionar mediante control remoto. Una ventaja de un sistema a base de espuma es que la espuma no será arrastrada por el viento y permanece en su posición lo que proporciona un menor riesgo.

[0029] Una modalidad de la presente divulgación comprende una o más partes del equipo del sistema y/o cualquiera de los sistemas enteros que aquí se describen; viene en un recipiente o se coloca en una cámara cerrada y está cubierto por dióxido de carbono y/o nitrógeno.

[0030] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para mejorar la seguridad de bombear la espuma LGN de grado Y de alta presión o LGN de grado Y gelificado mediante el uso de un sistema de emergencia de purga que se puede accionar mediante control remoto.

[0031] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para mejorar la seguridad de bombear la espuma LGN de grado Y de alta presión o LGN de grado Y gelificado mediante el uso un sistema de

detección de gas combustible para cerrar las unidades de bombeo de alta presión y cerrar la válvula de un cabezal de pozo cercano mediante control remoto.

[0032] Una modalidad de la presente divulgación comprende un sistema de detección de gas combinado con un gas automatizado de dióxido de carbono, espuma a base de dióxido de carbono, gas nitrógeno, espuma a base de gas nitrógeno y/o sistema de inundación de espuma a base de aire.

[0033] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para reducir los altos costos de operación asociados con el suministro de nitrógeno líquido en el campo utilizando equipo de generación de membrana transportable de campo o unidad de separación de aire criogénico para separar el nitrógeno del aire.

[0034] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método económicamente valioso para rechazar el nitrógeno de las corrientes de hidrocarburos gaseosos producidos de los procesos de separación de gas-líquido de superficie para permitir la venta transportable y/o comercial de la corriente de hidrocarburos gaseosa si las cantidades suficientes están disponibles lo cual a su vez, eliminará la necesidad del gas quemado durante el período de limpieza.

[0035] Una modalidad de la presente divulgación comprende una unidad móvil de recuperación de dióxido de carbono con el fin de recuperar dióxido de carbono de una corriente de hidrocarburos producida

[0036] Una modalidad de la presente divulgación comprende un fluido de estimulación de LGN de grado Y que tiene un agente de sustentación; etano, en donde el etano comprende aproximadamente 30% al 80% del fluido; propano, en donde el propano comprende aproximadamente 15% al 50% del fluido; butano, en donde el butano comprende aproximadamente 15% al 45% del fluido; isobutano, en donde el isobutano comprende aproximadamente 15% al 40% del fluido; y el pentano plus, en donde el pentano plus comprende aproximadamente 5% al 25% del fluido. El fluido además comprende al menos uno de dióxido de carbono y nitrógeno.

El fluido además comprende un agente espumante que incluye un tensioactivo, un co-tensioactivo y opcionalmente incluye un estabilizador de espuma. El fluido además comprende un agente gelificante que incluye por lo menos uno de los ésteres de fosfato y los reticulantes complejos organometálicos. El fluido además comprende un agente emulsionante que incluye hasta aproximadamente 10% de agua o salmuera.

[0037] Una modalidad de la presente divulgación comprende un fluido de estimulación de grado Y, que tiene aproximadamente un 30%-55% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene dos elementos de carbono (C2); aproximadamente 15%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene tres elementos de carbono (C3); Aproximadamente 15%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cuatro elementos de carbono (C4); y aproximadamente 5%-20% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cinco o más elementos de carbono (C5). El fluido además comprende una agente de sustentación y al menos uno del dióxido de carbono y nitrógeno. El fluido además comprende un agente espumante que incluye uno de un tensioactivo, un co-tensioactivo y opcionalmente incluye un estabilizador de espuma. El fluido además comprende un agente gelificante que incluye por lo menos uno de los ésteres de fosfato y los reticulantes complejos organometálicos. El fluido además comprende un agente emulsionante que incluye hasta aproximadamente 10% de agua o salmuera.

[0038] Una modalidad de la presente divulgación comprende un sistema LGN de grado Y, que tiene una fuente de nitrógeno y/o dióxido de carbono; una fuente de LGN de grado Y, en comunicación fluida con la fuente de nitrógeno y/o dióxido de carbono; una fuente de agente de sustentación en comunicación fluida con la fuente de nitrógeno y/o dióxido; un mezclador receptor en comunicación fluida con la fuente de LGN de grado Y, y la fuente de agente de sustentación; y una bomba configurada para bombear un fluido desde el mezclador receptor a un cabezal de pozo, en la que el fluido comprende un agente de sustentación de la fuente de agente de

sustentación, LGN de grado Y de la fuente de LGN de grado Y, y al menos uno de nitrógeno y dióxido de carbono de la fuente de nitrógeno y/o dióxido de carbono.

[0039] El sistema comprende además una fuente de agente espumante y una unidad de formación de espuma en comunicación fluida con la fuente de LGN de grado Y y el mezclador receptor, en el que la fuente de agente espumante comprende un agente espumante que incluye al menos uno de un tensioactivo, un co-tensioactivo y un co-disolvente. La unidad de formación de espuma incluye un educador de venturi, una sonda ultrasónica de alta frecuencia y/o una rejilla de malla micro. El sistema comprende además una fuente de agente gelificante en comunicación fluida con el mezclador receptor, en el que la fuente de agente gelificante comprende un agente gelificante que incluye al menos uno de ésteres de fosfato y reticulantes complejos organometálicos. El sistema comprende además una fuente de agente emulsionante en comunicación fluida con el mezclador receptor, en el que la fuente de agente emulsionante comprende un agente emulsionante. El sistema comprende además un compresor de regulación de presión que se configura para regular la presión dentro del mezclador receptor. El sistema comprende además una unidad de separación de campo que se configura para recibir una corriente de gas húmedo desde el mismo o desde un cabezal de pozo diferente, LGN de grado Y separado de la corriente de gas húmedo y suministrar LGN de grado Y a la fuente de LGN de grado Y directamente a través de una línea de fluidos o tanques de almacenamiento. El sistema comprende además un equipo de separación de aire que se configura para separar el nitrógeno del aire y suministrar el nitrógeno a la fuente de nitrógeno.

[0040] Una modalidad de la presente divulgación comprende un método para bombear un fluido de estimulación de LGN de grado Y en un depósito que contiene hidrocarburos que comprende mezclar LGN de grado Y, un agente de sustentación y al menos uno de nitrógeno y dióxido de carbono en un mezclador receptor para formar un fluido de estimulación; y bombear el fluido de estimulación al depósito que contiene hidrocarburos.

