



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DESARROLLO DE PROCEDIMIENTO PARA ROSCADO
E INSPECCIÓN DE ROSCA DE TUBERÍA DE
PRODUCCIÓN, REVESTIMIENTO Y LÍNEA PARA LA
INDUSTRIA PETROLERA”**

TISALEMA GUAMÁN ERICKA MARICELA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA MECÁNICA

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2014-11-10

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

TISALEMA GUAMÁN ERICKA MARICELA

Titulado:

**“DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA ROSADO E INSPECCIÓN DE
ROSCA DE TUBERÍA DEPRODUCCIÓN, REVETIMIENTO Y LINEA PARA LA
INDUSTRIA PETROLERA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA MECÁNICA

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Otto Balseca
DIRECTOR

Ing. Miguel Aquino
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TISALEMA GUAMÁN ERICKA MARICELA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA ROSADO E INSPECCIÓN DE ROSCA DE TUBERÍA DEPRODUCCIÓN, REVETIMIENTO Y LINEA PARA LA INDUSTRIA PETROLERA”

Fecha de Examinación: 2016-11-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Otto Balseca DIRECTOR			
Ing. Miguel Aquino ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tisalema Guamán Ericka Maricela

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Ericka Maricela Tisalema Guamán, declaro que el presente trabajo de titulación es de mí autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Tisalema Guamán Ericka Maricela
Cedula de Identidad: 180424729-2

DEDICATORIA

A Dios por brindarme sabiduría, fortaleza para vencer las adversidades, por guiarme en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mis padres que me han enseñado buenos valores para formar la persona que soy ahora, con su amor y apoyo incondicional.

A mi padre Julio Oswaldo quien siempre con sus palabras me enseñado el valor de la vida y me recuerda que todo con esfuerzo es posible. A mi madre María Olga por ser una mujer de espíritu valiente, por ser una madre sobre todas las cosas, a quien con su lucha constante e inagotable le debo todos y cada uno de mis logros.

A mis hermanos Víctor Hugo; María del Belén y a mi sobrino Daniel Aldair quienes me han brindado muchas alegrías.

Ericka Tisalema Guamán

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cuidarme en cada momento, por bendecirme con unos padres excelentes por demás los mejores.

A mis padres que con su ejemplo de esfuerzo, lealtad y respeto me han dado las herramientas y han hecho posible este momento. A mi padre por enseñarme a superar con alegría y optimismo las dificultades de la vida; y a mi madre por su completa dedicación a sus hijos, por ser valiente y entregarse con todo su amor a formar un hogar.

A Missionpetroleum S.A., Fabricio, Yuri, Alexeis; Jonathan; Jefferson por su enseñanza, colaboración y facilidad para recopilar la información necesaria para la realización de este proyecto.

A cada una de los amigos y compañeros que compartieron mi vida estudiantil y laboral

Ericka Tisalema Guamán.

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general:	3
1.3.2	Objetivos específicos:	3

2. MARCO REFERENCIAL

2.1	Estado del arte	4
2.2	Fundamento legal	5
2.2.1	API 5CT	5
2.2.2	API 5B	5
2.2.3	API 5B1	6
2.3	Marco teórico	6
2.3.1	Proceso	6
2.3.2	SIPOC	6
2.3.3	Procedimientos	7
2.3.4	Roscado	7
2.3.5	Inspección visual	7
2.3.6	Inspección dimensional	7
2.3.7	Tubería	7
2.3.7.1	Tubería de línea (Line Pipe)	8
2.3.7.2	Tubería de revestimiento (Casing)	8
2.3.7.3	Tubería de producción (Tubing)	9
2.3.7.4	Conectores (Pup Joint)	9
2.3.7.5	Acoples (Coupling)	10
2.3.7.6	Accesorios (Accessories)	10
2.3.7.7	Proceso de fabricación de la tubería	11
2.3.7.8	Propiedades dimensionales de la tubería, conectores, acoples y accesorios ..	11
2.3.7.9	Grado del acero	12
2.3.7.10	Propiedades mecánicas	13
2.3.7.11	Presión hidrostática de prueba	15
2.3.8	Conexiones o juntas roscadas	16
2.3.9	Tipos de juntas	17
2.3.10	Tipos de rosca	18
2.3.11	Conexiones premium o propietarias	19
2.3.12	Conexiones API	19
2.3.12.1	Roscas API para tubería de conducción (Line Pipe LP)	20
2.3.12.2	Roscas API redondas (Round) para casing y tubing	20
2.3.13.1	Partes del hilo de la rosca	25
2.3.13.2	Diámetro de raíz en el extremo de la tubería (pin) y en el inicio del acople	26
2.3.14	Espesor crítico para accesorios	28

3. DISEÑO PARA CONECTORES, ACCESORIOS Y ROSCAS DE TUBERÍA DE PRODUCCION, REVESTIMIENTO Y LÍNEA

3.1	Requerimientos para certificación.....	29
3.1.1	Requisitos de especificación	29
3.1.2	Requisitos de cliente.....	30
3.2	Establecimiento de funciones del proceso	31
3.2.1	Flujo de roscado e inspección	31
3.3	Cálculo para roscas de tubería de producción, revestimiento y línea	31
3.3.1	Cálculo del diámetro de raíz al final del pin y al inicio de la caja	32
3.3.1.1	Roscas redondas y line pipe.....	32
3.3.1.2	Roscas buttress.....	39
3.3.2	Definición del espesor crítico para accesorios.....	43
3.3.2	Selección de espesor critico dominante en un accesorio	45
3.3.3	Determinación de la presión hidrostática de prueba	45

4. PROCESO Y PROCEDIMIENTOS DE ROSCADO E INSPECCIÓN DE ROSCAS PARA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN, REVESTIMIENTO Y LINEA

4.1	Proceso de roscado e inspección de conectores, accesorios y tubería de revestimiento, tubería de producción y línea	49
4.1.1	Proveedores (Suppliers).....	51
4.1.2	Entradas / insumos (Input).....	51
4.1.3	Proceso (Process.....	51
4.1.4	Salidas (Outputs.....	54
4.1.5	Clientes (Costumers).....	55
4.1.6	Transporte.....	55
4.2	Procedimientos de roscado e inspección de rosas para tubería de producción, revestimiento y línea.....	56
4.2.1	Procedimiento de roscado.....	56
4.3	Procedimiento de inspección de roscas	57
4.3.1	Inspección visual.....	57
4.3.1.1	Imperfecciones de rosca	57
4.3.1.2	Imperfecciones en el área del bisel.....	57
4.3.1.3	Imperfecciones del extremo del tubo (Interno y Externo).....	57
4.3.1.4	Imperfecciones del abocardado y cara de la caja	58
4.3.2	Inspección dimensional de rosca.....	58
4.3.2.1	Medición de conicidad.....	58
4.3.2.2	Medición del paso	58
4.3.2.3	Medición de altura.....	59
4.3.2.4	Calibrado de roscas	59
4.4	Procedimiento pruebas de desviación (drift) y pruebas hidrostáticas	60
4.4.1	Prueba de drift (mandril).....	60
4.4.2	Procedimiento de pruebas hidrostáticas.....	61
4.5	Procedimiento de marcación.....	62
4.5.1	Marcación del triángulo de torque.....	63
4.6	Procedimiento de protección de roscas	63

4.7	Implementación.....	63
4.7.1	Roscado.....	64
4.7.2	Inspección visual.....	65
4.7.3	Pruebas hidrostáticas y drift.....	66
4.7.4	Marcación, protección de roscas y almacenamiento.....	67

5. RESULTADOS

5.1	Calidad y variedad.....	68
5.1.1	Licencia API.....	69
5.2	Tiempo de respuesta al cliente.....	69
5.2.1	Tiempo de respuesta al cliente mediante la subcontratación del proceso.....	69
5.2.2	Tiempo de respuesta al cliente con el proceso de roscado e inspección.....	70
5.3	Análisis situacional de la empresa.....	71

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	74
6.1	Recomendaciones.....	75

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

LISTA DE TABLAS

Pág.

1.	Longitud para tubería y conectores de revestimiento y producción	12
2.	Longitud de tubería de línea	12
3.	Esfuerzo de fluencia y tensión para tubería de revestimiento y producción	14
4.	Esfuerzo de fluencia y tensión para tubería de línea	14
5.	Rangos de presión para conexiones roscadas internamente o salidas laterales	16
6.	Eficiencia de las juntas rosadas.....	18
7.	Medidas roscas buttress.....	27
8.	Requerimientos de instalación para diferentes tipos de fabricantes.....	29
9.	Requerimiento de inspección y pruebas	30
10.	Datos de roscas line pipe y round	32
11.	Altura y paso para roscas line pipe	34
12.	Dimensiones de altura de rosca redonda	34
13.	Parámetros técnicos para el caculo de d_1	35
14.	Dimensiones para roscas line pipe –pin	36
15.	Dimensiones para roscas external upset –pin	37
16.	Parámetros técnicos para el caculo de C	38
17.	Dimensiones para roscas line pipe –box	38
18.	Dimensiones para roscas external upset – box	39
19.	Datos de roscas buttress.....	40
20.	Parámetros técnicos para el caculo de d_1 rosca buttress	42
21.	Dimensiones para roscas buttress pin.....	42
22.	Dimensiones para roscas buttress –box.....	43
23.	Espesor crítico para acoples y accesorios con conexión roscada interna API.....	44
24.	Presión hidrostática de prueba para tubería de revestimiento y producción	46
25.	Máxima presión hidrostática de prueba.....	47
26.	Presión de prueba hidrostática para cuerpos.....	48
27.	Instrumentos y parámetros a medir	56
30.	Dimensiones para rosca 4 ½ EU pin	64
31.	Tiempo de subcontratación.....	70
32.	Tiempo de fabricación.....	71
33.	Fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Esquema SIPOC.....	7
2. Line pipe	8
3. Tipo de casing.....	9
4. Tubing	9
5. Conector (Pup Joint).....	10
6. Acople (Coupling).....	10
7. Accesorios- Cross over.....	10
8. Elementos de una conexión roscada.....	17
9. Junta Acopladas	17
10. Junta Integrales	18
11. Tipo de roscas	18
12. Perfil de rosca	19
13. Rosca Line pipe.....	20
14. Perfil rosca line pipe.....	20
15. Perfil de rosca redonda para casing y tubing	21
16. Diferencia entre la rosca LC y SC.....	21
17. Pin y caja rosca redonda NU.....	22
18. Pin y caja rosca redonda EU	22
19. Perfil de rosca buttress	23
20. Posiciones de torque.....	23
21. Partes de la rosca API 5B	24
22. Perfil general de una rosca.....	25
23. Roscado e inspección de roscas API 5CT/5B.....	31
24. Esquema de una conexión roscada line pipe (LP) y redonda (Rd)	32
25. Hilo de rosca	33
26. Dimensiones principales para el cálculo de d_1	35
27. Dimensiones principales para el cálculo de C	37
28. Esquema de una conexión roscada buttress (BC)	40
29. Hilo de rosca buttress	40
30. Dimensiones principales para el cálculo de d_1 - buttress	41
31. Dimensiones principales para el cálculo de C -buttress	43
32. Proceso de roscado e inspección.....	50
33. Formulario verificación dimensional para conexiones roscadas	52
34. Formulario pruebas hidrostáticas y drift.....	53
35. Medidor de conicidad encerado	58
36. Medición de paso en pin.....	59
37. Medición de paso en box	59
38. Medición de altura en la rosca	59
39. Calibrado para roscas de tubería de línea, revestimiento y producción.....	60

40.	Calibrado de roscas buttress para tubería de revestimiento.....	60
41.	Roscado de pup joint (conector)	64
42.	Parámetros técnicos para conector 4 ½ EU	65
43.	Inspección visual y dimensional en la rosca del pup joint.	65
44.	Registro de inspección.....	66
45.	Prueba hidrostática en pup joint.....	66
46.	Equipos de pruebas hidrostáticas	66
47.	Prueba de drift.....	67
48.	Prototipo de conectores y accesorios	67

LISTA DE ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
PSL	Product specification level (nivel de especificación del producto)
OCTG	Oil Country Tubular Good (Productos Tubulares para Países Productores de Petróleo)
BC	Conexión roscada buttres API 5B, para casing
BOP	Blow out preventer (preventor de reventones)
LC	Conexión roscada de acople largo API 5B, para casing
SC	Conexión roscada de acople corto API 5B, para casing
EU	Conexión roscada de con recalque externo API 5B, para tubing
NU	Conexión roscada de sin recalque API 5B, para Tubing
LP	Conexión roscada API 5B, para Tubing
SGC	Sistema de Gestión de Calidad

LISTA DE ANEXOS

- A** Tablas y figuras de requerimientos técnicos de especificación.
- B** Tablas de roscas API 5B
- C** Registros de verificación y pruebas de pup joint
- D** Certificado 5CT
- E** Manual guía

RESUMEN

El presente trabajo de titulación expone el desarrollo de procedimientos para roscado e inspección de roscas de tubería de producción, revestimiento y línea para la industria petrolera realizado en la empresa Missionpetroleum S.A. con la finalidad de disminuir la subcontratación del roscado e inspección de conexiones roscadas para tubing, casing y line pipe, estandarizar procesos, disminuir el tiempo de respuesta al cliente, incrementar una nueva línea de producción y obtener la certificación API 5CT. El método utilizado es la ingeniería concurrente en el desarrollo integrado de productos y proceso que consta de las siguientes etapas: Requisitos de especificación, establecimiento de proceso, cálculos, definición de proceso y desarrollo de procedimientos e implementación, de este último se obtienen los siguientes resultados: Calidad como resultado de la selección adecuada del proceso y se garantiza por la naturaleza de las instalaciones, la variedad más la certificación API 5CT al ofrecer el roscado e inspección en elementos roscados de cabezal de pozo, roscado de tubería de producción, revestimiento, fabricación de conectores y accesorios con roscas API, disminuir el tiempo de entrega al cliente de 5 y 13 días a 2 y 3 días de elementos roscados. El diámetro de raíz de una rosca API es un parámetro indispensable en la fabricación, es la base del cono para el maquinado del hilo permite conservar los parámetros de paso, altura, perfil, conicidad, stand off de acuerdo a API 5B.

El desarrollo de tabla para roscas API 5B y el manual de procedimientos permite la estandarización logrando eficiencia y eficacia de procesos. Se recomienda realizar el análisis costo-beneficio de la implementación del proceso y desarrollo de procedimientos de roscado e inspección de roscas API 5B/5CT.

PALABRAS CLAVES: <SUCUMBIOS (PROVINCIA)>, <SHUSHUFINDI (CANTÓN)>, <INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO (API)>; <ESPECIFICACIÓN PARA TUBING Y CASING (API 5CT)>; <ESPECIFICACIÓN PARA EL ROSCADO, CALIBRACIÓN E INSPECCIÓN DE ROSCAS (API 5B) >, <TUBERÍA DE REVESTIMIENTO (CASING)>, <TUBERÍA DE PRODUCCIÓN (TUBING)>, <TUBERÍA DE LINEA (LINE PIPE)>.

ABSTRACT

The present study exposes the development of procedures to the threaded and inspection of threads of production, coating and line pipes to the oil industry developed at Missionpetroleum S.A. Company with the purpose of reducing the threaded subcontracting and threads connection inspection to tubing, casing and line pipe and get the API 5CT certification. The method used in this study is the concurrent engineering in the integrated development of products and processes which consists in the following steps: specification requirements, setting up the process, calculation, process definition and procedure development and implementation, of the latter it gets the following results: Quality as a result of the proper selection of the process selection of the process and it is guaranteed by the nature of facilities, the variety plus the API 5CT certification to offer the threaded and inspection in the threads elements from wellhead, threads of production pipes, coating, manufacture of connectors and accessories with API threads elements. The root diameter of an API thread is essential parameter in the manufacturing, it is the base of cone for the machining of the strand, allow to conserve the step parameters, height, outline, conicity, stand off according to the API 5B.

The table development to the threads API 5B and the procedures manual allow the standardization achieving the efficiency and effectiveness of the process. This is recommended to carry out the cost-benefit analysis of the implementation process and the development of procedures of threaded and API 5B/ 5CT threads control.

Key words: <SUCUMBIOS (PROVINCE)>, <SHUSHUFINDI (CANTON)>, <INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO (API)>; < SPECIFICATION CASING AND TUBING (API 5CT)>; < SPECIFICATION TO THE THREADED, GAUGING AND INSPECTION OF THE THREADED (API 5B) >, < CASING>, < TUBING>, < LINE PIPE>.

GLOSARIO

Accesorios tubulares. Son elementos de completación de pozo, destinados a hacer frente a una serie de operaciones de fondo de pozo como fugas en la tubería, desgaste por erosión, mitigar el riesgo para la vida del pozo.

Box. Caja. Parte hembra de una conexión roscada.

Blow out preventer. Preventor de reventones Es una válvula de gran tamaño instalada en el extremo superior de un pozo, que puede cerrarse si la brigada de perforación pierde el control de los fluidos de formación.

Casing hanger. Colgador de tubería de revestimiento. Dispositivo circular provisto con conexiones roscadas, ubicado dentro del cabezal de pozo para suspender tubería de revestimiento.

Completación de pozo. Es el proceso mediante el cual se busca dotar al pozo, de equipo de subsuelo necesario y adecuado a fin de producirlo en forma óptima de una manera segura y rentable, con el objeto de drenar las reservas de hidrocarburo de los yacimientos e inyectar líquidos o gases

Crossover joint. Tubería de combinación. Tramo de tubería con un tipo de conexión en un extremo y diferente en el otro, que se emplea para cambiar de un tipo o tamaño de rosca a otro en una sarta de tubería.

Estencilado. Es una técnica artística que consiste en aplicar pintura sobre una superficie a través de plantillas con un dibujo recortado (patrón) para generar en serie un diseño presentado.

Insertos. Los insertos o plaquitas como también se los llama son herramientas de corte que ofrecen un mejor desempeño en el mecanizado. Son herramientas individuales con varios puntos de corte con diferentes formas: cuadrada, redonda, triangular.

Jump out. Salto de rosca. Es una situación de falla originada por una carga de tensión en la que se presenta la separación de la rosca del piñón o de la caja con poco o sin ningún daño sobre los elementos de la rosca

Galling. Desprendimiento de material. Condición de falla por el desgaste de los metales en contacto (interferencia de las roscas piñón-caja) durante las operaciones de manejo y apriete de las conexiones.

No go. Niples de asiento. Son niples de anclaje los cuales tienen una pequeña restricción pulida en su diámetro interno que permite que otro accesorio selle dentro de él. El Standing valve “válvula de pie” es un ejemplo de un accesorio utilizado dentro de un No go.

Tubing hanger. Colgador de tubería de producción. Elemento de acero con conexiones roscada conectado en el extremo superior de la cabeza de pozo que sirve de soporte para suspender tubería producción.

Pin. Piñón. La parte macho o rosca externa de una junta roscada.

Plug bull. Tapón. Tubo corto con rosca exterior y un extremo cerrado, se conectan temporalmente en el tubo para la operación de completación de pozo.

El reloj palpador. Instrumento que se utiliza en metrología para la comprobación de la planitud, concentricidad, de piezas mecanizadas. El reloj palpador va fijado a un gramil que se desliza sobre un mármol de verificación y con ello se pueden leer las diferencias de planitud que tiene una pieza cuando ha sido mecanizada.

Sliding sleeve nipple. Junta de circulación. Dispositivo colocado en una sarta de tubería de producción, operado por líneas de acero para abrir o cerrar orificios permitiendo la circulación entre la tubería de producción y el espacio anular o para abrir o cerrar alternativamente el pozo.

Standoff. Es la distancia medida axialmente entre el final del pipe o coupling o el número de hilos completos fuera de rosca con respecto a la posición o superficie de referencia del ring o plug gauge.

Top connector. También llamado tee cap es un elemento instalado en la parte superior del christmas tree “árbol de navidad” con el objetivo de proporcionar una conexión al manómetro para medir presión de cabeza. Es un acceso rápido, flexible utilizado como adaptador para realizar pruebas de fondo de pozo.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La economía ecuatoriana depende entre un 43% a 59 % de la exportación del crudo según la Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos (INREDH) con una producción de 525 mbppd (miles de barriles de petróleo por día) que representa el 7.4% de la producción sudamericana total, según proyecciones de Statical Review of World Energy. (Evaluación Estadística de la Energía Mundial) (EJAL, 2012).

