

“PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN API NIVEL III DE LA TORRE DE PERFORACIÓN”. Caso: Aplicación en Campo Huyapari, Edo Anzoátegui - Venezuela.

PROCEDURE TO PLANNING FOR THE CERTIFICATION LEVEL III IN DRILLING RIG- API Requirement in Huyapari, Field Anzoategui – Venezuela.



Autor: Ing. Msc. José Sandoval
sandovalwalco@hotmail.com

RESUMEN

Este informe tiene como objetivo general “Elaborar un plan para inspección y/o certificación nivel III que permita cumplir con los requerimientos legales, normativos y contractuales en materia de seguridad e integridad mecánica de los equipos”. Se presenta la descripción de los elementos necesarios así como equipos y herramientas para realizar una certificación Nivel III, de un taladro de perforación. Estableciendo un procedimiento general de inspección y certificación, así como los puntos claves de la normas API y PDVSA referente al proceso de inspección. Este informe está dividido en 3 capítulos; El primero describe el Marco Conceptual “Planificación, Ensayos No destructivos, Componentes de Taladro”; el segundo establece la Planificación de inspección y certificación (Recursos y normas); y el tercero muestra un procedimiento general para inspección por ensayo no destructivo.

Palabras claves: Certificación de Taladro, Inspección con Ensayo no destructivo, Normas API y PDVSA, Planificación de Tareas.

ABSTRACT

In this report the description of the elements as well as equipment and tools for Level III certification, a drilling rig is presented. Establishing a general procedure of inspection and certification of the API Standard and PDVSA concerning the inspection process standards. It is divide into 3 chapters, first chapter I establishes the Framework "Planning, nondestructive testing, Components Drill". Second

chapter establishes the Planning Inspection and Certification (Resources and standards) and third chapter provides a general procedure for inspection by nondestructive testing.

Key Work: Certification, NDT Inspection, API & PDVSA Standard, Work Planification.

INTRODUCCIÓN

La perforación de pozos petroleros es una de los procesos de mayor complejidad e importancia dentro del proceso de explotación del recurso petrolero. Dicha actividad es una de las actividades de más alto riesgo para los trabajadores y para la operación, por tal razón hay que asegurar que todos los equipos operen bajo los límites del diseño.

La integridad mecánica de los equipo es algo de gran importancia dentro de la operación de alto riesgo como la perforación. Durante el desarrollo de este informe veremos cómo se especifican algunos tipos de inspecciones, las partes del equipo y los diferentes aspectos a inspeccionar.

Estableciendo los diferentes puntos a inspeccionar, tipos de inspección según lo establecido en las Normas **API 4G** “PRACTICA RECOMENDADA PARA EL USO Y PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE TALADROS Y ESTRUCTURAS DE SERVICIO A POZO” y **PDVSA PI.15.03.09** “INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE IZAMIENTO EN TALADROS DE PERFORACIÓN Y SERVICIOS A POZOS”, así como los requisitos para el cumplimiento de cada una de las mismas.

En este trabajo se estarán desarrollando los procedimientos de inspección, los equipos necesarios así como las dos tipos de inspecciones más comunes, los niveles de inspección para equipo de izamiento o equipo con algo potencial de alto riesgo.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan para inspección y/o certificación nivel III que permita cumplir con los requerimientos legales, normativos y contractuales en materia de seguridad e integridad mecánica de los equipos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Especificar los pasos para la Certificación del Equipo de Perforación.
- 2.-. Implementar Norma PDVSA PI.15.03.09 inspección de los sistemas de izamiento en taladros de perforación y servicios a pozos.
- 3.- Implementar Norma API 4G (American Petroleum Institute) práctica recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo.

CAPÍTULO I

MARCO CONCEPTUAL

Proceso de Planificación

Históricamente, la planificación de las inspecciones y las tareas de mantenimiento sobre el equipo o componentes del equipo de perforación era programada en función del conocimiento de los tipos de equipamiento, historial de fallas previas y sobre todo, basado en la experiencia del personal de mantenimiento/inspección. En la última década han sido desarrolladas metodologías de inspecciones.

Basadas en riesgo (Risk-Based Inspection, RBI) y las recomendaciones de los fabricantes de piezas y equipo utilizados en los equipos de perforación, por las cuales se busca optimizar la utilización de los recursos de inspección en función del nivel de riesgo de la instalación o del equipamiento en particular.

Como es sabido, los estándares reconocidos internacionalmente para la inspección de equipamiento son API STD 510 (American Petroleum Institute), para la inspección de recipientes a presión, API STD 570 (American Petroleum Institute) para inspección de tubería y API STD 653 (American Petroleum Institute) para la inspección de tanques atmosféricos, API 4G (American Petroleum Institute) Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo en este caso específico esta última norma es la que más estaremos trabajando.

Pudiéramos entender la planificación como el proceso por el cual se obtiene una visión del futuro (alcanzar metas prefijadas), en donde es posible determinar y lograr los objetivos, mediante la elección de una serie de acción.

La planificación es una de las herramientas más importante en cada uno de los procesos industriales, de mantenimiento o de inspección, y especial la industria de petróleo y gas.

Una planificación adecuada de las tareas, recursos y otros propicia el cumplimiento de los objetivos; Reduce al máximo los riesgos; Maximiza el aprovechamiento de los recursos y tiempo como elementos importantes en el desarrollo de planes de trabajos y actividades.

El autor **José Antonio Fernández Arena** afirmaba que **"Planear es función del administrador, aunque el carácter y la amplitud de la planeación varían con su autoridad y con la naturaleza de las políticas y planes delineados por su superior"**.

El reconocimiento de la influencia de la planeación ayuda en mucho a aclarar los intentos de algunos estudiosos de la administración para distinguir entre formular la política (fijar las guías para pensar en la toma de decisiones) y la administración, o entre el director y el administrador o el supervisor.

Procesos de inspección

En los sitios de trabajo se deben realizar inspecciones periódicas para identificar condiciones inseguras e insalubres y establecer los controles pertinentes al caso y las mejoras inmediatas. Conociendo de esta forma la integridad mecánica de los equipos críticos de las operaciones.

Es importante definir los elementos a revisar y sus periodicidades, ya sean áreas determinadas de trabajo o equipos específicos. Se deberá definir qué tipos de revisiones deben ser realizadas por las propias unidades funcionales y qué objetivos han de ser inspeccionados por personal especializado, incluso, ajeno a la empresa, tal es el caso de los equipo sometidos a presión, equipo de izamientos, tubería a presión que han de ser sometidos a pruebas periódicas por personal acreditado, por medio de ensayos destructivos y no destructivo. Siendo el Ensayo No destructivo (E.N.D) el más común utilizado en la industria petrolera.

Para la planificación de los procesos de inspección se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. **Planificar la inspección/revisión:** Defina el alcance del proceso de inspección, la frecuencia y la ruta de la revisión. La utilización de mapas de la empresa y listados de equipos ayudan a establecer el recorrido de la inspección y a dividir mejor el tiempo y los recursos dedicados a este procedimiento.
2. **Determinar qué se va a inspeccionar o revisar:** Determine los elementos o partes críticas de las instalaciones, máquinas y equipos que se vayan a inspeccionar y revisar. Considere cada uno de los elementos existentes en la actividad productiva, tales como: maquinarias, equipos, herramientas manuales y eléctricas, medios de manipulación, transporte y almacenamiento, escaleras, rampas, instalaciones civiles y eléctricas, sistema de detección, alarma y extinción de incendio colectivo, señalizaciones, servicios de saneamiento básico, equipos de protección personal y cualquier objeto o medio de trabajo susceptible de originar daños a la salud de las trabajadoras y los trabajadores. Para ello es conveniente clasificar e identificar cada elemento mediante códigos y ubicarlos en un plano físico. Con ello se puede elaborar un inventario codificado de los componentes que ofrecen mayores probabilidades de ocasionar algún problema cuando se gastan, se dañan o se utilizan de forma

inadecuada.

3. **Establecer un programa de revisiones e inspecciones:** Elabore un programa de inspecciones indicando objetivos, elemento a inspeccionar, área o departamento, cronograma, responsable, acciones a realizar, comprobación de eficiencia de la acción (firma y fecha).
4. **Elaborar listas de chequeo o de verificación:** Elabore las listas de chequeo a ser utilizadas en los procesos de inspección. Algunas listas de chequeo las proporciona el fabricante del equipo pero en la mayoría de los casos se tendrá que elaborar o adaptar una lista de chequeo para acomodarse a la situación a controlar. Dichas listas se utilizan como guías, complementándose con otros aspectos surgidos no reflejados en las listas de chequeo, cuando se considere oportuno.
5. **Determinar las personas que inspeccionarán y revisarán, así como los recursos necesarios:** Generalmente las inspecciones las realizan los líderes de cada área e incluso los propios trabajadores, pues son los que mejor la conocen y poseen ese interés primordial y la responsabilidad por una operación segura y eficiente. Sin embargo, cuando la dificultad o complejidad de los aspectos a inspeccionar requiera, legalmente o no, un conocimiento específico profundo en el tema, más allá del conocimiento de los aspectos implicados en la realización del trabajo, se debe recurrir al asesoramiento de especialistas o las realizarán el coordinador o el servicio de prevención. En este sentido, indique los responsables de efectuar los procesos de inspección y determine los materiales, vestuario, equipos, documentos e instrumentos de medición necesarios. En el caso específico que compete el desarrollo de este trabajo la aplicación del proceso de inspección del taladro de perforación así como el de los puntos de izamiento y críticos del mismo debe realizarlos personas competentes en inspección de taladros acreditadas para tal fin así como las inspección con el uso de equipo para ensayo no destructivo (E.N.D).

Muchas inspecciones y revisiones se rigen por requisitos legales, incluyendo, por ejemplo, la inspección de recipientes a presión, montacargas, grúas, taladros, tubería de alta presión, etc. Sin embargo, el programa de inspecciones debería ser lo más completo posible, cubriendo todas las áreas e instalaciones, y en especial todos aquellos equipos cuyo correcto funcionamiento y condiciones de seguridad dependen de un adecuado programa de revisión.

Ensayo no destructivo

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de *nondestructive testing*) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada.

Se identifican comúnmente con las siglas: END; y se consideran sinónimos a: Ensayos no destructivos (END), inspecciones no destructivas y exámenes no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se

encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

Defectología. Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de fisuras por tensión; detección de fugas.

Caracterización. Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isotermas.

Metrología. Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.

Las Pruebas No destructivas (E.N.D) son las pruebas o ensayos a realizar durante este estudio o análisis referencia, sobre la planificación de inspección o certificación de un taladro de perforación. Estas pruebas proporcionan información acerca de la condición superficial de los materiales inspeccionados.

Los métodos de E.N.D superficiales son:

VT – Inspección Visual

PT – Líquidos Penetrantes

MT – Partículas Magnéticas

ET – Electromagnetismo

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

PT. Líquido Penetrante:

La técnica de inspección por líquidos penetrantes es un procedimiento de Pruebas No Destructivas diseñado para detectar o exponer discontinuidades superficiales en materiales de ingeniería. En muchas ocasiones, es la primera prueba no destructiva considerada para la inspección de productos debido al bajo costo y se puede aplicar en gran variedad de materiales, tamaños, formas y ubicaciones.

En las aplicaciones de los líquidos penetrantes, éstos pueden ser en varias condiciones como: soldados, fundidos, forjados, rolados, etc. También se pueden aplicar a diversos materiales como:

- Materiales metálicos magnéticos (hierro, acero, etc.)
- Materiales no magnéticos (aceros inoxidable, aluminio aleaciones de cobre, etc.).
- Materiales no metálicos (plásticos, vidrios o cerámicas, etc)

Los líquidos penetrantes se pueden clasificar por:

- Sensibilidad
- Tipo de tinte (visible, Fluorescente)
- Técnica de remoción (Lavable con agua Post-emulsificante Removible con solvente.

MT – Partículas Magnéticas

El principio Físico en el cual se basa la inspección por partículas magnéticas es el "magnetismo" y este principio se basa en el comportamiento de los imanes.

Por definición magnetismo es: "La fuerza invisible que tiene la habilidad de desarrollar trabajo mecánico de atracción y repulsión de materiales

magnetizables”.

La inspección por partículas magnéticas es un ensayo no destructivo que se emplea para detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales, en piezas que pueden ser magnetizadas.

Consta de tres operaciones básicas:

- Establecer un flujo magnético adecuado.
- Aplicación de las partículas magnéticas.
- Interpretación y evaluación de los resultados.

El método de inspección por partículas magnéticas es utilizado en diferentes ramas de la industria como: metalmecánica, aeronáutica, naval, construcción, etc.

Se aplica en:

- Inspección de materia prima.
- Inspección en proceso.
- Inspección de producto terminado.
- Mantenimiento de equipo y maquinaria.
- Se utiliza también para la inspección de materiales soldados, fundidos, forjados, rolados, etc

Unidad de Perforación y Servicios a Pozos

Son aquellas unidades conformadas por mástiles o cabrias sobre hoist, autopropulsadas o no para operaciones en tierra. Para las operaciones costa afuera, ríos y grandes lagos, las unidades están conformadas por derricks (ocasionalmente

mástiles), sobre gabarras, buques taladros, jack.up, semisumergibles, plataformas y lift boat entre los mas frecuentes. Quedan igualmente incluidos en esta categoría los equipos de coiled tubing, snubbing y swabo como todos aquellos asociados para correr registros y todo sistema o equipo de izamiento que se encuentre asociado y sea necesario para llevar a cabo operaciones de perforación o servicios a pozos. Los taladros y hoist en tierra, gabarras, buque taladro, jack.up, lift boat, semi sumergibles y plataformas, se incluyen en los equipos de coiled tubing, snubbing, swabo y todas aquellas unidades para correr registros, más todos los sistemas de izamiento que se encuentren involucrados en la unidad y sean necesarios para llevar a cabo las operaciones.

Las Unidades de Perforación y Servicio a Pozo, estas pudieran ser separada o ser divididas en diferentes componentes que forman parte del sistema de izamiento o equipos críticos que deben ser inspeccionados y/o certificados para asegurar la integridad mecánica y la seguridad de las operaciones, estos componentes los pudiéramos nombrar o definir de la siguiente manera:

- **Estructura/Torre de Perforación.**
- **Subestructura.**
- **Derrick.**
- **Mástil (Cabria).**

Estructura/Torre de Perforación

Conjunto de elementos de acero de alta resistencia soldados o apernados que conforman las celosías fundamentales para las operaciones de perforación. Se pueden diferenciar (según características específicas) en: derricks y mástiles o cabrias.

Subestructura

Cualquier estructura a través del cual se transmite la carga del gancho, carga rotaria y/o carga de la sarta de tubos.

Derrick

Estructura de celosía de cuatro caras para operaciones de perforación, de base rectangular o cuadrada y generalmente apernada. Es fabricada con perfiles de acero de alta resistencia (galvanizados o no). Se caracteriza por tener el encuelladero en la parte interna de la estructura, su armado (vestido) se realiza elemento por elemento y no puede ser izada verticalmente como una unidad.

Mástil (Cabria)

Estructura de celosía de tres caras para operaciones de perforación, de base rectangular o cuadrada y generalmente de secciones unidas a través de ojales y pasadores (macho y hembra). Es fabricado con perfiles o tubulares de acero de alta resistencia (galvanizados o no). Se caracteriza por tener el encuelladero en la parte externa de la estructura, su armado (vestido) se realiza por secciones y puede ser izado verticalmente como una unidad.

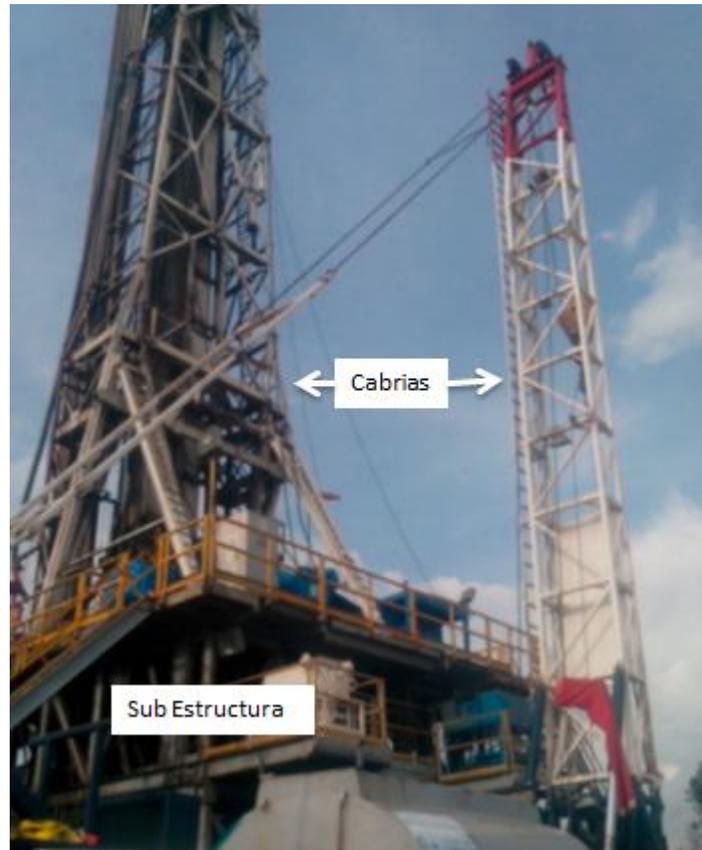


Foto. 1.- Torre de perforación
(Fuente: Taladro WDI 778 y FBU 03, Trabajo de Campo Huyapari - Vzla)

La norma API-RP 4G (Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo) en su sección 3.1.3 dice: “Torre: Es una estructura semipermanente de sección transversal cuadrada o rectangular con miembros interconectados en nudos, a manera de celosía, en sus cuatro costados. Esta unidad debe ser ensamblada de forma vertical o en su dirección de operación ya que no incluye ningún mecanismo de erección. La estructura puede o no estar venteada.”

El necesario el aseguramiento de la calidad y las condiciones de los componentes estructurales de un equipo de izamiento de cargas (Como los diferentes componentes del Sistema de izamiento en un taladro de perforación).

Las empresas de Inspección de equipos de izamiento, deberán asesorarse con el fabricante del equipo y elaborar por escrito los procedimientos de reparación e inspección necesarios. Por otra parte, la empresa que efectúe las reparaciones después de una inspección no podrá ser la misma que realice el aseguramiento de calidad de dichas reparaciones.

La inspección y certificación de operatividad de los equipos de izamiento de carga en las unidades de perforación y servicios a pozos, constituye un aval del adecuado funcionamiento de ésta, garantizando que el equipo operará de acuerdo con lo especificado por el fabricante.

API-RP 4G Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo.

El objetivo de la misma, es dar lineamientos y establecer procedimientos recomendados para inspeccionar, mantener y reparar elementos de las estructuras de perforación y reparación de pozos, para mantener la funcionalidad de éste equipo.

Estas recomendaciones son consideradas como suplementarias, y no como reemplazo para las instrucciones y recomendaciones del fabricante.

Sistema de Levantamiento

El sistema de levantamiento está constituido por una serie de equipos y herramientas configuradas y diseñadas según el tipo de maniobra y/o operación que se ejecute.

El taladro dispone de un malacate continuo de capacidad. Este tiene 2 motores con

potencia, freno auxiliar tipo hidromántico. El malacate posee 8 líneas que proporcionan una capacidad de izamiento equivalente a 350.000 libras como mínimo. Este tiene un tambor en el cual va enrollado el cable de perforación, que tiene que resistir el peso de la sarta.

Desde este equipo se brinda una fuerza de tensión para levantar o bajar el Bloque viajero, que sostiene al Top drive. Este está suspendido mediante una guaya o cable de perforación de 1 1/8" de diámetro, que pasa desde el malacate a través de una serie de poleas fijas ubicadas en la cima de la cabria, que forman la corona o el bloque fijo, cuya función es transmitir el peso de la sarta de perforación.

Otra parte del sistema de levantamiento está constituida por una plataforma denominada ENCUELLADERO, desde la cual un trabajador, al que se le llama Encuellador, cumple la función de colocar las parejas de tuberías y portamechas mientras se están realizando las operaciones de perforación y revestimiento. Esta plataforma comúnmente se encuentra a unos 60 pies de altura desde el suelo.

El equipo de levantamiento del taladro también es conformado por la mesa rotaria, que soporta el sistema de levantamiento o izamiento del taladro. Posee un buje maestro y otro para corrida de revestidor, así como un juego de brazos para elevadores (parrillas), y además se cuenta con una llave hidráulica para enroscar y desenroscar tuberías de perforación, con torquímetro incorporado.

Para sostener la tubería durante cada viaje de ésta, se dispone de una serie de cuñas que permiten unir la sarta de perforación a la mesa rotaria y el bloque viajero. Estas cuñas tienen una superficie interior curva y dentada que permiten apretar la tubería.

El Malacate: Es la parte principal en el sistema de izaje en un equipo de perforación, por lo tanto se tiene que tener bastante cuidado en su mantenimiento, ya que esta unidad se somete a trabajo constante y pesado durante la perforación

de un pozo, pues con este conjunto se da movimiento a la sarta de perforación, se introduce tubería de revestimiento y se ocupa para todas las maniobras que se requieren en la perforación de un pozo petrolero.



Foto 2.- Malacate en trabajo de mantenimiento. (Fuente: Malacate Taladro EDV 42 en Mantenimiento Trabajo de Campo Huyapari - Venezuela)

Bloque Corona: Es un elemento del sistema de elevación y movimiento del taladro que incluye un conjunto de poleas que alineadas permiten el movimiento vertical del bloque viajero, a través de la torre de perforación.



Foto 3.- Bloque Corona (Conjunto de Poleas) en proceso de inspección. (Conjunto de Poleas de Taladro EDV 42 Trabajo de Campo Huyapari - Venezuela)

Bloque Viajero: El bloque consiste en un arreglo de poleas por lo que pasa el cable de perforación y el gancho. El bloque viajero uno de los elementos que permite que la sarta de perforación, con la ayuda de otros componentes como los son las parrillas o brazo de sujeción del elevador, elevadores de diferentes tamaños para los diferentes tipos de tubería. Adicional el Bloque Viajero es el elemento principal que permite la instalación y movimiento del Top Drive que forma parte del sistema de rotación del taladro.

Cable de perforación: El Cable de perforación es un cable acerado que permite dar el movimiento junto con el conjunto de polea de corona, bloque viajero y malacate a la sarta de perforación hacia abajo y arriba. El cable de perforación es uno de los elementos más importantes que requieren una inspección y mantenimiento continuo. Uno de los procesos de mantenimiento más comunes o constante en este proceso es el Proceso de Correr y Corta de Guaya (Slip and Cut). Fig 3.- Esquema distribución de línea de perforación.

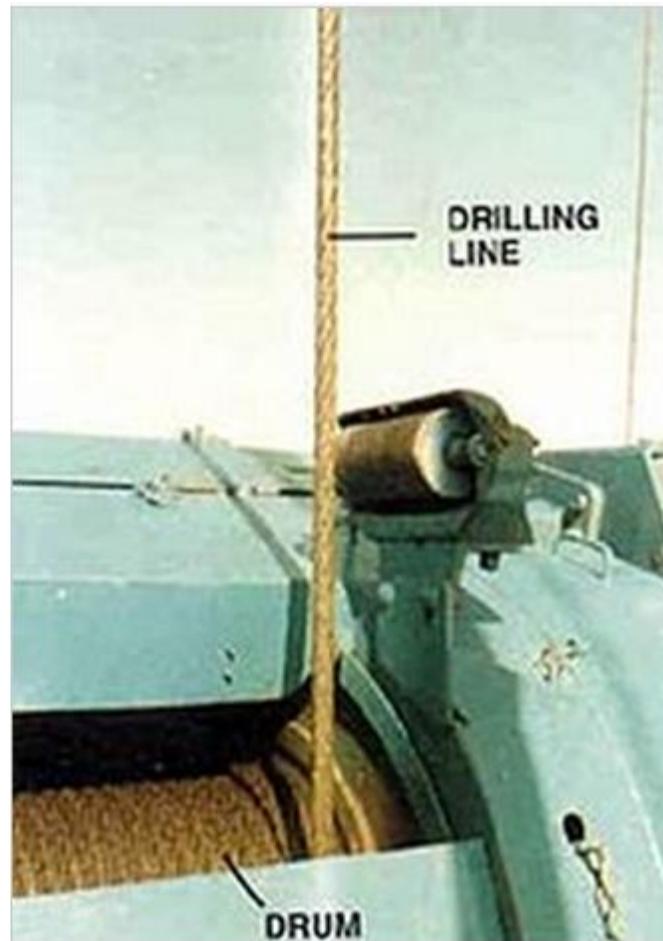


Foto 4.- Malacate y cable de Perforación (Drilling line)

(Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Drill_line consultado 23/04/15)

CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN

Herramientas o equipos necesarios en el proceso de inspección

Normas necesarias para el proceso de inspección de taladro de perforación

A continuación estaremos dando como referencia algunas normas o documentación necesaria para el proceso de inspección y certificación en un taladro de perforación:

American Petroleum Institute:

- API STD 510, para la inspección de recipientes a presión.
- API STD 570 para inspección de tubería.
- API STD 653 para la inspección de tanques atmosféricos.
- API 4G Practica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo.

Occupational Safety Health Administrations:

- 29 CFR 1910 General Industry.
- 29 CFR 1926 Construction Industry.

The American Society of Mechanical Engineers:

- ASME B30.10-1999 Hook Inspections.
- ASME B30.9-2010 Slings Inspections.
- ASME B30.7-2001 Hoist Drum.
- ASTM E 709, Método de ensayo normalizado para inspección por partículas
- magnéticas.

Normas Petróleos de Venezuela (PDVSA):

- PI-15-01-00 Inspección de equipo de izamiento.
- PI-15-01-01 Tipos de equipo de izamiento.
- PI-15-01-02 Inspección de Cable de Acero.
- PI-15-01-05 Inspección de Gancho.
- PI-15-01-06 Inspección de Cadena.
- PI-15-01-00 Inspección de Estructuras Celosía.

Equipo y Herramientas necesarias para el trabajo de inspección de taladro

A continuación mencionamos algunos equipos, herramientas y materiales necesarios para realizar el trabajo de inspección y certificación de equipo.

- Espejos; para mejorar el ángulo de observación.
- Lentes amplificadores (magnificadores); para la identificación de grietas.
- Fuentes de luz (lámparas incandescentes o fluorescentes, linternas).
- Instrumentos de medición; como calibradores, flexómetros, regla metálicas, cinta métrica, etc.
- Equipo fotográfico o de video.
- Papel absorbente.
- Solvente.
- Marcadores de metal.
- Penetrantes fluorescentes y visibles.
- Emulsificadores (base aceite y base agua).
- Disolventes, y Reveladores.
- Yugo electromagnético.
- Partículas magnéticas en solución acuosa.
- Agente humectante; agua o aceite.
- Equipo para limpieza (Cepillo de alambre, esmeril, ect).
- Equipo de Protección personal.



Foto 5: Yugo Magnético



Foto 6: Tinte Penetrante

(Fuente: Trabajo en Campo de Inspección Taladro Troil 07, Campo Huyapari)

Personal necesario para la inspección y certificación de torre de perforación:

El personal encargado de realizar la inspección a un taladro de perforación petrolera debe cumplir con requerimientos basados en su preparación y experiencia como poseer un título profesional reconocido, certificados, posición profesional, o cuyo conocimiento, entrenamiento o práctica laboral avalen su capacidad para solucionar o resolver problemas relacionados con la torre, trabajos que desempeña ésta, el tipo de equipo a ser evaluado, materiales, soldaduras y accesorios.

Las normas API, ASME y las Normas PDVSA requieren una serie de requisitos y una clasificación para los inspectores de taladros de perforación.

Categoría de los Inspectores:

1. Inspector Categoría I.

El inspector categoría I es todo el personal que se encuentra realizando actividades en la torre como mecánicos, soldadores, personal encargado del equipo de perforación, así como supervisores e ingenieros. Todos ellos deberán estar bajo entrenamiento constante con el fin de ser capaces de llevar a cabo inspecciones visuales, según sea necesario, para categorías I y II de inspección.

2. Inspector Categoría II.

El inspector categoría II es aquel designado por el propietario o usuario de la torre, el cual posee la adecuada experiencia y conocimiento en mástiles o torres de perforación petrolera. Esta persona normalmente posee experiencia en campo y ha ocupado puestos de superintendente, ingeniero residente o supervisor de perforación. Será el encargado de realizar o supervisar inspecciones categoría I y II, según sea necesario.

3. Inspector Categoría III.

El inspector categoría III es designado por el propietario, usuario de la torre o una compañía externa; acreditando experiencia, entrenamiento y adecuado conocimiento en los criterios proporcionados por la categoría III de inspección. Las personas que usualmente califican para este cargo son: ingenieros, técnicos especialistas en ensayos no destructivos (END), Técnicos ASNT Nivel II o personal operativo de nivel senior como: superintendente de pozo, rig manager o gerente de operaciones. Será el encargado de supervisar inspecciones categoría I y II; o de realizar inspecciones categoría III y IV.

4. Inspector Categoría IV.

El inspector categoría IV debe ser un ingeniero profesional con experiencia en mástiles o torres de perforación, un representante del fabricante del equipo original o un representante autorizado de otro fabricante de estructuras de perforación. Adicionalmente, el inspector categoría IV debe satisfacer los requerimientos de un inspector categoría III y poseer la experiencia, entrenamiento y adecuado conocimiento para conducir o supervisar de forma directa inspecciones categoría IV.

Los ensayos no destructivos (END) para una inspección categoría IV deberán, como mínimo, ser realizados por personal que posea Certificación de Técnico ASNT Nivel II, o su equivalente. La inspección visual de las soldaduras para la categoría IV deberá ser realizada por personal calificado y certificado de la siguiente manera:

- Certificado de inspector de soldadura (CWI) emitido por la AWS o su equivalente, o; Un ingeniero o técnico quien, por su entrenamiento o experiencia en la fabricación, inspección y pruebas con metales, está calificado para realizar inspecciones de la obra.

CAPÍTULO III

PROCESO DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN

Al momento de hacer una inspección, el orden en su ejecución es fundamental para que ésta se la realice de forma rápida y eficiente. La elaboración de un procedimiento ayuda a que se cumpla lo mencionado, consiguiendo que se logre un trabajo de calidad.

La certificación es el producto al que se llega tras pasar por un proceso de inspección y evaluación que se encarga de verificar que se cumplan las exigencias impuestas por una norma.

En el presente capítulo se desarrolla una guía que ayuda al inspector encargado a cumplir con su labor, y muestra a las compañías propietarias de torres los parámetros que deben seguir para llegar a una certificación. Estos lineamientos se basarán en la norma API RP 4G Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo y PDVSA PI-15-03-09 Inspección de sistema de izamiento de taladros y estructuras de servicio a pozo.

Estaremos mencionando a continuación algunos elementos críticos que deben ser inspeccionados por el personal calificado durante su proceso de inspección Nivel III.

Requerimientos para la inspección

Para realizar la inspección a la estructura metálica de una torre de perforación se necesita cierta información, previa a la realización del trabajo, la cual se describe a continuación:

- La inspección tiene que estar respaldada por procedimientos escritos. Estos tienen que ser proporcionados por el fabricante de la torre o desarrollados por el propietario o el usuario de la torre, siempre basándose en la norma API y PDVSA correspondiente. De otro lado, estos documentos pueden ser preparados por la empresa que realice la certificación.

- Los procedimientos de inspección, básicamente, deberán proporcionar información acerca de: Intervalos de tiempo, límites medibles de desgaste, inconformidades en los equipos, entorno o medio ambiente, historial de mantenimiento y reparación, incidentes perjudiciales en el equipo, y normas usadas.

- Deberán estar a disposición del inspector encargado de la certificación documentos como: planos de montaje o ensamble, planos identificando áreas críticas de la torre, y los procedimientos de inspección.

- Si se da el caso de ausencia de los planos de montaje y de las áreas críticas de la torre, todos los componentes que soporten cargas principales deberán ser considerados como críticos.

Los siguientes tipos de inspecciones y frecuencias son recomendados.

Frecuencias y Tipos de inspección

Categoría de Inspección	Diaria	Mudanza	2 años (*)	10 años (**)	Registro
I	X				Opcional
II		X			Opcional
II			X		Obligatoria
IV				X	Obligatoria

Fuente: (API-RP 4G Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo)

Tipos de Inspección y Categorías según la Norma API – RP 4G.

Categoría I – Diaria

Categoría II – equipo arriba

Categoría III – cada 730 días de operaciones (cada 2 años calendario para equipos de reparación de pozos).

Categoría IV – cada 3650 días de operaciones (cada 10 años calendario para equipos de reparación de pozos).

* Dentro de los 2 años de la fecha de publicación y cada 2 años después de esto. Esta inspección incluye nuevos lineamientos para estructuras de perforación y reparación de pozos. Los usuarios/dueños pueden requerir un periodo de tiempo para acarrear estructuras existentes de conformidad con estos nuevos criterios.

ˆ Dentro de los 10 años de la fecha de publicación y cada 10 años después de esto. Esta inspección incluye nuevos lineamientos para estructuras de perforación y reparación de pozos. Los usuarios/dueños pueden requerir un periodo de tiempo para acarrear estructuras existentes de conformidad con estos nuevos criterios.

Las frecuencias recomendadas arriba se aplican para equipos en uso durante el periodo especificado según la Norma API 4G. En medio ambiente corrosivo (humedad, salinidad, H₂S, etc.) debe ser considerado incrementar la frecuencia de inspección. Esto incluiría verificar la corrosión interna en los miembros estilo tubular en un programa más expedito.

Adicionalmente en la discusión de la frecuencia de inspección y la categoría de las mismas, estaríamos revisando la norma de PDVSA (Petróleo de Venezuela, S.A) como norma nacional de cumplimiento dentro de la industria de petróleo y gas en Venezuela.

Componente	Frecuencia				
	Diaria	Semanal	Semestral	Anual	Cada 5 años
	Categoría de Inspección				
Polea del bloque Corona y Rodamiento	I	II	III		IV
Gancho de taladro (diferente al gancho de succión)	I	II	III		IV
Bloque viajero, gancho de bloque adaptador de gancho p/bloque	I	II	III		IV

Componente	Frecuencia				
	Diaria	Semanal	Semestral	Anual	Cada 5 años
	Categoría de Inspección				
Conectores y adaptadores de eslabón	I	II	III		IV
Ganchos de tubería y ganchos de succión	I	II	III	IV	
Elevadores de eslabón	I	II	III	IV	
Elevadores de Rev., Tubería, de taladro, tubería con cuello	II		III	IV	
Elevadores de cabillas de succión	II		III	IV	
Asa de la Unión giratoria	I	II	III	IV	
Unión giratoria (Rotatory Swivel)	I	II	III		IV
Unión giratoria de potencia (Power Swivel)	I	II	III		IV
Potencia rotaria	I	II	III		IV
Arañas cuando sean usada como elevadores	I	II	III	IV	

Final línea de amarre / Anclaje de líneas	I	II	III		IV
Compensador de movimiento de la línea de perforación	II	II	III		IV
Cuadrante al ser utilizados como equipo de izamiento	I	II	III		IV
Top Drive	I	II	III	IV	
Elevadores y herramientas de corrida de cabezal cuando sean utilizado como equipo de izamiento	II		III	IV	
Estructura y Sub-Estructura UPSP (1) de servicios a pozo	I	II		III	IV
Estructura y Sub-Estructura de taladros de perforación	I	II		III CADA 2 AÑOS	IV

Fuente: (PDVSA PI-15-03-09 Inspección de sistema de izamiento de taladros y estructuras de servicio a pozo)

Nota:

Cuando el taladro de perforación haya permanecido por un período mayor a los 6 meses en un pozo, no se haya realizado más de dos mudanzas en un año o se demuestre que el mismo no ha sido sometido a operaciones críticas (pegas de tuberías, pescas recurrentes entre otras) la inspección nivel III se podrá realizar cada dos años.

Listaremos algunos elementos a realizar inspección Nivel III.

Torre o Mástil de Perforación.

- 1.- Pasadores y ojales de unión entre secciones.
- 2.- Sistema de elevación de torre o mástil.
- 3.- Encuelladero (Peines, lengüeta, pasadores, puntos de anclaje).
- 4.- Coronas de poleas.
- 5.- Gancho soporte de corredera de Top drive y tensores.
- 6.- Cabeza de Gatos de Malacate.
- 7.- Ganchos de TopDrive, Parrilla o brazos de elevación
- 8.- Llaves de Fuerza o Potencia.
- 9.- Bases del Malacate.

10.- Tubería Stand Pipe.

Subestructura y Planchada.

- 1.- Pasadores y ojales de unión de elementos de subestructura.
- 2.- Engranaje de mesa rotaria.
- 3.- Cuadrante de mesa rotaria y conexión de Kelly.
- 4.- Cabeza de gatos en el malacate.
- 5.- Bases de los winches.
- 6.- Ganchos de puerta en V.
- 7.- Bases de BOP.

Tanques de Lodos, otros Tanques.

- 1.- Área de izamiento de skid de los tanques.
- 2.- Tubería de alta presión.

Componentes y Tipos de Inspecciones a Realizar durante un proceso de inspección de taladro Nivel III:

- BLOQUE CORONA: Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- ESTRUCTURA (CABRIA): Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

-ESTRUCTURA (SUB ESTRUCTURA): Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

-ENCUELLADERO (TUBERIA Y CASING): Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- BLOQUE VIAJERO: Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- SWIVEL: Se realizará inspección visual (VT), dimensional (UT), END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- TOP DRIVE: Se realizará inspección visual (VT), dimensional (UT), END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- CABLES DE ACERO: Se realizará inspección visual (VT) y dimensional.

- MALACATE: Se realizará inspección visual (VT), dimensional (UT), END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- WINCHES: Se realizará inspección visual (VT), dimensional (UT), END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- MESA ROTARIA: Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

- MASTER BUSHING, KELLY BUSHING Y KELLY CUADRANTE: Se realizará inspección visual (VT), dimensional, END con partículas magnéticas secas (MT) y líquidos penetrantes (PT).

Procedimiento General Aplicado para la Inspección END con Partículas electromagnética.

1.- Hacer una limpieza Íntegra a la pieza, con el fin de eliminar todo rastro de escoria de la misma, para no tener indicaciones falsas en la inspección, se pueden utilizar cepillos de alambre y algunos limpiadores.



Foto 7. Tinte Penetrante

Fuente: <http://www.llogsa.com.com>, Consultados 22/04/15

2.- Inducir magnetismo, colocando el yugo magnético sobre la pieza y a su vez aplicar las partículas magnéticas rosas, una vez que las partículas ya estén aplicadas totalmente sobre la pieza, retiramos el yugo.



Foto 8: Trabajo con Insp. END Yugo Magnético.

Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Vzla.

3.- Como siguiente paso eliminamos el exceso de partículas magnéticas de la superficie, esto se hace únicamente soplando uniformemente la pieza.

4.- Por último tenemos que interpretar y evaluar los resultados obtenidos de la inspección. Tomando en cuenta el principio de la inspección por partículas

magnéticas:

- Solo podremos detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales.
- Solo podremos detectar discontinuidades cuya orientación sea de forma perpendicular al flujo magnético que estamos incidiendo.



Foto 9. Trabajo de Inspección END Bandas de Malacate.

Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Vzla.



Foto 10.- Trabajo de Inspección Barra ecualizadora de Malacate .

Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Venezuela.



Foto 11.- Trabajo de Inspección Ancla.
Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Venezuela.

Inspección por líquidos penetrantes

La inspección por líquido penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidad presentes de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, a un que también se puede utilizar para la inspección de material ferrosos cuando la inspección de partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. Los siguientes pasos son lo más general para seguir durante la inspección:

1. Corte de un material que presenta una grieta.
2. La superficie del material se cubre con penetrante.
3. Se elimina el exceso de penetrante.
4. Se aplica el revelador, volviéndose visible el defecto.

El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado a fluorescente a la superficie en estudio o a inspeccionar, el cual penetra en cualquier discontinuidad que podría existir. Después de un determinado tiempo se elimina el exceso, esto

permite que solo quede el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes de petróleo hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico.

Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos.



Foto 11.- Trabajo de Inspección Bloque Corona de EDV 42.
(Uso de Tintes Penetrantes)
Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Venezuela.



Foto 12.- Trabajo de Inspección Subestructura de EDV 42.
(Uso de Tintes Penetrantes)
Fuente: Trabajo de Campo Certificación III EDV. Campo Huyapari Venezuela.

Una vez realizada la inspección, deben surgir algunas No Conformidades que deberán ser corregidas por el administrador o dueño de equipo de perforación para poder liberar el mismo, componente o accesorio.

Después de la inspección se realizará un reporte de campo identificando el equipo, componente o accesorio “NO CONFORME”.

Una vez realizadas las reparaciones correspondientes, se realizará visita final para el chequeo y levantamiento de la No Conformidad detectada. Se debe entregar un reporte final y certificación con historial de partes reemplazadas y/o reparaciones realizadas (Procedimiento de soldadura realizada por personal acreditado AWS), declarando así el equipo, componente o accesorio CONFORME para trabajar.

El personal involucrado para una inspección promedio. Consistirá de dos (02) inspector especializado en las técnicas de ensayos no destructivos y tres (3) obreros para realizar el trabajo.

Todos los trabajos serán supervisados por un (1) Técnico Certificador. El personal de apoyo y el suministro de materiales y/o partes para el mantenimiento, cambio o reemplazo lo debe proveer el dueño del taladro.

El tiempo aproximado para realizar la inspección será de doce (12) días, siempre y cuando los equipos, componentes o accesorios estén desarmados, limpios y en un área acorde para realizar la inspección.

La planificación del servicio esta descrita en el siguiente cuadro resumen.

PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO															
CODIGO: DLC-RPS-19				Rev.: 1				Fecha: Agosto 2014				Pág.:			
Nombre del Cliente:				N° de Taladro:				Ubicación:							
Telefono de Contacto:				N° de OTI:				Fecha:							
EQUIPOS	OBSERVACIÓN	PLANIFICACIÓN DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS/TALADROS O HERRAMIENTAS													
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
WINCHE															
ANCLA DE LINEA MUERTA															
GERONIMO															
CABLE DE ACERO PRINCIPAL															
VIENTOS Y ANCLAJES															
ELEVADOR LINKS															
GANCHO BUCHE E PERICO															
ELEVADORES DE CABILLA	CANTIDAD 10														
ELEVADORES DE TUBING	CANTIDAD 6														
CUÑERO															
GRAMPA DE SEGURIDAD															
TOTAL DIAS ESTIMADOS		6						TOTAL DIAS EJECUTADOS				4			
Normas y Procedimientos aplicados:															
Personal Estimado		Inspector: 1				Ayudantes:				0					
Viáticos Estimados															
Equipos:						Calibraciones Vigentes				SI () NO ()					
LEYENDA:		PLANIFICADO				EJECUTADO				RETRASADO					
OBSERVACIONES GENERALES:		LA PLANIFICACION NO SE CUMPLIO POR NO TENER LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS EN SITIO A LA													
HORA DE LA INSPECCION, SE REALIZARON EN DOS PARTE															
ELABORADO POR				VERIFICADO POR				APROBADO POR							

CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones asociadas al trabajo de investigación, titulado como: “Procedimiento Para La Planificación De La Certificación Api Nivel III De La Torre De Perforación”. Caso: Aplicación en Campo Huyapari, Edo Anzoátegui – Venezuela.

El Objetivo General de este proyecto se enmarca en Elaborar de un plan para inspección y/o certificación nivel III que permita cumplir con los requerimientos legales, normativos y contractuales en materia de seguridad e integridad mecánica de los equipo.

Se desprende como conclusión de este objetivo general que hay un número importante de pasos, recursos y equipos necesarios para llegar a cumplir con éxito la planificación del proceso de certificación de un equipo perforación, para de esta forma poder mitigar o controlar los tiempo no productivos motivados a la falta de planificación dure la inspección, al establecer este procedimiento estaremos lograr tener un procedimiento para el planeamiento previo al proceso de inspección o certificación nivel III de un taladro de perforación.

Objetivo específico 1: Especificar los pasos para la Certificación del Equipo de Perforación.

Se puede concluir el tipo de inspección, las normas a seguir o consultar, los diferentes componentes del taladro, le frecuencia de inspección y el tipo de Ensayo No destructivo a Aplicar durante la inspección de Certificación.

Objetivo específico 2: Implementar Norma PDVSA PI.15.03.09 inspección de los sistemas de izamiento en taladros de perforación y servicios a pozos.

Se tiene como resultado del desarrollo de este informe los mecanismos, pasos y recursos necesarios para inspección nivel III, cumpliendo con la Norma PDVSA

PI.15.03.09, Identificando los puntos o elementos a inspeccionar así como el tipo de inspección. Elementos claves para la planificación de una certificación de la torre de perforación Nivel III. Este tipo de Trabajo se debe realizar según las normas que aplican cada 5 años y se estima la inversión de doce (12) días en un proceso de inspección nivel III en un taladro de perforación.

Objetivo Específico 3: Implementar Norma API 4G (American Petroleum Institute) Práctica recomendada para el uso y procedimientos de inspección.

Con el cumplimiento del citado objetivo se elaboró un plan de inspección y/o certificación nivel III para cumplir con los requerimientos legales, normativos y contractuales en materia de seguridad e integridad mecánica de los equipos.

Se especifica en el mismo algunos pasos básicos para la certificación Nivel III de la estructura metálica soldada de torres para perforación en pozos de petróleo basada principalmente en la norma API 4G “Práctica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo”, especificando los tiempo de inspecciones y Métodos de Ensayos No Destructivos (END) aplicable en el proceso de inspección.

BIBLIOGRAFÍA

- ♣ **BP Amoco** “Curso de Capacitación Reducir eventos en Perforación”.
- ♣ **PEMEX (1998)**. “Manual para Ayudante de Perforador, perforadores”.
- ♣ **Manual. (2000)**. “Series De Perforación”.
- ♣ **P.D.V.S.A. CIED. (2002)**. “Manual Fluidos de Perforación”.
- ♣ **Tesis (Universidad Simón Bolívar)** “Selección de equipo de perforación”. Br. Euclides Fernandez.- 2012.
- ♣ **P.D.V.S.A Modelo**. “ Esquema de Taladro de Perforacion”.
- ♣ **Norma COVENIN 2266:1988** Guía de los Aspectos Generales a ser Considerados en la Inspección de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

- ✦ **API STD 510**, para la inspección de recipientes a presión.
- ✦ **API STD 570** para inspección de tubería.
- ✦ **API 4G** Practica Recomendada para el uso y procedimientos de inspección, mantenimiento y reparación de taladros y estructuras de servicio a pozo.
- ✦ **Informe #1 (TAUniversity)** “Ingeniera de Perforación” Ing. Alfonso.Cruz R.
- ✦ **PDVSA PI.15.03.09** INSPECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE IZAMIENTO EN TALADROS DE PERFORACIÓN Y SERVICIOS A POZOS.

Internet.

<http://www.aulafacil.com/cursos/l19666/empresa/administracion/administracion-de-empresas/la-planificacion>.

<https://inspectioneering.com/tag/risk-based+inspection>

http://www.forcetechnology.com/NR/rdonlyres/72EAEA8F-F3B6-482D-984E-FB60E4980660/7308/21195enno_Web.pdf.

<http://achijj.blogspot.com/2009/04/partes-principales-de-un-taladro-de.html>

Research Article

TAU e-Journal of Multidisciplinary Research

<http://journal.tauniversity.org/>

**Trabajo de investigación desarrollado en el marco del
Master of Science in Petroleum Engineering – Drilling Engineering Program
(2014-2016), Tecana American University, of the USA.**

Recibido el: 21 de Septiembre de 2016

Aprobado el: 27 de Octubre de 2016

Vol.: 7

No: 3