[0041] El método comprende además mezclar un agente espumante y opcionalmente un estabilizador de espuma con el LGN de grado Y, el agente de sustentación y al menos uno de nitrógeno y dióxido de carbono en el mezclador receptor para formar el fluido de estimulación, en el que el agente espumante incluye al menos uno de un tensioactivo, un co-tensioactivo, y un co-disolvente, y opcionalmente incluye un estabilizador de espuma.

[0042] El método comprende además mezclar un agente gelificante con el LGN de grado Y, el agente de sustentación y al menos uno de nitrógeno y dióxido de carbono en el mezclador receptor para formar el fluido de estimulación en el que el agente gelificante incluye al menos uno de ésteres de fosfato y reticulantes complejos organometálicos.

[0043] El método comprende además mezclar un agente emulsionante y salmuera con el LGN de grado Y el agente de sustentación y al menos uno de nitrógeno y dióxido de carbono en el mezclador receptor para formar el fluido de estimulación.

[0044] El método comprende además la adquisición de LGN de grado Y desde una corriente de gas húmedo, una línea de fluido o tanques de almacenamiento y suministrar el LGN de grado Y a una fuente de LGN de grado Y que está en comunicación fluida con el mezclador receptor.

[0045] El fluido de estimulación incluye una concentración de nitrógeno mayor que aproximadamente 50%, una concentración de dióxido de carbono mayor que aproximadamente 35% o una combinación de concentración de nitrógeno y dióxido de carbono mayor que aproximadamente 50%, de tal manera que el fluido de estimulación está fuera del límite de inflamabilidad.

[0046] Una modalidad de la presente divulgación comprende un sistema de emergencia que tiene una cabecera que se configura para suministrar un fluido de estimulación de LGN de grado Y a un cabezal de pozo; una válvula de emergencia a control remoto se configura para cerrar el suministro del fluido de estimulación de

LGN de grado Y al cabezal de pozo; y una cabecera de barra atomizadora que tiene una pluralidad de boquillas atomizadoras que se configuran para atomizar el dióxido de carbono en la atmósfera adyacente a la cabecera; o una línea de ventilación en comunicación con la cabecera para ventilar el fluido de estimulación de LGN de grado Y desde la cabecera; o una pluralidad de detectores de gas que se configuran para detectar gas combustible desde la cabecera y en respuesta se acciona la válvula de emergencia a control remoto para cerrar el suministro del fluido de estimulación de LGN de grado Y al cabezal de pozo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0047] De manera que la forma en que las características citadas anteriormente se puedan entender detalladamente se puede tener una descripción más particular de las modalidades brevemente resumidas con anterioridad por referencia a las siguientes modalidades, algunas de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos. No obstante, debe tenerse en cuenta que los dibujos adjuntos ilustran sólo modalidades comunes y por lo tanto no deben considerarse limitantes de su alcance, ya que las modalidades pueden admitir otras modalidades igualmente efectivas.

[0048] La fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y espumado con un sistema de bombeo de agente de sustentación y de alta presión.

[0049] La fig. 2 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y gelificado con un sistema de bombeo de agente de sustentación y de alta presión.

[0050] La fig. 3 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y emulsionado con un sistema de bombeo de agente de sustentación y de alta presión.

[0051] La fig. 4 muestra un diagrama de flujo de uso y proceso de recuperación LGN de grado Y.

[0052] La fig. 5A muestra una sección vertical de una unidad de formación de espuma de alta presión para su uso con LGN de grado Y y con sistemas de nitrógeno o dióxido de carbono.

[0053] La fig. 5B muestra un ensamblaje de boquillas para su uso con espuma de LGN de grado Y y con sistemas de nitrógeno o dióxido de carbono.

[0054] La fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un sistema de inundación de dióxido de carbono de emergencia que puede accionarse por control remoto para su uso con una espuma de LGN de grado Y o un sistema gelificado.

[0055] La fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un sistema de purga de emergencia que puede accionarse por control remoto para su uso con una espuma de LGN de grado Y o un sistema gelificado.

[0056] La fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un sistema de parada de emergencia que utiliza un sistema de detección de gas combustible para parar una unidad o unidades de bombeo de alta presión y válvulas de cierre cercanas, accionadas mediante control remoto, para usar con una espuma de LGN de grado Y o un sistema gelificado.

[0057] La fig. 9 muestra un diagrama de flujo de un equipo de generación de membrana transportable de campo para separar el nitrógeno del aire para su uso con una espuma de LGN de grado Y o un sistema gelificado.

[0058] La fig. 10 muestra un diagrama de flujo de un ensamblaje de flujo de proceso de superficie para rechazar el nitrógeno de una corriente de hidrocarburos gaseosa producida a partir de los procesos de separación de gas-líquido de la superficie para su uso con una espuma de LGN de grado Y o un sistema gelificado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0059] Los líquidos de gas natural de grado Y (denominados en adelante como LGN de grado Y) es una mezcla de hidrocarburos no fraccionada que comprende etano, propano, butano, isobutano, y pentano plus. El pentano plus comprende

pentano, isopentano y/o hidrocarburos de mayor peso, ejemplo, los compuestos hidrocarbonados que contienen al menos uno de C5 a C8+. El pentano plus puede incluir gasolina natural.

[0060] LGN de grado Y son el subproducto de hidrocarburo de una corriente de hidrocarburo producida después de haber removido el metano de la corriente de hidrocarburo producida, por ejemplo, desmetanizada a través de una unidad de separación de alta presión. Comúnmente, LGN de grado Y es un subproducto de corrientes de hidrocarburos desmetanizadas que se producen de los pozos de lutita y luego se transportan a una instalación centralizada para fraccionarlas en etano, propano, butano, isobutano, y pentano. En su estado no fraccionado o natural, LGN de grado Y no tiene un mercado específico o uso conocido. LGN de grado Y debe someterse a un tratamiento antes de que se demuestre su verdadero valor. LGN de grado Y difiere del gas licuado del petróleo ("GLP"), que está compuesto sólo por propano y butano.

[0061] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 40%-45% de etano, aproximadamente 25%-30% de propano, aproximadamente 5%-10% de butano normal, aproximadamente 5%-10% de isobutano y aproximadamente 10%-15% de pentano plus.

[0062] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 40%-55% de etano, aproximadamente 25%-30% de propano, aproximadamente 5%-10% de butano normal, aproximadamente 5%-10% de isobutano y aproximadamente 10%-20% de pentano plus.