En la industria Petrolera, la tubería se utiliza en la perforación, completación de pozo de exploración y producción de petróleo así como en el transporte y distribución de los hidrocarburos y gas natural. Según Tenaris se utilizan 16 millones de toneladas de OCTG y 10 millones de toneladas de Line Pipe. La misma que se conecta entre sí mediante conexiones roscadas y acoplamientos. (TENARIS, 2013 pp. 3,4)

En la actualidad las complejas condiciones y la alta inversión económica, humana y ambiental con las que operan las empresas en busca de nuevas reservas de petróleo hacen de la calidad y confiabilidad factores importantes es así que para garantizar el cumplimiento de las mismas además el funcionamiento de la tubería y conexiones roscadas el API (Instituto Americano del Petróleo) ha desarrollado estándares como las especificaciones 5CT, 5L y 5B, para establecer características y requerimientos técnicos de la tubería, el roscado y la inspección de conexiones.

En el Ecuador, las organizaciones encargadas de transformar tubería o elementos roscados basan sus criterios de aceptación del producto en las sugerencias y exigencias técnicas de API.

Missionpetroleum S. A. es una empresa ecuatoriana constituida oficialmente en abril del 2001 orientada al servicio de reparación, venta y alquiler de partes, equipos y herramienta para el sector petrolero e industrial bajo normas internacionales. En el 2004, dentro de la industria del petróleo la búsqueda de mercado y la satisfacción de las necesidades del

cliente promueven la calificación de la norma técnica API 6A desde entonces Missionpetroleum S.A. se ha convertido en la primera empresa ecuatoriana en fabricar y reparar cabezales de pozo de petróleo y árboles de surgencia con el respaldo de las especificaciones ISO 9001 sistema de gestión de la calidad, API Q1 especificación para los requisitos del sistema de gestión de calidad para organizaciones de manufactura de la industria petrolera y gas natural. Los cabezales de pozo den petróleo tienen elementos con roscas API, mismas que deben ser certificadas.

Para asegurar el cumplimiento de calidad, confiabilidad e intercambiabilidad de sus productos Missionpetroleum S.A. desarrollará y establecerá en su sistema de gestión de calidad: procedimientos, instructivos y registros de roscado e inspección de conexiones roscadas además los criterios de aceptación de producto están cimentados en las sugerencias y exigencias técnicas de API especificación 5CT, 5L, 5B, 5B1.

1.2 Justificación

La competitividad actual en el sector petrolero, los apretados cronogramas y la exigencia de calidad obliga a los fabricantes y procesadores a certificar sus productos.

Missionpetroleum S.A. al ser una empresa nacional encaminada a la obtención de la certificación API para roscado e inspección, reducción de costos por certificación de conexiones roscadas API e incremento de una nueva línea de producción pretende desarrollar procedimientos y registro de roscado e inspección de roscas de tubería de producción, revestimiento y línea bajo especificaciones API 5CT, y 5B.

Hoy en día Missionpetroleum subcontrata el roscado, inspección y certificación de conexiones roscadas en mandrel casing hanger, mandrel tubing hanger, tree cap y la fabricación de otros accesorios roscados

El desarrollo de los procedimientos de roscado e inspección permitirán: la implementación de la normas API especificación 5CT y aplicación de la especificación 5B para certificar conexiones roscadas API, disminuir el tiempo de respuesta al cliente, así también la aplicación de los procedimientos admitirá la estandarización del proceso perfeccionando el uso de herramientas y equipos para obtener resultados apropiados,

realizar adecuadamente el roscado e inspección y el registro correcto de datos en los formularios.

Se asegurará la intercambiabilidad y calidad de los productos mediante la inspección y verificación antes de la entrega al cliente

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Desarrollar procedimientos para roscado e inspección de roscas de tuberías de producción revestimiento y línea para la industria petrolera.

1.3.2 Objetivos Específicos:

-) Elaborar procedimientos para ejecutar el roscado e inspección de roscas para tubing, casing y line pipe.
-) Implementar el proceso para el roscado e inspección de roscas de tubería de producción (tubing), revestimiento (casing), línea (line), conectores y accesorios.
-) Fortalecer la selección de dimensiones y tolerancias para roscas de tubería de producción, revestimiento y línea mediante hojas electrónicas Excel.
-) Estructurar un manual guía a partir de resultados obtenidos en los objetivos anteriores como base para la obtención de la certificación API 5CT.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Estado del arte

En los párrafos siguientes se resumen trabajos previos con características similares empleados en empresas nacionales e internacionales, mismas que se resumen a continuación.

En el documento titulado, Procedimiento de inspección de tubería de perforación (drill pipe) causados por diferentes problemas dentro de un pozo en las instalaciones de INSEPECA Cía. Ltda., proporciona información teórica referente a materiales, clasificación, propiedades mecánicas. Se determina también la capacidad de resistencia de la tubería también se indica como inspeccionar y los cuidados de la tubería de perforación para alargar la vida útil. (VILLACRÉS, 2007)

En los procedimientos de inspección de tubería de perforación, tubería de producción y tubería de revestimiento utilizando ensayos no destructivos se realizó un estudio sobre el funcionamiento, aplicación de los ensayos no destructivos dentro de la inspección de tubería, las fallas y defectos más comunes encontrados en la tubería de perforación. Se detallan también los procedimientos y equipos necesarios para la inspección de tubería de perforación, revestimiento y producción. (ACOSTA, y otros, 2007)

En la industria petrolera las condiciones ambientales agresivas como: las bajas, altas temperatura y presiones o los ambientes corrosivos hacen que se desarrollen nuevas tuberías especializadas con roscas premium. En el documento, Importancia del uso de las conexiones premium en el diseño de pozos petroleros se exponen las ventajas de la utilización de las conexiones premium en la tubería de revestimiento y producción en la industria petrolera buscando el ahorro de tiempo e insumos. Abarca las características principales de estas conexiones utilizadas en la industria petrolera, es así, que se da a conocer las capacidades, rangos de fabricación (diámetros, librajes y grados de acero), el uso según el desempeño en el diseño del pozo. (RESENDIZ, 2012)

Debido a la importancia de la tubería y las conexiones roscadas en la industria petrolera a lo largo de los años, Tenaris una empresa Italiana dedicada al proceso y fabricación de tubería para el sector petrolero, ha desarrollado varios artículos como: manejo de roscas redondas, roscas buttress, limpieza de roscas, características y los factores que afectan la capacidad sellante de las uniones API, manuales para tubería de revestimiento y producción donde se encuentra información acerca de cómo manipular la tubería, las definiciones de diferentes conexiones roscadas y las propiedades de la tubería, etc.

2.2 Fundamento legal

El Instituto Americano de Petróleo (API) es una organización encargada del desarrollo de normas de petróleo y equipos de operación, se encarga de la certificación como fabricante de equipo de producción, perforación para que aplique monograma API sirviendo de guía para un sin número de industrias que de una u otra forma están involucradas en este campo. (Publications, Standards, and Statistics Overview, 2015)

2.2.1 *API 5CT*. Specification for casing and tubing (Especificación para tubería de revestimiento y producción) norma técnica de producto desarrollada por API para estandarizar la elaboración de tubulares. Aquí se encuentran las características y especificaciones técnicas para el proceso de fabricación, composición química, tratamiento térmico, propiedades mecánicas, ensayos destructivos y ensayos no destructivos aplicables al material.

Para producto terminado como: tubería, conectores, acoples y accesorios este documento detalla los métodos de inspección y pruebas que debe cumplir el fabricante. Esta especificación contiene además requisitos mínimos para certificación de varias categorías de fabricantes: fabricante de tubería, procesador, roscador, fabricante de acoples, conectores y accesorios.

2.2.2 *API 5B*. Specification for threading, gauging and thread inspection of casing, tubing and line pipe threads (Especificación para el roscado, calibración e inspección de roscas para tubería de revestimiento, producción y tubería de línea roscadas). Es una norma técnica de aplicación en cuyo contenido se encuentran los requisitos técnicos para

dimensiones y tolerancias de roscas. En esta especificación se hace referencia a equipos de medición de roscas métodos de inspección y verificación de las conexiones LC, SC, BC, NU, EU, LP además se indica los datos técnicos para la fabricación de calibres de trabajo (working ring and plug gauge).

Esta norma se limita a la inspección de roscas para tubing, casing y line pipe, por tanto, se enuncian los métodos de inspección dimensional, los parámetros técnicos útiles para los inspectores, personal de control de calidad al momento de adquirir los equipos de inspección

2.2.3 *API 5B1*. Recommended practice for gauging and inspection of casing, tubing and line pipe threads (Recomendación práctica para la calibración e inspección de roscas en tubería de revestimiento, producción y tubería de línea). La información contenida en esta práctica es útil para el uso de inspectores de tubería, personal de control de calidad, operador de la unidad de roscado, usuarios y compradores de OCTG y tubería de línea.

Se encuentra información necesaria para inspección de tubería de revestimiento, producción y línea, se indican las técnicas básicas del uso de calibradores típicos de rosca normalmente utilizados por los inspectores tanto en taller como en campo

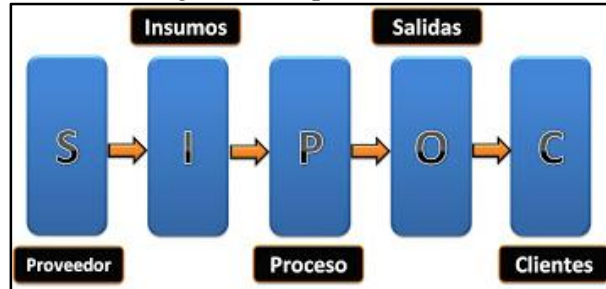
2.3 Marco Teórico

2.3.1 *Proceso*. Es un conjunto de actividades encaminadas a la transformación de un producto por medio del uso de recursos físicos, tecnológicos, humano dándole un valor agregado desde la materia prima (estado inicial) hasta la entrega al cliente.

2.3.2 *SIPOC*. Supplier, Input, Process, Output, Customers (figura 1) es un modelo usado para identificar y definir las actividades, los recursos para realizar un producto. Por medio de este diagrama se puede vincular los requisitos del cliente con los resultados obtenidos, proporcionando así un producto o servicio para satisfacción del cliente.

SIPOC como herramienta se aprovecha para sintetizar los procesos, identificar requerimientos técnicos, verificar el alcance del proceso, establecer los participantes del proceso.

Figura 1. Esquema SIPOC



<http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>

2.3.3 Procedimientos. Es un método documentado de una organización para llevar a cabo una actividad bajo condiciones controladas para lograr conformidad con los requisitos especificados por los clientes (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014 pp. 3).

2.3.4 Roscado. Es una operación realizada en el torno que consiste perfilar en su contorno surcos helicoidales de formas y tamaños diferentes mediante desprendimiento de viruta

2.3.5 Inspección Visual. Es el método de control no destructivo más utilizado, el instrumento principal para realizar esta actividad es el ojo humano. Se lo utiliza durante la manufactura para detectar discontinuidades superficiales como: marcas por uso de herramienta, abrasión, fallas de mecanizado.

2.3.6 Inspección dimensional. Es una actividad que tiene por objetivo verificar que el producto cumpla las dimensiones establecida por el fabricante en función de los requerimientos de cliente y de las normas técnicas.

2.3.7 Tubería. Es un elemento de acero hueco cilíndrico, se define por un diámetro y espesor nominal. Esta debe presentar características acorde a los riesgos y necesidades de la industria petrolera (RAMOS, 2012 pp. 3). La tubería se puede clasificar de la siguiente manera: tubería de línea, tubería de revestimiento y tubería de producción.

2.3.7.1 Tubería de Línea (Line Pipe)

Figura 2. Line pipe



Fuente: <http://hltpipe.com/es/products.html>

La tubería de línea se utiliza para transportar los hidrocarburos desde la salida del cabezal de pozo hasta la planta de almacenamiento, estación de bombeo, refinación o distribución según la figura 2. Esta tubería debe resistir la presión interna, corrosión interna y externa generada por el bombeo de los fluidos.

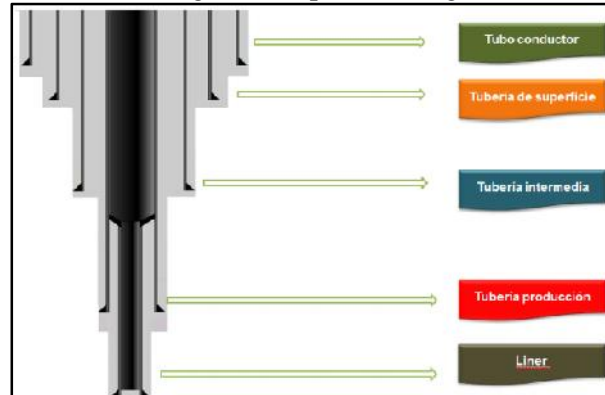
Se fabrica en diámetros desde 1/8 pulgadas hasta 80 pulgadas bajo especificaciones API, los métodos apropiados para unión de esta tubería son el roscado y soldadura aplicable generalmente para tubería mayores de 2 pulgadas.

2.3.7.2 Tubería de Revestimiento (Casing). Es una tubería utilizada para aislar zonas acuíferas, proteger de los desmembramientos de formaciones débiles, prevenir pérdidas de circulación y proporcionar anclaje para el equipo preventor de reventones (blow out preventor).

Se fabrican bajo especificaciones API garantizando que la tubería soporte carga de tracción, presión externa, presión interna por efectos del petróleo y gas. El método de unión entre casing's es el roscado.

La tubería de revestimiento se puede clasificar en función de su tamaño nominal en: Tubería de revestimiento guía de diámetro entre 20 y 18 5/8 pulg, tubería de revestimiento de superficie el diámetro de esta tubería varía entre 13 3/8 y 9 5/8 pulg, tubería de revestimiento intermedia el tamaño va de 10 3/4 a 9 5/8 pulg como indica la figura 3. (MARTÍNEZ, 2011 pp. 22).

Figura 3. Tipo de casing



Fuente: MARTÍNEZ, 2011

2.3.7.3 *Tubería de Producción (Tubing)*. Es utilizado para colgar el equipo de bombeo, llevar el fluido desde las zonas productivas hacia la superficie, soportar presiones de inyección. El tubing está sometido a carga de tensión presión interna, desgaste por el fluido bombeado y además son utilizados para colocar tapones de cemento, correr y anclar empaquetaduras. (WINTTMEYR, 2013).

Se fabrican bajo especificaciones API en tamaños nominales desde 1.050 a 4 ½ pulgadas según la tabla 33, el método de unión es el roscado que se puede presentar con juntas integrales o acoples en varios tipos de rosca.

Figura 4. Tubing



Fuente: <http://frackwire.com/well-casing-failure/>

2.3.7.4 *Conectores (Pup Joint)*. Es un tramo de tubería de revestimiento o de producción útil para completar una sarta de tubería se muestra en la figura 5, la longitud de los conectores puede variar entre 2, 3, 4, 6, 8,10 y 12 pies o longitud menor al rango 1 indicado en la tabla 1.

Los conectores o pup joint para tubería de línea deben ser mayor de 12 pulgadas y menor a 5 pies (API 5L, 2000, pp. 11).

Figura 5. Conector (Pup Joint)



Fuente: Autor

2.3.7.5 *Acoples (Coupling)*. Cilindro hueco roscado internamente por los dos extremos para unir dos tramos de tubería roscada como se presenta en la figura 6.

Figura 6. Acople (Coupling)



Fuente:<http://www.slottedliner.org/products/api-5ct-tubing-casing-and-coupling.html>

2.3.7.6 *Accesorios (Accessories)*. Son elementos con conexiones roscadas interna y externamente o combinadas. Se utilizan en la terminación del pozo para realizar operaciones en el fondo de pozo, se considera como accesorios a: crossover (figura 7), no go, sleeve sliding, standing valve, plug bull, etc.

Figura 7. Accesorios- Cross over



Fuente: Autor

2.3.7.7 *Proceso de Fabricación de la tubería.* El casing, tubing y line pipe se fabrican sin costura o con soldadura.

) *Tubería sin costura.* Proceso de fabricación donde se forma la tubería mediante laminado en caliente, permitiendo de esta manera la reducción uniforme del espesor de la tubería mediante la fuerza de compresión ejercida por rodillos y utilizando un patrón para controlar el diámetro interno (sin cordón de soldadura).

) *Tubería soldada eléctricamente.* Proceso de fabricación donde la tubería tiene un cordón de soldadura longitudinal producido por resistencia o inducción eléctrica. (RAMOS, 2012 pág. 4).

Para API 5CT y 5L: los conectores, acoples o accesorios deben fabricar necesariamente de elementos tubulares de acero sin costura.

2.3.7.8 *Propiedades dimensionales de la tubería, conectores, acoples y accesorios*

) *Diámetro exterior.* Es la medida externa del cuerpo de la tubería y conectores aun cuando la tubería es recalada en los extremos. En acoples el diámetro exterior determina el tamaño mínimo del agujero en el cual puede ser corrida la tubería.

) *Espesor.* Es el grosor de la pared de la tubería o accesorios, determina el tamaño máximo de la herramienta que puede introducirse por la tubería.

) *Diámetro del drift.* Es el diámetro máximo que tiene una tubería de revestimiento, producción, de línea para permitir el paso de una barra sólida (mandril) sin que se atasque en el interior de la tubería, asegura el paso de una mecha con diámetro menor o igual a él. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE , 2000 pág. 122).

) *Peso por unidad de longitud.* Es la relación entre una libra fuerza en un pie de longitud, útil para determinar las características de la tubería. Se designa en lb/ pie.

Para identificar el diámetro exterior, espesor, drift, peso de la tubería de revestimiento, producción y tubería de línea ver las tablas del Anexo A.

J) *Longitud.* API especifica tres rangos de longitud para tubería de revestimiento y producción siendo el más utilizado para reducir el número de conexiones el rango 3, al igual de establecer longitudes para conectores se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Longitud para tubería y conectores de revestimiento y producción

	Rango 1 [pie]	Rango 2 [pie]	Rango 3 [pie]
Tubería de revestimiento y producción	16 – 25	25 – 34	>34
Tubería de promedio	22	31	42
Conectores	Longitud: 2,3,4,6,8,10 y 12 [pie] Tolerancia: \pm 3 [pulgadas]		

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2012

Para tubería de línea o conducción API 5L establece la longitud nominal como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Longitud de tubería de línea

Longitud nominal [pie]	Longitud mínima [pie]	Promedio mínima de longitud [pie]	Longitud máxima [pie]
Tubos roscados y acoplados			
20	16	17.5	22.5
40	22	35	45
Las longitudes nominales de 20 pie están formalmente designadas como rango sencillo y los de 40 pie como rango doble.			

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE , 2000

2.3.7.9 *Grado del acero.* API ha adoptado una designación alfanumérica para distinguir los grados de tubería definiendo las características de esfuerzo de fluencia en KSI, a la vez indica sobre el tipo de acero y el tratamiento térmico que recibe la tubería durante la fabricación. Consiste en una letra seguida de un número, la letra fue asignada arbitrariamente para distinguir un grado de acero de otro, mientras que el número indica el mínimo esfuerzo de fluencia del acero en KSI.

Para tubería de revestimiento y producción se definen cuatro grupos de aceros como se indica en la tabla 3, se clasifican de acuerdo a las condiciones de servicio aproximados a los niveles especificados en la norma API 6 A, pág.24.

- J Grupo 1. Apropriado para ambientes con CO₂ <dióxido de carbono > (servicio dulce) y cantidad limitada de H₂S <sulfuro de hidrogeno> con presiones menores a 5000 PSI.

- J Grupo 2. Útil para ambientes con contenido de H₂S limitado en altas presiones o baja presión con contenido de H₂S elevado, abarca la tubería con un valor restringido de resistencia a la fluencia.

- J Grupo 3. Oportuno en ambientes de bajo contenido de H₂S con alta temperatura y presión, involucra la tubería de revestimiento y producción de alta resistencia sin costura, del grado P.

- J Grupo 4. Aplicaciones con alto contenido de H₂S, tubería de revestimiento y de servicio especial grado Q. (SCHLUMBERGER, 2014).

Para tubería de línea se distinguen los aceros como indica la tabla 4. La clase de acero para tubería de línea clase II (CL II) es fosfatizado, tiene mejores propiedades para ser roscado, tiene más contenido de fosforo esto provoca dificultad al doblar.

La composición química y tratamiento térmico se expone en las tablas del anexo A para la tubería.