[0063] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 43% de etano, aproximadamente 27% de propano, aproximadamente 7% de butano normal, aproximadamente 10% de isobutano y aproximadamente 13% de pentano plus a una presión de vapor máxima de aproximadamente 600 psig a 100 grados Fahrenheit por la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* según el procedimiento de pruebas estándar D-6378 con metano, aromáticos y olefinas máximas de 0,5% de LV

% por GPA 2177, 1,0% en peso de la corriente total por GPA 2186 y 1,0 L.V. % por GPA 2186, respectivamente.

[0064] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 35%-55% de etano, aproximadamente 20%-30% de propano, aproximadamente 10%-15% de butano normal, aproximadamente 4%-8% de isobutano y aproximadamente 10%-15% de pentano plus.

[0065] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 28% de etano, aproximadamente 42% de propano, aproximadamente 13% de butano normal, aproximadamente 7% de isobutano y aproximadamente 10% de pentano plus.

[0066] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 48% de etano, aproximadamente 31% de propano, aproximadamente 9% de butano normal, aproximadamente 5% de isobutano y aproximadamente 7% de pentano plus.

[0067] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 58%-68% de etano, aproximadamente 18%-24% de propano, aproximadamente 4%-7% de butano normal, aproximadamente 2%-3% de isobutano y aproximadamente 5%-9% de pentano plus.

[0068] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 37%-43% de etano, aproximadamente 28%-29% de propano, aproximadamente 7% de butano normal, aproximadamente 9%-11% de isobutano y aproximadamente 13%-16% de pentano plus.

[0069] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende menos de aproximadamente 80% de propano, butano o una mezcla de propano y butano.

[0070] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-80% de propano, butano o una mezcla de propano y butano.

[0071] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende más de aproximadamente 95% de propano, butano o una mezcla de propano y butano.

[0072] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-80% de etano.

[0073] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-80% de propano.

[0074] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-45% de butano.

[0075] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-40% de isobutano.

[0076] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-25% de pentano plus.

[0077] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 1%-60% de hexanos.

[0078] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 40%-55% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene dos elementos de carbono (C_2).

[0079] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 25%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene tres elementos de carbono (C_3).

[0080] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 25%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cuatro elementos de carbono (C_4).

[0081] Según ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 25%-50% de una combinación de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene tres elementos de carbono (C_3) y al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cuatro elementos de carbono (C_4).

[0082] Según un ejemplo, LGN de grado Y comprende aproximadamente 10%-20% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cinco o más elementos de carbono (C₅).

[0083] Según un ejemplo, un fluido de estimulación de LGN de grado Y comprende un agente de sustentación; etano, en donde el etano comprende aproximadamente 30% a 80% del fluido; propano, en donde el propano comprende aproximadamente 15% al 50% del fluido; butano, en donde el butano comprende aproximadamente 15% al 45% del fluido; isobutano, en donde el isobutano comprende aproximadamente 15% al 40% del fluido; y el pentano plus, en donde el pentano plus comprende aproximadamente 5% al 25% del fluido.

[0084] Según un ejemplo, un fluido de estimulación de LGN de grado Y comprende aproximadamente 30%-55% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene dos elementos de carbono (C₂); aproximadamente 15%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene tres elementos de carbono (C₃); Aproximadamente 15%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cuatro elementos de carbono (C₄); y aproximadamente 5%-20% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cinco o más elementos de carbono (C₅).

[0085] LGN de grado Y puede comprender una o más combinaciones, en su totalidad o en parte, de los ejemplos y/o modalidades de LGN de grado Y descritos en el presente documento.

[0086] Un sistema de estimulación de fracturación hidráulica como se describe en la presente, proporciona un método para la fracturación de depósitos de hidrocarburos convencionales y no convencionales creando una espuma a base de LGN de grado Y que incluye nitrógeno o dióxido de carbono combinado con un agente o agentes espumantes y un agente de sustentación con el fin de crear un fluido de estimulación. El fluido de estimulación no es dañino para las formaciones de pozo, tiene un contenido mínimo de agua y adiciones químicas, es de origen natural y localmente disponible, limpia de manera rápida y es completamente recuperable con un reflujo mínimo del agente de sustentación.

[0087] La fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y gelificado que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El sistema de fracturación consiste en un suministro de nitrógeno procedente de un tanque o tanques de almacenamiento a granel 10 que se transfieren a un eductor de venturi resistente a la abrasión 40 a través de una línea de transferencia 20 y una válvula de control automatizada V1 y a un tanque de almacenamiento a granel de LGN de grado Y 70 como un gas de cobertura a través de una línea 130 que está controlada por una válvula automatizada V4. El agente de sustentación de un silo presurizado 50 se alimenta al eductor de venturi resistente a la abrasión 40 y se transfiere a través de una línea 30 a un mezclador receptor de alta presión 60.

[0088] El LGN de grado Y se transfiere desde el tanque de almacenamiento a granel 70 a una unidad de formación de espuma 108 a través de una línea 80 que está controlada por una válvula automatizada V3. Un agente espumante se transfiere de un tanque o tanques de agente espumante (106) a la unidad de formación de espuma (108) a través de una línea (104) mediante una bomba dosificadora (102). La espuma de LGN de grado Y se transfiere de la unidad de formación de espuma 108 al mezclador receptor de alta presión 60 junto con el agente de sustentación desde el eductor de venturi resistente a la abrasión 40 a través de una línea 109

[0089] La mezcla LGN de grado Y de espuma-agente de sustentación se transfiere del mezclador receptor de alta presión 60 a través de una línea 65 por medio de la succión de una bomba o bombas de alta presión 110. La línea 65 se controla por medio de una válvula automatizada V2. La mezcla del agente de sustentación de LGN de grado Y de alta presión se descarga desde la bomba de alta presión 110 a través de una línea 120 para inyección como un fluido de estimulación en un cabezal de pozo 150 y a través de una línea de reciclaje 125 que se controla por medio de una válvula automatizada V5 de vuelta al mezclador receptor de alta presión 60 para la mezcla. La presión dentro del mezclador receptor de alta presión 60 se regula a través de una línea 135 por una válvula automatizada V8 a través de

la succión de un compresor 140, el cual es descargado al cabezal de pozo 150 a través de la línea 120 y una válvula de cierre de emergencia automatizada V7.

[0090] La fig. 2 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y espumado que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El sistema de fracturación consiste en un suministro de nitrógeno procedente de un tanque o tanques de almacenamiento a granel 10 que se transfieren a un eductor de venturi resistente a la abrasión 40 a través de una línea de transferencia 20 y una válvula de control automatizada V1 y a un tanque de almacenamiento a granel de LGN de grado Y 70 como un gas de cobertura a través de una línea 130 que está controlada por una válvula automatizada V4. El agente de sustentación de un silo presurizado 50 se alimenta al eductor de venturi resistente a la abrasión 40 y se transfiere a través de una línea 30 a un mezclador receptor de alta presión 60.

[0091] LGN de grado Y se transfiere desde el tanque de almacenamiento a granel 70 al mezclador receptor de alta presión 60 a través de una línea 80 que está controlada por una válvula automatizada V3. Un agente gelificante se transfiere desde un tanque o tanques de agente gelificante 90 a una línea 80 a través de una bomba dosificadora 100 a través de una línea 85. La mezcla del agente de sustentación de LGN de grado Y gelificado se transfiere del mezclador receptor de alta presión 60 mediante la succión de una bomba o bombas de alta presión 100 a través de una línea 65 que es controlada por una válvula automatizada V2. La mezcla del agente de sustentación de LGN de grado Y de alta presión se descarga desde la bomba de alta presión 110 a través de una línea 120 para inyección como un fluido de estimulación en un cabezal de pozo 150 y a través de una línea de reciclaje 125 que se controla por medio de una válvula automatizada V5 de vuelta al mezclador receptor de alta presión 60 para la mezcla. La presión dentro del mezclador receptor de alta presión 60 se regula a través de una línea 135 por una válvula automatizada V6 a través de la succión de un compresor 140, el cual es descargado al cabezal de pozo 150 a través de la línea 120 y una válvula de cierre de emergencia automatizada V7.

[0092] La fig. 3 muestra un diagrama de flujo de un sistema de fracturación de LGN de grado Y emulsionado que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El sistema de fracturación consiste en un suministro de nitrógeno procedente de un tanque o tanques de almacenamiento a granel 10 que se transfiere a un eductor de venturi resistente a la abrasión 40 a través de una línea de transferencia 20 y una válvula de control automatizada V1; a un tanque o tanques de almacenamiento a granel de LGN de grado Y 70 como un gas de cobertura a través de una línea 130 que está controlada por una válvula automatizada V4. y a un tanque o tanques de almacenamiento a granel de salmuera 14 a través de una línea 12 que también es controlada por la válvula automatizada V4. El agente de sustentación de un silo presurizado 50 se alimenta al eductor de venturi resistente a la abrasión 40 y se transfiere a través de una línea 30 a un mezclador receptor de alta presión 60. LGN de grado Y se transfiere desde el tanque de almacenamiento a granel 70 al mezclador receptor de alta presión 60 a través de una línea 80 que está controlada por una válvula automatizada V3.

[0093] Un agente emulsionante se transfiere de un tanque de agente emulsionante 90 al mezclador receptor de alta presión 60 a través de una bomba dosificadora 85 a través de una línea 100. La salmuera se transfiere desde el tanque de almacenamiento a granel de salmuera 14 al mezclador receptor de alta presión 60 a través de una línea 16 que está controlada por una válvula automatizada V8. La mezcla del agente de sustentación de emulsión de LGN de grado Y se transfiere del mezclador receptor de alta presión 60 mediante la succión de una bomba o bombas de alta presión 100 a través de una línea 65 que es controlada por una válvula automatizada V2. La mezcla del agente de sustentación de LGN de grado Y de alta presión se descarga desde la bomba de alta presión 110 a través de una línea 120 para inyección como un fluido de estimulación en un cabezal de pozo 150 y a través de una línea de reciclaje 125 que se controla por medio de una válvula automatizada V5 hacia al mezclador receptor de alta presión 60 para la mezcla. La presión dentro del mezclador receptor de alta presión 60 se regula a través de una línea 135 por

una válvula automatizada V6 a través de la succión de un compresor 140, el cual es descargado al cabezal de pozo 150 a través de la línea 120 y una válvula de cierre de emergencia automatizada V7.

[0094] En cualquiera de las modalidades mostradas en las figuras 2-3, los tanques de almacenamiento de LGN de grado Y 70 pueden estar compuestos de los recipientes de almacenamiento presurizado de LGN de grado Y en el sitio que se suministran desde una tubería de recolección regional de grado Y, un divisor de gas regional o instalaciones de procesamiento de gas a través de camiones cisterna. En cualquiera de las modalidades mostradas en las figuras 2-3, el agente de sustentación puede ser almacenado temporalmente en el silo de agente de sustentación presurizado 50 y transportado neumáticamente al mezclador receptor 60 usando nitrógeno o dióxido de carbono.

[0095] La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un sistema de uso y recuperación de LGN de grado Y que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. Los fluidos producidos desde un depósito de hidrocarburos convencional o no convencional 32 son transportados a la superficie a través de una serie de tubería de revestimiento del fondo de pozo y/o tubulares 34 a un cabezal de pozo de superficie 10 de un pozo de producción que ha sido previamente estimulado por fractura. La "corriente de gas húmedo" se transfiere desde el cabezal de pozo 10 a una unidad o unidades de separación de alta presión de campo 14 a través de una línea 12 en la que se recupera metano y una fracción de gas etano y se vende en una línea de venta de gas a alta presión 16. El LGN de grado Y recuperado, se transfiere de las unidades de separación de alta presión de campo 14 como una fase líquida a través de una línea de venta de alta presión 18 para procesamiento y fraccionamiento, y/o a un tanque o tanques de almacenamiento a granel de LGN de grado Y de alta presión 22 a través de una línea 20 cuando sea factible o de otro modo por un tanque o tanques 21. El LGN de grado Y en el tanque de almacenamiento a granel de LGN de grado Y de alta presión 22 se espuma y se inyecta en un segundo pozo no estimulado 28 a través de una línea 24 de una línea de superficie de alta presión y luego se

transporta al depósito 32 a través de una serie tubería de revestimiento del fondo de pozo y/o tubulares 30.

[0096] La fig. 5A muestra una sección vertical de una unidad de formación de espuma de alta presión 30 que se puede usar sola o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El LGN de grado Y de alta presión que fluye en una línea 10 penetra en la pared de la unidad de formación de espuma de alta presión 30 a través de un ensamblaje de sellado S1. Un agente espumante se inyecta de un tanque o tanques de agente espumante 110 en una línea 90 que penetra en la pared de la unidad de formación de espuma 30 a través de un ensamblaje de sellado S2 y se suministra por medio de una bomba dosificadora 100 que se controla por medio de una válvula automatizada 80.