2.3.7.10 *Propiedades Mecánicas*

- J Fluencia. Es el esfuerzo máximo que puede resistir un material sin causar deformación. Un material alcanza la fluencia o cedencia cuando experimenta una deformación permanente al aplicar una carga.

API como organismo regulador establece la fluencia y el esfuerzo último de tensión como se resume en las tablas 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3. Esfuerzo de fluencia y tensión para tubería de revestimiento y producción

Grupo	Grados	Esfuerzo de Fluencia [ksi]		Esfuerzo último de tensión [ksi]
		Min	Máx.	Min
1	H40	40	90	80
	J55	55	90	75
	K55	55	90	95
	N80	80	110	100
	R95	95	110	105
2	M65	65	85	85
	L80	80	95	95
	C 90	90	100	100
	T95	95	105	105
	C110	110	120	115
3	P110	110	140	125
4	Q125	125	150	135

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2012

Tabla 4. Esfuerzo de fluencia y tensión para tubería de línea.

Grados	Límite de fluencia min [ksi]	Esfuerzo de tensión min [ksi]
A25 Clase I y II	25	45
A	30	48
B	35	60
X42	42	60
X46	46	63
X52	52	66
X56	56	71
X60	60	75
X65	65	77
X70	70	82
X80	80	90

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2000

J) Tensión. Es una condición mecánica que puede ocasionar falla o ruptura de la tubería, se origina por la carga axial que se ejerce en forma perpendicular sobre el área de la sección transversal del tubo.

La resistencia a la tensión se toma como el producto del área de la sección transversal del cuerpo de la tubería y el mínimo esfuerzo de fluencia para cada grado de tubería. Según API 5C3, la tensión se define por la ecuación siguiente:

$$P_y = 0.7854(D^2 - d^2)Y_s \quad (1)$$

Donde:

P_y = Resistencia a la tensión (lb)

Y_s = Mínimo esfuerzo de fluencia para la tubería (lb/pulg²)

D = Diámetro exterior (pulg)

d = Diámetro interior (pulg)

2.3.7.11 *Presión hidrostática de prueba*

) En tubería y conectores. La prueba hidrostática es la presión a la que debe someterse la tubería o los conectores para certificar su hermeticidad sosteniendo la presión durante un tiempo establecido utilizando agua como fluido de prueba.

De conformidad con API 5CT se define la presión de prueba hidrostática según la fórmula que se muestra a continuación.

$$P = (2 * f * Y_s * t) / D \quad (2)$$

Donde:

P = Presión de prueba hidrostática (lb /pulg²)

f = factor 0,6 para grados H40, J55 y K55 más grandes que la designación 9-5/8 (pulg)

f = 0,8 para los demás grados y diámetros

Y_s = Resistencia mínima a la fluencia especificada para el cuerpo de la tubería (lb /pulg²)

D = Diámetro exterior (pulg)

t = Espesor de pared especificado (pulg)

) En elementos diseñados con conexiones roscadas internamente o salidas laterales. La prueba hidrostática se limita a los tamaños de rosca y las presiones de trabajo se muestra en la tabla 5 (Tabla 1 de la norma API 6A). Los valores no incluyen tubing and casing hangers.

Tabla 5. Rangos de presión para conexiones roscadas internamente o salidas laterales

Tipo de rosca	Medida nominal de tubería [pulg]	Medida de OD [mm]	Rango de presión de trabajo	
			[MPa]	[psi]
Line pipe/NPT (nominal size)	½	21.3	69.0	10 000
	¾ to 2	26.7 to 60.3	34.5	5 000
	2 ½ to 6	73.0 to 168.3	20.7	3 000
Tubing, non-upset and external upset round thread	1.050 to 4 ½	26.7 to 114.3	34.5	5 000
Casing (8 round, buttress and extreme line)	4 ½ to 10 ¾	114.3 to 273.1	34.5	5 000
	11 ¾ to 13 3/8	298.5 to 339.7	20.7	3 000
	16 to 20	406.4 to 508.0	13.8	2 000

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2004

En la tabla 5 se observa los diferentes tipos de roscas y el rango de trabajo de cada una de acuerdo con sus respectivos tamaños nominales. Por ejemplo: si tenemos tubing head spool (cabezal de tubería de producción) con salidas laterales de 2 LP la presión de trabajo de este elemento es de 5000 PSI.

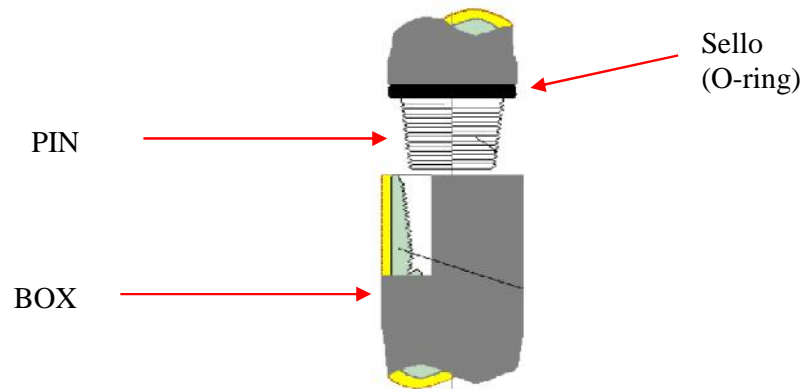
2.3.8 Conexiones o Juntas Roscadas. Según API, una conexión roscada es un método utilizado para mantener unidas mecánicamente dos piezas de tubería y debe mantenerse como un elemento monolítico. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010 pág. 4)

Las juntas o conexión están constituida por dos o tres elementos principales: un piñón, una caja roscada como se indica en la figura 8, se dice, que una junta también cuenta con un elemento de sello. El elemento roscado externamente se lo llama piñón (pin) mientras que el elemento roscado internamente se llama caja (box).

El sello en las conexiones roscadas API puede darse como se indica:

- J Sello resilente. Es el sello que realiza la conexión mediante un anillo u o-ring o materiales similares utilizados comúnmente para presiones excesivamente bajas.
- J Sello de interferencia. Se origina por la interferencia entre los hilos al momento de apretar debido a la conicidad del cuerpo de la junta, el sellado en este caso se da por la aplicación de grasa, lo cual llena los micros huecos entre los flancos de la rosca.

Figura 8. Elementos de una conexión roscada



Fuente: <http://achjjj.blogspot.com/2015/06/tuberia-de-produccion-tubing.html>

2.3.9 Tipos de Juntas. Las juntas más comunes en la industria del petróleo y gas natural son:

-) Juntas acoplada. Para el API son aquellas conexiones que integran un tercer elemento denominado acople (coupling) como se observa en la figura 9. Se máquina las roscas exteriores en los extremos de la tubería y se enrosca un acople en el extremo de tal manera que la tubería tendría un pin y una caja.

Figura 9. Junta Acopladas



Fuente: TENARIS, 2010

-) Juntas integrales. Son aquellas conexiones fabricadas en el mismo cuerpo del tubo que se unen un extremo de la tubería roscada exteriormente (piñón) y otro extremo de la tubería roscado internamente (caja) como se observa en la figura 10.

Figura 10. Junta Integrales



Fuente: MARTÍNEZ, 2011

La eficiencia de las juntas acopladas e integrales se basa en las recomendaciones de Tenaris Tamsa establecidas a continuación en la tabla 6:

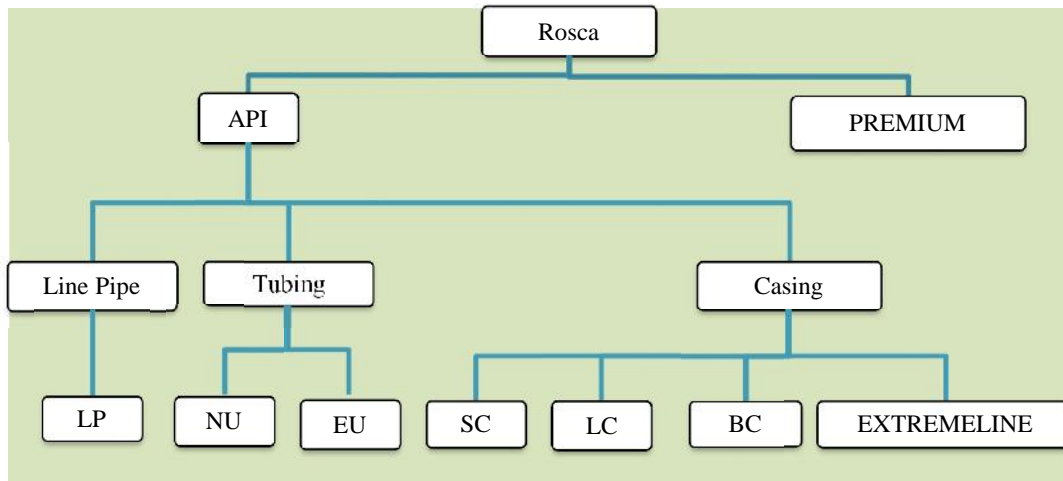
Tabla 6. Eficiencia de las juntas rosadas

Propiedades	Acoplada	Integrales		
		Lisas	Formadas	Recalcadas
Tensión	85-94%	55-65%	70-85%	100%
Compresión	100%	60 %	70%	100%

Fuente: TENARIS TAMSA, 2016

2.3.10 Tipos de Roscas. En la figura 11 se resume los tipos de rosca API 5B para line pipe, casing y tubing utilizadas en la industria petrolera nacional.

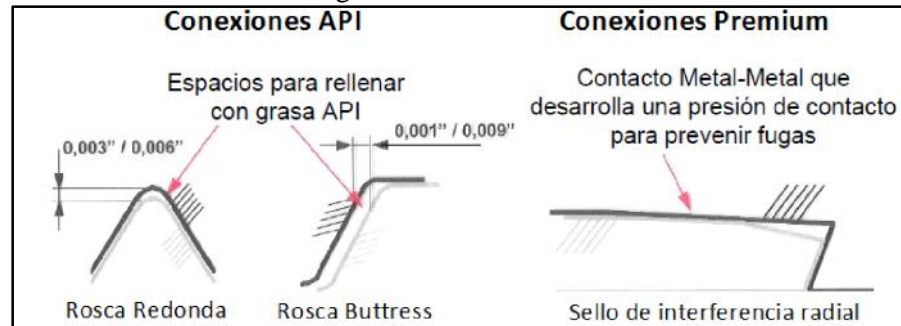
Figura 11. Tipo de roscas



Fuente: Autor

Las conexiones roscadas pueden clasificarse en API y premium según el perfil de rosca indicado en figura 12, se recomienda las conexiones roscadas API para presiones menores o igual a 5000 PSI y las premium para presiones mayores a 5000 PSI.

Figura 12. Perfil de rosca



Fuente: TENARIS, 2008

2.3.11 Conexiones Premium o propietarias. Las conexiones premium son juntas mejoradas respecto a las API y maquinadas por fabricantes que patentan el diseño de la rosca.

El diseño de la rosca premium integra elementos adicionales como sello y hombro que proporcionan a la junta características y dimensiones especiales. Este diseño disminuye el salto de rosca (jump out) en pozo con alto ángulo de desviación.

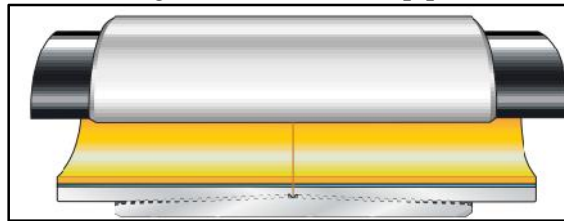
El sello mejorado (metal-metal) incrementa la resistencia a la presión interna y externa, disminuye esfuerzos tangenciales en acoples, evitar la turbulencia del flujo por cambios de diámetro interior, múltiples conexiones y desconexiones en pozo de pruebas.

2.3.12 Conexiones API. Las conexiones API son roscas empleadas para unir mecánicamente tramos de tubería en alineación axial. Estas roscas de dominio público; cualquier compañía o taller las pueden maquinar si cuenta con una licencia API.

Los cuatro estilos de roscas API indicadas en la figura 11, se encuentran bajo los parámetros de la especificación API 5B donde se explica sobre el perfil, dimensiones y tolerancias, una conexión roscada se compone también del material y factores geométricos (ver ítem 2.3.7) que se relacionan con las roscas como: diámetro externo, espesor, longitud del acople que están contemplados en la especificación 5CT.

2.3.12.1 Roscas API para Tubería de Conducción (Line Pipe LP)

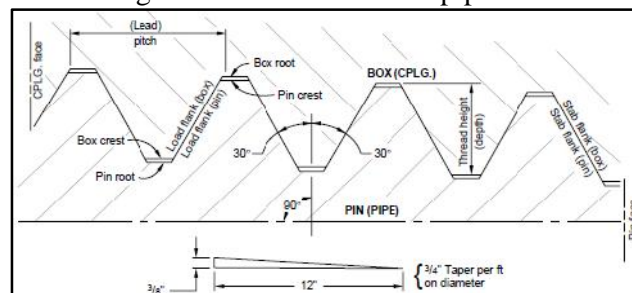
Figura 13. Rosca Line pipe



Fuente: TENARIS SIDERGLASS, 2003

La figura 13, muestra una rosca para tubería de conducción o tubería de línea es una conexión acoplada cuyo hilo de rosca tiene una forma en “V” con una inclinación entre flancos de 60°, la cresta y raíz son truncadas de cono paralelo a la conicidad de la conexión, su tamaño generalmente tienen 11 ½ y 8 hilos por pulgada con una conicidad de 3/4 por pie como indica la figura 14 según lo establecido en API 5B1, 1999, pág. 5.

Figura 14. Perfil rosca line pipe

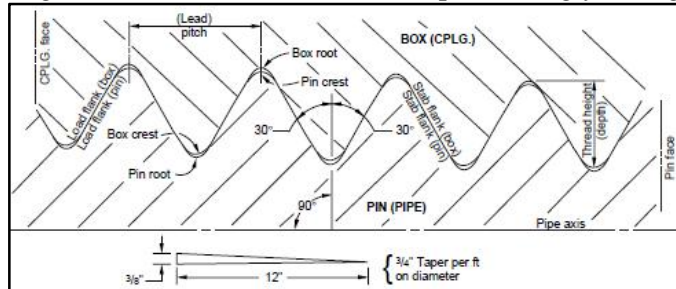


Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010

2.3.12.2 Roscas API Redondas (Round) para Casing y Tubing. Este tipo de roscas redondas generalmente son juntas acopladas Según API 5B estas roscas tienen hilo en forma de “V” cuyos flancos están a 60°, la cresta y raíz de los hilos tienen forma redonda tienen 10 y 8 hilos por pulgada con una conicidad de 3/4 por pie de diámetro como se indica en la figura 15. (TENARIS, 2008).

La forma redonda del perfil mejora la resistencia a las fugas, al desgaste por fricción, hace que las crestas sean menos susceptibles a daños menores e irregularidades de superficie de la rosca.

Figura 15. Perfil de rosca redonda para casing y tubing

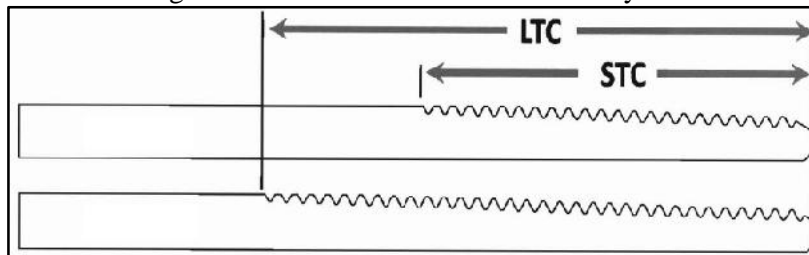


Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010

J Clasificación de Roscas Redondas para Casing y Tubing

- ✓ Roscas para Casing. Este tipo de roscas se fabrican en Casing, de 4 ½ a 20 pulgadas, se fabrican en tubo liso las conexiones LC (Long Thread Coupled) o roscas redondas de acople largo y para tubos con pared delgada las conexiones SC (Short Thread Coupled) o roscas redondas de acople corto de acuerdo a la figura 16. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010).

Figura 16. Diferencia entre la rosca LC y SC



Fuente: GAGEMAKER, 2013

Las roscas SC y LC, tiene el mismo diseño básico junta y rosca la única diferencia es la longitud de la rosca y el acople son más largos en la LC, por lo cual proporciona mayor resistencia a la tensión.

J Roscas para Tubing

- ✓ *NU (Non-Upset Tubing Thread)*. Conexión acopladas sin recalque exterior, el diámetro interior y exterior del tubo permanecen constantes. Ver figura 17.

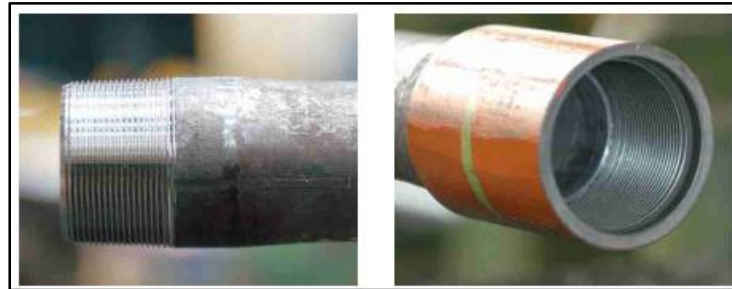
Figura 17. Pin y caja rosca redonda NU



Fuente: TENARIS,2008

- ✓ *EU (External Upset Tubing Thread)*. Conexión acopladas con recalque exterior para tuberías de producción, en ella el diámetro exterior de la tubería aumenta y el diámetro interior del tubo permanece constante. Ver figura. 18.

Figura 18. Pin y caja rosca redonda EU

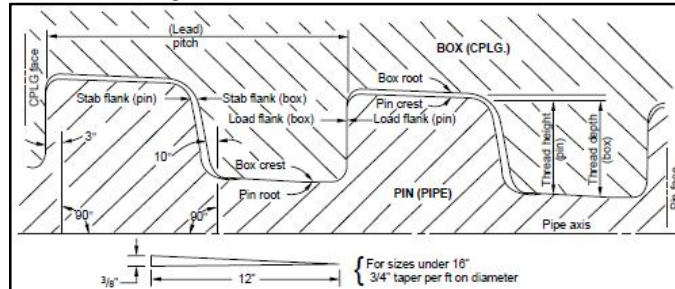


Fuente: TENARIS,2008

2.3.12.3 Roscas Buttress para Casing (BC). Las roscas trapecoidales o buttress son conexiones acoplada para tubería de revestimiento, los diámetros de 4-1/2 a 13-3/8 pulgadas tienen 5 hilos por pulgada en $\frac{3}{4}$ de conicidad por pie mientras que los diámetros de 16 pulgadas mayores tienen 1 pulgada de conicidad por pie. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010).

La forma cuadrada disminuye el deslizamiento de la rosca, proporciona una alta resistencia a la tensión, a las cargas de compresión, ofrece resistencia a las fugas. Los 3° del flanco de carga ofrece resistencia para el desacople por tensión axial, mientras los 10° del flanco de estabilización incrementa resistencia a la compresión además tienen crestas planas y raíces paralelas al eje del tubo como indica la figura 19. Esta conexión tiene una eficiencia 100%.

Figura 19. Perfil de rosca buttress

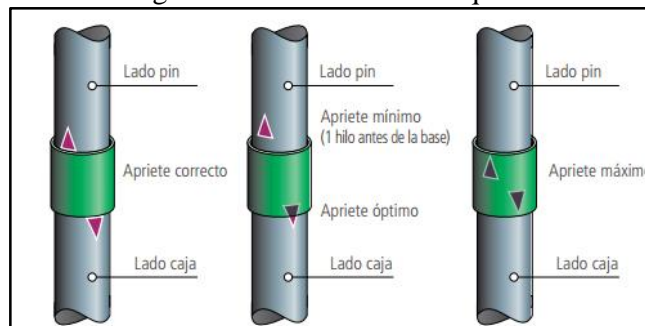


Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010

Un parámetro de gran importancia en las roscas BC es el apriete geométrico. Sobre la conexión pin se marca y un triángulo que sirve como referencia para el apriete.

El apriete se realiza según las posiciones mostradas en la figura 20 para garantizar un acoplamiento adecuado.