[0097] La mezcla del LGN de grado Y y el agente espumante se suministra por la línea 10 a un eductor de venturi 129 donde se espuma con nitrógeno que se suministra al eductor de venturi 129 por una línea 130 que penetra en la pared de la unidad de formación de espuma 30 a través de un ensamblaje de sellado S3. Una espuma de aerosol que sale del eductor de venturi 129 es desviada por una placa 160 a una sonda ultrasónica de alta frecuencia 150 que es accionada por una línea 140 que penetra en la pared de la unidad de formación de espuma 30 a través de un ensamblaje de sellado S4, creando así micro burbujas. La espuma pasa a través de una micro rejilla 170 que elimina burbujas más grandes y sale de la unidad de formación de espuma 30 a través de una línea 190 la cual penetra en la pared de la unidad de formación de espuma 30 a través de un ensamblaje de sellado S5 y es controlada por una válvula automatizada 180.

[0098] En una modalidad, la mezcla del LGN de grado Y y el agente espumante se bombea a través de un sistema de boquillas vibratorias, tal como el eductor de venturi 129 ilustrado en la fig. 5A, y/o un sistema de boquillas 121 ilustrado en la fig. 5B, en frecuencia ultrasónica, donde al salir, la mezcla se descompone en gotas uniformes. La vibración se puede inducir a través de una membrana elástica justo antes que la mezcla salga de las boquillas. La amplitud y la frecuencia de la

oscilación de las boquillas pueden mantenerse constante para alcanzar una distribución mono dispersa del tamaño de las gotas. Las gotas se pueden direccionar en un ángulo hacia un flujo tangencial de fluido para impedir la ruptura de las gotas al salir, tal como a través de la línea 190 mostrada en la fig. 5.

[0099] La figura 5B muestra una vista lateral y una vista superior (cuando se mira en la dirección de la flecha de referencia "A") del sistema de boquillas 121 de acuerdo con una modalidad. El sistema de boquillas 121 comprende una boquilla coaxial 122 que tiene una boquilla interior 126 rodeada por una boquilla exterior 127 y una placa de boquilla 128 configurada para soportar las boquilla interior y/o la boquilla exterior 126-127. La boquilla interior 126 tiene una abertura O y la boquilla exterior tiene una abertura O', a través de los cuales fluyen fluidos (líquidos identificados por la flecha de referencia "F" y/o gases identificados por la flecha de referencia "G"). La boquilla coaxial 122 se puede ensamblar para que el gas fluya a través de la boquilla interna 126 mientras que el líquido fluye a través de la boquilla exterior. Un generador de vibraciones 123, preferiblemente un tipo ultrasónico de alta frecuencia, se configura para vibrar la boquilla coaxial 122 a través de un acoplador 124. En una realización, el eductor de venturi 129 ilustrado en la fig. 5A puede comprender el sistema de boquillas 121 ilustrado en la fig. 5B.

[00100] En la modalidad ilustrada en la fig. 5B, el agente de sustentación (sólido) se puede mezclar con la espuma de LGN de grado Y después de la etapa de generación de espuma para evitar el taponamiento y/o el abrasión de las boquillas interior y exterior 126-127. La espuma de LGN de grado Y se generará bajo presión. La vibración generada por el generador de vibraciones 123 se genera preferiblemente en una dirección específica, por ejemplo, en la misma dirección o en dirección contraria al flujo de fluido a través de la boquilla interior 126 y la boquilla exterior 127, de manera que el propio fluido (líquidos y/o gases) oscile en la misma orientación. La frecuencia oscilante aplicada está entre aproximadamente 16 kHz y aproximadamente 200 MHz; entre aproximadamente 16 kHz y aproximadamente 100 KHz; entre aproximadamente 16 kHz y aproximadamente 50 KHz; y entre aproximadamente 16 kHz y aproximadamente 30 KHz. El uso del sistema de

boquillas 121 da como resultado una distribución de tamaño de burbuja mono modal muy estrecha. Aunque sólo se muestran dos boquillas, el sistema de boquillas 121 puede comprender una serie de boquillas interiores y/o exteriores acopladas a la placa de boquillas 128. La estrecha distribución del tamaño de las burbujas conduce a una capacidad de carga del agente de sustentación optimizada

[00101] La fig. 6 muestra un diagrama de flujo de un sistema de inundación de dióxido de carbono o nitrógeno de emergencia que se puede usar solo o en combinación o en combinación con carbono nitrógeno en de modalidades descritas en el presente documento. El sistema de inundación de dióxido de carbono o nitrógeno de emergencia puede accionarse a control remoto y/o utilizarse con los sistemas gelificados o espuma de LGN de grado Y como se describen en el presente documento. Una línea de succión de bomba de alta presión 10 suministra un fluido de estimulación de LGN de grado Y a una bomba o bombas de alta presión 20. El fluido de estimulación de LGN de grado Y de alta presión se transfiere a un cabezal de pozo 50 a través de una cabecera de alta presión 30 y a una válvula de emergencia a control remoto 40. En una situación de emergencia, la bomba de alta presión 20 se para y la válvula de emergencia a control remoto 40 se cierra de manera remota. Una válvula a control remoto se abre para suministrar dióxido de carbono o nitrógeno desde un tanque o tanques de almacenamiento 60 a través una línea 65 hacia una cabecera de barra atomizadora 80 cuyo dióxido de carbono o nitrógeno se descarga entonces hacia la atmósfera a través de una serie de boquillas 90.

[00102] La fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un sistema de emergencia de purga que puede usarse solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El sistema de emergencia de purga puede activarse y/o utilizarse de manera remota con los sistemas gelificados o espuma de LGN de grado Y como se describen en el presente documento. Una línea de succión de bomba de alta presión 10 suministra un fluido de estimulación de LGN de grado Y a una bomba o bombas de alta presión 20. El fluido de estimulación de LGN de grado Y de alta presión se transfiere a un cabezal de pozo 50 a través de una

cabecera de alta presión 30 y a una válvula de emergencia a control remoto 40. En una situación de emergencia, la bomba de alta presión 20 se para y la válvula de emergencia a control remoto 40 se cierra de manera remota. El LGN de grado Y de alta presión atrapado en la cabecera 30 es liberado a través de una línea de ventilación o de soplado 70 abriendo una válvula controlada a control remoto 60.