Figura 20. Posiciones de torque



Fuente: TENARIS, 2008

Luego de aplicar el torque en las conexiones buttress los resultados a obtener son:

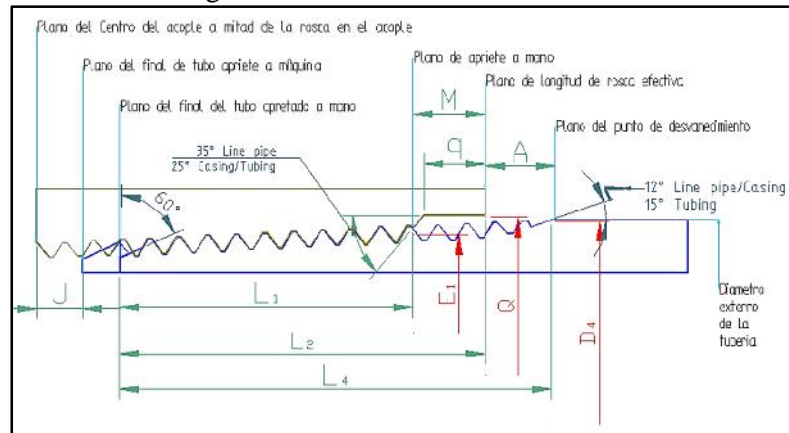
Apriete Óptimo. Se considera cuando el acople alcanza la base del triángulo.

Apriete Mínimo. Cuando el acople se localiza aproximadamente a un hilo antes de la base del triángulo.

Apriete Máximo. El acople se ubica sobre el vértice superior del triángulo.

2.3.13 Parte de la Rosca. Una rosca API presenta las partes principales indicadas en la figura 21 mismas que deben ser consideradas al momento de roscar e inspeccionar porque son las que permiten unir un tubo con otro, a la vez ejercer una junta hermética

Figura 21. Partes de la rosca API 5B

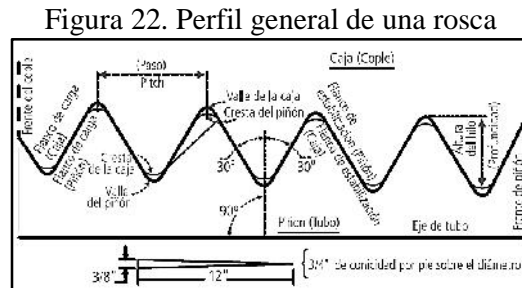


Fuente: Autor

-) **Punto de desvanecimiento.** Es el punto donde termina la rosca
-) **Longitud de rosca completa (L_4).** Es la distancia desde el extremo final de la tubería hasta el punto de desvanecimiento.
-) **Longitud de rosca efectiva (L_2).** Es la distancia donde los hilos de rosca tienen la altura completa, es decir, longitud de rosca carente de cualquier defecto que rompa su continuidad.
-) **Longitud en el plano de apriete a mano (L_1).** Es la distancia desde el extremo de la tubería hasta el punto donde avanza el pin dentro de caja cuando se aprieta a mano sin ayuda de herramienta
-) **Plano de apriete a máquina o plano de apriete mecánico.** Es el punto hasta donde avanza el pin dentro de la caja cuando se realiza el apriete con la ayuda de una herramienta o una máquina de torque.
-) **Diámetro en el plano de apriete a mano (E_1).** Es el diámetro medio en el plano de apriete a mano.

-) *Número de hilos visibles (A)*. Es la cantidad de hilos de rosca visible luego del apriete a mano.
-) *M*. Es la longitud desde la cara del acople (coupling) al plano de apriete a mano.
-) *Q*. Es el diámetro del ensanchamiento en el inicio del acople.
-) *q*. Longitud del ensanchamiento en el inicio del acople.

2.3.13.1 *Partes del hilo de la rosca*. La figura 22 representa el perfil general de la rosca API, donde se muestran las principales parte del hilo de rosca seguidamente se realiza una definición rápida de cada una.



Fuente: TENARIS, 2008

-) *Raíz*. Es el fondo de la rosca.
-) *Cresta*. Es el tope de una rosca.
-) *Flanco*. Superficie de rosca que conecta la raíz con la cresta.
-) *Paso de Rosca (p)*. Es la distancia entre dos hilos consecutivos paralela al eje axial de la rosca. La ecuación según API 5B para calcular el paso es:

$$p = \frac{1p}{n} \tag{3}$$

-) *Altura de Rosca (H)*.- Es la distancia entre la cresta y la raíz, es perpendicular al eje de la rosca. Ecuación definida en API 5B:

$$H = 0.866p \quad (4)$$

) *Angulo de Rosca.* Es el ángulo comprendido entre los flancos de rosca.

) *Números de hilos por pulgadas (n).* En ingles (taper per inch) TPI, es el número de hilos que tiene una conexión roscada en una pulgada de longitud.

) *Conicidad por pie (T).* En ingles (taper per foot,) TPF, es la variación del ángulo en un pie de longitud. Según API 5B.

$$T = T \quad * \frac{1p}{1 p} \quad (5)$$

) *Angulo de conicidad (ξ)*

$$\leftrightarrow = \tan^{-1} \frac{T}{2} \quad (6)$$

2.3.13.2 Diámetro de raíz en el extremo de la tubería (pin) y en el inicio del acople (box).

En una conexión roscada API, el diámetro de raíz en el pin (extremo de la tubería) es el diámetro menor y en el box (inicio del acople) es el diámetro mayor del cono formado antes de mecanizar el perfil de rosca. Este parámetro es la base para el roscado de la conexión, ya que, después de la manufactura la conicidad, altura del diente, paso, longitud y perfil debe encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en API 5B.

El diámetro de raíz se calcula de acuerdo con las ecuaciones definidas de la especificación API 5 C3 como se indica a continuación:

) Diámetro de raíz para roscas line pipe, round

Diámetro de raíz en pin o extremo de la tubería

$$d_1 = E_1 - (L_1)T + H - 2S_c \quad (7)$$

Donde:

E_1 = Diámetro de paso en el plano de apriete a mano (pulg)

L_1 = Longitud desde el extremo de la tubería hasta el plano de apriete a mano (pulg)

T = Conicidad hpor pie 0.0625 (pulg/pulg)

H = Altura del diente de rosca (pulg)

S_c = 0.017 para 10 TPI y 0.020 para 8 TPI

Diámetro de raíz para box o inicio del acople

$$C = E_1 - H + (M * T) + 2S_r \quad (8)$$

Donde:

E_1 = Diámetro de paso en el plano de apriete a mano (pulg)

M = Longitud desde la cara del acople (coupling) al plano de apriete a mano (pulg)

T = Conicidad por pie 0.0625 (pulg/pulg)

H = Altura del diente de rosca (pulg)

S_r = 0.014 para 10 TPI y 0.017 para 8 TPI

J Diámetro de raíz para roscas buttress

Diámetro de raíz de pin o extremo de la tubería para roscas buttress

$$d_1 = E_7 - (L_7)T + 0.062 \quad (9)$$

Donde:

E_7 = Diámetro de paso (pulg)

L_7 = Longitud de hilos perfectos (pulg)

T = Conicidad por pie (pulg/pulg)

Tabla 7. Medidas roscas buttress

	4 ½ pulg	5 a 13 3/8 pulg	sobre 13 3/8 pulg
T =	0.0625	0.0625	0.0833

Fuente: (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1999)

Diámetro de raíz para box o inicio del acople en roscas buttress

$$C = E_7 + (g * T) - 0.062 \quad (10)$$

Donde:

E_7 = Diámetro de paso (pulg)

g = Longitud de hilos imperfectos (pulg)

2.3.14 *Espesor crítico para accesorios*

) Para accesorios con rosca box y acoples de roscas API es el espesor en la raíz del hilo en la mitad del acople con base en el diámetro especificado del acople en las dimensiones establecidas de la rosca.

) Para tubería y accesorios con rosca pin el espesor crítico es el espesor de pared especificado.

En accesorios con roscas de diferente tamaño y configuración se debe establecer la menor relación entre el espesor y el diámetro exterior. La relación de espesor crítico se determina en base a la ecuación 10 (de acuerdo a lo que se especifica en el punto 7.6.6 de la norma API 5CT 9na edición).

$$t/D \quad (11)$$

Dónde

D = Diámetro exterior especificado (pulg)

t = Espesor de pared en esa sección (espesor critico) (pulg)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO PARA CONECTORES, ACCESORIOS Y ROSCAS DE TUBERÍA DE PRODUCCION, REVESTIMIENTO Y LÍNEA

El presente capítulo está orientado al desarrollo integrado del producto y procesos relacionado con la especificación o normas técnicas donde diseñar significa identificar y cumplir con requerimientos técnicos de especificación y los solicitados por el cliente, se detallan los cálculos requeridos para la ejecución del proyecto, se define e implementa el proceso y procedimientos para roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea donde se definen los criterios establecidos en las especificaciones técnicas del producto.

3.1 Requerimientos para certificación

3.1.1 *Requisitos de especificación.* Son un conjunto de parámetros establecido en la norma técnica de producto que se deben cumplir para garantizar la calidad y compatibilidad del producto. Los requerimientos mínimos que debe cumplir una instalación para ser calificada por API se indican en la tabla 8.

Tabla 8. Requerimientos de instalación para diferentes tipos de fabricantes

REQUERIMIENTOS DE ESPECIFICACIÓN API 5CT	
TIPOS DE FABRICANTE	REQUERIMIENTO
1. Roscador de tubería (Pipe threader)	<ul style="list-style-type: none">- Debe poseer una o varias máquinas capaces de roscar los extremos de la tubería a las dimensiones y tolerancias de API 5B.- Debe tener equipos e instalaciones necesarios para realizar marcación, acceso a instalaciones para: torque, pruebas hidrostáticas en la longitud total del tubo, prueba de drift, medición de longitud
2. Fabricante de acoples, conectores o accesorios (Coupling, pup joint or accessory manufacturer)	<ul style="list-style-type: none">- Un fabricante de acoples, conectores o accesorios debe operar equipos capaces de maquinarse y roscar productos de acuerdo a las dimensiones y tolerancias indicadas.- Los fabricantes de conectores deben tener acceso a instalaciones para pruebas hidrostáticas y prueba de drift.

Fuente: Autor

En la tabla 9 se resumen los requisitos de verificación y pruebas sugeridos en la especificación API 5CT.

Tabla 9. Requerimiento de inspección y pruebas

INSPECCIÓN Y PRUEBAS API 5CT														
ELEMENTOS	1. Análisis químico	2. Prueba de tensión	3. Prueba de dureza	4. Prueba de impacto	5. Prueba de aplastamiento	6. Inspección dimensional	7. Trazabilidad	8. Inspección visual	9. NDT superficiales	10. Serialización	11. NDT Volumétrico	12. Prueba de drift	13. Prueba hidrostática	14. Marcación
Tubería de revestimiento (Casing)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tubería de producción (Tubing)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Conector (Pup joint)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Accesorio (Accessory)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓

Fuente: Autor

3.1.2 Requisitos de cliente. El sistema de gestión de calidad está orientado en el enfoque al cliente debido a que las organizaciones dependen este y por lo tanto debería comprender las necesidades, satisfacer las necesidades y exceder las expectativas del cliente.

El requerimiento del cliente para la fabricación de accesorios tubulares se indica a continuación:

-)] Tipo de material. N80 (1), N80 (Q) y L80 (1)
-)] Nivel de especificación del producto: PSL2 API especificación 5CT
-)] Las roscas deben tener las dimensiones, tolerancias y haber cumplido con la inspección según API especificación 5B.

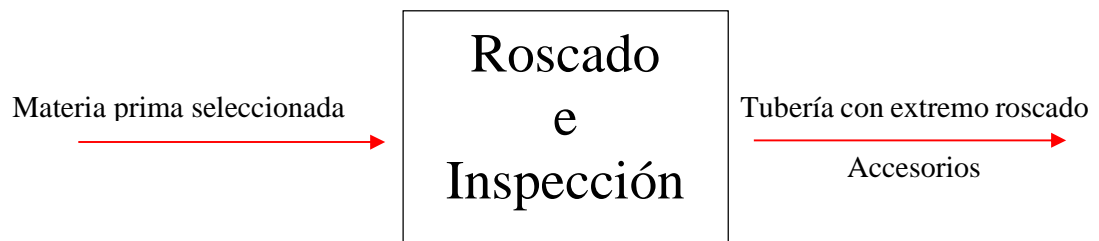
Considerando problema donde se subcontrata el roscado e inspección de roscas para casing, tubing, line pipe y observando los requerimientos de especificación en lo referente a tipos de fabricante así como los requerimientos del cliente. Missionpetroleum desarrolla lo procedimiento para roscado e inspección para lograr la certificación API 5CT como roscador de tubería para disminuir la subcontratación de roscado e inspección de roscas

para casing, tubing y line pipe, fabricante de conectores y accesorios en los grados N80(1), N80(Q) y L80 (1); PSL2 generando una nueva línea de producción(fabricación).

3.2 Establecimiento de funciones del proceso

Se estructura de manera general el propósito del proceso en la figura 23, es decir, enuncia el problema y se especifica la solución sin mayor detalle dejando a criterio del autor el desarrollo del proceso.

Figura 23. Roscado e inspección de roscas API 5CT/5B



Fuente: Autor

3.2.1 *Flujo de roscado e inspección.* Los flujos que circulan en el sistema son:

Flujo de entrada: La materia prima selecciona y aprobada, es decir, elementos tubulares sin conexiones roscadas que no permiten la unión con otros elementos, barras de acero.

Flujo de salida: Tubería con extremos roscados, diferentes accesorios con conexión y geometría determinada. Elementos aptos para unir equipo, completar la sarta de tubería.

Función principal: Roscar y certificar conexiones API 5CT / 5B.

3.3 Cálculo para roscas de tubería de producción, revestimiento y línea

En esta sección se establece los cálculos para determinar los parámetros de roscado y fabricación de conectores y accesorios.

En la fabricación de roscas API se debe tener en cuenta varios requisitos técnicos para que el mecanizado final permita obtener las dimensiones de roscas preestablecido en los estándares API. Entre los parámetros relevantes en el mecanizado de roscas API es el diámetro de raíz al final e inicio de rosca (diámetro de pique de roscas), presión de prueba hidrostática y el espesor crítico para accesorios

3.3.1 Cálculo del diámetro de raíz al final del pin y al inicio de la caja

3.3.1.1 Roscas redondas y line pipe. El objetivo de este ítem es el cálculo del diámetro en la raíz de la rosca en el extremo de la tubería y en el inicio del acople. Para el efecto en este documento se realizan los cálculos correspondientes a las roscas más utilizadas, la tabla 10 se muestra el número de hilos, la conicidad por pie para roscas line pipe y round

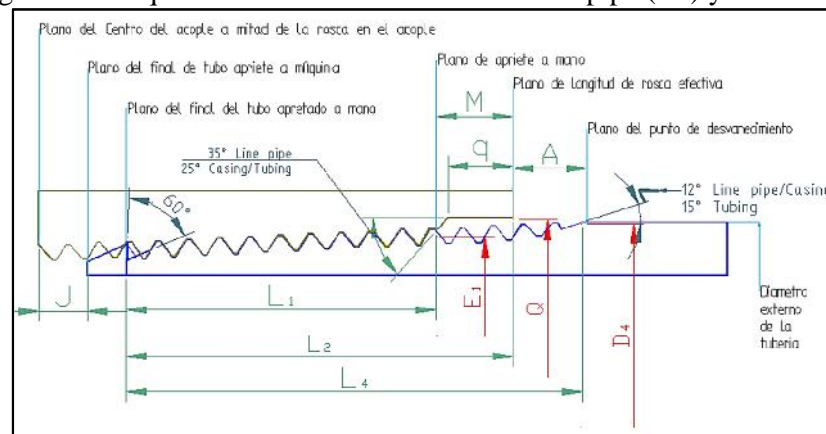
Tabla 10. Datos de roscas line pipe y round

Conexión	Medida nominal [pulg]	Denominación	Numero de hilos por pulgada	Conicidad por pie
Line Pipe	2	LP	11 ½	¾
Round	3 ½	EU	8	¾
	4 ½	EU	8	¾

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

J) Esquema: Se representa las partes de conexiones roscada LP y Rd

Figura 24. Esquema de una conexión roscada line pipe (LP) y redonda (Rd)

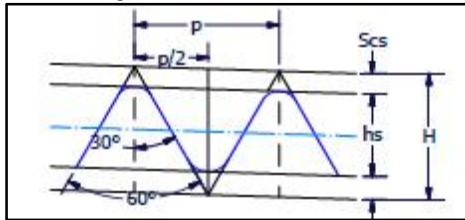


Fuente: Autor

) Desarrollo:

Los requisitos técnicos como: paso, altura, ángulo de rosca se representan en la figura 25.

Figura 25. Hilo de rosca



Fuente: Autor

Mediante la ecuación 3 y haciendo uso del número de hilos por pulgada de la tabla 10 se calcula el paso para roscas LP (line pipe) y EU (round)

Para rosca de 2 LP
$$p = \frac{1p}{1 \frac{1}{2}} = 0.0870 p$$

Para rosca de 3 ½ EU
$$p = \frac{1p}{8} = 0.125 p$$

Para rosca de 4 ½ EU
$$p = \frac{1p}{8} = 0.125 p$$

La altura de rosca line pipe y redonda se calcula con la ecuación (4) y el paso de rosca

Para 11 ½ TPI (LP)
$$H = 0.866p = 0.866(0.0870 p) = 0.0753 p$$

$$h_s = h_n = 0.760p = 0.760(0.0870 p) = 0.0661 p$$

Para 8 TPI (EU)
$$H = 0.866p = 0.866(0.125 p) = 0.10825 p$$

$$h_n = 0.626p - 0.007 = 0.626(0.125 p) - 0.007 = 0.07125 p$$

En la tabla 11 se resume la altura y paso de las roscas LP y en la tabla 12 para roscas EU.

Tabla 11. Altura y paso para roscas line pipe

ALTURA DE HILO					
[pulg]					
	8 T.P.I	11 1/2 T.P.I	14 T.P.I	18 T.P.I	27 T.P.I
H	0.1083	0.0753	0.0618	0.0481	0.0320
Hs = hn	0.0950	0.0661	0.0543	0.0423	0.0281
Srs = Srn	0.0041	0.0029	0.0024	0.0018	0.0012
Scs = Scn	0.0091	0.0064	0.0052	0.0041	0.0027
passo p	0.1250	0.0870	0.0714	0.0556	0.0370

Fuente: Autor

Tabla 12. Dimensiones de altura de rosca redonda

ALTURA DE HILO		
[pulg]		
	8 T.P.I	10 T.P.I
H	0.0866	0.10825
Hs = hn	0.0556	0.07125
Srs = Srn	0.0140	0.01700
Scs = Scn	0.0170	0.02000
passo p	0.100	0.125

Fuente: Autor

La conicidad de las roscas line pipe (LP) y redondas (EU) se obtiene mediante transformación de unidades según la ecuación 5

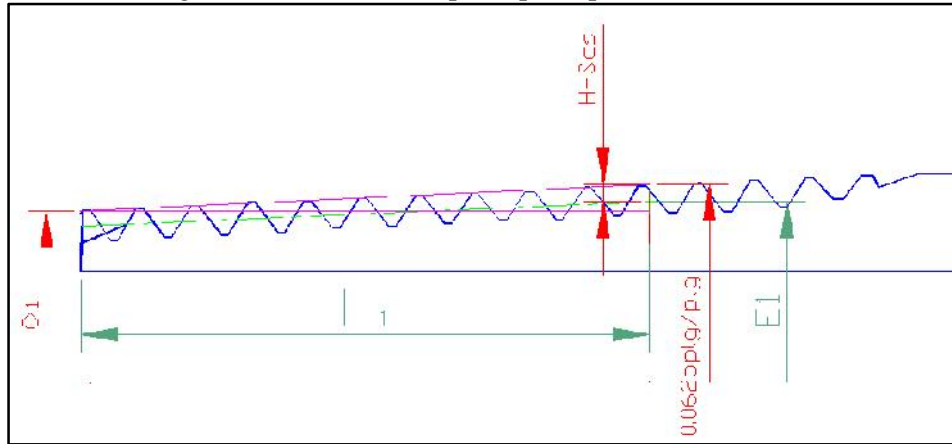
Para $\frac{3}{4}$ TPF

$$T = \frac{\frac{3}{4}p}{p} = \frac{\frac{3}{4}p}{p} * \frac{1p}{12p} = \frac{1p}{16p} = 0.0625 \frac{p}{p}$$

) Cálculo del diámetro de raíz en el extremo de la tubería pin (diámetro de pique)

Utilizando la ecuación 7 y con las dimensiones representadas en la figura 26 se realiza el cálculo de diámetro de raíz para el pin o extremo de la tubería (d_1).