[00103] La fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un sistema de parada de emergencia que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. EL sistema de parada de emergencia utiliza un sistema de detección de gas combustible para parar una unidad de bombeo de alta presión y cerrar una válvula de cierre a control remoto que se puede usar con los sistemas gelificados o espuma de LGN de grado Y como se describen aquí. Un depósito a granel de LGN de grado Y 1 está conectado a una línea de succión de bomba de alta presión 10 a través de una línea 2 la cual está conectada a una unidad de formación de espuma 3 la cual está conectada a un mezclador receptor a través de una línea 4. El mezclador receptor 5 se conecta a una o varias bombas de alta presión 20 a través de la línea de succión de bomba de alta presión 10. Un fluido de estimulación de LGN de grado Y de alta presión se transfiere a un cabezal de pozo 50 a través de una cabecera de alta presión 30 y una válvula de emergencia a control remoto 40. Cuando el gas combustible se detecta por uno o más detectores de gas 60 que se encuentran en comunicación con una sala de control 80 por medio de un cable conductor 70, la bomba de alta presión 20 se para y la válvula de emergencia a control remoto 40 se cierra de manera remota a través de una señal de radio remota desde los transmisores R1, R2 y R3 de la sala de control 80.

[00104] La fig. 9 muestra un diagrama de flujo de un equipo de generación de membrana transportable de campo que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El equipo de generación de membrana transportable en campo puede usarse para separar el nitrógeno del aire para su uso con los sistemas gelificados o espuma de LGN de grado Y tal como se describen aquí. Una unidad generadora de membrana consiste

en un motor de impulso 1 el cual funciona con electricidad o diésel. El motor de impulso 1 está unido por un árbol de transmisión de acoplamiento permanente 2 a un compresor de tornillo. El aire atmosférico se desplaza a una succión del compresor de tornillo 3 a través de una línea 4 y se comprime hasta aproximadamente 15 bares.

[00105] El aire comprimido se desplaza a una entrada de una membrana 6 a través de una línea 5 en donde el aire comprimido se seca y se filtra y luego se mueve a través de una serie de membranas poliméricas porosas o no porosas donde el aire se separa en oxígeno permeado y aproximadamente 94% a aproximadamente 99% de nitrógeno de calidad. El oxígeno permeado puede ser descarado a la atmósfera a través de una línea de descarga de fuente 7. El nitrógeno es dirigido a una toma del compresor alternativo 9 a través de una línea 10. El compresor alternativo 9 se conecta al motor de impulso 1 por un acoplamiento desconectable 8. El nitrógeno se comprime a una presión deseada y luego se envía a una tubería de alta presión 11 para su distribución. Se provee una fuente de nitrógeno de baja presión para otras aplicaciones a través de la línea 12 que está conectada a la línea 10.

[00106] La fig. 10 muestra un diagrama de flujo de un sistema de rechazo de nitrógeno desplegado en el campo sobre el suelo que se puede usar solo o en combinación con cualquiera de las modalidades descritas en el presente documento. El sistema de rechazo de nitrógeno puede usarse para remover el nitrógeno de una o varias corrientes de hidrocarburos gaseosos que pueden haberse contaminado como resultado de la inyección de nitrógeno en un depósito de hidrocarburos. El sistema de rechazo de nitrógeno consiste en un motor de impulso 1 que funciona con un permeado de gas reciclado. El motor de impulso 1 está unido por un árbol de transmisión de acoplamiento permanente 2 a un compresor de tornillo 3. La entrada del compresor de tornillo 3 es suministrada por una corriente de hidrocarburos gaseosos contaminados con nitrógeno 4 desde un depósito de hidrocarburo. La corriente de hidrocarburos presurizada 5 se alimenta en una primera unidad de membrana de polímero porosa o no porosa 6 donde se seca, se filtra y se separa en una tubería de permeado de hidrocarburo gaseoso 7 de calidad comercial, así como un gas de residuo rico en nitrógeno 8 que se introduce en una segunda unidad de

membrana de polímero porosa a no porosa. La segunda unidad de membrana polimérica porosa o no porosa 9 separa el gas de residuo rico en nitrógeno 8 en un permeado disminuido de nitrógeno, que regresa a la corriente inicial de hidrocarburo gaseoso contaminado con nitrógeno 4 y un gas rico en residuo de hidrocarburo que se usa como gas combustible que se suministra al motor de impulso 1.

[00107] El siguiente ejemplo compara los costos del fluido de estimulación a base de LGN de grado Y versus los costos de fluido de estimulación a base de agua:

[00108] Se está considerando un depósito de hidrocarburos para desarrollo bajo dos escenarios: primero, una sola etapa de estimulación de fractura con 300.000 galones de agua convencional en un pozo horizontal no convencional; en segundo lugar, una sola etapa de estimulación de fractura con LGN de grado Y espumado de 80% de calidad utilizando nitrógeno generado por la membrana en el mismo pozo horizontal no convencional. En ambos casos se han eliminado los costos amortizados del equipo, del agente de sustentación y el combustible. Se suponen costos típicos de bombeo para la estimulación convencional con un recargo del 10%, incluyendo los costos de generación de membrana (excluyendo los costos de amortización de combustible y equipo) para la estimulación de LGN de grado Y. Se suponen costos típicos de fluido de estimulación y de manejo de agua. Se supone que los costos químicos de LGN de grado Y para la formación de espuma y gelificación son de \$ 15,000. Se presenta una comparación de los dos escenarios en la Tabla 1.

	Agua Convencional Costo por Etapa	Espumado LGN de grado Y Costo por Etapa
Costos de bombeo a alta presión	\$100.000	\$121.000
Fracturación Fluidos Costos Químicos	\$20.000	\$15.000
Costos LGN de grado Y	N/A	\$65.000

Recuperación LGN de grado Y	N/A	(\$65.000)
Costos de manejo del agua	\$20.000	N/A
Costo Total	\$150.000	\$136.000

[00109] Un fluido de estimulación de LGN de grado Y puede comprender un agente de sustentación; etano, en donde el etano comprende aproximadamente 0% a 80% del fluido; etano, en donde el etano comprende aproximadamente 0% a 80% del fluido; butano, en donde el butano comprende aproximadamente 0% al 45% del fluido; isobutano, en donde el isobutano comprende aproximadamente del 0% al 40% del fluido; y el pentano plus, en donde el pentano plus comprende aproximadamente del 0% al 25% del fluido. El fluido además comprende al menos uno de dióxido de carbono y nitrógeno.

[00110] Un fluido de estimulación de LGN de grado Y puede comprender menos de 80% de propano, butano o una mezcla de propano y butano o mayor que aproximadamente 95% de propano, butano o una mezcla de propano y butano.

[00111] Un fluido de estimulación de LGN de grado Y puede comprender aproximadamente 40%-55% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene dos elementos de carbono (C₂); aproximadamente 25%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene tres elementos de carbono (C₃); aproximadamente 25%-50% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cuatro elementos de carbono (C₄); y aproximadamente 10%-20% de al menos un compuesto hidrocarbonado que tiene cinco o más elementos de carbono (C₅).

[00112] Un sistema puede comprender una fuente de nitrógeno y/o dióxido de carbono, una fuente de suministro de LGN de grado Y, una unidad de formación de espuma, una fuente de suministro de agente de sustentación, una fuente de suministro de agente espumante, un mezclador receptor de alta presión y un compresor de regulación de presión, en donde el suministro de agente espumante

comprende al menos uno de un agente espumante, un estabilizador de espuma, un co-tensioactivo y un co-disolvente.

[00113] Un método puede comprender el suministro de nitrógeno a partir de una fuente de suministro de nitrógeno; añadir al nitrógeno LGN de grado Y de una fuente de LGN de grado Y y un agente espumante de una fuente de agente espumante; suministrar el agente de sustentación a partir de una fuente de suministro de agente de sustentación; mezclar el LGN de grado Y, el agente espumante, opcionalmente un estabilizador de espuma y el agente de sustentación en un mezclador receptor de alta presión para formar un fluido de estimulación mientras se regula la presión dentro del mezclador receptor de alta presión; y bombear el fluido de estimulación a un cabezal de pozo y/o un depósito que contiene hidrocarburos usando una unidad de bombeo de alta presión.

[00114] Un método puede comprender el generar una espuma por medio de la mezcla de un LGN de grado Y con un agente espumante, opcionalmente un estabilizador de espuma y opcionalmente agua, usando un generador de espuma con nitrógeno o dióxido de carbono y mezclando a continuación la espuma en un mezclador de alta presión con un agente de sustentación para formar un fluido de estimulación y después bombear el fluido de estimulación a un cabezal de pozo y/o un depósito que contiene hidrocarburos usando una unidad de bombeo de alta presión. El generador de espuma incluye boquillas activadas por vibración ultrasónica que se configuran para generar la espuma y/o para optimizar el tamaño de una burbuja y/o la distribución de la espuma y el método puede comprender además el ajustar la presión de la espuma antes y después de fluir a través de las boquillas.

[00115] Un sistema puede comprender una fuente de nitrógeno, una fuente de nitrógeno a granel, una fuente de suministro a granel de LGN de grado Y, una fuente de suministro de agente de sustentación, una fuente de suministro de agente gelificante, un mezclador receptor de alta presión y un compresor de regulación de presión.

[00116] Un método puede comprender el suministro de nitrógeno de una fuente de suministro de nitrógeno. añadir al nitrógeno LGN de grado Y de una fuente de LGN de grado Y; añadir un gelante al LGN de grado Y; suministrar el agente de sustentación a partir de una fuente de suministro de agente de sustentación; mezclar el agente gelificante, el LGN de grado Y y el agente de sustentación en un mezclador receptor de alta presión para formar un fluido de estimulación mientras se regula la presión dentro del mezclador receptor de alta presión; y bombear el fluido de estimulación a un cabezal de pozo y/o un depósito que contiene hidrocarburos usando una unidad de bombeo de alta presión. El fluido de estimulación de LGN de grado Y gelificado se energiza con nitrógeno de alta presión o dióxido de carbono antes de ser inyectado en el depósito que contiene hidrocarburos.

[00117] Un sistema puede comprender la inertización del agente de sustentación por dióxido de carbono o nitrógeno con el fin de evitar la contaminación con el oxígeno, un detector de oxígeno y/o un dióxido de carbono o nitrógeno en contracorriente al llenar el agente de sustentación en las instalaciones de almacenamiento.

[00118] Un sistema puede comprender una o más partes del equipo del sistema y/o todo el sistema contenido en un contenedor o colocado en una cámara cerrada y cubierto por dióxido de carbono y/o nitrógeno.

[00119] Un sistema puede comprender una detección de gas combinado con un gas automatizado de dióxido de carbono, espuma a base de dióxido de carbono, gas nitrógeno, espuma a base de gas nitrógeno y/o sistema de inundación de espuma a base de agua.

[00120] Un sistema puede comprender una unidad móvil de recuperación de nitrógeno y/o dióxido de carbono con el fin de recuperar nitrógeno y/o dióxido de carbono de una corriente de hidrocarburos producida.

[00121] Un sistema puede comprender una fuente de nitrógeno, una fuente de suministro de LGN de grado Y una fuente de agente emulsionante, un mezclador receptor de alta presión y un compresor de regulación de presión.

[00122] Un método puede comprender el suministro de nitrógeno de una fuente de suministro de nitrógeno; añadir al nitrógeno LGN de grado Y de la fuente de LGN de grado Y y un agente emulsionante de una fuente de agente emulsionante. suministrar el agente de sustentación a partir de una fuente de suministro de agente de sustentación; mezclar el LGN de grado Y, el agente emulsionante y el agente emulsionante en un mezclador receptor de alta presión para formar un fluido de estimulación mientras se regula la presión dentro del mezclador receptor de alta presión; y bombear el fluido de estimulación a un cabezal de pozo y/o un depósito que contiene hidrocarburos usando una unidad de bombeo de alta presión. El fluido de estimulación de LGN de grado Y emulsionado se energiza con nitrógeno de alta presión o dióxido de carbono antes de ser inyectado en el depósito que contiene hidrocarburos.

[00123] Un métodos puede comprender adquirir y recuperar LGN de grado Y de una separación de campo, divisor o planta de procesamiento de gas; transportar el LGN de grado Y a un lugar de campo mediante una tubería de alta presión o un buque cisterna; descargar el LGN de grado Y en un tanque de almacenamiento a granel de alta presión; inyectar el LGN de grado Y como componente del fluidos de estimulación; inducir una fracturación hidráulica en un depósito que contiene hidrocarburos; producir el LGN de grado Y junto con otros de hidrocarburos del depósito de regreso a la superficie a través del pozo que penetra el depósito que contiene hidrocarburos; y la venta del LGN de grado Y junto con los otros hidrocarburos del depósito a una empresa de recolección, una planta de gas o una instalación de fraccionamiento.