Figura 26. Dimensiones principales para el cálculo de d_1



Fuente: Autor

En la tabla 13 se indican los parámetros técnicos como: diámetro, longitud en el plano de apriete a mano y holgura de rosca para el cálculo del diámetro de raíz extraídos de API 5B, 2008.

Tabla 13. Parámetros técnicos para el caculo de d_1

Tipo de rosca [pulg]	Diámetro E_1 [pulg]	Longitud L_1 [pulg]	Scs= fcs [pulg]
2 LP	2.29627	0.436	0.0063
3 ½ EU	3.66395	1.591	0.02
4 ½ EU	4.66395	1.841	0.02

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

Para obtener el diámetro de raíz en el pin de una rosca line pipe se procede a remplazar los parámetros de la tabla 10, 11 y tabla 13 en la ecuación 7

$$d_1 = 2.29627p - (0.436p)0.0625 + 0.0753p - 2 * 0.0063p$$

$$d_1 = 2.29627p - 0.02725p + 0.0753p - 0.0126p$$

$$d_1 = 2.332p$$

En la tabla 14 se indica los valores de dimensiones y diámetro de raíz pin para las diferentes medidas nominales de roscas line pipe (LP).

Tabla 14. Dimensiones para roscas line pipe –pin

LINE PIPE (LP)								
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. MAYOR [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PULGADA.	LONG. HASTA EL PUNTO DE DESVANECIMIENTO [pulg]	LONG. EFECTIVA [pulg]	LONG. EN EL PLANO APRIETE A MANO pulg	DIÁM. EN EL PLANO DE APRIETE A MANO pulg	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) pulg
	D₄	T.P.I.	T	L₄	L₂	L₁	E₁	d₁
1	1.315	11 ½	0.0625	0.9845	0.6828	0.400	1.2386	1.276
1 ¼	1.660	11 ½	0.0625	1.0085	0.7068	0.420	1.5834	1.620
1 ½	1.900	11 ½	0.0625	1.0252	0.7235	0.420	1.8223	1.859
2	2.375	11 ½	0.0625	1.0582	0.7565	0.436	2.2963	2.332
2 ½	2.875	8	0.0625	1.5712	1.1375	0.682	2.7622	2.810
3	3.500	8	0.0625	1.6337	1.2000	0.766	3.3885	3.431
3 ½	4.000	8	0.0625	1.6837	1.2500	0.821	3.8888	3.927
4	4.500	8	0.0625	1.7337	1.3000	0.844	4.3871	4.424

Fuente: Autor

Se procede a remplazar los datos y parámetros de las tablas 10,12 y 13 en la ecuación 7 para roscas redondas (EU) y así establecer el diámetro de raíz en el pin.

Para 3 ½ EU

$$d_1 = 3.66395p - (1.591p)0.0625 + 0.10825V - 2 * 0.0200p$$

$$d_1 = 3.66395p - 0.0994375p + 0.10825p - 0.0400p$$

$$d_1 = 3.633 p$$

Para 4 ½ EU

$$d_1 = 4.66395p - (1.841p)0.0625 + 0.10825p - 2 * 0.0200p$$

$$d_1 = 4.66395p - 0.1150625p + 0.10825pul_1 - 0.0400p$$

$$d_1 = 4.6171p$$

En la tabla 15 se indica los valores de las dimensiones y el diámetro de raíz para las diferentes medidas nominales de roscas pin (EU).

Tabla 15. Dimensiones para roscas external upset-pin

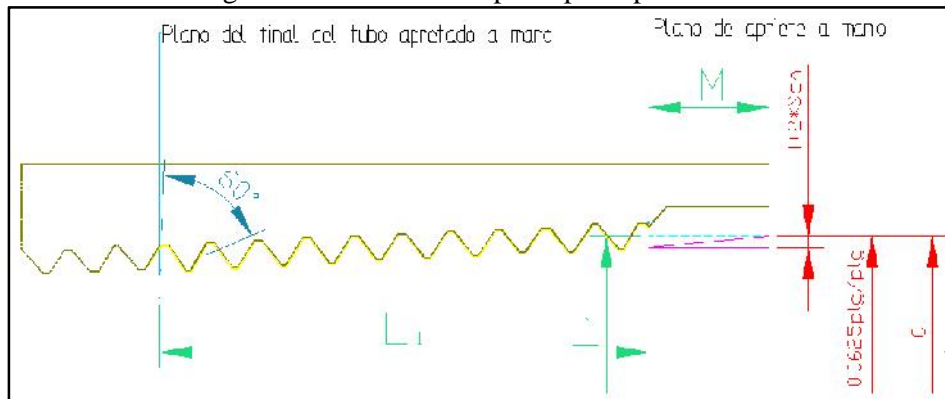
EXTERNAL UPSET (EU)								
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. MAYOR [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PIE	LONG. HASTA EL PUNTO DE DESVANECIMIENTO [pulg]	LONG. EFECTIVA [pulg]	LONG. EN EL PLANO APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. EN EL PLANO DE APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) [pulg]
	D₄	T.P.I.	T.P.F.	L₄	L₂	L₁	E₁	d₁
1.900	2.094	10	¾	1.438	1.269	0.792	2.032	2.035
2 3/8	2.594	8	¾	1.938	1.703	1.154	2.508	2.504
2 7/8	3.094	8	¾	2.125	1.890	1.341	3.008	2.992
3 1/2	3.750	8	¾	2.375	2.140	1.591	3.664	3.633
4	4.250	8	¾	2.500	2.265	1.716	4.164	4.125
4 1/2	4.750	8	¾	2.625	2.390	1.841	4.664	4.617

Fuente: Autor

) Cálculo del diámetro de raíz en inicio del acople - caja (box)

Utilizando la ecuación 8 y con las dimensiones representadas en la figura 27 se realiza el cálculo de diámetro de raíz para box o inicio del acople (C).

Figura 27. Dimensiones principales para el cálculo de C



Fuente: Autor

En la tabla 16 se indican los parámetros técnicos como: diámetro en el plano de apriete, longitud desde el inicio del acople hasta el plano de apriete a mano para el cálculo del diámetro de inicio del acople extraídos de API 5B, 2008.

Tabla 16. Parámetros técnicos para el caculo de C

Tipo de rosca [pulg]	Diámetro E ₁ [pulg]	M [pulg]	Scs= fcs [pulg]
2 LP	2.29627	0.3611	0.0063
3 ½ EU	3.66395	0.534	0.02
4 ½ EU	4.66395	0.534	0.02

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

Para obtener el diámetro de raíz box se procede a remplazar los datos de la tabla10, 11y la tabla 16 en la ecuación 8 para roscas line pipe

$$C = 2.29627p - 0.0753p + (0.3611p * 0.0625) + 2 * 0.0063p$$

$$C = (2.29627-0.0753 + 0.022572 + 0.0126)p$$

$$C = 2.256p$$

En la tabla 17 se indican las dimensiones y diámetro de raíz en box para las diferentes medidas nominales de roscas line pipe (LP).

Tabla 17 Dimensiones para roscas line pipe –box

LINE PIPE (LP)								
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. EXTERNO [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PIE	LONGITUD TOTAL [pulg]	PROFUN. DIDAD DIÁM DEL ACOUPLE [pulg]	DIÁM. DEL ACOUPLE [pulg]	LONG.CARA DEL ACOUPLE AL PLANO DE APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) [pulg]
	Wb	T.P.I.	T.P.F	NL/2	q	Q	M	C
1	1.576	11 1/2	3/4	1 5/16	0.2241	1.378	0.3235	1.196
1 1/4	2.054	11 1/2	3/4	1 3/8	0.2279	1.723	0.3275	1.541
1 1/2	2.200	11 1/2	3/4	1 3/8	0.2439	1.963	0.3442	1.781
2	2.875	11 1/2	3/4	1 7/16	0.2379	2.469	0.3611	2.256
2 1/2	3.375	8	3/4	2 1/16	0.4915	2.969	0.6392	2.712
3	4.000	8	3/4	2 1/8	0.4710	3.594	0.6177	3.337
3 1/2	4.625	8	3/4	2 1/16	0.4662	4.094	0.6127	3.837
4	5.200	8	3/4	2 1/4	0.4920	4.594	0.6397	4.337

Fuente: Autor

En el cálculo del diámetro de raíz en el inicio del acople (box) se reemplazan los datos de la tabla 10,12 y 16 en la ecuación 8 para roscas redondas (EU).

Para 3 ½ EU

$$C = 3.66395p - 0.10825p + (0.534p * 0.0625) + 0.020p$$

$$C = (3.664 - 0.10825 + 0.0337 + 0.020)p$$

$$C = 3.611p$$

Para 4 ½ EU

$$C = 4.66395p - 0.10825p + (0.534p * 0.0625) + 0.020p$$

$$C = (4.664 - 0.10825 + 0.0337 + 0.020)p$$

$$C = 4.611p$$

En la tabla 18 se indica los valores de las dimensiones y el diámetro de raíz para las diferentes medidas nominales de roscas (EU)

Tabla 18. Dimensiones para roscas external upset – box

EXTERNAL UPSET (EU)								
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. EXTERNO [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PIE	LONGITUD TOTAL [pulg]	PROFUN. DE DIÁM DEL ACOPLA [pulg]	DIÁM. DEL ACOPLA [pulg]	LONG. CARA DEL ACOPLA AL PLANOD E APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) [pulg]
	Wb	T.P.I.	T.P.F	NL/2	q	Q	M	C
1.900	2.500	10	3/4	1 15/16	5/16	2.156	0.446	1.990
2 3/8	3.063	8	3/4	2 7/16	3/8	2.656	0.534	2.453
2 7/8	3.668	8	3/4	2 5/8	3/8	3.156	0.534	2.953
3 1/2	4.500	8	3/4	2 7/8	3/8	3.813	0.534	3.611
4	5.000	8	3/4	3	3/8	4.313	0.534	4.111
4 1/2	5.563	8	3/4	3 1/8	3/8	4.813	0.534	4.611

Fuente: Autor

3.3.1.2 *Roscas Buttress*. Se calcula el diámetro en la raíz de la rosca en el extremo de la tubería (diámetro de pique) y en el inicio del acople. Para efecto se realizan los cálculos correspondientes a las roscas más utilizadas:

) Datos:

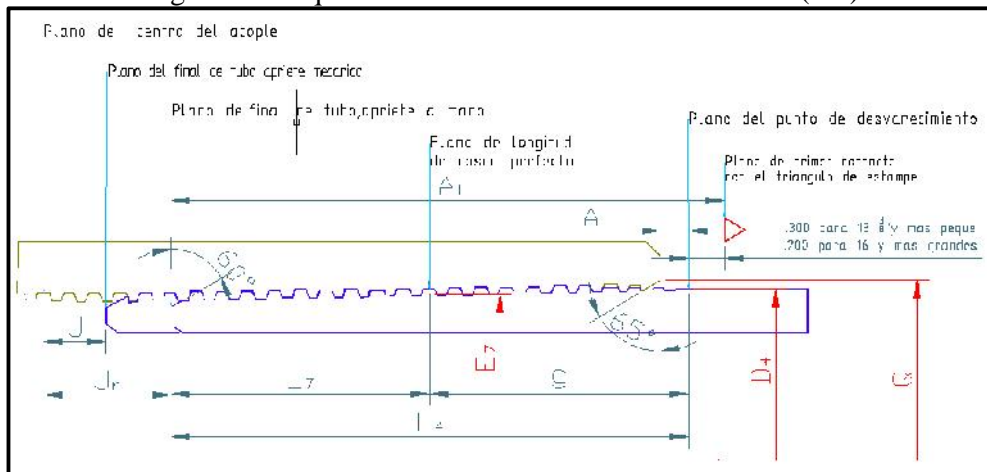
Tabla 19. Datos de roscas butress

Conexión	Medida nominal [pulg]	Denominación	Numero de hilos por Pulgada	Conicidad por pie
Buttress	9 5/8	BC	5	3/4

Fuente: (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008)

) Esquema:

Figura 28. Esquema de una conexión roscada buttress (BC)

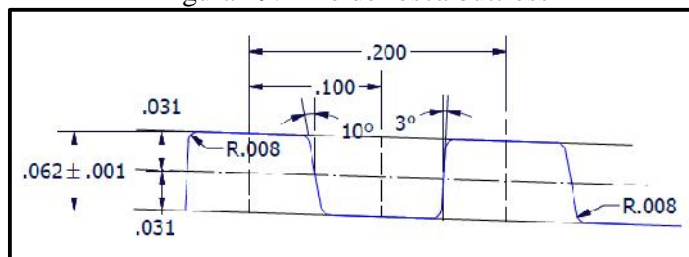


Fuente: Autor

) Desarrollo:

La figura 29 muestra el paso, altura y ángulo de rosca buttress.

Figura 29. Hilo de rosca buttress



Fuente: Autor

Mediante la ecuación 3 se calcula el paso y utilizando el número de hilos por pulgada de la tabla 19.

Para rosca de 9 5/8 BC

$$p = \frac{1p}{5} = 0.200 p$$

La altura de la rosca BC está establecida en: 0.062 pulg

La conicidad de las roscas buttress (BC) se obtiene mediante transformación de unidades según la ecuación 5.

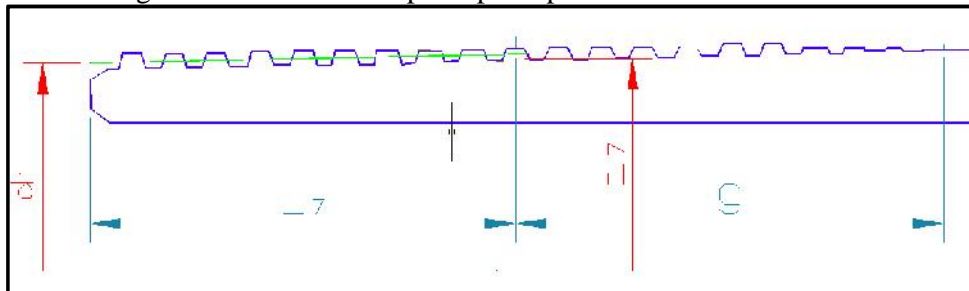
Para 3/4 TPF

$$T = \frac{\frac{3}{4}p}{p} = \frac{\frac{3}{4}p}{p} * \frac{1p}{12p} = \frac{1p}{16p} = 0.0625 \frac{p}{p}$$

J Cálculo del diámetro de raíz en el extremo de la tubería (pin)

Utilizando la ecuación 9 y con las dimensiones representadas en la figura 30 se realiza el cálculo de diámetro de raíz para el pin o extremo de la tubería (d_1).

Figura 30. Dimensiones principales para el cálculo de d_1 - buttress



Fuente: Autor

En la tabla 20 se indican el valor de los parámetros técnicos mostrados en la figura 30 como: diámetro y longitud en el plano de longitud perfecta de rosca para el cálculo del diámetro de raíz en roscas buttress extraídos de API 5B, 2008.

Tabla 20. Parámetros técnicos para el caculo de d_1 rosca buttress

Tipo de rosca [pulg]	Diámetro E_7 [pulg]	Longitud L_7 [pulg]	G [pulg]
9 5/8	9.579	2.5285	1.984

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

Se reemplaza los datos y parámetros de la tabla 20 en la ecuación 9 para roscas buttress

$$d_1 = 9.579 p - 2.529 p * 0.0625 + 0.062 p$$

$$d_1 = 9.483 p$$

Se indican las dimensiones y diámetro de raíz del pin de la rosca buttress; en la tabla 21.

Tabla 21. Dimensiones para roscas buttress pin

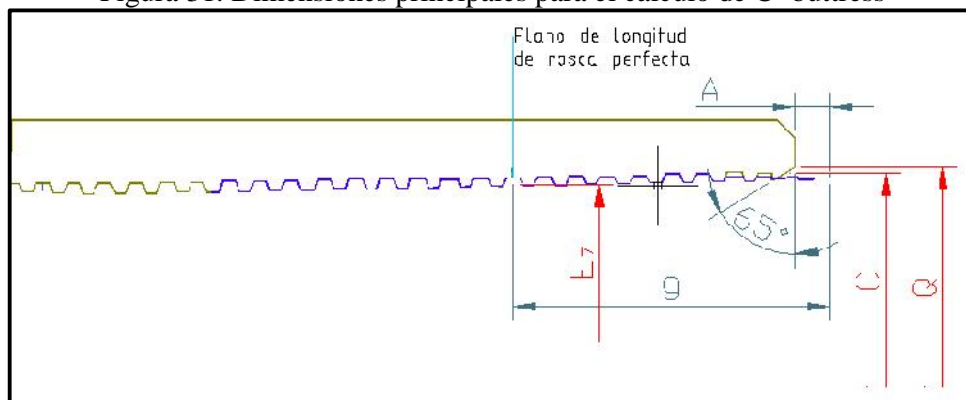
BUTTRESS (BC)									
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. MAYOR [pulg]	HILOS POR PULG.	CONICIDAD POR PIE	DIÁM. EN EL PLANO DE APRIETE A MANO [pulg]	LONG. AL TRIÁNGULO [pulg]	LONG. ROSCA PERFECTA [pulg]	LONG. ROSCA IMPERFECTA [pulg]	LONG. EN PUNTO DE DESVANECIMIENTO [pulg]	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) [pulg]
	D_4	T.P.I.	T.P.F	E_7	A_1	L_7	g	L_4	d_1
4 1/2	4.516	5	3/4	4.454	3 15/16	1.654	1.984	3.638	4.413
5	5.016	5	3/4	4.954	4 1/16	1.779	1.984	3.763	4.905
5 1/2	5.516	5	3/4	5.454	4 1/8	1.841	1.984	3.825	5.401
6 5/8	6.641	5	3/4	6.579	4 5/16	2.029	1.984	4.013	6.514
7	7.016	5	3/4	6.954	4 1/2	2.216	1.984	4.200	6.878
7 5/8	7.641	5	3/4	7.579	4 11/16	2.404	1.984	4.388	7.491
8 5/8	8.641	5	3/4	8.579	4 13/16	2.529	1.984	4.513	8.483
9 5/8	9.641	5	3/4	9.579	4 13/16	2.529	1.984	4.513	9.483

Fuente: Autor

) Desarrollo de cálculo para box o inicio del acople

Utilizando la ecuación 10 y con las dimensiones representadas en la figura 31 se realiza el cálculo de diámetro de raíz para box o inicio del acople (C)

Figura 31. Dimensiones principales para el cálculo de C -buttress



Fuente: Autor

$$C = 9.579p + 1.984p * 0.0625 + 0.062p$$

$$C = 9.641p$$

En la tabla 22 se indican las dimensiones para el cálculo el diámetro de raíz en el box para roscas buttress.

Tabla 22. Dimensiones para roscas buttress –box

BUTTRESS (BC)							
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIAMETRO EXTERIOR [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PIE	LONGITUD TOTAL [pulg]	DIÁMETRO DE RECESO [pulg]	LONG. DE HILOS PERFECTOS [pulg]	DIÁM. DE PIQUE [pulg]
	W	T.P.I.	T.P.F	NL/2	Q	G	C
4 1/2	5.000	5	3/4	4.438	4.640	1.984	4.516
5	5.563	5	3/4	4.563	5.140	1.984	5.016
5 1/2	6.050	5	3/4	4.625	5.640	1.984	5.516
6 5/8	7.390	5	3/4	4.813	6.765	1.984	6.641
7	7.875	5	3/4	5.000	7.140	1.984	7.016
7 5/8	8.500	5	3/4	5.188	7.765	1.984	7.641
8 5/8	9.625	5	3/4	5.313	8.765	1.984	8.641
9 5/8	10.625	5	3/4	5.313	9.765	1.984	9.641

Fuente: Autor

Las diferentes medidas y tolerancias para cada una de las roscas se detalla en las tablas de roscas API 5B y en el anexo B.

3.3.2 *Definición del espesor crítico para accesorios.* Dentro de la fabricación de accesorios se recomienda determinar el espesor crítico de los accesorios con conexiones roscadas de diferente configuración y/o tamaño.

) Espesor crítico para acoples y accesorios con rosca interna o box

Los valores de espesor crítico (de acuerdo a 7.3.2 de API 5CT) para acoples con roscas API se resume en la tabla 23 (tabla E7 de API 5CT 9na edición). Estos valores de igual manera se tendrán en cuenta para los accesorios con rosca interna API.

Tabla 23. Espesor crítico para acoples y accesorios con conexión roscada interna API

Designación [pulg]	Espesor crítico para acoples [pulg]						
	NU	EU	Holgura especial		BC	LC	SC
			EU	BC			
1.050	0.169	0.211	-	-	-	-	-
1.315	0.211	0.258	-	-	-	-	-
1.660	0.239	0.240	-	-	-	-	-
1.900	0.196	0.251	-	-	-	-	-
2 3/8	0.304	0.300	0.224	-	-	-	-
2 7/8	0.380	0.358	0.254	-	-	-	-
3 1/2	0.451	0.454	0.294	-	-	-	-
4	0.454	0.458	-	-	--	-	-
4 1/2	0.435	0.493	-	0.259	0.322	0.349	0.337
5	-	-	-	0.266	0.360	0.392	0.372
5 1/2	-	-	-	0.268	0.356	0.389	0.370
6 5/8	-	-	-	0.274	0.469	0.508	0.485
7	-	-	-	0.280	0.420	0.458	0.430
7 5/8	-	-	-	0.348	0.536	0.573	0.546
8 5/8	-	-	-	0.352	0.602	0.647	0.612
9 5/8	-	-	-	0.352	0.602	0.657	0.614
10 3/4	-	-	-	0.352	0.602	-	0.618
11 3/4	-	-	-	-	0.602	-	0.618
13 3/8	-	-	-	-	0.602	-	0.618
16	-	-	-	-	0.667	-	0.632
18 5/8	-	-	-	-	0.854	-	0.819
20	-	-	-	-	0.667	0.673	0.634

NOTA: el espesor del acople sin terminar es mayor que el indicado arriba debido a la altura de la rosca y a la tolerancia de fabricación

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2012

Para encontrar el espesor crítico en la tabla 23 debemos tener definido el tipo, tamaño de rosca interna API determinar el valor de espesor crítico.

Ejemplo: En un accesorio con rosca box 4 1/2 EU tenemos un diámetro crítico de 0.435pulg.

) El espesor crítico para tubería y accesorios con rosca externa o pin

Se definido como el espesor de pared de la tubería tabulado en las tablas E₁ y E₂ (tablas anexo A) de API 5CT 9na edición.

3.3.2 Selección de espesor crítico dominante en un accesorio

El espesor crítico se basan en el espesor de la sección transversal del accesorio que tenga la menor relación y se determina por la ecuación 11.

$$t/D$$

Ejemplo:

Crossover 3-1/2 EU pin x 2-7/8 EU box, L80 PSL2

De acuerdo con la tabla 23 (tabla E7 de API 5CT) el espesor crítico para 2-7/8 EU box es 0.358 pulg entonces:

$$\frac{t}{D} = \frac{0.358 p}{2.875 p} = 0.1245$$

De acuerdo con la tabla 32 el espesor crítico para 3-1/2 EU pin es 0.254 pulg entonces:

$$\frac{t}{D} = \frac{0.254 p}{3.5 p} = 0.0725$$

Por lo tanto el espesor crítico será 0.254 pulg correspondiente a la rosca 3-1/2 EU pin, revisar anexo C.

3.3.3 Determinación de la presión hidrostática de prueba

) Para tubería y conectores. Se realiza el cálculo de presión hidrostática de inspección en planta o pruebas de fabricación por medio los datos establecidos en la tablas 3, 34,35 y sustituidos en la ecuación 2:

En la tabla 24 se muestra la presión hidrostática de prueba, para los diferentes diámetros y grados de tubería de producción y revestimiento.

Tabla 24. Presión hidrostática de prueba para tubería de revestimiento y producción

PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE PRUEBA						
Medida nominal/ tipo de conexión	Grado de Acero	Factor	Resistencia mínima a la fluencia	Espesor de pared	Diámetro exterior	Presión de Prueba
[pulg]			[lb/pulg ²]	[pulg]	[pulg]	[lb/pulg ²]
Tubería de producción (tubing)						
		F	Y_S mín	t	D	P
4 1/2 - EU	L80	0.8	80000	0.271	4.5	7708.4
	N80	0.8	80000	0.271	4.5	7708.4
	N80Q	0.8	80000	0.271	4.5	7708.4
3 1/2 -EU	L80	0.8	80000	0.254	3.5	9289.1
	N80	0.8	80000	0.254	3.5	9289.1
	N80Q	0.8	80000	0.254	3.5	9289.1
Tubería de revestimiento (casing)						
		F	Y_S mín	t	D	P
5 1/2 - LC, SC,BC 17 [lb*pie]	L80	0.8	80000	0.304	5.5	7074.9
	N80	0.8	80000	0.304	5.5	7074.9
	N80Q	0.8	80000	0.304	5.5	7074.9
7 - LC, SC,BC 26 [lb*pie]	L80	0.8	80000	0.362	7	6619.4
	N80	0.8	80000	0.362	7	6619.4
	N80Q	0.8	80000	0.362	7	6619.4
20 - LC,SC 94 [lb*pie]	H40	0.6	40000	0.438	20	1051.2

Fuente: Autor

Para la tubería de línea (line pipe) se realiza el mismo calculo tomando en cuenta los datos de la tabla 4 y tabla A3.

El límite de presión hidrostática de prueba para los diferentes grados y tamaños nominales de tubería y conectores se observa en la tabla 25 estos valores varía conforme a la resistencia a la fluencia de cada grado de acero.

Tabla 25. Máxima presión hidrostática de prueba

MÁXIMA PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE PRUEBA			
Grado de Acero	Medida nominal	Resistencia mínima a la fluencia	Máxima presión de prueba
	[pulg]	[lb/pulg ²]	[lb/pulg ²]
Tubería de línea (line pipe)			
		Y_s mín	P_{máx} estándar
A y B	2-3/8 a 3-1/2	60000	2500
	sobre 3-1/2	60000	2800
X	4-1/2 y menores	60000	3000
	6-3/8 a 8-3/8	75000	3000
	10-3/4 a 18	85000	3000
	20 y mayores	90000	3000
Tubería de revestimiento y producción (casing & tubing)			
H40, J55 y K55	9-5/8 y menores	80000	3000
	10-3/4 y mayores	60000	3000
L80 y N80	Todos los tamaños	80000	10000
C75	Todos los tamaños	80000	10000
C90	Todos los tamaños	80000	10000
P110	Todos los tamaños	80000	10000
Q195	Todos los tamaños	80000	10000

Fuente: Autor

) Para elementos diseñados con conexiones finales y salida roscadas internamente

Tomando como base la tabla 5 para presión de trabajo y con el tamaño nominal de la conexión se acude a la tabla 26 (tabla 19 de api 6A) para determinar la presión de prueba.

La tabla 26 contiene el rango de presión hidrostática de trabajo, la denominación y el tamaño de la rosca; con estos parámetros se ingresa a la tabla y se identifica el valor de prueba de presión hidrostática.

Por ejemplo: La presión de trabajo para una rosca 2 LP en un tubing head spool (cabezal de tubería de producción) es 5000 PSI, se identifica en la tabla 26 el valor de presión de prueba hidrostática es 7500 PSI

Tabla 26. Presión de prueba hidrostática para cuerpos

Rango de presión de trabajo		Conexiones finales y salidas laterales											
		Medida nominal de brida mm [pulg]				Roscas para tubería de línea y producción		Roscas de tubería de revestimiento mm [pulg]					
		346 (13 5/8) y más pequeño		425 (16 3/4) y más grande				114.33 a 273.1 (4½ a 10¾)		298.5 a 339.7 (11¾ a 13 3/8)		406.5 a 508.0 (16 a 20)	
MPa	psi	MPa	Psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	Psi	MPa	psi	MPa	psi
13.8	2000	27.6	4000	20.7	3000	27.6	4000	27.6	4000	27.6	4000	15.5	2250
20.7	3000	41.5	6000	31.0	4500	41.5	6000	41.4	6000	31.0	4500	-	-
34.5	5000	51.7	7500	51.7	7500	51.7	7500	51.7	7500	-	-	-	-
69.0	10000	103.5	15000	103.5	15000	103.5	15000	-	-	-	-	-	-
103.5	15000	155.0	22500	155.0	22500	-	-	-	-	-	-	-	-
138.0	20000	207.0	30000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2004

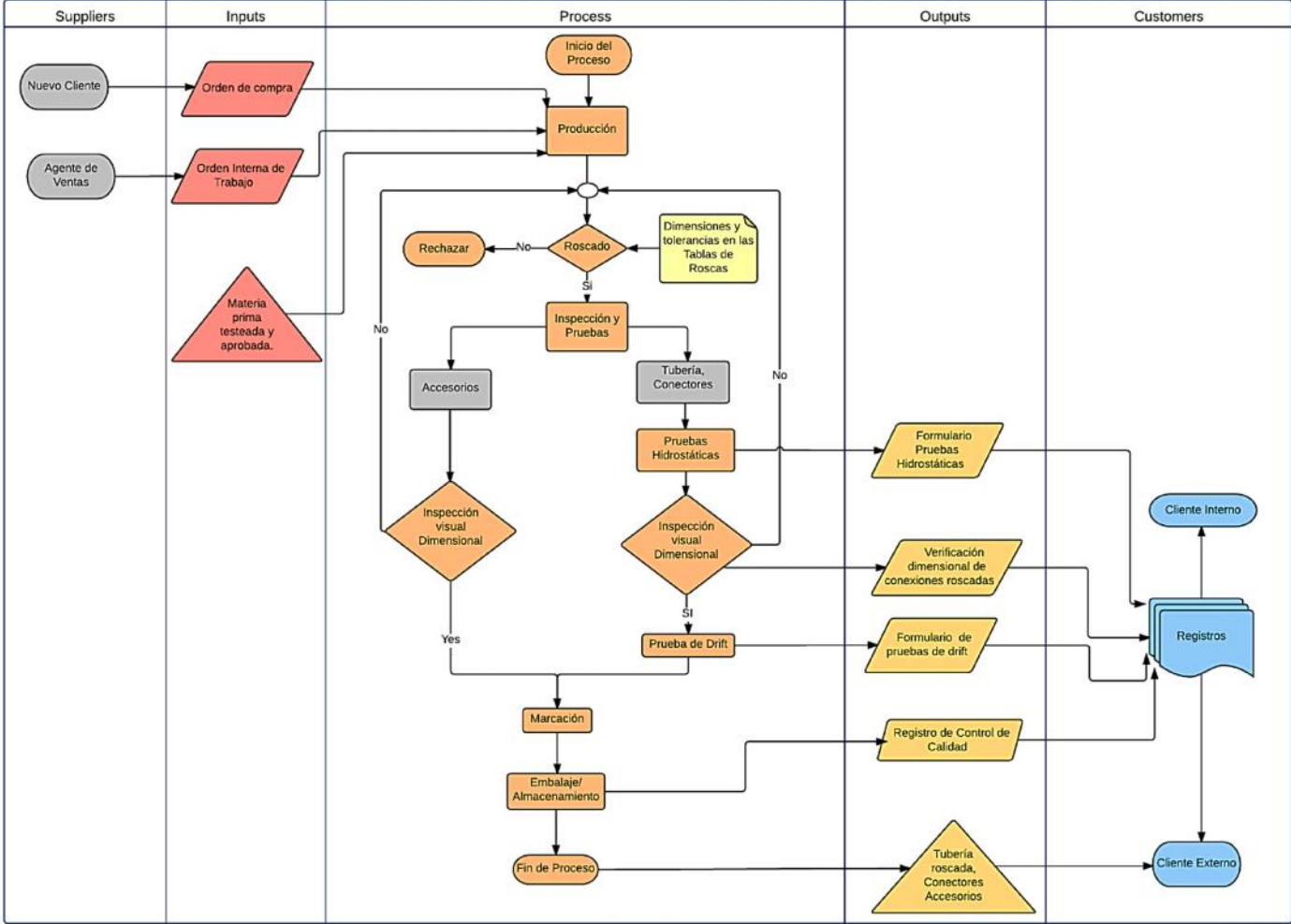
CAPÍTULO IV

4. PROCESO Y PROCEDIMIENTOS DE ROSCADO E INSPECCIÓN DE ROSCAS PARA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN, REVESTIMIENTO Y LINEA.

4.1 Proceso de roscado e inspección de conectores, accesorios y tubería de revestimiento, tubería de producción y línea

MISSIONPETROLEUM S.A. a través de la herramienta SIPOC establece un proceso estratégico para producto y servicio, en el diagrama de la figura 32 se indica el proceso de roscado e inspección con el fin de estandarizar, identificar las entradas, salidas y recursos que intervienen en la nueva línea de producción. Inmediatamente se realiza el análisis de cada fase.

Figura 32. Proceso de roscado e inspección



Fuente: Autor

4.1.1 Proveedores (Suppliers). El cliente o los agentes de ventas serán los encargados de proporcionar la información (proveedor), los parámetros técnicos para la fabricación de la rosca sea en casing, tubing, pup joint o accesorios

4.1.2 Entradas / insumos (Input). Las entradas del proceso serán los datos técnicos proporcionados por los proveedores tales como: Diámetro exterior, diámetro interior, peso, tipo de acero (material), tipo de conexión roscada, longitud.

La materia prima testeada y aprobada como barras de acero, tubería con extremos lisos, tramos de casing o tubing. Según el requerimiento, el cliente puede proporcionar la tubería o los elementos para fabricar roscas API 5CT.

4.1.3 Proceso (Process). Previo a la etapa de fabricación la materia prima (tubería con extremos lisos, barras en stock) debe ser controlada, verificada y seleccionada.

Se define la actividad a realizar, es decir, mecanizar la rosca en la tubería, conectores o fabricar conectores y/o accesorio según lo solicitado por el cliente.

Para definir las dimensiones estándar de las roscas en la etapa de roscado se hace uso de las tablas de roscas API 5B” del anexo B donde se encuentran establecidas las dimensiones y tolerancias.

Luego del proceso de mecanizado y roscado se continúa con la etapa de inspección y pruebas.

) En los accesorios se realiza inspección visual y dimensional de acuerdo con los procedimientos de inspección. Los datos obtenidos se registran en el formulario verificación dimensional para conexiones roscadas de figura 33.

) La tubería y conectores sino posee registro de prueba hidrostática o si el cliente lo solicita se somete a pruebas hidrostáticas y drift cumpliendo con lo establecido en los diferentes procedimientos. Se procede con la inspección visual y dimensional para verificar que las conexiones roscadas estén dentro de las dimensiones y tolerancias establecidas en las tablas de roscas API 5B del anexo B.

Se registran los datos obtenidos en el formulario indicado en la figura 33.

Si la rosca no cumple con las dimensiones y tolerancias de las tablas de roscas se debe cortar esa sección y repetir el roscado. Cuando las dimensiones del elemento tubular se encuentran fuera de tolerancia y no es posible el roscado se rechaza la tubería, conector o accesorio.


Figura 33. Formulario verificación dimensional para conexiones roscadas

MISSION PETROLEUM S.A. CORPORATE OFFICE		VERIFICACIÓN DIMENSIONAL PARA CONEXIONES ROSCADAS											CÓDIGO:	F10-AP330312-00	
Reporte No:													REVISIÓN:	00	
Fecha:													FECHA DE EMISIÓN:	06/10/2015	
ITEM	SERIE	CONNECTION TYPE (tipo de conexión)			*INSPECCIÓN VISUAL	PROFILE GAGES (perfil de rosca)	STAND OFF (s / working gages)	TAPER (PT) (conclicidad por pie)	LEAD (paso en flancos / pitch)	THREAD (rosca)		COUNTER BORE (resaca)		RUN OUT (only BIC) ±0.005"	STATUS ok / no ok
		PIN / BOX	SIZE (tamaño)	THREAD (rosca)						HEIGHT H ₁ - Th (altura)	LENGTH L ₂ or L ₄ (longitud)	DIAMETER Q (diámetro)	LENGTH q (longitud)		
1															
2															
3															
4															
5															
IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS								CONDICIONES AMBIENTALES							
GAGE RING:		TAPER INT:		LEAD GAGE:		HEIGHT GAGE:		TEMPERATURA AMBIENTE							
GAGE PLUG:		TAPER EXT:		LEAD SETTING:		HEIGHT SETTING:		HUMEDAD RELATIVA:							
PROFILE GAGE:		RUNOUT GAGES:		OTROS EQUIPOS:		OTROS EQUIPOS:		EQUIPOS N:							
OBSERVACIONES:								EJECUTADO POR:							
								QA/QC Inspección							
NOTA: Registrar los valores de las mediciones en decimales y no en fracciones. Ej 0.750" en lugar de 3/4"								REVISADO POR:							
								QA/QC Supervisar							
*Usar los criterios de inspección visual A10-AP33A/01.								Ref API Spec. 5B	NOMBRE:	FECHA:					

Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

Las pruebas hidrostáticas y drift se registran en el formulario de la figura 34.

Figura 34. Formulario pruebas hidrostáticas y drift

		PRUEBAS HIDROSTÁTICAS Y DRIFT PARA OCTG			Código: FID-AP5CT/033-00 Rev.: 00 Emisión: 06/10/2015	
INFORMACIÓN GENERAL						
CLIENTE :			ORDEN DE TRABAJO:			
CAMPO :			ORDEN DEL CLIENTE:			
FECHA :						
IDENTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA			ELEMENTO			
Tipo de conexión:						
Grado de tubería:						
Presión de prueba:						
Libraje:						
TRABAJO REALIZADO						
Mantenimiento:		Fabricación de Rosca:		Modificación:		
		<input checked="" type="checkbox"/>				
EQUIPO UTILIZADO						
HERRAMIENTA DE PRUEBA					MANÓMETRO	REGISTRADOR
Descripción:			Rango:			
S/N:			Número de serie:			
			Apreciación:			
			Fecha Calibración.:			
			Próxim. Calibración.:			
PRUEBAS HIDROSTÁTICAS						
PRUEBAS	CICLO	PRESIÓN DE PRUEBA	TIEMPO DE PRUEBA	DRIFT	OBSERVACIÓN	
Elemento 1	1					
Elemento 2	1					
Elemento 3	1					
Elemento 4	1					
Elemento 5	1					
Elemento 6	1					
Elemento 7	1					
Elemento 8	1					
Elemento 9	1					
Elemento 10	1					
FLUÍDO DE PRUEBA			TEMPERATURA (°C):			
PRUEBA DE DRIFT:					EQUIPO:	
RESULTADO FINAL:		OPERATIVA		NO OPERATIVA		
Ref: API Spec. 5 CT, 9th Edition.						
_____ SUPERVISOR QA/QC Nombre y Firma						

Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

-) Marcación y protección de roscas
-) Una vez terminada satisfactoriamente la etapa de inspección y pruebas se debe identificar los elementos, es así, que se realiza marcación mediante estampado y

estencilado tanto en los accesorios, conectores fabricados, como en la tubería y conectores roscados.

- J Se aplica grasa en las roscas de tubería, conectores y accesorios con el fin de proteger del ambiente y evitar daños por corrosión.
- J Para evitar golpes y daños en la rosca en la tubería y conectores se debe colocar protectores de rosca tanto para almacenamiento como para su transporte.
- J Embalaje y Almacenamiento

Luego de aplicar grasa en las conexiones roscadas API 5B se procede a embalar y almacenar los diferentes productos para el efecto toma en consideración lo siguiente:

- J En el caso de accesorios se protegen las conexiones roscadas con papel y plástico de embalar
- J Como parte del embalaje de pup joint, casing y tubing en los extremos roscados se colocan protectores de roscas.
- J La tubería será almacenada de acuerdo a las recomendaciones expuestas en API C1 :
- J Para evitar flexión en la tubería, esta se almacenara sobre tres o dos apoyos distribuidos proporcionalmente. Los soportes deben estar colocados en un mismo nivel y adecuados para soportar toda la carga.
- J Para evitar daños en la rosca colocar tablones de madera como separadores entre las hileras sucesivas de tubería para evitar el aplastamiento La primera hilera debe localizarse a una altura mínima de 50 cm o 20 pulg.
- J Apilar la tubería una altura mínima de 3m o 10 pie.

4.1.4 Salidas (Outputs). Como salidas se obtienen los registros generados a lo largo del proceso (indicados en el anexo C) y el producto terminado: tubería con extremos roscados, conectores y/o accesorios.

4.1.5 *Cientes (Costumers)*. El cliente pueden ser personas naturales o jurídicas a quien se entrega el producto terminado.

) Entrega al cliente

Se provee al cliente el producto terminado, es decir, la tubería de revestimiento, producción, línea, los conectores roscados y los accesorios fabricados.

Se proporciona una copia de los formularios generados en el proceso tales como: verificación de conexiones roscadas, pruebas hidrostáticas y de drift; además del reporte de control de calidad.

Cada etapa del proceso como el roscado, inspección, pruebas, marcación, protección de roscas está gobernado por un procedimiento detallado en los literales 4.2, 4.3 y en el manual de usuario.

4.1.6 *Transporte*. La entrega de la tubería y accesorios al cliente se debe dar en las mejores condiciones por tal razón se realizan las siguientes recomendaciones:

Al transportar las cajas que contengan accesorios:

-) Asegurarse que cada accesorio se encuentre embalado y protegido adecuadamente.
-) Asegurarse que la tapa de la caja se encuentre sujeta.
-) Asegurar la caja con fajas de sujeción para evitar movimientos durante la movilización.

En el transporte de tubería se dictan las siguientes consideraciones:

-) Verificar que todos los tubos tengan sus respectivos protectores.
-) Asegurar la tubería con cadenas por lo menos en tres puntos repartidos uniformemente a lo largo de la tubería.

4.2 Procedimientos de roscado e inspección de rosas para tubería de producción, revestimiento y línea

4.2.1 Procedimiento de Roscado

) Para el roscado, luego de ubicar el elemento en el torno se procede con el centrado del elemento.

) Se procede a colocar el extremo del elemento en la posición inicial de roscado y definido el tipo de rosca a realizarse en el elemento se utilizará los insertos o plaquita correspondientes.

) Luego de seleccionar los insertos y asegurar los elementos al torno se inicia el mecanizado de los conectores, accesorios y rosas de tubería.

) Maquinar el cono hasta la longitud completa de cada elemento según el tipo de conexión, verificando que el diámetro de raíz externo o externo sea igual al establecido en las tablas API 5B.

) Maquinar todos los biseles con los grados y los diámetros adecuados, las rosas y las demás características requeridas. Verificar los parámetros indicados en la tabla 27.

Tabla 27. Instrumentos y parámetros a medir

Instrumento de medición	Parámetros de medición
Calibrador (pie de rey)	Longitud de rosca
Profile gauge	Forma y geometría de rosca
Lead Gauge	Paso de la rosca
Taper Caliper	Conicidad de la rosca
Ring And Plug Gauge	Stand Off
Thread Height Gauge	Altura de diente

Fuente: Autor

4.3 Procedimiento de inspección de roscas

4.3.1 Inspección Visual. Este tipo de inspección permite evidencia visualmente defectos superficiales o daños mecánicos en las roscas.

) Con un cepillo de nylon se debe limpiar completamente todas las roscas expuestas

Las imperfecciones generalmente encontradas en la inspección visual que pueden ser causa de rechazo se listan a continuación:

4.3.1.1 Imperfecciones de Rosca

- ✓ Quemaduras de Arco.
- ✓ Roscas Rotas.
- ✓ Rebabas.
- ✓ Cortes.
- ✓ Roscas Vibradas.
- ✓ Grietas.
- ✓ Golpes.
- ✓ Desgarre.
- ✓ Altura de rosca inapropiada.
- ✓ Roscas angostas (Roscas afiladas).
- ✓ Hombro o escalones.
- ✓ Rosca gruesa.
- ✓ Marcas de Herramientas.
- ✓ Roscas partidas (hilachadas)
- ✓ Roscas no uniformes.

Cualquier otra imperfección diferente a las mencionadas, mismas que puedan romper con la continuidad de la rosca.

4.3.1.2 Imperfecciones en el área del Bisel

- ✓ No presente 360°
- ✓ Bordes tipo cuchillo (Bisel excesivo en la superficie de la tubería)
- ✓ Borde tipo pluma (Raíz de una rosca que termina en la superficie de la tubería)
- ✓ Rebabas
- ✓ Aplastamiento
- ✓ Cortes

4.3.1.3 Imperfecciones del Extremo del Tubo (Interno y Externo)

- ✓ Rebabas
- ✓ Abolladuras/Aplastamiento.

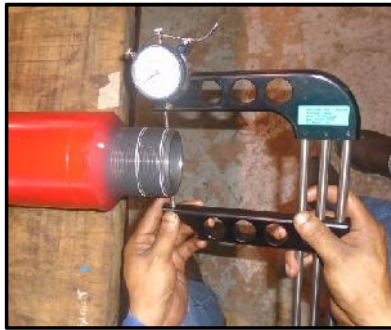
4.3.1.4 Imperfecciones del Abocardado y Cara de la caja

- ✓ Marcas de Herramientas.
- ✓ Aplastamientos
- ✓ Rebabas.
- ✓ Quemaduras de Arco

4.3.2 Inspección dimensional de rosca

4.3.2.1 *Medición de conicidad.* Luego de marcar el intervalo de 8 hilos de rosca para inspección procedemos a colocar el instrumento sobre el primer hilo perfecto, se ajusta adecuando al tamaño de la rosca y efectuando un pequeño barrido circular enceramos el medidor de conicidad (figura 35).

Figura 35. Medidor de conicidad encerado



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

Para obtener el valor de conicidad desplazamos el instrumento desde la línea marcada en el primer hilo perfecto hasta la línea marcada a 1 pulgada de distancia y se realiza la lectura en el instrumento.

4.3.2.2 *Medición del Paso.* El paso se mide tanto en las roscas internas (box, figura.37) como externas (pin, figura 36) para el efecto colocar las puntas de contacto sobre los hilos de rosca correspondientes, el medidor de paso se apoya sobre la punta fija y realizar un barrido leve para seleccionar la mayor lectura indicada en el dial.

Figura 36. Medición de paso en pin

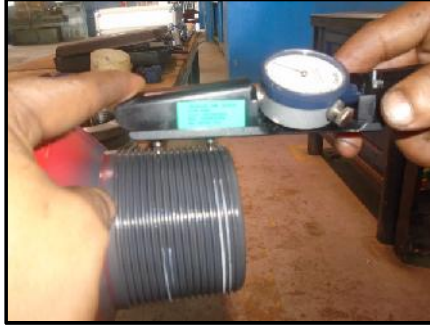


Figura 37. Medición de paso en box



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

4.3.2.3 *Medición de altura.* La medición de altura de rosca se debe realizar en la primera y última rosca completa

Ubicar la punta de contacto sobre en la ranura de la rosca y la base del instrumento descansando encima de la rosca de completa, el altímetro debe estar alineado con el eje de la rosca según la figura 38.

Se mide la variación de altura del hilo de rosca.

Figura 38. Medición de altura en la rosca



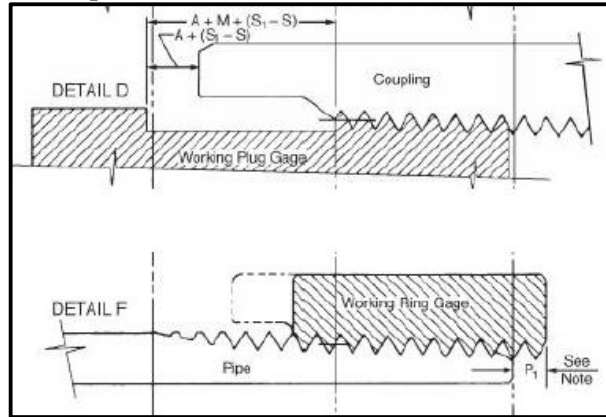
Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

4.3.2.4 *Calibrado de Roscas*

- J Rosca externa – ring gauge. Los ring gauges son utilizados para la verificación de roscas externas por medio de un apriete manual.
- J Rosca interna – plug gauges. Los plug gauges son utilizados para la verificación de roscas internas por medio de un apriete manual.

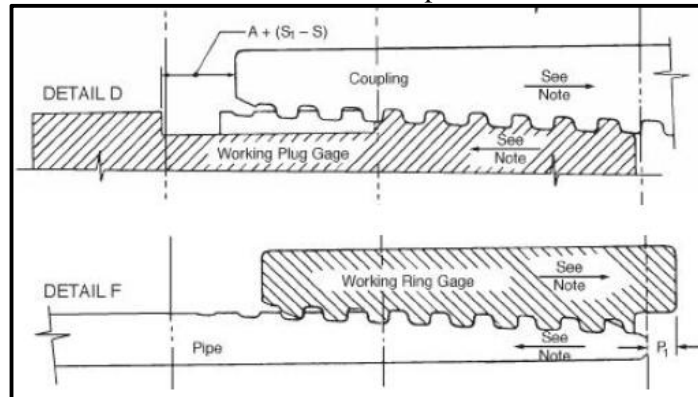
- J) Para la verificación de rosca con calibres se acoplan los elementos fabricados o roscados con los ring o plug gauge se procede a realizar apriete manual y verificar el stand off generado en el acople como se observa en la fig. 38 y 39.

Figura 39. Calibrado para roscas de tubería de línea, revestimiento y producción



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

Figura 40. Calibrado de roscas buttress para tubería de revestimiento



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2008

4.4 Procedimiento pruebas de desviación (drift) y pruebas hidrostáticas

4.4.1 *Prueba de Drift (mandril)*. Cada tramo de tubería de revestimiento y de tubería de producción que haya sido roscado o sometido a un mantenimiento, por las recomendaciones del capítulo 8.10 de API 5CT, se debe efectuar prueba con mandril (drift) en una distancia de 24 pulgadas a partir del extremo del acople en el caso de la tubería de revestimiento, y de 42 pulgadas del extremo del acople en el caso de la tubería de producción.

4.4.2 *Procedimiento de pruebas hidrostáticas.* Las pruebas hidrostáticas se ejecutan con el objetivo de verificar la hermeticidad e integridad de casing y tubing, para garantizar la calidad de la fabricación o roscado. Para ejecutar las pruebas de presión hidrostática ya sea en tubing, casing o pup joint que tengan conexiones roscadas en los extremos se debe utilizar tapones de prueba.

- J El personal técnico debe probar e instalar los registradores de presión (barton) como también la bomba de presión con capacidad suficiente para alcanzar la presión especificada.
- J Se debe iniciar la presurización de la tubería, inyectando agua por un puerto de prueba del tapón que contiene uno de los extremos de la tubería con el fin de incrementar la presión hasta alcanzar la presión especificada de prueba.
- J Las condiciones de prueba se deben mantener por no menos de 5seg a presión total (período de retención de la prueba).
- J El valor de prueba de presión para tubería y conectores se determina como se indica en el ítem 3.3.3, las tabla 24 y 25 de este documento.
- J Para elementos diseñados con conexiones finales y salida roscadas internamente la presión de prueba se establece en la tabla 26.
- J Despresurizar completamente los elementos una vez finalizada la prueba de presión.
- J Para realizar la prueba de presión hidrostática se deben considerar lo siguiente:
- J No está permitido por ningún motivo golpear, manipular la tubería o equipo, ni tratar de corregir fugas entre los elementos, mientras el sistema este presurizado.
- J Cuando se manipulen los elementos roscados, se debe realizar con suavidad y con los protectores de rosca colocados.

- J Verificar que todos los instrumentos de medición estén calibrados al momento de usarlos.

4.5 Procedimiento de marcación

La marcación se realiza con el objetivo de identificar el producto y mantener su trazabilidad, ya que, se coloca la identificación de la rosca y la marca del fabricante.


- J La marcación en el caso de casing y tubing debe comenzar a 0.6 m (2 pie) desde el acople o extremo acoplado, o desde cualquiera de los extremos del tubo de extremo liso, tubo con rosca en ambos extremos y no acoplados.

- J Para el caso de accesorios y conectores (pup joint) de menos de 1.8m (6 pie) de longitud, se debe marcar dentro de 0.3m (1 pie) del extremo. Estas marcaciones deben estar separadas por un guion o estar espaciadas adecuadamente según el ítem 11.2.3 de API 5CT.

- J La secuencia de la marcación debe ser como se especifica a continuación.

- | | | |
|----|--|-----------------------|
| 1. | Nombre o marca del fabricante, | Missionpetroleum S.A. |
| 2. | Especificación, | API 5CT |
| 3. | Número de licencia API. | 1847 |
| 4. | Monograma API, fecha de fabricación (3 dígitos). | Enero de 2016 |
| 5. | Tamaño de la conexión | Medida nominal de 3 ½ |
| 6. | Tipo de conexión. | Tubing con rosca EU |

Ejemplo:

MP	5CT	1847		601	3 ½	EU
1	2	3	4	5	6	7

En tubería y conectores, adicional se debe marcar sobre el cuerpo del tubo el valor real de prueba hidrostática.

4.5.1 Marcación del triángulo de torque. Para tubos de revestimiento con rosca BUTTRESS en todos los diámetros y grados; para tubos con rosca REDONDA en diámetros 16” y mayores en grados H40, J55, K55 y M65 el triángulo y la línea blanca de torque se deben ubicar en la parte externa de cada tubo por ambos extremos.

Además se marca una franja blanca de 1 pulgada de ancho por 24 pulgada de largo que permite localizar el triángulo al momento de instalar la tubería en campo.

4.6 Procedimiento de protección de roscas

Luego del proceso de fabricación, inspección, pruebas y limpieza de los elementos roscados, se deben aplicar recubrimiento exterior (compuesto lubricante o grasa) para proteger de óxido el área roscada. El recubrimiento debe ser suave, firme al tacto y con el mínimo de burbujas.

Inmediatamente se procede a embalar y almacenar de acuerdo con el ítem 4.1.3 (embalaje y almacenamiento) de este documento.

Para mayor información revisar el manual de guía, anexo E.

4.7 Implementación

Durante la implementación del proceso de roscado e inspección de tubería de producción, revestimiento, línea, conectores y accesorios se aplicaron los diferentes procedimientos elaborados en este documento, los resultados de las etapas de fabricación, testeó del producto se muestran a continuación:

4.7.1 Roscado

Figura 41. Roscado de pup joint (conector)



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

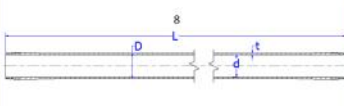
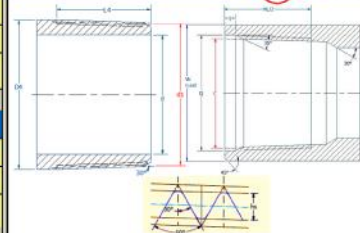
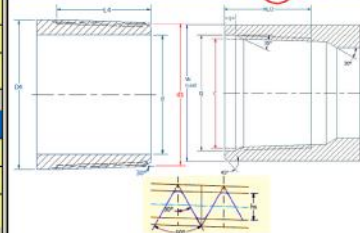
En la fabricación de un conector de 4 ½ EU, ¾ TPF, longitud 8 ft, N80 (Q), PSL 2 se realiza el mecanizado de la conexión de 4 ½ EU apoyado en la tabla para rosca external upset pin del (anexo B).

Tabla 28. Dimensiones para rosca 4 ½ EU pin

EXTERNAL UPSET (EU)									
MEDIDA NOMINAL [pulg]	DIÁM. MAYOR [pulg]	HILOS POR PULGADA	CONICIDAD POR PIE	CONICIDAD POR PULGADA	LONG. HASTA EL PUNTO DE DESVANECIMIENTO [pulg]	LONG. EFECTIVA [pulg]	LONG. EN EL PLANO APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. EN EL PLANO DE APRIETE A MANO [pulg]	DIÁM. DE RAÍZ (PIQUE) [pulg]
	D ₄	T.P.I.	T.P.F.	T	L ₄	L ₂	L ₁	E ₁	d ₁
4	4.250	8	3/4	0.0625	2.500	2.265	1.716	4.164	4.125
4 ½	4.750	8	3/4	0.0625	2.625	2.390	1.841	4.664	4.617

Fuente: Autor

Figura 42. Parámetros técnicos para conector 4 ½ EU

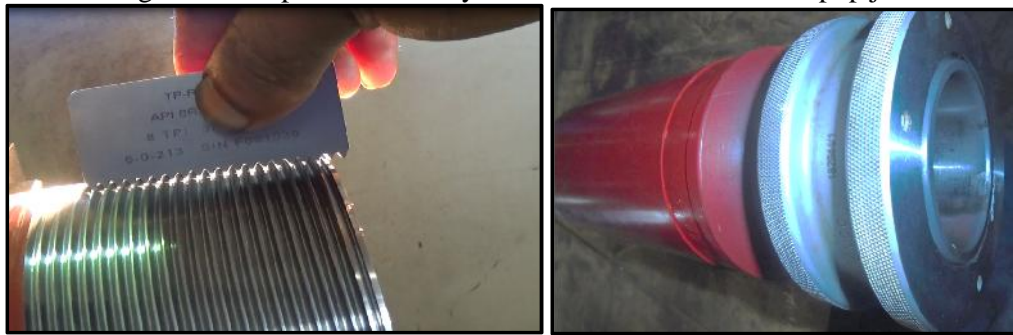
MISSIONPETROLEUM S.A. FABRICANTE DE EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA PETROLERA				ROSCADO E INSPECCIÓN DE ROSCAS PARA TUBERÍA DE PRODUCCIÓN							
PRODUCTO		Tubería de Producción		DISEÑO							
Tipo de Rosca	EU										
Tamaño nominal	4.500										
Tipo de Material	N80 (Q)										
REQUERIMIENTOS TÉCNICOS				PARÁMETROS PARA ROSCADO							
Diámetro ext.	D	3.500	[pulg]	ROSCA - Extremo de tubería/PIN							
Diámetro int.	d	2.000	[pulg]	Diám.de raíz en el extremo de la tubería	d_s	4.617	[pulg]				
Peso	W	9.3	[lb*pie]	Longitud total de rosca	L_r	2.625	[pulg]				
Longitud	l	8	[pie]	Diámetro mayor	D_s	4.750	[pulg]				
Límite de fluencia Y_s 80000 [lb/pulg ²] Factor de resistencia r 0.8				ROSCA - Acople/BOX							
				Diám.de raíz en el inicio del acople	c	4.611	[pulg]	Conicidad por pulgada	T	0.063	[pulg]
				Longitud total de la caja	$NL/2$	3.125	[pulg]	Paso	p	0.125	[pulg]
				Diám.de receso del acople	Q	4.813	[pulg]	Altura de hilo	H	0.10825	[pulg]
Profundidad Diám de receso del acople q 0.375 [pulg]				CUERPO DEL TUBO				Stand off	\pm	0.125	[pulg]
				Esesor de pared	t	0.750	[pulg]				
Resistencia a tensión P_y 518364 [lb]				Resistencia a tensión P_y 518364 [lb]							
				Presión hidrotática de prueba P 27429 [lb/pulg ²]				Presión hidrotática de prueba P 27429 [lb/pulg ²]			

Fuente: Autor

En la figura 42 se observan los parámetros para roscado e inspección como: tipo, tamaño de rosca, tipo de material, diámetro de raíz en el extremo de la tubería, longitud de la rosca, conicidad, paso, altura de hilo y stand off para el conector 4-1/2 EU

4.7.2 Inspección visual

Figura 43. Inspección visual y dimensional en la rosca del pup joint.



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

Con el uso de equipos de medición, siguiendo los procedimientos se ejecuta la inspección visual y dimensional de las conexiones roscadas, así se verifica que las dimensiones de la rosca del conector tenga las dimensiones establecidas en las tablas para roscas API 5B.

Los resultados de la inspección se debe evidenciar para esto se registran los valores obtenidos en la figura 44, de los parámetros verificados como: conicidad, paso, altura, longitud de rosca, stand of, etc. Los registros se encuentran en el anexo C de este documento.

Figura 44. Registro de inspección

MISSIONPETROLEUM S.A.												FORMA	NO. FORMAS			
VERIFICACIÓN DIMENSIONAL PARA CONEXIONES ROSCADAS												REVISA	00			
Reporte No: MP-OCTG-008												REVISIÓN	06/10/2015			
Fecha: 04/10/2015																
ITEM	SERIE	CONNECTION TYPE		SIZE (tamaño)	THREAD (rosca)	*INSPECCION VISUAL	PROFILE GAGES (perfil de rosca)	STAND OFF w / working gages	TAPER (TPF) (conicidad por pie)	LEAD (paso en flancos / pulgada)	THREAD (rosca)		COUNTER BORE (recesol)		RUN OUT (only BTC) ok / mm nk	STATUS
		PIN / BOX	SIZE								HEIGHT Hs = Hn (altura)	LENGHT NI/2 or L4 (longitud)	DIAMETER Q (diámetro)	LENGHT q (longitud)		
1	20073 - 1	PIN 1	5 - 1/2"	SC	OK	OK	-0.030	0.066	-0.0010	0.000	2.855	N/A	N/A	N/A	OK	
		PIN 2	5 - 1/2"	SC	OK	OK	-0.07	0.065	0.0020	0.001	2.900	N/A	N/A	N/A	OK	
2	20073 - 2	PIN 1	4 - 1/2"	EU	OK	OK	-0.008	0.063	-0.0015	0.002	2.730	N/A	N/A	N/A	OK	
		PIN 2	4 - 1/2"	EU	OK	OK	0.062	0.063	0.003	0.001	2.660	N/A	N/A	N/A	OK	

Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

4.7.3 Pruebas hidrostáticas y drift

La prueba hidrostática del pup joint de 4 1/2" EU, N80 (Q) se realiza a 7900 PSI por 5 minutos, superando los 5 segundos sugeridos por API. Ver fig. 45,46.

Figura 45. Prueba hidrostática en pup joint



Figura 46. Equipos de pruebas hidrostáticas



Fuente: Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

Se atraviesa el drift en toda a longitud del conector 4 ½ EU, N80 (Q) verificando así la uniformidad del elemento.

Figura 47. Prueba de drift



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

4.7.4 Marcación, protección de roscas y almacenamiento

Figura 48. Prototipo de conectores y accesorios



Fuente: MISSIONPETROLEUM S.A., 2015

La figura 48 muestra conectores y accesorios donde se aprecia la marcación, el engrase y los protectores de rosca según lo requerido por la especificación y/o el cliente.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

Los resultados de implementar el proceso y elaborar procedimientos de roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea se definen en las dimensiones siguientes: calidad, variedad y tiempo de respuesta.

5.1 Calidad y variedad

Uno de los resultados importantes de la implementación del proceso de roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea es la calidad. Se identifica al realizar el diseño adecuado del proceso, es decir, cuando se identifican las características, los requerimientos tanto del cliente como los de API especificación 5CT /5B identificando entradas., recursos y salidas del proceso, formación y capacitación del personal, desarrollo de procedimientos, tablas, formularios.

La calidad como resultado se garantiza por la naturaleza de las instalaciones donde se realiza el proceso de roscado e inspección al cumplir con los requisitos de especificación API 5CT de contar con máquinas capaces de roscar tubería, tener equipos e instalaciones adecuadas para realizar pruebas hidrostáticas, drift mismos que se encuentran detallados en las tablas 8 y 9 de este documento.

El cumplimiento de cada una de las actividades indicadas en el proceso y procedimientos de roscado e inspección que garanticen suministrar y mantener los productos o servicios dan como resultado confiabilidad y calidad.

La variedad como resultado de implementar el proceso y desarrollar los procedimientos de inspección se muestra por la capacidad de ofrecer al cliente más de un producto o servicio con los mismos recursos de equipos, maquinaria, instalaciones y personas. Los servicios y productos que ofrece Missionpetroleum S.A. es la fabricación de rosca en elementos de cabezal de pozo como mandrel tubing hanger, mandrel casing hanger, tree cap, el roscado de casing y tubing, la fabricación de conectores y accesorios con roscas LP,NU, EU, SC, LC, BC.

5.1.1 *Licencia API*

El proceso y subprocesos de roscado e inspección se documentan mediante procedimientos para ser verificados a través de una auditoria.

La empresa o institución que desea obtener la acreditación API debe implementar, mantener y mejorar su sistema de gestión de calidad además de los requisitos de la norma de producto; para asignar una licencia, el API realiza una auditoria in-situ que demuestre el cumplimiento del sistema de gestión de calidad y la norma de producto. Missionpetroleum S.A. logra obtener el certificado API 5CT con número de licencia 1847, se muestra en el anexo D.

5.2 **Tiempo de respuesta al cliente**

Como resultado de la implementación de procesos y procedimientos para roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea es la disminución del tiempo de respuesta al cliente, mismo que se sintetiza a continuación:

Se realiza el estudio de tiempos mediante el método de muestreo (observación instantánea) para dos muestras de cada elemento seleccionado.

5.2.1 *Tiempo de respuesta al cliente mediante la subcontratación del proceso*

El tiempo en que se realiza la subcontratación del roscado, inspección y certificación de elementos como mandrel casing & tubing hanger y accesorios en empresas con certificación API se detalla a continuación:

Tabla 29. Tiempo de subcontratación

TIEMPO DE SUBCONTRATACIÓN DE ELEMENTOS ROSCADOS		
	Mandrel casing &tubing hanger	Accesorios
Corte	2 hora	1.5 hora
Mecanizado	18 horas	12 horas
Traslado de los materiales hacia el proveedor	1.5 horas	1.5 horas
Tiempo de proceso de roscado e inspección	72 horas(3 días) a 240 horas(10 días)	72 horas(3 días) a 240 horas(10 días)
Traslado de los materiales hacia Missionpetroleum	1.5 horas	1.5 horas
Marcación	1 hora	1 hora
Pruebas hidrostáticas	3 horas	
Embalaje	1 hora	1 hora
TOTAL	100 a 268 horas 6 a 13 días	90.5 a 258.5 horas 5 a 12 días

Fuente: Autor

La entrega al cliente se encuentra en función de la respuesta por parte del proveedor del servicio de roscado e inspección de roscas API 5B.

5.2.2 *Tiempo de respuesta al cliente con el proceso realizado en Missionpetroleum S.A.*

Una vez establecido el proceso y siguiendo los procedimientos, se realiza el roscado e inspección de roscas para tubería de revestimiento, producción y línea en las instalaciones de Missionpetroleum. Se analiza el tiempo de respuesta al cliente

-) Se selecciona la fabricación de un mandrel tubing hanger de 11 pulg con conexiones roscadas de 3 ½ EU box y de un crossover con conexiones 3 ½ EU pin y box; por ser elementos de fabricación frecuente.
-) Por medio del proceso identificamos las actividades para la fabricación de los elementos mencionados.

En la tabla siguiente se establece los tiempos para dos elementos.

Tabla 30. Tiempo de fabricación

TIEMPO DE FABRICACIÓN DE ELEMENTOS ROSCADOS		
	Mandrel hanger 11pulg	Accesorios
Corte	2 horas	1.5 horas
Mecanizado/ Roscado	18 horas	12 horas
Perforado	2 horas	
Total de mecanizado	22 horas	13.5 horas
Inspección visual dimensional	1 hora	1 hora
Marcación	1 hora	1 hora
Pruebas hidrostáticas	3 horas	
Embalaje	1 hora	1 hora
TOTAL	28 horas 3 días	17 horas 2 días

ROSCADO		
Tipos de conexión	4 ½ EU	3 ½ EU
Tiempo de roscado	1 hora	1 hora
Tiempo de inspección	1 hora	1 hora
Total	2 horas	2 horas

Fuente: Autor

El tiempo se establece para 12 horas diarias de trabajo.

5.3 Análisis situacional de la empresa

Para determinar la situación actual de la empresa se realiza un análisis FODA, mismo que es válido únicamente para este periodo, ya que, puede variar dentro de un semestre y otro. En la tabla 33 se muestra fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas observadas con la obtención de la certificación API 5CT en Missionpetroleum S. A.

Tabla 31. Fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Organización	
Empresa organizada con cargos, funciones y procedimientos establecidos, estructurada con departamentos/áreas de trabajo definidas y una gran infraestructura y recursos tecnológicos. Estandarización de procesos	Los clientes ven como un atractivo comercial a una empresa organizada, estructurada con una gran infraestructura y recursos tecnológicos.
Certificación API 5CT para fabricación de conectores, accesorios, roscado e inspección de roscas.	En la industria hidrocarburífera ecuatoriana lo proveedores deben ser licenciario API para situarse dentro de las empresas líder a nivel nacional en su línea de trabajo.
Producción:	
Maquinaria e instalaciones existentes permiten la fabricación, roscado e inspección de accesorios con roscas API.	La ley hidrocarburífera ecuatoriana permite la importación de maquinaria para este sector libre de arancel
Capacidad de producción en serie Disponibilidad del servicio 24x7x 365	La ley de hidrocarburos protege el producto nacional aun cuando sus precios sean superiores hasta en un 15% sobre el producto extranjero.
Excelente calidad del producto garantizado por API Q1, ISO 9001 e ISO 14001 en la gestión ambiental.	Notable diferencia en la calidad de los productos de la competencia.
La entrega inmediata de los productos y/o servicios al cliente.	
Marketing	
Presencia de la marca Missionpetroleum S.A. en el mercado (80%), relación con los grandes clientes del distrito.	Introducción de la nueva línea de producto y servicio en el mercado nacional – distrito amazónico.
Ubicación geográfica estratégica presente en el distrito oriente.	Posibles estrategias comerciales con clientes para la venta de nuevos productos y servicios.
Servicio de atención al cliente personalizado	Nuevas alianzas con proveedores para la compra de materia prima e insumos.
Personal	
El personal técnico administrativo tiene formación para desarrollar procedimientos e instructivos.	Contratación de personal experimentado y capacitado en roscado e inspección
Personal joven con conocimientos muy aceptables en variedad de normas técnicas a nivel industrial e hidrocarburífero.	Contratación de capacitaciones de instituciones especialistas e inspección de roscas API además en temas industriales e hidrocarburíferos.

DEBILIDADES	AMENAZAS
Organización	
Desfase en la planificación estratégica a mediano y largo plazo	Inestabilidad económica a nivel mundial por la baja en el precio de los hidrocarburos.
Déficit en el cumplimiento de los procesos y procedimientos	La importación de productos provenientes de otros países debido a contrato con multinacionales.
Producción:	
Retraso en la producción, por cambio de turno de trabajo en el personal	Existencia de otras empresas con certificación API 5CT que abarcan el mercado.
Utilización deficiente de materia prima e insumos.(desperdicio de materia prima)	Altos aranceles para importaciones de materia prima e insumos.
Marketing	
Dependencia de un solo cliente macro e incumplimiento en el pago a los proveedores	Altos costos de materia prima por compra local, las importaciones están sometidas a varios aranceles.
Elevado grado de endeudamiento	Cambios en la matriz productiva nacional
No se tiene definido ampliamente a sus competidores	Pérdida de clientes en el mercado por la competencia agresiva
Personal	
Poca experiencia en el proceso de roscado e inspección de conexiones rosadas API 5CT/5B.	Crisis económica nacional, la empresa invierte menos en capacitaciones.
No se cumplen cabalmente los programas de capacitación técnica para trabajadores	Falta de apoyo del Estado para la capacitación a la industria hidrocarburífera.
Empleados poco motivados por falta de pago o cartera vencida.	

Fuente: Autor

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación de proceso de roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea garantiza la calidad y variedad de productos roscados bajo normas internacionales API 5CT, API 5B además al definir la secuencia de actividades permiten el uso apropiado de herramientas y equipos.

En el desarrollo del proceso y procedimiento de roscado el diámetro de raíz es muy importante, pues de este parámetro depende que al finalizar el mecanizado el paso, la altura de hilo, la conicidad y stand off estén dentro de los valores establecidos en API, tablas de roscas API 5B.

El paso de las roscas LP, NU, EU, SC, LC, BC debe mantenerse dentro de los límites de tolerancia establecida en las tablas de roscas API 5B para disminuir el riesgo de daños por galling o desprendimiento de material por interferencia entre el piñón (pin) y caja (box).

La certificación internacional API 5CT con número de licencia 1847 y la aplicación de API 5B fortalece la capacidad de la empresa respaldando sus garantías por medio del acrecentamiento de la calidad, confiabilidad y funcionalidad del producto al verificar el cumplimiento entre el producto o servicio con los estándares API logrando así satisfacer las necesidades del cliente, el cumplimiento de las metas propias de la empresa y la competitividad en la nueva era económica.

El desarrollo y aplicación de procedimientos de inspección de roscas de producción, revestimiento y línea certifican que el control de calidad es eficiente pues se determinan las características y condiciones de fabricación del producto, se comparan los requerimientos y parámetros de especificación con los obtenidos durante la inspección estableciéndose la conformidad y evidenciándola en los diferentes formularios mediante el registro de datos.

Adicional a la funcionalidad de la conexión se controla el diámetro interno, diámetro externo, longitud, la prueba de presión y el paso del drift en la tubería, conectores y accesorios para garantizar la operatividad del producto.

El espesor crítico en un accesorio garantiza la hermeticidad de la conexión y resistencia del material a la presión de trabajo; pues no se realizan pruebas de presión en planta de estos elementos.

Del análisis de tiempo se concluye que el período de respuesta al cliente se reduce debido a que la fabricación de un producto (mandrel casing y tubing hanger, pup joint, accesorios tubulares) con conexiones roscadas API se da en un lapso aproximado de 2 y 3 días mientras que la subcontratación de este mismo proceso tarda de 5 a 13 días dependiendo de la disponibilidad del proveedor.

El desarrollo de tablas para roscas API 5B y el manual de procedimientos permite la estandarización del proceso debido a que en estos documentos se han definido los parámetros técnicos, la secuencia y detalle de las actividades; logrando eficiencia y eficacia en el proceso. Estos documentos servirán de material formativo - educativo para capacitación y entrenamiento de nuevos técnicos (futuras contrataciones) así como material de consulta y herramienta de trabajo en la actualidad.

6.1 Recomendaciones

La repetitividad del proceso y procedimientos de roscado e inspección de roscas para tubería de producción, revestimiento y línea permite trabajar sobre estos y mejorarlos, ya que a más repetición, más experiencia por tal razón se recomienda planificar y realizar cada 2 años la reingeniería del proceso de con el fin de alcanzar mejoras cualitativas en calidad, servicio y rapidez de respuesta al cliente.

Se recomienda mantenerse actualizado los estándares API, ya que, estas pueden dar paso a variaciones en el proceso y procedimientos de roscado e inspección de conexiones roscadas API lo que ayudara a mejorar el proceso con el paso del tiempo.

Es importante el ahorro económico para garantizar estabilidad de la empresa, por tal razón, se recomienda realizar estudios de costo- beneficio sobre la ejecución del proceso

de roscado e inspección de roscas para tubería de revestimiento, producción y línea en Missionpetroleum S.A.

Se recomienda el uso de equipos e instrumentos digitales para evitar errores de apreciación generados en los equipos análogos durante el proceso de roscado inspección de roscas API

Adquirir un equipo para verificar el ovalamiento de la tubería, elaborar su respectivo procedimiento o instructivo para garantizar el uso adecuado del mismo, además se debe fabricar tapones de prueba de presión para los diferentes medidas nominales de tubería.

Analizar las diferentes oportunidades y amenaza para el roscado e inspección de roscas API generadas por el medio exterior para precautelar la competitividad y estabilidad de la empresa dentro de la industria petrolera ecuatoriana.

Priorizar con los programas de capacitación al personal técnico y administrativo con el fin de incrementar las aptitudes técnicas, aptitudes sociales, los conocimientos científicos buscando la salida a los métodos convencionales de producción y aporte a la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

El sector industrial en el que se desempeña el Ingeniero Mecánico establece sus actividades y procesos en el uso de normas y especificaciones técnicas, por tal razón se recomienda enfatizar el manejo de normas y códigos nacionales e internacionales en la Escuela de Ingeniería Mecánica

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA FREIRE, Orlando & SALAZAR BALLADARES, Rolando. Procedimientos de inspección de tubería de perforación, tubería de producción y tubería de revestimiento utilizando ensayos no destructivos. [en línea] (tesis). (Ingeniería) Escuela Politecnica Nacional, Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador. 2007, pp XXIII. Disponible (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/751/1/CD-1160.pdf>)

API 5L. Specification for Line Pipe.

API 5C3. Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe and Line Pipe Properties.

API Q1. Especificación para los requisitos el Sistema de Gestión de Calidad para Organizaciones de Manufactura para la industria del Petróleo y Gas natural.

API 5B1. Gauging and Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads.

API 5CT. Specification for Casing and Tubing.

API 5B. Specification for Threading Gauging and Thread inspection of Casing, Tubing and Line Pipe Threaded.

API 6A. Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment.

CALPE. *Tubing and Casing Thread Inspection.* Quito, (Ecuador), p 15

TENARIS. *Cátalogo de Conexiones Premium.* 2010, p 134.

EJAL. *La producción petrolera en el Ecuador* [blog]. 12-02-2012. [Consulta: Enero 2015]. Disponible en: www.ejal.net/blog/?p=972.

GAGEMAKER. Tubing and Casing Thread Inspection Training. Houston TX-Estados Unidos. 2013. pp 11,54.

HUILINTONG STEEL PIPE. *Tubería de Línea en Acero* [en línea]. 20 de diciembre 2014. [Consulta: 18 de Septiembre 2015]. Disponible: <http://hltpipe.com/es/products/tuber%C3%ADa-de-1%C3%ADnea-en-acero-al-carbono-ID1186.html>.

MANZANO, Johan. *Inspección Visual de Roscas*. [en línea]. 18 de Junio de 2011. [Consulta: 03 de Diciembre de 2014]. Disponible: <http://es.scribd.com/doc/58150909/Inspeccion-Visual-de-Roscas-2#scribd>.

MARTÍNEZ MEJIA, Javier. Consideraciones técnicas para la selección de tubería de Revestimiento del pozo estratigráfico profundo ANH-BVTURA [en línea] (tesis). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2011. [Consulta: 20 de enero 2015]. pp 22. Disponible: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/908/2/142062.pdf>

MORENO, Gelber Hernan & BALLESTEROS, Javier Antonio. Oil Production.net. [En línea] 19 de Diciembre de 2012. [Consulta: 10 de enero de 2015.] <http://www.oilproduction.net/cms3/index.php/perforacion/2334-perforacion-casing-drilling>.

PERFOBLOGGER. *Tubing* [blog]. 23 de Junio de 2015. [Citado el: 28 de Julio 2015]. Disponible: <http://achjij.blogspot.com/2015/06/tuberia-de-produccion-tubing.html>.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Publications, Standards, and Statistics Overview*. 2015.

RAMOS, Mónica Alejandra. *Tubería-Tomo 05* [en línea]. 10 de Septiembre de 2012. pp 3-5. Disponible: <http://es.slideshare.net/Pr1nc3zs/tomo05-tuberias..>

RENIRE, HEBEI. Oil Pipeline Equipment Co. Ltd. [En línea]. [Consulta: 09 diciembre 2015]. Disponible: <http://www.slottedliner.org/products/api-5ct-tubing-casing-and-coupling.html>.

RESENDIZ PACHECO, Sergio. Importancia del uso de las conexiones premium en el diseño de pozos petroleros [en línea] (tesis) (Ingeniería). Universidad Autónoma de México, DF, México. 2012. [Consulta: 15 de marzo 2015]. Disponible: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2232/FINAL.pdf?sequence=1>

TENARIS. "Roscas Buttress". *Roscas Buttress*. (2008), Venezuela, pp 1-6.

TENARIS. "Roscas Redondas". *Roscas Redondas*. (2008), Venezuela, pp 1-8.

SCHLUMBERGER. Dimension y Tolerancia para tubulares API empleados en el campo Petrolero [En línea]. 12 de Diciembre de 2014. [Consulta: 2015 de Enero de 10.] <http://es.slideshare.net/MagnusMG/09-dimensiones-y-resistencias-de-los-tubulares>.

TENARIS SIDERGLASS. "Uniones para aplicaciones especiales". *Varillas de bombeo y tubulares performance y nuevas tecnologías*. 2003, pp 12,24.

TENARIS. "Tubo una parte integral de la producción de energía". *La importancia de los tubos en la industria energética de hoy*, 2013, Argentina.

VILLACRÉS CASTRO, Andres. procedimiento de inspección de tubería de perforación (drill pipe) causados por diferentes problemas dentro de un pozo en las instalaciones de INSEPECA Cia. Ltda. (tesis) (tecnología). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. 2007.

WINTTMEYR, Hannah. Fracking & well casing failure. [En línea]. 27 de Junio de 2013. [Consulta: 10 de Enero de 2015]. Disponible: <http://frackwire.com/well-casing-failure/>.