[00124] Un sistema puede comprender una fuente de nitrógeno, una fuente de suministro de LGN de grado Y, un agente espumante, un recipiente cilíndrico de alta

presión, un eductor de venturi, una sonda ultrasónica de alta frecuencia y/o una rejilla de malla micro.

[00125] Un método puede comprender el suministro de nitrógeno de una fuente de suministro de nitrógeno; añadir al nitrógeno LGN de grado Y de una fuente de LGN de grado Y y un agente espumante de una fuente de agente espumante; añadir nitrógeno a alta presión desde la fuente de suministro de nitrógeno a una entrada de un eductor venturi; añadir los agentes espumantes al LGN de grado Y; suministrar el nitrógeno, el agente espumante y el LGN de grado Y al eductor de venturi; mezclar el nitrógeno, el agente espumante y el LGN de grado Y a través del eductor venturi; rociar la mezcla mientras se expone la mezcla a vibraciones ultrasónicas de alta frecuencia para formar una espuma; pasar opcionalmente la espuma a través de una rejilla de malla micro para eliminar burbujas de espuma no deseadas más grandes; y descargar la espuma que se usará como fluidos de estimulación.

[00126] Un sistema puede comprender una fuente de dióxido de carbono, una cabecera de barra atomizadora, boquillas atomizadoras, una válvula de emergencia a control remoto, una bomba de alta presión, una cabecera de alta presión, un fluido de estimulación y un cabezal de pozo.

[00127] Un método puede comprender el colocar una cabecera de barra atomizadora con las boquillas y una válvula de emergencia a control remoto de forma adyacente a una unidad de bombeo de alta presión, a una cabecera de alta presión y al área del cabezal de pozo. suministrar gas de dióxido de carbono, espuma a base de dióxido de carbono y/o espuma a base de aire de una fuente a granel a la válvula de emergencia a control remoto; abrir la válvula de emergencia a control remoto; y parar el sistema de bombeo de alta presión y la válvula de emergencia a control remoto durante una situación de emergencia para inundar el área del cabezal de pozo con gas de dióxido de carbono, espuma a base de dióxido de carbono, gas nitrógeno, espuma a base de nitrógeno y/o espuma a base de aire y suprimir las mezclas de combustible.

[00128] Un sistema puede comprender dos válvulas controladas de forma remota, una línea de purga de alta presión, una bomba de alta presión, una cabecera de alta presión y un cabezal de pozo, en donde la línea de purga de alta presión se orienta hacia abajo del viento y es de suficiente longitud para estar de forma segura más allá del cabezal de pozo y de cualquier equipo o personal.

[00129] Un métodos puede comprender el conectar una con una válvula controlada a control remoto a través de una conexión de brida a una cabecera de bombeo de alta presión; añadir una válvula de emergencia a la cabecera de bombeo de alta presión corriente arriba de un cabezal de pozo; en caso de una situación de emergencia, abrir la válvula controlada a control remoto mientras de forma simultanea se cierra la válvula de emergencia; apagar la cabecera de bombeo de alta presión; y desviar el fluido de estimulación atrapado en la cabecera de bombeo de alta presión a la línea de purga para la descarga en la atmósfera.

[00130] Un sistema puede comprender una serie de detectores de gas combustible, un transmisor y receptor controlado por radio, una válvula de control accionada remotamente, una bomba de alta presión, una cabecera de alta presión y una sala de control remoto.

[00131] Un método puede comprender ubicar una serie de detectores de gas combustible adyacentes a una bomba de alta presión, una cabecera de alta presión, un cabezal de pozo, una instalación de almacenamiento a granel de LGN de grado Y y líneas de transferencia de LGN de grado Y; conectar la serie de detectores de gas combustible a una sala de control remoto; instalar una válvula de control accionada de forma remota corriente arriba del cabezal de pozo; y en caso de detectar gas combustible, parar la bomba de alta presión y cerrar la válvula de control accionada de forma remota.

[00132] Un método puede comprender el uso de la totalidad o una parte de una fuente de nitrógeno para un fluido de estimulación, un equipo y una línea de purga, un revestimiento del tanque de almacenamiento y un transporte neumático de un

agente de sustentación a un sistema generador de nitrógeno de membrana sobre el suelo.

[00133] Un método puede comprender el suministro de un sistema de rechazo de nitrógeno sobre el suelo para la separación y recuperación de nitrógeno de una corriente de hidrocarburos gaseosa producida desde un depósito que contiene hidrocarburos con el fin de permitir la venta comercial de la corriente de hidrocarburos gaseosos producidos eliminando así la necesidad de quemar gas.

[00134] Un método puede comprender mezclar LGN de grado Y con al menos uno de nitrógeno, dióxido de carbono, un agente espumante, un agente de sustentación, un agente gelificante y un agente emulsionante para formar un fluido de estimulación; y bombear el fluido de estimulación en un depósito que contiene hidrocarburos para crear una o más fracturas en el depósito.

[00135] Según una modalidad, se puede crear una espuma mezclando LGN de grado Y con nitrógeno o dióxido de carbono, en donde dicha concentración de nitrógeno es mayor que el 50% o donde dicha concentración de dióxido de carbono es mayor que el 35% o por una combinación de nitrógeno y dióxido de carbono donde dicha concentración combinada de nitrógeno y dióxido de carbono en mayores que el 50% hace que la mezcla gaseosa resultante esté fuera del Límite de Inflamabilidad, a veces denominado Límite de Explosión en el cual una sustancia inflamable tal como LGN de grado Y en la presencia de aire puede producir un incendio o una explosión cuando está presente una fuente de ignición tal como una chispa o llama abierta.

[00136] Las ventajas de usar un fluido de estimulación de LGN de grado Y como se describe en el presente documento para la fracturación de un depósito que contiene hidrocarburos, es la eliminación de las grandes cantidades de agua necesarias para las operaciones tradicionales de fracturado a base de agua. una ventaja adicional incluye la prevención o eliminación de la formación de sarro dentro del pozo y el depósito causada por fluidos de estimulación a base de agua. una ventaja adicional incluye mantener la permeabilidad relativa del depósito que usualmente se daña por

los fluidos de estimulación a base de agua. Las ventajas adicionales incluyen una mayor imbibición, miscibilidad, adsorción y reflujo de un fluido de estimulación de LGN de grado Y con el depósito y los fluidos del depósito comparados con fluidos de estimulación a base de agua.

[00137] Aunque lo anterior está dirigido a ciertas modalidades, otras modalidades, y modalidades adicionales se pueden idear sin apartarse del alcance básico de la misma y el alcance de la misma está determinado por las reivindicaciones que a continuación: