

Diseño de un modelo de plan calidad para control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & gas basado en los lineamientos del PMBOK

Karol Andrea León Llanos

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

Ivanhoe Rozo Rojas

Magister en Calidad y Gestión Integral

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos

2023

Agradecimientos

Quisiera expresar agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este proyecto de grado. En primer lugar, deseo agradecer a mi director de proyecto por su orientación experta, su paciencia y su dedicación constante a lo largo de este proceso. Su mentoría ha sido invaluable y ha guiado mi trabajo hacia un nivel de excelencia que nunca habría alcanzado por mi cuenta.

Quiero extender mi gratitud a mi familia mi pareja Cesar, mi mamá, mi padre y mi hermano por su inquebrantable apoyo emocional y su comprensión durante las intensas fases de este proyecto. Sus palabras de aliento y amor han sido mi motor y fuente de inspiración.

Además, agradezco a todas las personas que participaron en entrevistas, encuestas y cualquier otra forma de colaboración que haya enriquecido los datos y análisis de este trabajo.

Contenido

Introducción	12
1. Aspectos contextuales	17
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Justificación	19
1.3 Gestión del alcance del proyecto	20
1.1.1 Objetivos.....	21
1.4 Acta de constitución del proyecto.....	22
1.5 Gestión del cronograma del proyecto	22
1.6 Reseña institucional	23
2. Marco referencial.....	26
2.1 Marco conceptual.....	26
2.2 Estado del arte.....	27
3. Metodología.....	30
3.1 Gestión de los costos del proyecto.....	30
3.1.1 Estimación de los recursos asociados al proyecto	31
3.1.2 Presupuesto del proyecto	32
3.2 Gestión de la calidad del proyecto	33
3.3 Diseño metodológico	34
4. Resultados y desarrollo de la metodología.....	35
4.1 Determinación de requisitos y controles de calidad en uniones bridadas.....	35
4.2 Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas.....	39
4.3 Validación de plan de calidad – Grupo focal.....	60

4.4	Gestión de los recursos del proyecto	73
4.5	Gestión de las comunicaciones del proyecto	73
4.6	Gestión de los riesgos del proyecto	74
4.7	Gestión de las adquisiciones del proyecto	77
4.8	Gestión de los interesados del proyecto.....	77
5.	Discusión	79
6.	Conclusiones	82
	Referencias.....	84
	Apéndices.....	86

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Actividades principales del proyecto.</i>	23
Tabla 2. <i>Estimación de recursos asociados a las actividades principales del proyecto.</i>	31
Tabla 3. <i>Presupuesto del proyecto.</i>	32
Tabla 4. <i>Primera etapa plan de integración de requisitos.</i>	34
Tabla 5. <i>Integración de aplicables de las directrices del PMBOK 6ED y la ISO-10005.</i>	35
Tabla 6. <i>Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas previa revisión grupo focal.</i>	41
Tabla 7. <i>Tabla de alineación de uniones bridadas.</i>	52
Tabla 8. <i>Valor de torque de acuerdo con diámetro de espárrago.</i>	55
Tabla 9. <i>Secuencia de aplicación de torque.</i>	56
Tabla 10. <i>Plantilla de formato de registro y ajuste de uniones bridadas.</i>	58
Tabla 11. <i>Formato de evaluación grupo focal.</i>	61
Tabla 12. <i>Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas posterior a revisión del grupo focal.</i>	63
Tabla 13. <i>Plan de comunicaciones para el mantenimiento de uniones bridadas.</i>	73
Tabla 14. <i>Identificación de riesgos.</i>	74
Tabla 15. <i>Matriz de los interesados.</i>	77

Lista de figuras

Figura 1. <i>Brida en acero al carbón ASTM A105.</i>	13
Figura 2. <i>Unión bridada ensamblada.</i>	14
Figura 3. <i>Fuga en unión bridada.</i>	15
Figura 4. <i>Análisis causa efecto de las fugas en uniones bridadas.</i>	18
Figura 5. <i>Estructura de desglose de trabajo (EDT).</i>	22
Figura 6. <i>Diagrama de cronograma de actividades principales.</i>	23
Figura 7. <i>Organigrama contratista paradas de planta.</i>	24
Figura 8. <i>Indicador de aparición de fugas en uniones bridadas.</i>	33
Figura 9. <i>Criterios de aceptabilidad de defectos en áreas de sello.</i>	50
Figura 10. <i>Aplicación adecuada de lubricante en los espárragos.</i>	51
Figura 11. <i>Distribución de espárragos en la unión bridada.</i>	53
Figura 12. <i>Ubicación de estampe de tuerca y espárrago para su visibilidad.</i>	54
Figura 13. <i>Torque objetivo.</i>	54
Figura 14. <i>Torque objetivo del perno.</i>	55
Figura 15. <i>Matriz de probabilidad de impacto.</i>	77

Lista de apéndices

Apéndice A. *Acta de constitución del proyecto.* 86

Apéndice B. *Formatos diligenciados por el grupo focal.* 89

Resumen

Este proyecto de grado se centra en diseñar un modelo de plan de calidad para control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & Gas basado en los lineamientos del PMBOK 6TH. A lo largo de esta investigación, se exploraron los estándares internacionales vigentes y aplicables al proyecto con el objetivo de elaborar un modelo de plan de calidad para la realización del mantenimiento de uniones bridadas durante las paradas de planta en la industria Oil & Gas. El diseño del proyecto se basó en el PMBOK 6TH (PMBOK, 2017), ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022) e ISO 10005 (Organización Internacional de Normalización, 2018), y se contó con la participación del grupo focal para obtener una perspectiva integral.

El desarrollo del proyecto implicó realizar una integración de los estándares utilizados y la guía del PMBOK 6TH con el fin de obtener un plan de calidad con todos los requisitos requeridos por el cliente. La validación del plan de calidad se llevó a cabo mediante el análisis de un grupo focal. La retroalimentación recibida permitió ajustes significativos, mejorando así la aplicabilidad y eficacia del plan.

En resumen, este proyecto contribuye al sector Oil & Gas al abordar la aparición de fugas durante la realización de las paradas de planta y proponer soluciones o conclusiones fundamentadas.

Palabras clave: refinerías, mantenimiento, gerenciamiento, bridas

Abstract

This undergraduate project focuses on designing a quality plan model for leak control in flanged joints in the Oil & Gas industry based on the guidelines of the PMBOK 6th edition. Throughout this research, current and applicable international standards were explored with the aim of developing a quality plan model for the maintenance of flanged joints during plant shutdowns in the Oil & Gas industry. The project design relied on the PMBOK 6th edition (PMBOK, 2017), ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022), and ISO 10005 (International Organization for Standardization, 2018), and a focus group was engaged to gain a comprehensive perspective.

The project development involved integrating the standards used and the guidance of the PMBOK 6th edition to obtain a quality plan with all the requirements specified by the client. The validation of the quality plan was conducted through the analysis of a focus group. The feedback received allowed for significant adjustments, thereby enhancing the applicability and effectiveness of the plan.

In summary, this project contributes to the Oil & Gas sector by addressing the occurrence of leaks during plant shutdowns and proposing well-founded solutions or conclusions.

Key words: refinery, maintenance, management, flange

Glosario

Brida: accesorio mecánico sujeto al extremo de una tubería con una geometría adecuada para unirse a otra brida para permitir la unión tramos de tubería de manera que sea posible desensamblar las líneas para su mantenimiento.

Control de calidad: es el proceso que implica realizar seguimiento a la realización de actividades o procesos específicos verificando que se realicen de acuerdo con los estándares o normas aplicables a la actividad, garantizando la correcta ejecución de las tareas.

Diesel: combustible hidrocarburo derivado del petróleo a través del cual funcionan motores diferentes motores térmicos también es conocido como gasoil o gasoleo.

Espárrago: elemento sin cabeza roscado en toda su longitud usado para unir dos elementos (bridas, láminas) al ser apretado por medio de tuercas ubicadas en sus extremos

Fuga: Consiste en el escape o derrame de un fluido (líquido, gaseoso o sólido) por una abertura no deseada en el recipiente que contiene dicho fluido.

Lucro cesante: consiste en la ganancia que se deja de recibir por parte de un activo debido a una acción de incumplimiento contractual, un ilícito o un daño en el patrimonio.

Mantenimiento: acción de conservar un objeto o equipo en buen estado de acuerdo con su degradación por el uso.

Oil and Gas: es la industria que se encarga de la explotación, transporte y suministro de los combustibles derivados del petróleo, además, de la extracción de gas de la tierra, transporte y suministro de este.

Parada de planta: evento en el cual se detiene la operación de una planta industrial para la realización de mantenimientos preventivos o correctivos en un lapso determinado.

Sistema de gestión de calidad: es un sistema formal donde se documentan los procedimientos, procesos y actividades que permiten a una organización controlar las actividades realizadas y permitir detectar opciones de mejora constantemente.

Torque: es el momento de fuerza, consiste en la fuerza aplicada a un objeto con respecto a una distancia o punto de referencia circunferencial (fuerza por distancia).

Tuerca: accesorio mecánico con interior roscado para ser ingresado en los extremos de un tornillo o perno para hacer apriete de este.

Introducción

El petróleo y gas forman parte de las actividades cotidianas de los seres humanos. De una u otra manera, se hacen uso de estos recursos. La industria conocida como Oil and Gas es la que abarca principalmente la utilización de los derivados del petróleo a partir de diferentes procesos de refinación basados en la destilación fraccionada de este a diferentes temperaturas como lo son: la gasolina, como principal fuente de energía utilizada en los vehículos de combustión interna; la nafta necesaria en la industria petroquímica; el queroseno requerido como fuente de energía para equipos de iluminación y también como combustible de aviones, motores de reacción y turbinas de gas entre otros usos.

El gasoleo es otro de los derivados destacables, ya que, es conocido como gasoil o diesel utilizado en motores del transporte público y plantas de energía eléctrica, por último, el fuelóleo derivado más pesado, usado en calderas, hornos a gas, así como en buques y embarcaciones marítimas. (Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos CPIP, 2021, p. 10)

El proceso de refinación y producción de los derivados del petróleo se realiza en refinerías, lugares donde, a través de diferentes equipos y recipientes interconectados por tuberías realizan diferentes procesos para provocar las reacciones físico- químicas necesarias para producir el producto requerido. Dichas refinerías están distribuidas por unidades o plantas, especializadas en algún proceso en particular para producir un derivado específico.

Cuando se realiza el diseño de estas plantas, se estiman diferentes tiempos para su corrida o tiempo de operación sin necesidad de parar la producción en ningún momento del día, es decir, que la producción se realice continuamente sin ningún tipo de detención a lo largo de un determinado lapso de tiempo, las corridas generalmente se estiman para 5 años (este valor puede

variar dependiendo del proceso que se lleve a cabo en la planta) al culminarse el tiempo, se llega a un punto donde se hace necesario realizar una parada de planta.

Las paradas de planta son etapas del mantenimiento en las refinerías que consisten en detener el funcionamiento de la planta en cuestión, y realizar el destape de ciertos equipos (definidos en el plan de mantenimiento de la unidad definido por el cliente o dueño de los activos), realizar el desmantelamiento de líneas de interconexión definidas por su estado de corrosión para cambio o para el cambio total de determinados equipos, posterior al desmantelamiento se realiza limpieza o trabajos específicos que surgen en el proceso de inspección, ejecución de dichos trabajos, montaje y puesta en marcha de los equipos para iniciar una nueva corrida (ciclo de trabajo) de la unidad.

Para este proyecto de investigación las fases clave durante el proceso de paradas de planta serán el montaje y la puesta en marcha, ya que es allí, donde se realiza el armado de todas las interconexiones de los equipos entre sí y con las líneas que los unen, estas interconexiones en su mayoría son de tipo bridado y consisten en un tubo en cuyo extremo se encuentra unida una brida (ver **Figura 1**) conectado a otra brida con un empaque entre ellas y apernadas entre sí como se muestra en la **Figura 2**.

Figura 1. *Brida en acero al carbón ASTM A105.*



Tomado de <https://granadaycia.com/bridas-en-acero-carbon-r8/brida-con-cuello-6-acero-carbon-calibre-40-600-psi-a105-rf-metalfar-> (2023).

Figura 2. *Unión bridada ensamblada.*



Tomado de <https://www.tigre.com.co/producto/union-doble-con-brida> (2023).

El proceso de unión de los equipos y líneas a través de las bridas posterior al mantenimiento se denomina proceso de normalización, posterior a la normalización se lleva a cabo el arranque de la unidad y es allí donde se presentan las denominadas fugas (ver **Figura 3**), hasta que las fugas sean corregidas no es posible realizar el arranque de la unidad generando un lucro cesante al cliente, ya que, las paradas de planta manejan cronogramas de actividades ajustadas y sobrepasar el cronograma de actividades representa pérdidas materiales para el cliente (dueño de los activos intervenidos) o en el peor de los casos, perdidas o afectaciones a humanos por fugas de productos nocivos para la salud.

Figura 3. *Fuga en unión bridada.*



Tomado de <https://www.ness.de/en/safe-flange/> (2023).

La ejecución de las paradas de planta es realizada por empresas que son contratadas por el cliente y reciben la información del alcance de la actividad, al finalizar las actividades de mantenimiento, las empresas contratistas son medidas en cuanto al cumplimiento del tiempo estipulado para la realización de la actividad, uno de los aspectos que más influye en dicha evaluación son la cantidad de fugas al momento de realizar el arranque de la unidad, de allí el fin de este proyecto y es generar un modelo plan de calidad para el control de fugas en el arranque de las unidades pertenecientes a la industria Oil and Gas basado en los lineamientos del PMBOK. Con dicho plan de calidad se busca disminuir el indicador de fugas, logrando que se realicen las paradas de planta en el tiempo definido y garantizando la seguridad del personal y de los activos del cliente.

Finalmente, el presente proyecto se encuentra estructurado de la siguiente forma: inicialmente se encuentra el componente de aspectos contextuales, planteamiento del problema, análisis causa raíz, justificación y objetivos, marco referencial, marco conceptual y estado del arte, posteriormente, se encuentra el capítulo de la metodología, en el cual se encuentra el diseño metodológico que se encuentra dividido en tres fases principales: el plan de integración, el modelo

del plan de calidad y el modelo del plan de calidad con las modificaciones realizadas a partir de las observaciones obtenidas del grupo focal. Durante el desarrollo del contenido anteriormente mencionado, se integran las áreas de conocimiento del PMBOK, con el objetivo de garantizar la realización del proyecto con las practicas recomendadas de este. Finalmente, se encuentra el capítulo de discusión y conclusiones, donde se presentan los resultados y cómo inciden en el valor final aportado por este proyecto.

1. Aspectos contextuales

El contexto de este proyecto se sitúa en las refinerías donde se desarrollan los trabajos de la industria Oil & Gas, específicamente en las plantas que las conforman en el momento en el que dan las paradas de planta cuyos objetivos son llevar a cabo las actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de acuerdo con el plan de mantenimiento establecido por el dueño de los activos.

A continuación, se detalla el problema que aborda este proyecto, así como alcance, limitaciones, justificación, y descripción de las compañías donde se ejecutan los mantenimientos, de esta manera, se muestra el contexto, y a su vez, la importancia que se tiene al subsanar el problema planteado a nivel económico, productivo y de seguridad en la industria Oil & Gas.

1.1 Planteamiento del problema

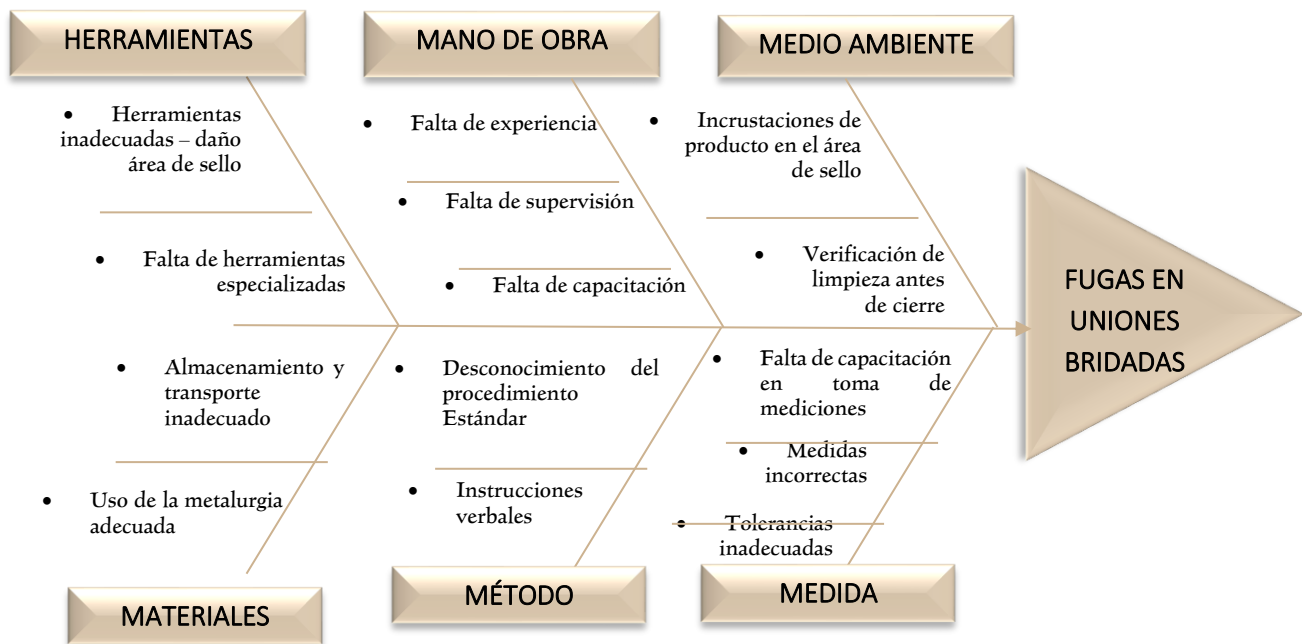
En la industria Oil & Gas se manejan estrictos estándares de calidad al momento de realizar mantenimientos en plantas industriales a través de paradas de planta programadas para el ensamble y aplicación de torque en uniones bridadas debido a que es uno de los elementos mecánicos más comunes para facilitar las actividades de mantenimiento de los ductos por donde circula el petróleo y los subproductos que se obtienen del proceso de refinación.

Las uniones bridadas corresponden a un empalme mecánico constituido por dos bridas, sujetadores (pernos, tuercas y/o arandelas) y una empaadura o elemento sellante en el medio. El principio principal de funcionamiento está basado en la carga o tensión aplicada por los pernos que la conforman (torque), garantizando de esta manera un sello hermético donde se manejan altas presiones y temperaturas. Las fallas más comunes que se evidencian en uniones bridadas corresponden a: i) instalación incorrecta, ii) empaadura o elemento sellante defectuoso, iii) brida

dañada o defectuosa, iv) desajuste de bridas, v) reutilización de pernos y tuercas previamente torquados.

En la **Figura 4**, se presenta un diagrama de análisis causa efecto de las fugas en las uniones bridadas.

Figura 4. Análisis causa efecto de las fugas en uniones bridadas.



Cuando los mantenimientos y proyectos están por finalizar, las líneas y equipos son cargadas a través de condiciones de operación (altas temperaturas y presiones) e incluyendo las uniones bridadas presentes en el sistema. En este sentido, es crucial realizar estas acciones de verificación para evaluar la efectividad de la actividad ejecutada por la organización debido a las posibilidades de presentar fugas de producto que puede representar pérdida de la confianza del cliente ante la confiabilidad de sus procesos para futuras contrataciones y la representación de peligros para la zona de influencia donde se encuentre ubicada la planta.

De acuerdo con este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las características que debe tener un plan de calidad para garantizar la eficiencia y la mejora continua de los procesos de mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas, y cómo puede contribuir a la optimización general del proceso de mantenimiento en paradas de planta?

1.2 Justificación

Este proyecto de investigación sirve para garantizar la disminución de la aparición de fuga durante la puesta en marcha de las unidades posterior a las paradas de planta en la industria Oil & Gas por medio de la construcción de un sistema de gestión de calidad detallado, todo esto implementado en un proyecto basado en los lineamientos del PMBOK de tal manera que, se obtenga la optimización de recursos tanto humanos como económicos y alta eficiencia al aplicar lo mencionado.

El desarrollo de este proyecto impacta a varios actores en la industria, inicialmente, al primer ejecutor de la tarea (Pailero) quien recibirá la instrucción necesaria permitiéndole así el crecimiento profesional y enriqueciendo su perfil laboral, a los operadores de las unidades donde se realizan las paradas ya que, se salvaguarda su integridad física al disminuir las fugas durante la operación de la unidad donde en su mayoría se trata de productos de alta peligrosidad, a la empresa contratista que realiza los mantenimientos, debido a que si los indicadores de fugas disminuyen, esta tendrá una mayor elegibilidad con el dueño de los activos para realizar mantenimientos en diferentes unidades, y finalmente, al dueño de los activos (cliente) quien podrá hacer uso de estos en los tiempos acordados, eliminando el lucro cesante que se produce al incumplir con los plazos

acordados y también evitando paradas de emergencia durante la operación rutinaria de las unidades.

Al aplicar lo propuesto en este proyecto se sienta un precedente en la ejecución de las paradas de planta y, debido a que puede ser aplicado a cualquier unidad sin importar su servicio o la configuración de estas se genera una cultura de ejecución en la industria salvaguardando la integridad de ejecutores, operadores y activos del cliente.

Producto de esta investigación se obtiene un instrumento para mejorar los indicadores de desempeño de aparición de fugas en uniones bridadas, por consiguiente, se mejoran los indicadores de accidentalidad provocados por aparición de fugas, finalmente la efectividad de la ejecución de los mantenimientos en paradas de planta se incrementaría.

1.3 Gestión del alcance del proyecto

El alcance de este proyecto consiste en producir un sistema de gestión de calidad aplicable al mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas para minimizar la aparición de las fugas que impiden el cumplimiento de los objetivos planteados en el mantenimiento y llegan a generar afectaciones físicas a los trabajadores y demás agentes que participan en el proceso, todo esto en el marco de la guía PMBOK, todo esto a través de la generación de una integración entre las diferentes normas internacionales para la gestión de calidad y la gerencia de proyecto PMBOK, la realización de un modelo de plan de calidad para la realización del proceso de mantenimiento de las uniones bridadas y por último, realizando la validación de la implementación de plan de calidad a través de un caso de estudio.

Las limitaciones del proyecto van desde la realización de los mantenimientos basados en los estándares aprobados por el cliente (ASME PCC 1), el tiempo de ejecución de las actividades

que es definitivo y decisorio hasta el costo de las capacitaciones o socializaciones necesarias del plan de calidad propuesto, además, dentro de la defectología que impide la realización de los mantenimientos en paradas de planta en los plazos acordados, este proyecto no adentrará en ninguna más que en las fugas de las uniones bridadas.

1.1.1 Objetivos

1.1.1.1 General

Diseñar un modelo de plan calidad para control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & gas basado en los lineamientos del PMBOK.

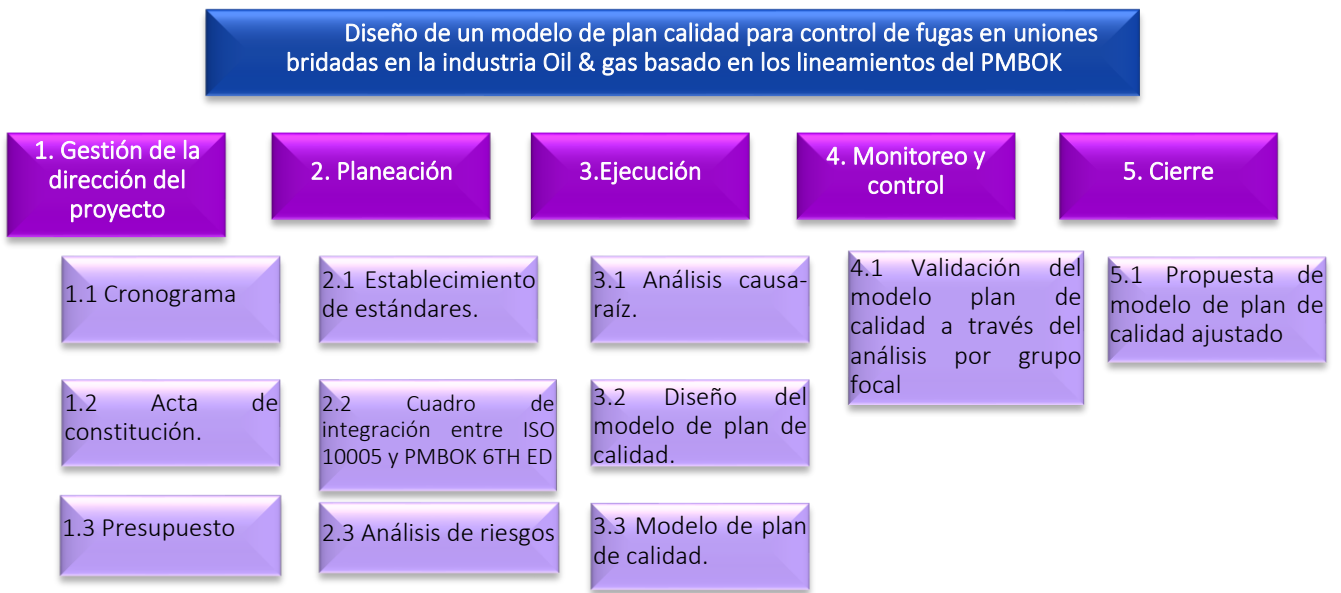
1.1.1.2 Específicos

- Determinar los requisitos de control y gestión de la calidad para uniones bridadas de acuerdo con lo establecido en estándares internacionales aplicables a su mantenimiento en la industria Oil & Gas.
- Diseñar el modelo de plan de la calidad basado en la ISO 10005 y los lineamientos del PMBOK que comprenda las actividades de mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas.
- Validar el plan de la calidad diseñado para el mantenimiento de las uniones bridadas a través de un grupo focal para realizar ajustes necesarios a la propuesta.

Una vez definido el alcance, las limitaciones y fases del proyecto, se procede a construir la estructura de desglose de trabajo (EDT) (**Figura 5.**) donde se detallan los entregables durante la

planeación, ejecución, monitoreo y control y cierre del proyecto, de acuerdo la guía de las practicas del PMBOK 6TH (PMBOK, 2017).

Figura 5. Estructura de desglose de trabajo (EDT).



1.4 Acta de constitución del proyecto

En el **Apéndice A.** se encuentra incluida el acta de constitución del proyecto. En este documento se detallan todos los aspectos relevantes del proyecto, incluyendo la autorización para su ejecución, compromisos, entregables, propósito, objetivos y el cronograma de actividades principales, entre otros.

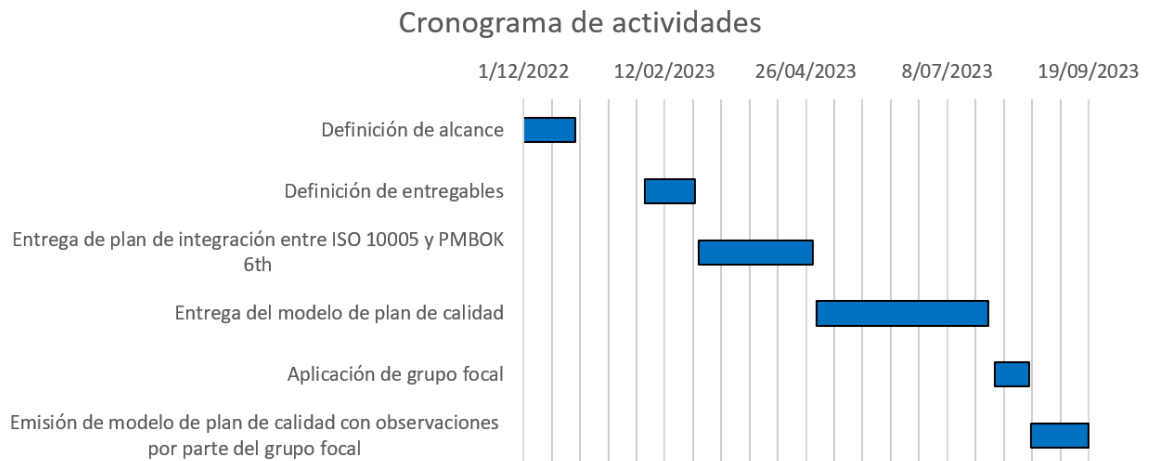
1.5 Gestión del cronograma del proyecto

En la **Tabla 1** se definen las actividades principales del proyecto, donde se realizarán los avances finales de los entregables propuestos de la estructura de desglose de trabajo (**Figura 5**), en la **Figura 6** se observa gráficamente el desarrollo del cronograma de actividades.

Tabla 1. *Actividades principales del proyecto.*

Nombre de la actividad	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha finalización
Definición de alcance	12/1/2022	27	12/28/2022
Definición de entregables	02/2/2023	26	02/28/2023
Entrega de plan de integración entre ISO 10005 y PMBOK 6th	03/2/2023	59	04/30/2023
Entrega del modelo de plan de calidad	05/2/2023	89	07/30/2023
Aplicación de grupo focal	08/2/2023	18	08/20/2023
Emisión de modelo de plan de calidad con observaciones por parte del grupo focal	08/21/2023	30	09/20/2023

Figura 6. *Diagrama de cronograma de actividades principales.*

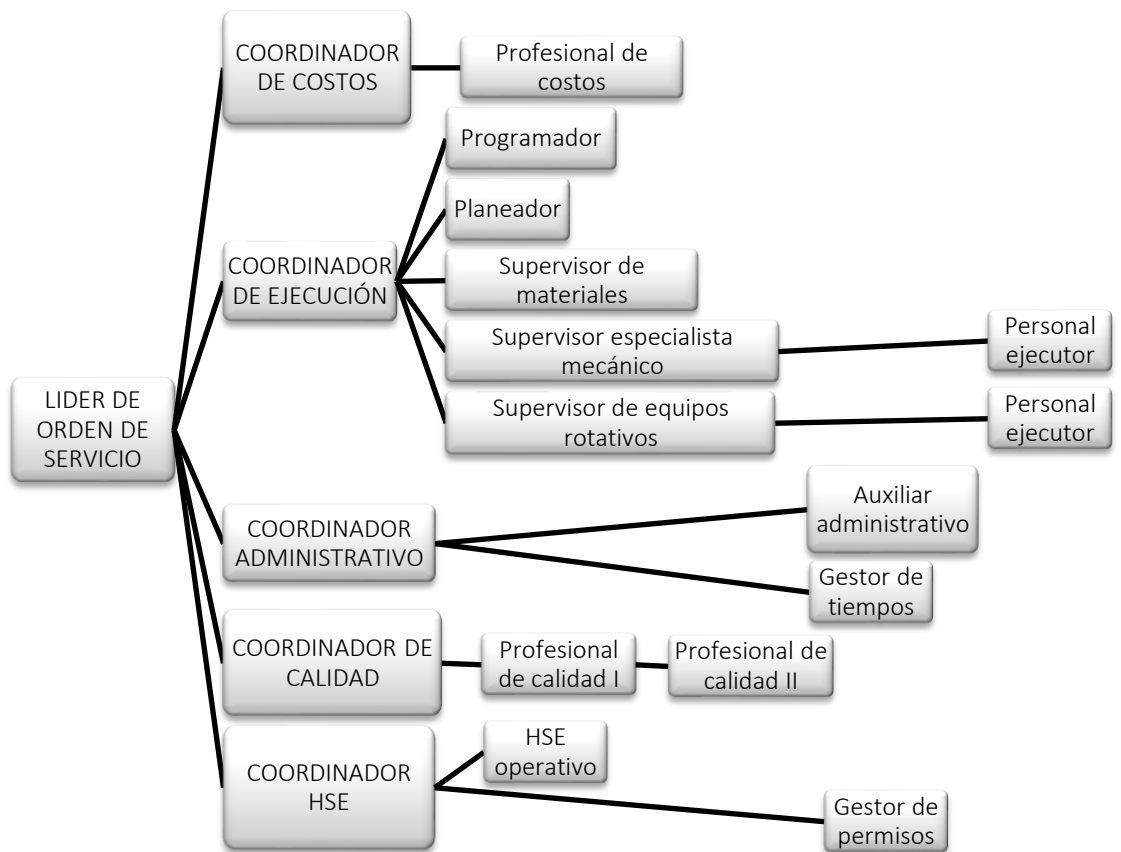


1.6 Reseña institucional

Las empresas contratistas que realizan los mantenimientos a las paradas de planta en refinerías de industria Oil & Gas, la contratista está compuesta por una serie de individuos que, de acuerdo con el organigrama tiene funciones determinadas, en la punta se encuentra el líder de

orden de servicio, seguido de los coordinadores y supervisores de ejecución, de control de recursos, de gestión de materiales y de personal ejecutor, a su vez, el coordinador de aseguramiento y control de calidad, quien tiene a su cargo a los ingenieros aseguradores y controladores de calidad como se puede ver en la **Figura 7**.

Figura 7. Organigrama contratista paradas de planta.



Este proyecto está planteado para ser liderado por el coordinador de calidad con aprobación y asignación de recursos por parte del líder de la orden de servicio, el cliente, quien es el dueño de

los activos y quien asigna la ejecución de la parada de planta a determinada empresa contratista, evaluará continuidad de la aplicación del plan de calidad planteado.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

Un proyecto es: “Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMBOK, 2017, p. 40), los proyectos están regidos por el cumplimiento de objetivos que llevan al cumplimiento de una meta o prestación de un servicio específico a un cliente determinado y al ser un esfuerzo temporal implica que tenga un inicio y un fin.

La dirección de proyectos consiste en aplicar herramientas, conocimientos, habilidades y técnicas durante el desarrollo del proyecto para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados, llevando a las organizaciones a evolucionar ejecutando proyectos de forma eficaz y eficiente (PMBOK, 2017, p. 46).

Al ser este un proyecto de investigación que contempla la elaboración de un modelo de plan de calidad que se pueda incluir fácilmente en los sistemas de gestión de las compañías que participan en el mantenimiento en la industria Oil & Gas, el PMBOK es la guía que mejor se adapta a este proyecto por su enfoque ya que no se encuentra ligada a una empresa en particular y es un proyecto de investigación.

El marco de referencia PMBOK le proporciona una visión más completa a la gestión y control de las actividades de mantenimiento de Oil & Gas previstas en el estudio, incluyendo otras áreas de las organizaciones con visión holística para el logro del propósito. De igual manera, al ser el mantenimiento una actividad puntual en las organizaciones del sector está enmarcado dentro del concepto de Mantenimiento Productivo Total que se gestiona por programas, proyectos y actividades, enfoque en el que es aplicable el PMBOK.

Cabe resaltar que el PMBOK no es una metodología, se trata de una guía que proporciona información relativa a tendencias emergentes en la dirección de proyectos, así como conceptos clave, consideraciones importantes para adaptar los procesos a la dirección de proyectos y cómo aplicarlas adecuadamente en ellos (PMBOK, 2017, p. 38).

2.2 Estado del arte

El sector Oil and Gas en Colombia es liderado actualmente por la empresa colombiana de petróleos ECOPETROL, que en el primer trimestre del año 2023 logró eficiencias acumuladas por un valor de COP 905.3 mil millones de pesos, donde los hidrocarburos representan el 65% de ellas, siendo así, una industria que representativa en el producto interno bruto del país. (ECOPETROL, 2023). Teniendo esto en cuenta, crece la importancia de la protección y el correcto manejo de los activos que conforman estas plantas en el país, ya que, la realización inadecuada de los mantenimientos puede acarrear en la disminución de la vida útil de los equipos y su fallo inesperado, provocando accidentes a los operadores de las unidades además de pérdidas económicas considerables.

El estándar internacional aprobado por el cliente para la realización del mantenimiento en uniones bridadas es el (The American Society of Mechanical Engineers, 2022), para este proyecto aplica la edición 2022, allí, se indica el procedimiento de mantenimiento adecuado, las tolerancias permitidas y demás aspectos de acuerdo con el tipo de bridas, empaques, espárragos y lubricantes.

Las bridas, al ser fabricadas en materiales metálicos, pueden presentar deformaciones por diferentes condiciones ambientales y de servicio, con el tiempo de servicio, el fluido y la deformación de las tuberías pueden provocar deformaciones en las bridas que, finalmente, producen la aparición de fugas, se llega a concluir que de acuerdo con la investigación del año

2022 de Rodriguez, se concluye que los ridigizadores influyen notablemente en la deformación de las bridas (Rodriguez, 2022).

La norma internacional ISO 10005:2018 proporciona una orientación para los planes de calidad, ya sea en el contexto de un sistema de gestión de calidad establecido o como una actividad de gestión independiente, como principal beneficio de establecer un plan de calidad se encuentra el incremento de la confianza en el cumplimiento de los requisitos de la actividad a realizarse (Organización Internacional de Normalización, 2018).

Existen otras razones de la aparición de fugas en uniones bridadas, en el caso de las uniones intervenidas cuyo material es existente, a lo largo del tiempo de servicio se presentan deformaciones por temperatura y presión, la unión bridada puede presentar fugas por dicha deformación, a través de estudios de modelos matemáticos, se descubrió que la tensión en las uniones bridadas se distribuye más uniformemente en uniones con empaques rígidos (Przemysław Jaszak, 2022).

Los mantenimientos de paradas de planta en la industria tiene diferentes tipos de trabajos durante su realización, cuando el trabajo en los equipos solamente puede realizarse cuando la planta se encuentra apagada, cuando el trabajo en los equipos puede realizarse con la planta en operación con un gran número de trabajadores y cuando los trabajos son identificados durante la operación de la planta pero no pueden corregirse los defectos debido a que la línea donde se encuentran no puede ser aislada (Khasanah, 2019), así mismo, existen paradas de planta programadas o de emergencia.

A través de los sistemas de control y gestión de la calidad, adaptando herramientas como PHVA (Planear- hacer- verificar- actuar) se obtiene un ciclo de mejora continua en las compañías, además de que la creatividad para fusionar herramientas de gestión de proyectos y gestión de la

calidad hace que se permita determinar y seleccionar las oportunidades de mejoras en los procesos, en los productos y los servicios prestados por la compañía (Ávila, 2019).

Al momento de implementar un sistema de control de calidad se obtienen diversas ventajas y desventajas, llegándose a concluir que, “la eficacia de aplicar uno en una organización depende de diversas variables que deben ser tomadas en cuenta, entre ellas, la fortaleza de la estructura organizacional y la comunicación que existe dentro de la misma” (Murrieta , Carballo y Ochoa, 2020, p.126)

El mantenimiento productivo total ofrece un ciclo de mejora continua para procesos de la industria, para el caso del sector minero específicamente, donde a partir del principio de: preparar, evaluar y diagnosticar, implementar mejoras y realizar control y seguimiento se concluyó que este tipo de técnicas pueden implementarse sin restricción alguna en las compañías y pueden llegar a mejorar procesos hasta en un 9% del valor actual (Lama y Alayo en el 2021, p.12).

3. Metodología

La investigación es de tipo cualitativa debido a que se orienta como estudio de caso en una organización del sector Oil & Gas partiendo del supuesto (hipótesis) relacionado con la disminución de las fugas en uniones bridadas al implementar un plan de calidad que abarque las actividades del mantenimiento de estas.

Con base en lo anterior, la investigación es de tipo descriptivo, ya que, durante el desarrollo del proyecto se registra el cambio entre los momentos previos a la implementación del plan de calidad para el mantenimiento de las uniones bridadas basado en PMBOK 6ED e ISO 10005, identificando el comportamiento de variables, factores o elementos que componen el proceso de mantenimiento para dimensionar el caso de estudio.

El enfoque del proyecto es de tipo inductivo, debido a que se realizará en una unidad de análisis empleando métodos de observación, patrones de comportamiento hasta finalizar con conclusiones relacionadas con la hipótesis, que pueda servir para la generalización de la conclusión en el sector.

3.1 Gestión de los costos del proyecto

La gestión de los costos del proyecto no se encuentra en el alcance de la empresa contratista ya que, dentro del valor del contrato por medio del cual se realizan las paradas de planta, la empresa contratista podrá ejecutar la capacitación (que se encuentra contemplada dentro de los servicios ofrecidos al cliente) y realizar la elaboración del modelo de plan de calidad sin necesidad de realizar una planificación, estimación y control de costos específicos para este fin.

En caso de que el método de contratación fuese distinto y el proyecto tuviese que ser costado por la empresa contratista, o en caso de que el mismo cliente solicitara la revisión de la

gestión de costos para ejecutar este proyecto fuera del presente ámbito se realiza el ejercicio de la gestión de los costos a continuación:

3.1.1 Estimación de los recursos asociados al proyecto

De acuerdo con las actividades principales que componen el proyecto, se resumen los recursos que fuesen necesarios para ejecutarlo en la **Tabla 2**, y de esta manera, obtener la base para realizar el presupuesto del proyecto.

Tabla 2. Estimación de recursos asociados a las actividades principales del proyecto.

Nombre de la actividad	Duración en días	Recursos asociados a la actividad
Definición de alcance	27	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto).
Definición de entregables	26	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto, director de orden de servicio).
Entrega de plan de integración entre ISO 10005 y PMBOK 6th	59	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto). Licencias de la normatividad a utilizar.
Entrega del modelo de plan de calidad	89	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto, director de orden de servicio).

Nombre de la actividad	Duración en días	Recursos asociados a la actividad
		<ul style="list-style-type: none"> Papelería.
Aplicación de grupo focal	18	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto, director de orden de servicio). Recurso humano (horas de trabajo del grupo focal).
Emisión de modelo de plan de calidad con observaciones por parte del grupo focal	30	<ul style="list-style-type: none"> Recurso humano para la definición del alcance (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente del proyecto) Papelería.

3.1.2 Presupuesto del proyecto

En la **Tabla 3** se muestra el presupuesto del proyecto en caso de que los recursos para ejecutar el proyecto no corrieran por parte del cliente y fuese necesario desglosar los costos para ser aprobados por parte de la dirección administrativa de la empresa contratista.

Tabla 3. Presupuesto del proyecto.

Recurso	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor final
Recurso Humano (Coordinador de calidad, profesionales de calidad, auxiliar de calidad, gerente de proyecto).	249	días	\$ 167,000.00	\$ 41,583,000.00

Recurso Humano (Grupo focal)	18	días	\$ 167,000.00	\$ 3,006,000.00
Licencias de normas a utilizar	2	Unidad	\$ 300,000.00	\$ 600,000.00
Papelería	1	Global	\$ 500,000.00	\$ 500,000.00
			Total	\$ 45,689,000.00

Finalmente, se debe realizar el análisis de la gestión del valor ganado, para verificar si los costos son los presupuestados y también la variación en el presupuesto en completitud (VAC), para obtener información sobre el cumplimiento de las actividades respecto al presupuesto planteado para cada una de estas.

3.2 Gestión de la calidad del proyecto

Este proyecto, se centra en la gestión de la calidad, es en esta área del conocimiento donde se supone mayor impacto, a continuación, se detalla el diseño metodológico donde se desarrolla la integración, la construcción del modelo de plan de calidad, la ejecución del grupo focal y el modelo de plan de calidad ajustado de acuerdo con la retroalimentación obtenida por parte del grupo focal.

El indicador por medio del cual el cliente realiza la evaluación sobre los contratistas que realizan el mantenimiento a las uniones bridadas es el presentado en la **Figura 8**.

Figura 8. *Indicador de aparición de fugas en uniones bridadas.*

$$\text{Incidencia de fugas} = \frac{\text{cantidad de fugas emergentes durante el mantenimiento}}{\text{cantidad de uniones bridadas totales a intervenir}} * 100$$

3.3 Diseño metodológico

A continuación, se desglosan las diferentes etapas, actividades y entregables correspondientes al desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 4. *Primera etapa plan de integración de requisitos.*

Etapas	Actividades	Entregables
Determinación de requisitos y controles de calidad en uniones bridadas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir la secuencialidad de las actividades del mantenimiento de uniones bridadas. 2. Definir los grupos de procesos del PMBOK que aplican. 3. Definir las directrices aplicables de la ISO 10005. 4. Establecer la correlación de los elementos con base en las actividades del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de integración de requisitos y controles.
Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar el modelo de plan de calidad de uniones bridadas integrando los requisitos aplicables del PMBOK 6ED y la ISO 10005. 2. Verificar la aplicabilidad de ajustes al plan de calidad. 3. Realizar socialización del plan de calidad con el líder de orden de servicio y personal de coordinación y supervisión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de plan de calidad basado en ISO 10005 y PMBOK 6ED para mantenimiento de uniones bridadas.
Validación de plan de calidad – grupo focal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un análisis por medio de un grupo focal conformado por el personal experto involucrado en el mantenimiento para retroalimentar las opciones de mejora y la viabilidad de la continuidad de la aplicación del plan propuesto en mantenimientos futuros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de plan de calidad con modificaciones producto de las apreciaciones realizadas por el grupo focal.

4. Resultados y desarrollo de la metodología

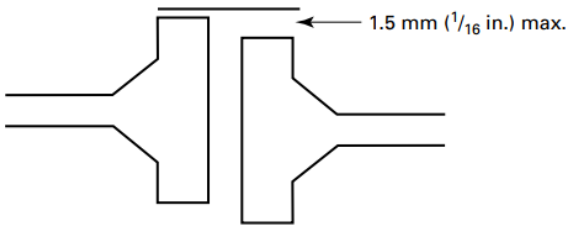
A continuación, se presentan las diferentes actividades correspondientes a las diferentes etapas planteadas y, los entregables de cada una de ellas, inicialmente se presenta el cuadro de integración entre la ISO 10005 y el PMBOK en el ítem 4.1.

4.1 Determinación de requisitos y controles de calidad en uniones bridadas

A continuación, se encuentra el entregable número 1 del desarrollo de la metodología, en la columna “Actividades AME PCC 1” se encuentra el paso a paso del mantenimiento a las uniones bridadas de acuerdo con la norma, en la columna “PMBOK 6ED” se encuentran las actividades correspondientes al cruce entre el grupo de procesos y las áreas del conocimiento que aplican para este proyecto y finalmente, en la columna ISO – 10005 las directrices aplicables al procedimiento desde esta norma.

Tabla 5. Integración de aplicables de las directrices del PMBOK 6ED y la ISO-10005

Actividades - ASME PCC I – Montaje y ajuste de uniones bridadas en mantenimientos en industria Oil And Gas	PMBOK 6ED	ISO 10005
Verificación de materiales acorde al plano (Metalurgia, diámetro, cantidad de espárragos, diámetro y longitud de los espárragos, tipo de empaque, diámetro del empaque, metalurgia del empaque, tuerca con metalurgia y diámetro adecuado)	9.6 Controlar los recursos 12.3 Controlar las adquisiciones	6.7 Recursos 6.15 Control de salidas no conformes

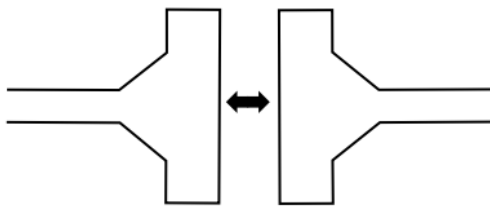
<p>Actividades - ASME PCC I – Montaje y ajuste de uniones bridadas en mantenimientos en industria Oil And Gas</p>	<p>PMBOK 6ED</p>	<p>ISO 10005</p>
<p>Limpieza de las partes previo al ensamblaje (Áreas de sello con cepillo metálico de acuerdo con metalurgia, limpieza y lubricación de espárragos, en caso de ser uniones existentes con residuos en las áreas de sello aplicación de grata mecánica con cepillo de metalurgia adecuada para la actividad)</p>	<p>4.5 Monitorear el trabajo</p>	<p>7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad</p>
<p>Realizar la inspección de las superficies de las áreas de sello, se debe verificar que no existan daños como arañazos, erosión, ranuras o demás que puedan comprometer el sello, de ser encontradas deben reportarse al cliente.</p>	<p>4.5 Monitorear el trabajo</p>	<p>7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad</p>
<p>Los espárragos y las tuercas deben tener sus hilos en buen estado, no debe tener oxido o rebabas que impidan el correcto embone, no deben tener ningún tipo de deformidad.</p>	<p>4.5 Monitorear el trabajo</p>	<p>7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad</p>
<p>Aplicar lubricante definido para la ingeniería a los espárragos de ser requerido, aplicar en la totalidad del espárrago y alrededor de los orificios de las bridas donde las tuercas harán fricción</p>	<p>4.5 Monitorear el trabajo</p>	<p>7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad</p>
<p>Para el ensamblaje tener en cuenta las siguientes condiciones de acuerdo con ASME PCC I</p> <p>Figure E-1 Centerline High/Low</p>  <p>GENERAL NOTE: See para. E-2.4.</p>	<p>8.3 Controlar la calidad</p>	<p>7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad</p>

Actividades - ASME PCC I – Montaje y ajuste de uniones bridadas en mantenimientos en industria Oil And Gas	PMBOK 6ED	ISO 10005
---	------------------	------------------

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Máximo dos veces el espesor del empaque.

Figure E-2 Excessive Spacing or Gap



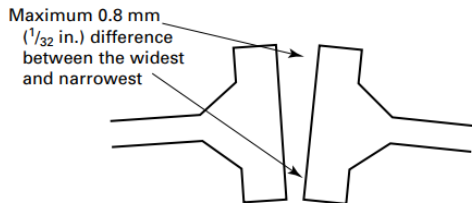
GENERAL NOTE: See [para. E-2.4](#).

8.3 Controlar la calidad

7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Figure E-3 Parallelism



GENERAL NOTE: See [para. E-2.4](#).

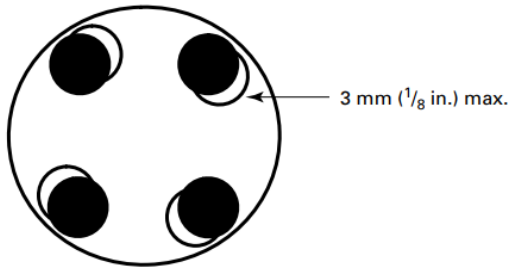
8.3 Controlar la calidad

7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Actividades - ASME PCC I – Montaje y ajuste de uniones bridadas en mantenimientos en industria Oil And Gas	PMBOK 6ED	ISO 10005
--	-----------	-----------

Figure E-4 Rotational-Two Hole



8.3 Controlar la calidad

7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

La alineación debe realizarse con llave de punta, una vez alineadas las bridas, ubique todos los espárragos y tuercas.	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Realizar un ajuste manual hasta que la tuerca no gire más	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Realizar la marcación de los espárragos de acuerdo con (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Una vez marcados inicie el apriete de acuerdo con el diámetro del espárrago y el lubricante utilizado	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
El espárrago debe tener mínimo dos hilos visibles por fuera de la tuerca y no más de media pulgada excedente.	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Para espárragos con diámetros menores a 1" se puede utilizar herramienta manual (Torquímetro) siempre verificar su fecha de calibración, para espárragos de mayores diámetros que implican mayor torque se recomienda usar herramientas hidráulicas o neumáticas debidamente calibradas.	4.5 Monitorear el trabajo	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad

Actividades - ASME PCC I – Montaje y ajuste de uniones bridadas en mantenimientos en industria Oil And Gas	PMBOK 6ED	ISO 10005
Siguiendo la secuencia adecuada se inicia con un 20% del torque total, se realiza una secuencia completa, luego al 50% y finalmente al 100%.	8.3 Controlar la calidad	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Informe de indicadores de avance en ajuste de uniones bridadas	10.2 Gestionar las comunicaciones 10.3 Monitorear las comunicaciones	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad
Informe de aparición de fugas en el arranque de la unidad	10.2 Gestionar las comunicaciones 10.3 Monitorear las comunicaciones	7.2 Implementación y seguimiento del plan de calidad 7.4 Retroalimentación y mejora

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022).

De esta manera se obtiene una base para construir el plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas basados en la dirección de proyectos del PMBOK y teniendo en cuenta las directrices de la ISO – 10005 que es especializada en la gestión de la calidad y brinda un instructivo de contenido para los planes de calidad.

4.2 Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas

A continuación, se muestra el modelo de plan de calidad planteado para la realización adecuada del mantenimiento de uniones bridadas durante el proceso de mantenimiento de paradas de planta en la industria Oil & Gas.

El plan de calidad de la **Tabla 6** se encuentra planteado como una sucesión de actividades, que se realizan antes, durante y después del mantenimiento de las uniones bridadas, en las diferentes columnas que lo conforman se presentan los puntos de control de cada actividad, los

materiales y herramientas necesarios para su ejecución, las especificaciones o patrones a seguir, el instructivo de cada actividad a realizar, la corrección en caso de que la actividad no se ejecute adecuadamente, el responsable de la ejecución de la actividad, el responsable de la aprobación de la actividad, y finalmente, el registro a diligenciar en el mantenimiento.

Tabla 6. Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas previa revisión grupo focal.

Plan de calidad para ejecución de mantenimiento a uniones bridadas en paradas de planta en la industria Oil & Gas									
Alcance	Elaborar un modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas en las paradas de planta para lograr la disminución de aparición de fugas.								
Objetivos de calidad	Mantener el indicador de incidencia de fugas en uniones bridadas (fugas /uniones bridadas a intervenir*100) por debajo del 1.0%.								
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de entrega en custodia - Formato de registro y ajuste de uniones bridadas - Figura con criterios de defectología - Tabla con información de alineación - Tabla con valores de torque - Tabla de patrones de torque 								
Evidencias	Registro fotográfico y formato de registro y ajuste de uniones bridadas debidamente diligenciado								
Fuentes	ASME PCC 1 (2022)								
Secuencia de actividades a ejecutar para el mantenimiento de uniones bridadas									
Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
ANTES DEL MANTENIMIENTO	- Verificación de aplicación de SAS (Mecánico y eléctrico). - Verificación de entrega en custodia por parte del cliente.	N/A	Tarjeta de SAS instalada en el equipo, formato de entrega en custodia firmado por el	1) Verificación de aplicación de SAS (Mecánico y eléctrico). 2) Verificación de entrega en custodia por	Al momento de intervenir en un equipo o línea por primera vez	En caso de faltar la tarjeta del SAS o la entrega en custodia, se debe informar al profesional de calidad para que este realice	Supervisor, Profesional QA/QC	Profesional de calidad	Formato de entrega en custodia

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
			representante del cliente (Operador de planta)	parte del cliente.		el acercamiento con el operador de planta de turno			
ANTES DEL MANTENIMIENTO	- Control del empaque de acuerdo con el plano de la línea y/o equipo (metalurgia y control dimensional) - Control de espárragos y tuercas de acuerdo con el plano de la línea o equipo (metalurgia y control dimensional)	- Empaque nuevo - Tuercas y espárragos	Según lo establecido en el P&ID de la línea o equipo	1) Se compara que el empaque, tuercas y espárragos tengan las dimensiones y metalurgia solicitada en el plano del equipo o línea.	En cada unión bridada	En caso de diferir con la información del P&ID informar al profesional de aseguramiento y control de calidad para realizar acercamiento con el cliente y definir ruta de acción ante la inconsistencia.	Personal ejecutor (Pailero)	Pailero / Supervisor / Profesional de aseguramiento y control de calidad	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
DURANTE EL MANTENIMIENTO	-Verificar el retiro de empaque usado, espárragos y tuercas de la unión bridada.	Para uniones bridadas entre 3/4" y 10": - Llave mixta. - Copas. Para uniones bridadas de 10" en adelante: - Gatos hidráulicos. - Grúa.	Entre las dos bridas que conforman la unión no puede quedar ningún tipo de objeto y debe haber un espacio de al menos 2" para realizar la limpieza e inspección.	1) Con las herramientas pertinentes se deben retirar los espárragos y tuercas. 2) Una vez se retiren los espárragos se debe retirar el empaque usado y dejar un espacio para realizar la limpieza e inspección.	En cada unión bridada	N/A	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor	N/A
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la limpieza del área de sello y la cara de las uniones bridadas, que no existan restos de pintura, producto del proceso, objetos o cualquier tipo de elemento que pueda dificultar	-Paño de fibra-Cepillo metálico de la misma metalurgia de las bridas-Soda neutralizante de ácidos (si aplica)	Dependiendo del nivel de suciedad de en las caras de las bridas, limpiar con el	1) Se debe tomar el paño impregnado de Soda neutralizante de ácidos (si aplica) y se debe frotar la superficie de ambas bridas.	En cada unión bridada	Repetir procedimiento hasta lograr la limpieza total de la cara de la brida.	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor / Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
	la inspección del área de sello (labrado del área de sello visible).			2) En caso de que existan residuos sólidos que no se retiraron con el paño, se debe cepillar con el cepillo metálico teniendo en cuenta no cepillar en sentido contrario a las líneas de labrado del área de sello.					
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de integridad (sin indicaciones relevantes de acuerdo con la Figura 9) del área de sello.	- Linterna - Galgas (En caso de existir indicación)	De acuerdo con la Figura 9	1) Con la ayuda de una linterna, iluminar el área de sello. 2) Observar el área de sello en toda su circunferencia en busca de indicaciones como se	En cada unión bridada	- En caso de existir una indicación que incumple los parámetros de la Figura 9 se debe informar al cliente para que este emita una recomendación técnica para	Profesional QA/QC, personal ejecutor (Pailero), Supervisor	Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
				muestra en la Figura 9		corregir la indicación.			
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la lubricación de los espárragos de acuerdo con la Figura 10.	- Lubricante para uniones bridadas	De acuerdo con la Figura 10.	1) Tomar espárrago por espárrago y aplicar el lubricante de acuerdo con la Figura 10.	En cada unión bridada	- Lubricar hasta cumplir con lo indicado en la Figura 10.	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la alineación de la unión bridada de acuerdo con la Tabla 7.	-Galga Hi-lo - Calibrador Vernier - Llave mixta - Llave de punta - Soportes para tubería - Diferenciales - Gato hidráulico	De acuerdo con la Tabla 7.	1) Con ayuda de las herramientas mecánicas, realizar la alineación de las bridas, asegurando el cumplimiento de la Tabla 7.	En cada unión bridada	- Realizar ajuste de alineación hasta cumplir con los parámetros de la Tabla 7.	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la ubicación del empaque nuevo al momento. - Verificación de la ubicación de todos los espárragos con sus respectivas tuercas con ajuste manual, estos deben encontrarse distribuidos equitativamente en la unión bridada de acuerdo con la Figura 11 . - El estampe del material de la tuerca y el espárrago debe encontrarse en la cara visible de la brida.	- Llave mixta -Copas	De acuerdo con la Figura 11 .	1) Ubicación del empaque ubicado concéntricamente en el área de sello. 2) Ubicación de los espárragos y tuercas de todos los espárragos (el estampe del material de los espárragos y las tuercas debe encontrarse en el área visible de la brida). 3) Realizar ajuste manual de todos los espárragos.	En cada unión bridada	N/A	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Supervisor / Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
<p>DURANTE EL MANTENIMIENTO</p>	<p>- Verificación de la aplicación del torque adecuado con los valores especificados en la Tabla 8 solicitando la aplicación del valor del torque adecuado en un spot de espárragos asegurándose de que no haya movimiento entre el espárrago y la tuerca.</p>	<p>-Para uniones bridadas con espárragos de diámetros de hasta 1" Torquímetro manual.- Para uniones bridadas con espárragos de diámetros mayores a 1" Torquímetros hidráulicos o electrónicos.</p>	<p>De acuerdo con los datos de la Tabla 8</p>	<p>1) Realizar el primer pase de torque al 20% siguiendo el patrón de la Tabla 9 de acuerdo con el número de espárragos de la unión bridada. 2) Realizar el segundo pase de torque al 50% siguiendo la misma secuencia del primer pase. 3) Realizar el tercer pase de torque al 100% del torque establecido en la Tabla 8 y usando la secuencia</p>	<p>En cada unión bridada</p>	<p>Repetir la secuencia descrita hasta que no exista rotación de las tuercas al aplicar el valor del torque total establecido en la Tabla 8.</p>	<p>Personal ejecutor (Pailero)</p>	<p>Supervisor / Profesional QA/QC</p>	<p>Formato de registro y ajuste de uniones bridadas</p>

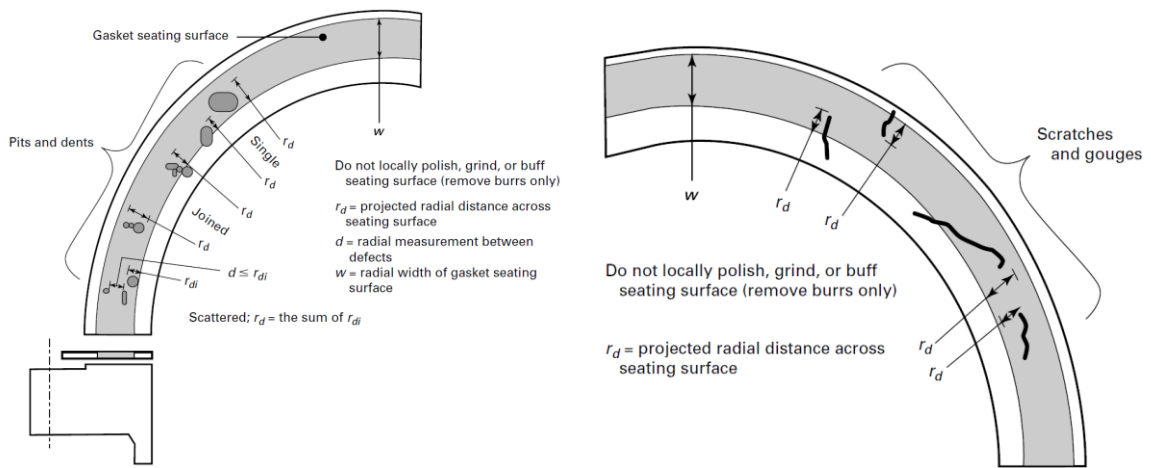
Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
				implementada anteriormente. 3) Realizar el cuarto pase del torque al 100% en secuencia uno a uno en sentido de las manecillas del reloj. 4) Realizar el quinto pase del torque al 100% en secuencia contraria a las manecillas del reloj uno a uno hasta que no exista rotación alguna de la tuerca.					
DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO	- Verificación del diligenciamiento del formato de ajuste de uniones bridadas	- Formato de registro y ajuste de uniones bridadas	Modelo de plan de calidad	1) Diligenciar el formato en su totalidad sin tachones o enmendaduras	En cada unión bridada	Diligenciar un nuevo formato en blanco	Supervisor, Profesional QA/QC	Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
				2) Firmar el documento con el Supervisor de la actividad y el profesional QA/QC					

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

A continuación, se presentan las tablas y figuras complementarias al plan de calidad presentado en la **Tabla 6**, inicialmente, se muestra la **Figura 9**, la cual muestra la forma en la que se presentan las indicaciones en las áreas de sello en las uniones bridadas y sus máximas dimensiones y profundidad para ser aceptadas.

Figura 9. Criterios de aceptabilidad de defectos en áreas de sello.



Allowable Defect Depth vs. Width Across Face (Metric)

Measurement	Hard-Faced Gaskets	Soft-Faced Gaskets
$r_d < w/4$	<0.76 mm	<1.27 mm
$w/4 < r_d < w/2$	<0.25 mm	<0.76 mm
$w/2 < r_d < 3w/4$	Not allowed	<0.13 mm
$r_d > 3w/4$	Not allowed	Not allowed

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

La **Figura 10**, indica, la correcta aplicación del lubricante a lo largo del espárrago, de manera que se garantice la adecuada distribución de esfuerzos al momento de realizar el ajuste de las tuercas.

Figura 10. *Aplicación adecuada de lubricante en los espárragos.*

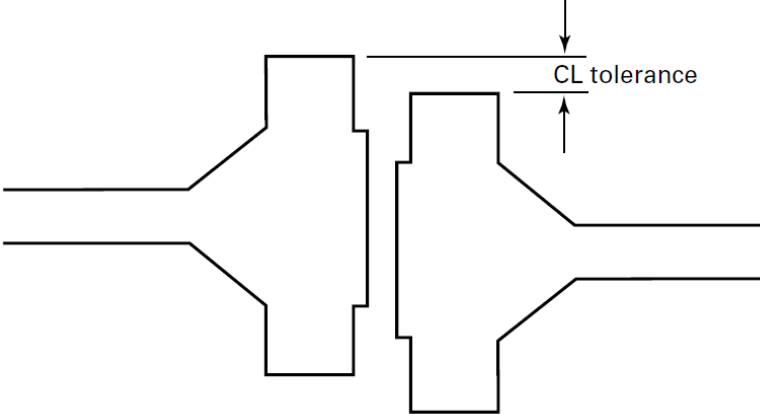
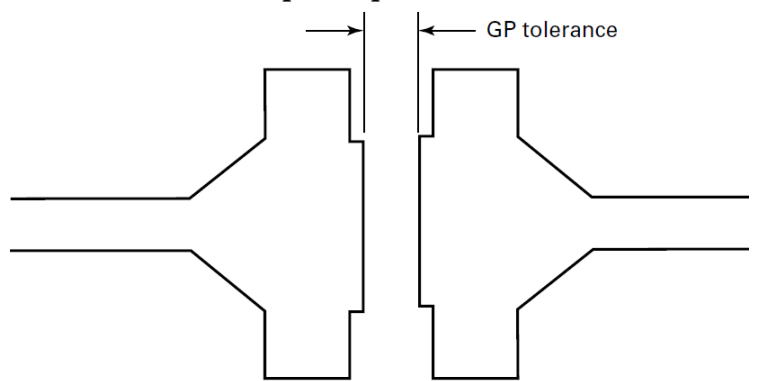
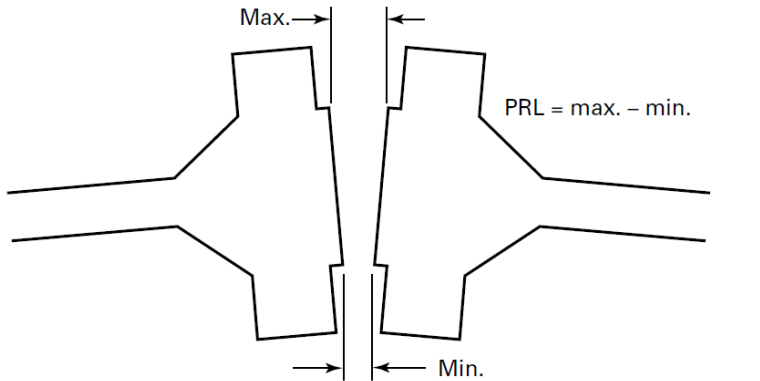


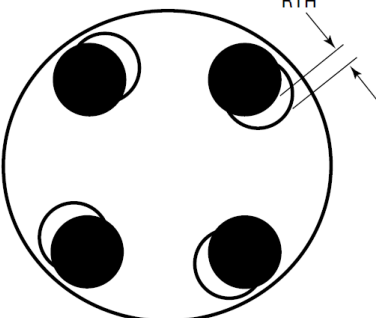
GENERAL NOTE: Images reprinted with permission from Integrity Engineering Solutions, Dunsborough, Western Australia.

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

A continuación, se presenta la **Tabla 7**, donde se indican los valores permisibles para separación, alineación, paralelismo y desplazamiento rotacional de las bridas que conforman la unión.

Tabla 7. *Tabla de alineación de uniones bridadas.*

Caso	Valor máximo permisible
<p data-bbox="440 436 727 474"><i>Eje central (high / lo)</i></p> 	<p data-bbox="1068 646 1339 684">CL= 1,5 mm (1/16")</p>
<p data-bbox="461 940 706 978"><i>Gap de separación</i></p> 	<p data-bbox="1011 1150 1409 1188">GP= <i>Espesor del empaque x 2</i></p>
<p data-bbox="506 1371 669 1409"><i>Paralelismo</i></p> 	<p data-bbox="1024 1602 1385 1675">PRL= MAX-MIN= 0,8 mm (1/32")</p>

Caso	Valor máximo permisible
<i>Alineación rotacional de los dos agujeros</i>	
	<i>RTH = 3 mm (1/8")</i>

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

En la **Figura 11** se muestra la distribución adecuada del espárrago en la unión bridada, de manera que no se vea afectado al momento de aplicar el torque sobre este, en la **Figura 12** se muestra la forma en la que se deben instalar los espárragos y tuercas, de manera que sea visible en todo momento el estampe correspondiente al material.

Figura 11. *Distribución de espárragos en la unión bridada.*

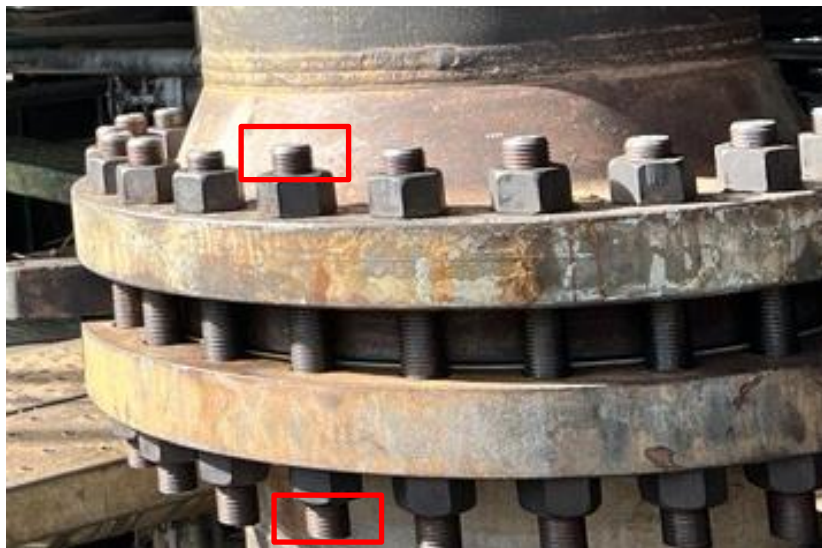


Figura 12. *Ubicación de estampe de tuerca y espárrago para su visibilidad.*



En la **Tabla 8** se muestra el valor de torque a aplicar en la unión bridada de acuerdo con el diámetro del espárrago, cabe resaltar, que los valores para torque obtenidos en la **Tabla 8** son para espárragos y tuercas en acero al carbón A-193 B7 / A194 Gr. 2H con un $S_y = 105.000$ psi, carga de pernos 50% del σ_y , lubricante base cobre con $K = 0,16$ y un factor de tuerca de 0,04 de acuerdo con (The American Society of Mechanical Engineers, 2022), para obtener el dato de la columna 5 de la **Tabla 8** se utiliza la **Figura 13** y la **Figura 14**.

Figura 13. *Torque objetivo.*

$$T = KDF/12 \text{ (Lb.ft)}$$

Donde

T: torque a aplicar en la tuerca (Lb.ft)

K: factor de tuerca

D: diámetro del espárrago (in)

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Figura 14. Torque objetivo del perno.

$$F = A_s \sigma_y P_{\%} \text{ (psi)}$$

Donde

A_s : área de tensión de la rosca (in^2)

σ_y : límite elástico mínimo (105,000 lb/in²)

$P_{\%}$: factor de utilización por material (0,5)

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Tabla 8. Valor de torque de acuerdo con diámetro de espárrago.

Diámetro del espárrago (in)	Tamaño de la tuerca (in)	Área de tensión de la rosca (in^2)	Carga objetiva del perno (psi)	Torque según tipo de lubricante (LB FT)	
				Base cobre ($\mu = 0, 16$)	Tipo de herramienta
1/2	7/8	0.126	6599	55	MANUAL
5/8	1 1/16	0.202	10605	110	MANUAL
3/4	1 1/4	0.302	15855	198	MANUAL
7/8	1 7/16	0.419	21998	321	MANUAL
1	1 5/8	0.551	28928	482	MANUAL
1 1/8	1 13/16	0.728	38220	717	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 1/4	2	0.929	48773	1016	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 3/8	2 3/16	1.155	60638	1390	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 1/2	2 3/8	1.405	73763	1844	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 5/8	2 9/16	1.680	88200	2389	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 3/4	2 3/4	1.980	103950	3032	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
1 7/8	2 15/16	2.3	120750	3773	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
2	3 1/8	2.65	139125	4638	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA

Diámetro del espárrago (in)	Tamaño de la tuerca (in)	Área de tensión de la rosca (in ²)	Carga objetiva del perno (psi)	Torque según tipo de lubricante (LB FT) Base cobre ($\mu = 0,16$)	Tipo de herramienta
2 1/4	3 1/2	3.420	179550	6733	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
2 1/2	3 7/8	4.290	225225	9384	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
2 3/4	4 1/4	5.260	276150	12657	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
3	4 5/8	6.320	331800	16590	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
3 1/4	5	7.490	393225	21300	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
3 1/2	5 3/8	8.750	459375	26797	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
3 3/4	5 3/4	10.110	530775	33173	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA
4	6 1/8	11.570	607425	40495	HIDRÁULICA / ELECTRÓNICA

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

En la **Tabla 9** se muestra la secuencia de aplicación de torque en cada uno de los espárragos, el valor del torque a aplicar es el indicado en la **Tabla 8**. Los espárragos se deben enumerar en sentido de las manecillas del reloj y se debe aplicar el torque en la secuencia mostrada a continuación:

Tabla 9. *Secuencia de aplicación de torque.*

Número de espárragos	Secuencia de ajuste asumiendo numeración en sentido horario
4	1, 3, 2, 4
8	1-5-3-7 → 2-6-4-8
12	1-7-4-10 → 2-8-5-11 → 3-9-6-12
16	1-9-5-13 → 3-11-7-15 → 2-10-6-14 → 4-12-8-16
20	1-11-6-16 → 3-13-8-18 → 5-15-10-20 → 2-12-7-17 → 4-14-9-19

Número de espárragos	Secuencia de ajuste asumiendo numeración en sentido horario
24	1-13-7-19 → 4-16-10-22 → 2-14-8-20 → 5-17-11-23 → 3-15-9-21 → 6-18-12-24
28	1-15-8-22 → 4-18-11-25 → 6-20-13-27 → 2-16-9-23 → 5-19-12-26 → 7-21-14-28 → 3-17-10-24
32	1-17-9-25 → 5-21-13-29 → 3-19-11-27 → 7-23-15-31 → 2-18-10-26 → 6-22-14-30 → 4-20-12-28 → 8-24-16-32
36	1-2-3 → 19-20-21 → 10-11-12 → 28-29-30 → 4-5-6 → 22-23-24 → 13-14-15 → 31-32-33 → 7-8-9 → 25-26-27 → 16-17-18 → 34-35-36
40	1-2-3-4 → 21-22-23-24 → 13-14-15-16 → 33-34-35-36 → 5-6-7-8 → 25-26-27-28 → 17-18-19-20 → 37-38-39-40 → 9-10-11-12 → 29-30-31-32
44	1-2-3-4 → 25-26-27-28 → 13-14-15-16 → 37-38-39-40 → 5-6-7-8 → 29-30-31-32 → 17-18-19-20 → 41-42-43-44 → 9-10-11-12 → 33-34-35-36 → 21-22-23-24
48	1-2-3-4 → 25-26-27-28 → 13-14-15-16 → 37-38-39-40 → 5-6-7-8 → 29-30-31-32 → 17-18-19-20 → 41-42-43-44 → 9-10-11-12 → 33-34-35-36 → 21-22-23-24 → 45-46-47-48
52	1-2-3-4 → 29-30-31-32 → 13-14-15-16 → 41-42-43-44 → 5-6-7-8 → 33-34-35-36 → 17-18-19-20 → 45-46-47-48 → 21-22-23-24 → 49-50-51-52 → 25-26-27-28 → 9-10-11-12 → 37-38-39-40
56	1-2-3-4 → 29-30-31-32 → 13-14-15-16 → 41-42-43-44 → 21-22-23-24 → 49-50-51-52 → 9-10-11-12 → 37-38-39-40 → 25-26-27-28 → 53-54-55-56 → 17-18-19-20 → 45-46-47-48 → 5-6-7-8 → 33-34-35-36
60	1-2-3-4 → 29-30-31-32 → 45-46-47-48 → 13-14-15-16 → 5-6-7-8 → 37-38-39-40 → 21-22-23-24 → 53-54-55-56 → 9-10-11-12 → 33-34-35-36 → 49-50-51-52 → 17-18-19-20 → 41-42-43-44 → 57-58-59-60 → 25-26-27-28
64	1-2-3-4 → 33-34-35-36 → 17-18-19-20 → 49-50-51-52 → 9-10-11-12 → 41-42-43-44 → 25-26-27-28 → 57-58-59-60 → 5-6-7-8 → 37-38-39-40 → 21-22-23-24 → 53-54-55-56 → 13-14-15-16 → 45-46-47-48 → 29-30-31-32 → 61-62-63-64
68	1-2-3-4 → 37-38-39-40 → 21-22-23-24 → 53-54-55-56 → 9-10-11-12 → 45-46-47-48 → 29-30-31-32 → 61-62-63-64 → 17-18-19-20 → 57-58-59-60 → 33-34-35-36 → 5-6-7-8 → 41-42-43-44 → 13-14-15-16 → 49-50-51-52 → 25-26-27-28 → 65-66-67-68

Tomado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

En la **Tabla 10** se muestra el formato de registro y ajuste de uniones bridadas que se propone para su diligenciamiento por equipo, en la plantilla, se muestra un ejemplo para un equipo estático de tipo tambor, cabe resaltar que el formato se debe adaptar al tipo de equipo o línea a

intervenir en el mantenimiento. El formato debe ser diligenciado por el personal ejecutor bajo supervisión del supervisor mecánico y el profesional QA/QC y no debe contener tachones ni enmendaduras.

El formato de registro y ajuste de uniones bridadas debe ser aprobado por el cliente previo al inicio de la parada de planta para realizar socialización de este y ajustes en caso de requerirse y debe socializarse con el personal ejecutor de igual manera al inicio de la parada de planta. Para la entrega en custodia del equipo al cliente es necesario que este formato se encuentre totalmente diligenciado y firmado por las partes correspondientes.

Tabla 10. *Plantilla de formato de registro y ajuste de uniones bridadas.*

Logo del cliente	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas		Logo de empresa contratista
	TAG del Equipo o línea a intervenir Código del formato asignado por el área de gestión documental		
Número de orden de servicio:	Material bridas:		
Número de la unidad:	Tipo de empaque:		
Fecha:	Clase de la brida:		
Equipo/ línea a intervenir:	Lubricante utilizado:		
Material espárragos/ tuercas:			
Mapeo de uniones bridadas			
<p>El diagrama muestra un tanque horizontal con una forma de cápsula. Hay cuatro uniones bridadas: dos en la parte superior (N1 y N2) y dos en la parte inferior (N). Una brida adicional, etiquetada como M, está ubicada en el extremo derecho del tanque. Las uniones superiores y inferiores están representadas por líneas horizontales cortas que se conectan al tanque, mientras que la brida M es una línea horizontal que se conecta al tanque y termina en una línea vertical.</p>			

Listado de uniones bridadas								
Unión bridada	Diámetro	Diámetro/ Longitud espárrago	Alineación / paralelismo	Cantidad de espárragos	Fecha	Firma del ejecutor	Firma Supervisor	Firma Profesional QA/QC
N1								
N2								
N3								
N4								
M1								
Presenta fuga:		Si:	No:	# Unión bridadada con fuga:				
Observaciones								

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

4.3 Validación de plan de calidad – Grupo focal

En el proceso de asegurar la integridad y eficiencia en la realización del mantenimiento de uniones bridadas en paradas de planta en la industria Oil & Gas, la validación de un plan de calidad para el ajuste de uniones bridadas desempeña un papel crítico.

En **Tabla 11** se propone un formato estructurado de validación que se apoya en la metodología de grupo focal. La utilización de grupos focales ofrece una perspectiva única al involucrar a diversos expertos y partes interesadas en el análisis detallado de los procedimientos de ajuste de uniones bridadas. A través de esta herramienta, se busca no solo evaluar la viabilidad técnica del plan de calidad, sino también capturar valiosas aportaciones y perspectivas multidisciplinarias que enriquecerán y fortalecerán el proceso de validación. Este formato se presenta como una herramienta integral para perfeccionar la calidad en el ensamblaje de uniones bridadas, garantizando así la seguridad y confiabilidad del mantenimiento realizado.

El grupo focal se conforma por un ingeniero especialista mecánico con más de 10 años de experiencia en la industria Oil & Gas, un supervisor mecánico (ingeniero industrial) del mantenimiento en paradas de planta con más de 20 años de experiencia en paradas de planta en la industria Oil & Gas y un colaborador ejecutor (Pailero) de profesión metalista, con más de 15 años de experiencia en paradas de planta en la industria Oil & Gas quien realiza diariamente la actividad de mantenimiento a uniones bridadas en las paradas de planta.

La información para el diligenciamiento del formato presentado en la **Tabla 11** se recolectó a través de correo electrónico para el supervisor y el ingeniero especialista y por vía telefónica para el pailero.

Tabla 11. *Formato de evaluación grupo focal.*

Formato de registro y ajuste de uniones bridadas			
Logo del cliente	Formato de evaluación por grupo focal del modelo de plan de calidad para mantenimiento de uniones bridadas en paradas de planta de la industria Oil & Gas	Logo de empresa contratista	
Código del formato asignado por el área de gestión documental			
Nombre y firma del integrante del grupo focal:			
Cargo:			
Fecha:			
Número de años de experiencia en la industria Oil & Gas:			
<p>En el marco de nuestro compromiso con la mejora continua y la calidad en el mantenimiento de uniones bridadas, les damos la bienvenida a esta sesión de grupo focal crucial. Su experiencia y conocimientos son esenciales para evaluar la pertinencia de nuestro plan de calidad y garantizar su efectividad a largo plazo. A continuación, presentamos una serie de preguntas diseñadas para dirigir nuestra discusión hacia aspectos clave del plan. Les instamos a compartir sus percepciones, comentarios y sugerencias en relación con estas cuestiones, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y valiosa de la aplicabilidad y eficacia de nuestro enfoque de mantenimiento. Sus aportaciones son fundamentales para perfeccionar nuestro plan y, en última instancia, fortalecer la integridad de nuestras uniones bridadas. Agradecemos de antemano su participación y contribución a este proceso evaluativo.</p>			
<p>Por favor responda SI o NO según su opinión profesional y, en caso de tener opciones de mejora o de querer complementar el ítem opte por usar libremente el cajetín de observaciones.</p>			
	Pregunta	SI	NO
1	¿El modelo plan de calidad se encuentra acorde a ASME PCC 1 (2022)?		
2	¿El modelo de plan de calidad proporciona la guía necesaria para la realización satisfactoria del mantenimiento de uniones bridadas durante una parada de planta en la industria Oil & Gas?		
3	¿El contenido del plan de calidad se ajusta al Sistema de Gestión de la Calidad de su empresa?		
4	¿El modelo de plan de calidad es real, conciso y de fácil entendimiento?		
5	¿Son claros los criterios de aceptación y rechazo de un adecuado mantenimiento de uniones bridadas de acuerdo con ASME PCC 1 (2022)?		
6	¿La medición del plan de la calidad se ajusta a lo requerido para lograr la efectividad del proceso de mantenimiento?		
7			

¿Cree usted que la implementación de este plan de calidad puede incidir positivamente en el indicador de calidad de aparición de fugas durante la ejecución y puesta en marcha de las plantas en la industria Oil & Gas?

A continuación, se añade el cajetín de observaciones, por favor indique allí cualquier aporte, opinión u opción de mejora que sea pertinente para el mejoramiento del modelo de plan de calidad propuesto

Observaciones

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

Posterior a la validación del grupo focal, se sintetizan los resultados en la **Tabla 12** donde se tuvieron en cuenta las modificaciones pertinentes, además de esto, se incluye una actividad de realización de capacitación previa al inicio de cada parada de planta de acuerdo con la observación realizada por el equipo del grupo focal.

Tabla 12. Modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas posterior a revisión del grupo focal.

Plan de calidad para ejecución de mantenimiento a uniones bridadas en paradas de planta en la industria Oil & Gas									
Alcance	Elaborar un modelo de plan de calidad para la inspección, ajuste y registro de uniones bridadas en las paradas de planta para lograr la disminución de aparición de fugas.								
Objetivos de calidad	Mantener el indicador de incidencia de fugas en uniones bridadas (fugas / uniones bridadas a intervenir *100) por debajo del 1.0%								
Documentación	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de entrega en custodia - Formato de registro y ajuste de uniones bridadas - Figura con criterios de defectología - Tabla con información de alineación - Tabla con valores de torque - Tabla de patrones de torque 								
Evidencias	Registro fotográfico y formato de registro y ajuste de uniones bridadas debidamente diligenciado								
Fuentes	ASME PCC 1 (2022)								
Secuencia de actividades a ejecutar para el mantenimiento de uniones bridadas									
Etapas del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
ANTES DEL MANTENIMIENTO	- Verificación de asistencia de la totalidad de personal ejecutor de las tareas de mantenimiento	Espacio para realización de la capacitación además del plan de calidad, tablas y figuras	De acuerdo con lo indicado en este plan de calidad.	Socializar este plan de calidad, indicando paso a paso las actividades a realizar, indicando los puntos de espera y documentos	Al inicio de cada parada de planta	N/A	Personal del área de calidad de la empresa contratista	N/A	N/A

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
	nto (paileros).	mencionadas aquí para cada uno de los asistentes.		necesarios para la realización del mantenimiento.					
ANTES DEL MANTENIMIENTO	- Verificación de aplicación de SAS (Mecánico y eléctrico). - Verificación de entrega en custodia por parte del cliente.	N/A	Tarjeta de SAS instalada en el equipo, formato de entrega en custodia firmado por el representante del cliente (Operador de planta)	1) Verificación de aplicación de SAS (Mecánico y eléctrico). 2) Verificación de entrega en custodia por parte del cliente.	Al momento de intervenir en un equipo o línea por primera vez	En caso de faltar la tarjeta del SAS o la entrega en custodia, se debe informar al profesional de calidad para que este realice el acercamiento con el operador de planta de turno	Supervisor, Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de entrega en custodia
ANTES DEL MANTENIMIENTO	- Control del empaque de cambio de acuerdo con el plano de la línea y/o equipo (metalurgia y control dimensional	- Empaque nuevo - Tuercas y espárragos	Según lo establecido en el P&ID de la línea o equipo	1) Se compara que el empaque, tuercas y espárragos tengan las dimensiones y metalurgia solicitada en el plano del equipo o línea.	En cada unión bridada	En caso de diferir con la información del P&ID informar al profesional de aseguramiento y control de calidad para realizar	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor / Profesional de aseguramiento y control de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
) - Control de espárragos y tuercas de acuerdo con el plano de la línea o equipo (metalurgia y control dimensional))					acercamiento con el cliente y definir ruta de acción ante la inconsistencia.			
DURANTE EL MANTENIMIENTO	-Verificar el retiro de empaque usado, espárragos y tuercas de la unión bridada.	Para uniones bridadas entre 3/4" y 10": - Llave mixta. - Copas. Para uniones bridadas de 10" en adelante: - Gatos hidráulicos. - Grúa.	Entre las dos bridas que conforman la unión no puede quedar ningún tipo de objeto y debe haber un espacio de al menos 2" para realizar la limpieza e inspección.	1) Con las herramientas pertinentes se deben retirar los espárragos y tuercas. 2) Una vez se retiren los espárragos se debe retirar el empaque usado y dejar un espacio para realizar la limpieza e inspección.	En cada unión bridada	N/A	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor	N/A

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la limpieza del área de sello y la cara de las uniones bridadas, que no existan restos de pintura, producto del proceso, objetos o cualquier tipo de elemento que pueda dificultar la inspección del área de sello (labrado del área de sello visible).	-Paño de fibra-Cepillo metálico de la misma metalurgia de las bridas-Soda neutralizante de ácidos (si aplica)	Las áreas efectivas de sello deben ser fácilmente visibles y sin restos de producto del proceso.	1) Se debe tomar el paño impregnado de Soda neutralizante de ácidos (si aplica) y se debe frotar la superficie de ambas bridas. 2) En caso de que existan residuos sólidos que no se retiraron con el paño, se debe cepillar con el cepillo metálico teniendo en cuenta no cepillar en sentido contrario a las líneas de labrado del área de sello.	En cada unión bridada	Repetir procedimiento hasta lograr la limpieza total de la cara de la brida.	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor / Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de integridad (sin indicaciones relevantes de acuerdo con la Figura 9) del área de sello.	- Linterna - Galgas (En caso de existir indicación)	De acuerdo con la Figura 9	1) Con la ayuda de una linterna, iluminar el área de sello. 2) Observar el área de sello en toda su circunferencia en busca de indicaciones como se muestra en la Figura 9	En cada unión bridada	- En caso de existir una indicación que incumple los parámetros de la Figura 9 se debe informar al cliente para que este emita una recomendación técnica para corregir la indicación.	Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC, personal ejecutor (Pailero), Supervisor	Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la lubricación de los espárragos de acuerdo con la Figura 10.	- Lubricante para uniones bridadas	De acuerdo con la Figura 10.	1) Tomar espárrago por espárrago y aplicar el lubricante de acuerdo con la Figura 10.	En cada unión bridada	- Lubricar hasta cumplir con lo indicado en la Figura 10.	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la alineación de la unión bridada de	-Galga Hi-lo - Calibrador Vernier - Llave mixta - Llave de punta	De acuerdo con la Tabla 7.	1) Con ayuda de las herramientas mecánicas, realizar la alineación de las bridas,	En cada unión bridada	- Realizar ajuste de alineación hasta cumplir con los	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
	acuerdo con la Tabla 7.	- Soportes para tubería - Diferenciales - Gato hidráulico		asegurando el cumplimiento de la Tabla 7.		parámetros de la Tabla 7.			
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la ubicación del empaque nuevo al momento. - Verificación de la ubicación de todos los espárragos con sus respectivas tuercas con ajuste manual, estos deben encontrarse distribuidos equitativamente en la	- Llave mixta - Copas	De acuerdo con la Figura 11.	1) Ubicación del empaque ubicado concéntricamente en el área de sello. 2) Ubicación de los espárragos y tuercas de todos los espárragos (el estampe del material de los espárragos y las tuercas debe encontrarse en el área visible de la brida). 3) Realizar ajuste manual de todos los espárragos.	En cada unión bridada	N/A	Personal ejecutor (Pailero)	Personal ejecutor (Pailero) / Supervisor / Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
DURANTE EL MANTENIMIENTO	- Verificación de la aplicación del torque adecuado con los valores especificados en la Tabla 8 solicitando la aplicación del valor del torque adecuado en un spot de espárragos asegurándose de que no haya movimiento entre el espárrago y la tuerca.	-Para uniones bridadas con espárragos de diámetros de hasta 1" Torquímetro manual.- Para uniones bridadas con espárragos de diámetros mayores a 1" Torquímetros hidráulicos o electrónicos.	De acuerdo con los datos de la Tabla 8	1) Realizar el primer pase de torque al 20% siguiendo el patrón de la Tabla 9 de acuerdo con el número de espárragos de la unión bridada.	En cada unión bridada	Repetir la secuencia descrita hasta que no exista rotación de las tuercas al aplicar el valor del torque total establecido en la Tabla 8 .	Personal ejecutor (Pailero)	Supervisor / Profesional de aseguramiento de calidad QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas
	2) Realizar el segundo pase de torque al 50% siguiendo la misma secuencia del primer pase.								
	3) Realizar el tercer pase de torque al 100% del torque establecido en la Tabla 8 y usando la secuencia implementada anteriormente.								

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
				3) Realizar el cuarto pase del torque al 100% en secuencia uno a uno en sentido de las manecillas del reloj.					
				4) Realizar el quinto pase del torque al 100% en secuencia contraria a las manecillas del reloj uno a uno hasta que no exista rotación alguna de la tuerca.					
DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO	- Verificación del diligenciamiento del formato de ajuste de uniones bridadas	- Formato de registro y ajuste de uniones bridadas	Modelo de plan de calidad	1) Diligenciar el formato en su totalidad sin tachones o enmendaduras 2) Firmar el documento con el Supervisor de la actividad y el	En cada unión bridada	Diligenciar un nuevo formato en blanco	Supervisor, Profesional QA/QC	Profesional QA/QC	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas

Etapa del proceso	Punto de control	Materiales / herramientas	Especificaciones	Actividad	Frecuencia	Corrección en caso de incumplimiento	Responsable de ejecución	Responsable de aprobación	Registro
-------------------	------------------	---------------------------	------------------	-----------	------------	--------------------------------------	--------------------------	---------------------------	----------

profesional
QA/QC

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

4.4 Gestión de los recursos del proyecto

La gestión, planificación, estimación y adquisición de los recursos físicos de este proyecto corren por parte del cliente, ya que, es este quien suministra todos los implementos, materiales, herramientas y demás elementos necesarios para ejecutar la parada de planta, por lo cual, no se incluye una estimación, o adquisición de recursos, el único recurso que se trata en este proyecto es el recurso humano ejecutor de la tarea de mantenimiento de las uniones bridadas, la dirección, capacitación y control de este recurso se detalla en el desarrollo de la metodología.

4.5 Gestión de las comunicaciones del proyecto

El plan de gestión de las comunicaciones de este proyecto se encuentra inmerso en el plan de comunicaciones que ya se encuentra estructurado para el desarrollo de la parada de planta, de esta manera, en la **Tabla 13** se evidencia el plan de comunicaciones concerniente al mantenimiento de uniones bridadas tanto con el cliente como internamente en la empresa contratista encargada de realizar el mantenimiento.

Tabla 13. *Plan de comunicaciones para el mantenimiento de uniones bridadas.*

Descripción de la actividad	Frecuencia	Canal de comunicación	Implicados	Quien emite la comunicación
Reunión con el cliente para presentación de indicador de incidencia de fugas en uniones bridadas.	1 vez a la semana.	Video llamada.	<ul style="list-style-type: none"> - Representantes del cliente (área de proyectos / área de paradas de planta) - Representante del área de calidad de la empresa contratista - Representante de control proyectos de la empresa contratista. 	Representante del área de calidad de la empresa contratista.

Descripción de la actividad	Frecuencia	Canal de comunicación	Implicados	Quien emite la comunicación
Actualización de la cantidad de uniones bridadas intervenidas en la jornada de trabajo.	Diariamente.	Por medio escrito por parte del profesional de control de calidad QA/QC.	- Profesional de control de calidad. - Supervisor mecánico.	Profesional de control de calidad QA/QC.
Solicitud para inspección de áreas de sello de las uniones bridadas intervenidas.	Al momento del mantenimiento.	Radio / celular intrínsecamente seguro.	- Supervisor mecánico - Profesional de control de calidad QA/QC.	Supervisor mecánico.

4.6 Gestión de los riesgos del proyecto

Aunque la empresa contratista ya tiene una gestión de riesgos planteada para la realización del mantenimiento general de las paradas de planta a ejecutar para el cliente, se hace importante realizar la identificación de los riesgos para la actividad específica del mantenimiento de uniones bridadas, en la **Tabla 14** se presenta la identificación de los riesgos asociados al proceso de implementación de un modelo de plan de calidad para el ajuste de uniones bridadas en la ejecución de paradas de planta en la industria Oil & Gas, así como sus causas, probabilidades, respuestas y responsables, todo esto con el fin de determinar una probabilidad de incidencia de estos.

Tabla 14. *Identificación de riesgos.*

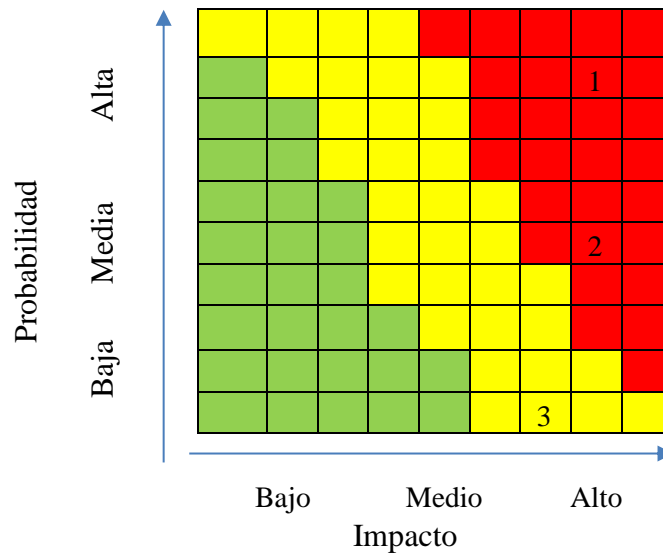
Riesgo	Descripción	Causas	Impacto	Probabilidad	Responsable	Respuesta
1.Resistencia la implementac	El personal ejecutor se					Actividades lúdicas

<i>Riesgo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Causas</i>	<i>Impacto</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Responsable</i>	<i>Respuesta</i>
ión del modelo de plan de calidad por parte del personal ejecutor.	encuentra acostumbrado a realizar el mantenimiento de cierta manera por muchos años.	Resistencia al cambio.	Alto	Alto	Personal de calidad (profesionales QA/QC)	de socialización del modelo de plan de calidad, integración de personal ejecutor durante el proceso de socialización del modelo de plan de calidad.
2. Falta de personal para la implementación del plan de calidad una vez definido.	La cantidad de profesionales del área de calidad puede ser insuficiente para realizar el seguimiento de la implementación del modelo de plan de calidad con el personal ejecutor.	Falta de recurso humano	Alto	Medio	Coordinador de parada de planta de la empresa contratista	Se debe ser claro con el cliente y expresar la necesidad de la cantidad requerida de personal del área de calidad a contratar para cumplir con el objetivo del proyecto.
3. Falta de herramientas especializadas	La calidad de las herramientas	Las herramientas pueden	Alto	Baja	Personal de calidad (profesionales)	El personal del área de

<i>Riesgo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Causas</i>	<i>Impacto</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Responsable</i>	<i>Respuesta</i>
as para la ejecución de los mantenimientos de las uniones bridadas.	puede ser insuficiente, así como la cantidad disponible de estas para realizar el mantenimiento.	carecer de certificado de calibración vigente o pueden encontrarse en mal estado y ser insuficientes para la cantidad de uniones bridadas a intervenir.			les (QA/QC) / Coordinador de parada de planta de la empresa contratista.	calidad debe realizarse una verificación del estado de calibración e integridad de las herramientas de torque previo al inicio de la parada de planta para así tomar las acciones pertinentes en caso de encontrar hallazgos.

A continuación, y partiendo de la tabla anterior, se presenta la **Figura 15**, donde se muestra la matriz de probabilidad de impacto, donde se determina la relación entre probabilidad e impacto de cada uno de los riesgos identificados con el fin de preverlos y tomar las medidas necesarias para que no se presenten.

Figura 15. *Matriz de probabilidad de impacto.*



4.7 Gestión de las adquisiciones del proyecto

Para este proyecto, la gestión de adquisiciones, así como la planificación, efectuar las adquisiciones y controlarlas es responsabilidad del cliente, quien se encarga de estas tareas y las proporciona a la empresa contratista encargada de la realización del mantenimiento durante las paradas de planta, al inicio de la parada de planta el cliente entrega a la empresa contratista un inventario detallado de las adquisiciones que se realizaron para dicha parada, cabe resaltar que la gestión de adquisiciones son realizadas por el cliente previo al inicio de la parada de planta.

4.8 Gestión de los interesados del proyecto

A continuación, en la **Tabla 15** se presenta la matriz de interesados, importante para identificar a los interesados principales que se benefician o toman parte de este proyecto.

Tabla 15. *Matriz de los interesados.*

<i>Interesado</i>	<i>Influencia</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Nivel de compromiso</i>
Gerente del proyecto	Alta, asegura que el proyecto debe ejecutarse en los tiempos, cumpliendo los objetivos planteados y bajo los lineamientos establecidos.	Interno	Alto
Cliente (dueño de los activos)	Alta, destina los recursos, realiza las adquisiciones, gestiona los materiales y proporciona el presupuesto para la contratación del recurso humano necesario para la realización del mantenimiento.	Externo	Alto
Inversionistas del cliente	Alto, inyectan recurso económico a la empresa del cliente para que sea posible realizar el mantenimiento	Externo	Medio
Trabajadores de campo	Alto, se encargan de realizar el mantenimiento a las uniones bridadas.	Interno	Alto

5. Discusión

La investigación emprendida para determinar los requisitos de control y gestión de la calidad en el mantenimiento de uniones bridadas ha proporcionado una visión crítica de los estándares internacionales, específicamente en el ámbito de la industria Oil & Gas. La base normativa, centrada en los estándares ASME y respaldada por ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022) y la ISO 10005 (Organización Internacional de Normalización, 2018), sirvió como marco para la construcción del modelo de plan de calidad para el mantenimiento.

Durante este proceso de determinación de requisitos, se destacó la influencia sustancial del cliente, quien basa la construcción de sus activos en ASME. Sin embargo, la revisión reveló vacíos notables en el modelo de plan de calidad existente utilizado por la empresa contratista en el proceso de mantenimiento de uniones bridadas, especialmente en relación con las directrices delineadas por ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022). Este vacío llevó la necesidad de una modificación sustancial del enfoque actual para garantizar una alineación efectiva con las mejores prácticas y estándares internacionales más recientes.

La identificación de estas brechas en el instructivo de mantenimiento resalta la importancia de una revisión continua y la adaptabilidad del plan de calidad. Además, este proceso de investigación subraya la relevancia de la actualización constante para abordar los cambios en los estándares y las mejores prácticas de la industria. En última instancia, la alineación rigurosa con los requisitos normativos es esencial para garantizar la integridad y confiabilidad de las uniones bridadas en el entorno operativo de la industria Oil & Gas.

La elaboración del modelo del plan de calidad, fundamentado en las normativas ASME PCC1 e ISO 10005 y guiado por los principios del PMBOK 6TH, ha sido el resultado de un análisis del proceso de mantenimiento de uniones bridadas, especialmente durante el desarrollo de paradas de planta en el sector Oil & Gas. Este diseño se distingue por su enfoque integral, que abarca tanto estándares específicos de ingeniería como las mejores prácticas en la gestión de proyectos, como se establece en el PMBOK 6TH.

Un elemento clave en la construcción de este plan de calidad fue la retroalimentación valiosa proporcionada por el cliente, derivada de la revisión de los resultados de paradas de planta previamente ejecutadas por la empresa contratista. La integración de estas perspectivas del cliente ha sido esencial para identificar áreas de mejora y afinar los aspectos específicos del plan que pueden beneficiarse de ajustes. Este enfoque centrado en el cliente garantiza una alineación estrecha con las expectativas y requisitos particulares de la industria Oil & Gas.

Además, la inclusión de opciones de mejora derivadas de la experiencia práctica de paradas de planta anteriores no solo fortalece el plan de calidad, sino que también fomenta un ciclo continuo de mejora. La adaptabilidad y la capacidad de respuesta a los desafíos y oportunidades específicos del entorno operativo reflejan el compromiso del proyecto con la excelencia operativa y la entrega de resultados que superen las expectativas.

En resumen, el diseño del plan de calidad es una convergencia estratégica de normativas técnicas, prácticas de gestión de proyectos y lecciones aprendidas de ejecuciones anteriores. Este enfoque integral posiciona el proyecto para enfrentar con éxito los desafíos del mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas, al tiempo que asegura un alto estándar de calidad y eficiencia en todas las fases del proceso.

La evaluación y mejora continua del plan de calidad son fundamentales para garantizar su idoneidad y aplicabilidad en el entorno del mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas. En este contexto, el presente plan de calidad se sometió a un riguroso análisis por parte de un grupo focal diverso y multidisciplinario compuesto por tres representantes clave de actores activos en el proceso de mantenimiento.

Este grupo focal incluyó a tres perfiles especializados: un ingeniero especialista con más de 10 años de experiencia en la industria Oil & Gas, un supervisor mecánico con más de dos décadas de experiencia en paradas de planta, y un pailero con más de 15 años de experiencia específica en mantenimiento de uniones bridadas. La combinación de estas perspectivas proporcionó una visión interdisciplinaria de todos los aspectos del mantenimiento, desde la ingeniería hasta la ejecución práctica en el campo.

Este enfoque de grupo focal permitió la identificación de posibles brechas y áreas de mejora que podrían haber pasado desapercibidas en un análisis más limitado. La retroalimentación de estos profesionales experimentados ha enriquecido significativamente el plan de calidad, asegurando su relevancia y efectividad en todas las etapas del mantenimiento de uniones bridadas. La participación y la diversidad de conocimientos de este grupo focal refuerzan la solidez y aplicabilidad del plan de calidad en el contexto operativo y desafiante de la industria Oil & Gas.

De acuerdo con lo analizado en la revisión de literatura, se identifica que con los resultados obtenidos es necesario complementar el plan de calidad con elementos de la ISO 31000, estableciendo el marco general de manera cualitativa y unificada para cada caso de uso y determinar posibles impactos, lo que permitiría establecer controles a partir de las medidas establecidas por las organizaciones. De esta manera, se permite al sector productivo tener el plan de calidad a partir de lo sugerido por la ISO 10005 y PMBOK 6ed.

6. Conclusiones

Se determinaron los requisitos de control y gestión de la calidad para el mantenimiento de uniones bridadas durante las paradas de planta en la industria Oil & Gas obteniendo como resultado un panorama claro de las necesidades que existían para lograr un mejoramiento en la incidencia de fugas presentes en el mantenimiento de uniones bridadas. Estos requisitos son los requerimientos presentes en ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022) e ISO 10005 (Organización Internacional de Normalización, 2018).

Se diseñó el plan de calidad basándose en la normativa ISO 10005, ASME PCC 1 (2022) y los lineamientos del PMBOK 6TH, comprendiendo de manera detallada las actividades relevantes para llevar a cabo el mantenimiento de las uniones bridadas durante las paradas de planta. El plan de calidad especifica puntos de control, procedimientos, materiales, correcciones, responsables de ejecución, responsables de aprobación y documentos de registro, posibilitando que los Sistemas de Gestión de la Calidad para este tipo de empresas cuenten con herramientas que les permitan mejorar su articulación con la gestión de proyectos de mantenimiento.

Se validó el plan de calidad a través de un grupo focal conformado por tres representantes de los integrantes del grupo ejecutor del mantenimiento de uniones bridadas logrando una retroalimentación certera que permitió fortalecer aspectos del plan de calidad desde la perspectiva de los ejecutores del proceso, las cuales se atendieron y perfeccionó el entregable final. Esto implicó que la vinculación de las partes de interés fuese oportuna para incorporar elementos de aplicación y desde las normas técnicas correspondientes en el sector.

Este enfoque participativo y centrado en los ejecutores ha conducido a la creación de un documento claro, de fácil entendimiento y manejable por todos los involucrados en el proceso del mantenimiento de uniones bridadas durante las paradas de planta en la industria Oil & Gas. La

retroalimentación certera obtenida ha mejorado la implementación práctica del plan, asegurando su aplicabilidad y eficacia en el entorno operativo real, con base en los procesos declarados en el PMBOK.

Desde la perspectiva técnica de la realización del mantenimiento a las uniones bridadas durante la ejecución de las paradas de planta de la industria Oil & Gas, el modelo de plan de calidad planteado cumple con los requisitos técnicos exigidos por el cliente (dueño de los activos), donde, a través de la implementación de las indicaciones dadas por ASME PCC 1 (The American Society of Mechanical Engineers, 2022), se pretende garantizar la disminución de aparición de fugas en las uniones bridadas, y por consiguiente, disminuiría el lucro cesante que se presenta cuando es necesario retrasar los arranques de las unidades por causa de la aparición de las fugas en las uniones bridadas.

En última instancia, la validación a través del grupo focal ha elevado la calidad y la utilidad del plan, garantizando que sea una herramienta práctica y accesible para todos los participantes. Este enfoque colaborativo no solo ha fortalecido la implementación del plan de calidad, sino que también sienta las bases para una cultura de mejora continua en el mantenimiento de uniones bridadas en el contexto dinámico de las paradas de planta en la industria Oil & Gas.

Se sugiere que para la implementación de este tipo de documentos en la industria Oil & Gas se pueda aplicar la gestión del cambio y validar cada uno de los aspectos incluidos en el plan de calidad. En una segunda fase, se requeriría validar la implementación y el uso a partir de indicadores de gestión que complementen la verificación de las actividades en planta.

Referencias

- Ávila, M. A., & Morales, M. A. (2019). *Innovación de proceso y de gestión en un sistema de gestión de la calidad para una industria de servicios*. Chile: Revista Chilena de economía y sociedad. Obtenido de <https://rches.utem.cl/wp-content/uploads/sites/8/2019/07/revista-CHES-vol13-n1-2019-Avila-Alfonso.pdf>
- Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos CPIP. (2021). *Caracterización del sector: Catálogo de Cualificaciones extracción de Petróleo y Gas*. Bogotá D.C. Colombia: Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos ACIPET. Obtenido de https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-04/caracterizacion-sector-petroleo.pdf
- ECOPETROL. (2023). *Resultados 2023 primer trimestre*. Bogotá: ECOPETROL. Obtenido de <https://files.ecopetrol.com.co/web/esp/cargas/master-reporte1t23-ecopetrol.pdf>
- Khasanah, J. H. (2019). *Evaluation of turnaround maintenance practice effects in the process industry*. Boston: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/673/1/012097/pdf>
- Lama, O. E., & Alayo, J. J. (22 de Febrero de 2021). Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la Eficiencia Global de los Equipos mineros de acarreo a través del Mantenimiento Productivo Total y mejora continua. Lima, Peru.
- Murrieta , Y. A., Carballo, B., & Ochoa, E. (2020). Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: ventajas y desventajas. *En contexto*, 18. Obtenido de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/encontexto/article/view/668/816>

- Organización Internacional de Normalización. (2018). *Gestión de Calidad - Directrices para los planes de la calidad*. Vernier, Geneva, Suiza. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:10005:ed-3:v1:es>
- PMBOK. (2017). *Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos* (Sexta ed.). Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU: Project Management Institute.
- Przemysław Jaszak, J. S. (2022). *Methodology of Leakage Prediction in Gasketed Flange Joints*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute MDPI. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/12/4354>
- Rodriguez, J. C. (Abril de 2022). Análisis de la resistencia contra pandeo de conexiones bridadas con rigidizadores sujetas a flexión. Costa Rica. Obtenido de <https://cedi.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/1659/35/IM-8583.pdf>
- The American Society of Mechanical Engineers. (30 de September de 2022). *Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly*. New York, New York, United States.

Apéndices

Apéndice A. Acta de constitución del proyecto.

Título del proyecto: Diseño de un modelo de plan calidad para control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & gas basado en los lineamientos del PMBOK 6TH.

Patrocinador del proyecto: Empresa contratista
Director del proyecto: Karol Andrea León Llanos
Fecha de elaboración: 1/12/2022
Cliente:

Propósito del proyecto

Este proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de plan de calidad para el control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & Gas, basado en los lineamientos del PMBOK. La finalidad principal es reducir el indicador de aparición de fugas en estas uniones durante los trabajos de mantenimiento en las unidades industriales localizadas en las refinerías del cliente (paradas de planta). La implementación de este modelo busca reducir el tiempo dedicado a las correcciones y, como consecuencia, disminuir las pérdidas económicas derivadas de los reprocesos generados por la presencia de fugas.

Objetivos del proyecto

General

- Diseñar un modelo de plan calidad para control de fugas en uniones bridadas en la industria Oil & gas basado en los lineamientos del PMBOK 6TH.

Específicos

- Determinar los requisitos de control y gestión de la calidad para uniones bridadas de acuerdo con lo establecido en estándares internacionales aplicables a su mantenimiento en la industria Oil & Gas.
- Diseñar el modelo de plan de la calidad basado en la ISO 10005 y los lineamientos del PMBOK 6TH que comprenda las actividades de mantenimiento de uniones bridadas en la industria Oil & Gas.
- Validar el plan de la calidad diseñado para el mantenimiento de las uniones bridadas a través de un grupo focal para realizar ajustes necesarios a la propuesta.

Descripción de alto nivel

El proyecto se centra en la creación de un modelo de plan de calidad para el mantenimiento de uniones bridadas en instalaciones de la industria Oil & Gas. Este modelo se diseñará mediante la integración de los principios establecidos en la norma ISO 10005 y las directrices del PMBOK 6th. El objetivo principal es reducir la incidencia de fugas durante las paradas programadas de las plantas industriales.

La metodología del proyecto se basa en la aplicación de prácticas de gestión de calidad reconocidas internacionalmente, combinando los estándares de la ISO 10005 con las mejores prácticas del PMBOK. Se busca optimizar los procesos de mantenimiento de uniones bridadas para minimizar la ocurrencia de fugas, lo que contribuirá a la eficiencia operativa y a la reducción de pérdidas económicas asociadas con reprocesos.

El plan de calidad diseñado será sometido a una fase de verificación a través de un grupo focal. Este grupo proporcionará aportes que serán considerados para la mejora continua del plan. De esta manera, se asegura la validez y aplicabilidad del modelo desarrollado, al incorporar la retroalimentación directa de los profesionales y expertos involucrados en el mantenimiento de las uniones bridadas.

Entregables

1. Plan de integración de requisitos y controles entre la ISO 10005 y el PMBOK 6TH.
2. Modelo de plan de calidad basado en ISO 10005 y PMBOK 6ED para mantenimiento de uniones bridadas.
3. Modelo de plan de calidad con modificaciones producto de las apreciaciones realizadas por el grupo focal.

Límites del proyecto

Las limitaciones del proyecto van desde la realización de los mantenimientos basados en los estándares aprobados por el cliente (ASME PCC 1), el tiempo de ejecución de las actividades que es definitivo y decisorio hasta el costo de las capacitaciones o socializaciones necesarias del plan de calidad propuesto, además, dentro de la defectología que impide la realización de los mantenimientos en paradas de planta en los plazos acordados, este proyecto no adentrará en ninguna más que en las fugas de las uniones bridadas.

Riesgo general del proyecto

- Resistencia al cambio por parte del personal operativo que lleva toda su vida laboral realizando el mantenimiento con el procedimiento actual.
- Falta de personal para la implementación del plan de calidad una vez definido.
- Falta de herramientas especializadas para la ejecución de los mantenimientos de las uniones bridadas.

Cronograma de actividades principales

- **FASE 1:** Definición del alcance: *Diciembre del 2022.*

-
- **FASE 1:** Definición de entregables: *Febrero del 2023.*
 - **FASE 2:** Entrega de plan de integración entre ISO 10005 y PMBOK 6TH: *Marzo y abril del 2023.*
 - **FASE 2:** Presentación de modelo de plan de calidad: *Mayo, junio y julio del 2023.*
 - **FASE 3:** Presentación a grupo focal: *Agosto del 2023.*
 - **FASE 3:** Emisión de plan de calidad final con observaciones por parte del grupo focal: *Septiembre del 2023.*

Interesados

- Cliente
- Empresa contratista
- Personal operativo

Requisitos de aprobación del proyecto

Aprobación por parte del grupo focal posterior a la revisión del modelo de plan de calidad e integración de sus observaciones.

Director del proyecto asignado

Karol Andrea León Llanos

Patrocinador / quien autoriza el acta de constitución del proyecto

Director de Parada de Planta

Apéndice B. Formatos diligenciados por el grupo focal.

Logo del cliente	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas	Logo de empresa contratista
	Formato de evaluación por grupo focal del modelo de plan de calidad para mantenimiento de uniones bridadas en paradas de planta de la industria Oil & Gas	
	Código del formato asignado por el área de gestión documental	

Página 1 de 2

Nombre y firma del integrante del grupo focal:

Cargo: **Ingeniero especialista**

Fecha: **16/10/2023**

Número de años de experiencia en la industria Oil & Gas: **10 años**

En el marco de nuestro compromiso con la mejora continua y la calidad en el mantenimiento de uniones bridadas, les damos la bienvenida a esta sesión de grupo focal crucial. Su experiencia y conocimientos son esenciales para evaluar la pertinencia de nuestro plan de calidad y garantizar su efectividad a largo plazo. A continuación, presentamos una serie de preguntas diseñadas para dirigir nuestra discusión hacia aspectos clave del plan. Les instamos a compartir sus percepciones, comentarios y sugerencias en relación con estas cuestiones, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y valiosa de la aplicabilidad y eficacia de nuestro enfoque de mantenimiento. Sus aportaciones son fundamentales para perfeccionar nuestro plan y, en última instancia, fortalecer la integridad de nuestras uniones bridadas. Agradecemos de antemano su participación y contribución a este proceso evaluativo.

Por favor responda SI o NO según su opinión profesional y, en caso de tener opciones de mejora o de querer complementar el ítem opte por usar libremente el cajetín de observaciones.

	Pregunta	SI	NO
1	¿El modelo plan de calidad se encuentra acorde a ASME PCC 1 (2022)?	X	
2	¿El modelo de plan de calidad proporciona la guía necesaria para la realización satisfactoria del mantenimiento de uniones bridadas durante una parada de planta en la industria Oil & Gas?	X	
3	¿El contenido del plan de calidad se ajusta al Sistema de Gestión de la Calidad de su empresa?	X	
4	¿El modelo de plan de calidad es real, conciso y de fácil entendimiento?	X	
5	¿Son claros los criterios de aceptación y rechazo de un adecuado mantenimiento de uniones bridadas de acuerdo con ASME PCC 1 (2022)?	X	

6	¿La medición del plan de la calidad se ajusta a lo requerido para lograr la efectividad del proceso de mantenimiento?	X
7	¿Cree usted que la implementación de este plan de calidad puede incidir positivamente en el indicador de calidad de aparición de fugas durante la ejecución y puesta en marcha de las plantas en la industria Oil & Gas?	X

A continuación, se añade el cajetín de observaciones, por favor indique allí cualquier aporte, opinión u opción de mejora que sea pertinente para el mejoramiento del modelo de plan de calidad propuesto

Observaciones

- En el ítem del alcance del plan de calidad: Validar si en general cabría acotar que solo se está trabajando con el torqueo, ya que el mantenimiento de uniones bridadas también se podría extender hasta el cambio de las bridas y ahí entrarían muchos mas temas de soldaduras, ensayos no destructivos, preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, De pronto mencionar a que se está dando por hecho de que el material está en buen estado y solo se está validando la unión bridada.

- En el ítem de responsabilidad de aprobación en la verificación del SAS: Profesional de aseguramiento de la calidad QA, Otro responsable de aprobación es el área de operaciones de la planta, Validar todas las actividades que aplicaría incluir al área de operaciones.

- En el ítem de responsable de aprobación para la actividad de cambio de empaque y espárragos: Validar este punto porque el Responsable de Ejecución no debería estar en Responsable de Aprobación (no puede ser juez y parte al mismo tiempo).

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas	
Logo del cliente	Formato de evaluación por grupo focal del modelo de plan de calidad para mantenimiento de uniones bridadas en paradas de planta de la industria Oil & Gas	Logo de empresa contratista
	Código del formato asignado por el área de gestión documental	

Nombre y firma del integrante del grupo focal:

Cargo: **Supervisor mecánico**

Fecha: **15/10/2023**

Número de años de experiencia en la industria Oil & Gas: **20 años**

En el marco de nuestro compromiso con la mejora continua y la calidad en el mantenimiento de uniones bridadas, les damos la bienvenida a esta sesión de grupo focal crucial. Su experiencia y conocimientos son esenciales para evaluar la pertinencia de nuestro plan de calidad y garantizar su efectividad a largo plazo. A continuación, presentamos una serie de preguntas diseñadas para dirigir nuestra discusión hacia aspectos clave del plan. Les instamos a compartir sus percepciones, comentarios y sugerencias en relación con estas cuestiones, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y valiosa de la aplicabilidad y eficacia de nuestro enfoque de mantenimiento. Sus aportaciones son fundamentales para perfeccionar nuestro plan y, en última instancia, fortalecer la integridad de nuestras uniones bridadas. Agradecemos de antemano su participación y contribución a este proceso evaluativo.

Por favor responda SI o NO según su opinión profesional y, en caso de tener opciones de mejora o de querer complementar el ítem opte por usar libremente el cajetín de observaciones.

	Pregunta	SI	NO
1	¿El modelo plan de calidad se encuentra acorde a ASME PCC 1 (2022)?	X	
2	¿El modelo de plan de calidad proporciona la guía necesaria para la realización satisfactoria del mantenimiento de uniones bridadas durante una parada de planta en la industria Oil & Gas?	X	
3	¿El contenido del plan de calidad se ajusta al Sistema de Gestión de la Calidad de su empresa?	X	

4	¿El modelo de plan de calidad es real, conciso y de fácil entendimiento?	X
5	¿Son claros los criterios de aceptación y rechazo de un adecuado mantenimiento de uniones bridadas de acuerdo con ASME PCC 1 (2022)?	X
6	¿La medición del plan de la calidad se ajusta a lo requerido para lograr la efectividad del proceso de mantenimiento?	X
7	¿Cree usted que la implementación de este plan de calidad puede incidir positivamente en el indicador de calidad de aparición de fugas durante la ejecución y puesta en marcha de las plantas en la industria Oil & Gas?	X

A continuación, se añade el cajetín de observaciones, por favor indique allí cualquier aporte, opinión u opción de mejora que sea pertinente para el mejoramiento del modelo de plan de calidad propuesto

Observaciones

- Es importante que el equipo de calidad realice capacitaciones constantes sobre el procedimiento de ajuste de uniones bridadas, ya que, este procedimiento puede tener variaciones a medida que las normas se van actualizando.
- Es importante realizar una evaluación detallada del personal que entra a realizar la tarea de mantenimiento a uniones bridadas.
- Es importante que el cliente se involucre en el proceso de mantenimiento, pienso que se podría incluir un cajetín de firma del cliente en el formato de manera opcional para su revisión.

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)

	Formato de registro y ajuste de uniones bridadas	
Logo del cliente	Formato de evaluación por grupo focal del modelo de plan de calidad para mantenimiento de uniones bridadas en paradas de planta de la industria Oil & Gas	Logo de empresa contratista
	Código del formato asignado por el área de gestión documental	

Nombre y firma del integrante del grupo focal:

Cargo: **Pailero 1A**

Fecha: **15/10/2023**

Número de años de experiencia en la industria Oil & Gas: **15 años**

En el marco de nuestro compromiso con la mejora continua y la calidad en el mantenimiento de uniones bridadas, les damos la bienvenida a esta sesión de grupo focal crucial. Su experiencia y conocimientos son esenciales para evaluar la pertinencia de nuestro plan de calidad y garantizar su efectividad a largo plazo. A continuación, presentamos una serie de preguntas diseñadas para dirigir nuestra discusión hacia aspectos clave del plan. Les instamos a compartir sus percepciones, comentarios y sugerencias en relación con estas cuestiones, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y valiosa de la aplicabilidad y eficacia de nuestro enfoque de mantenimiento. Sus aportaciones son fundamentales para perfeccionar nuestro plan y, en última instancia, fortalecer la integridad de nuestras uniones bridadas. Agradecemos de antemano su participación activa y contribución a este proceso evaluativo.

Por favor responda SI o NO según su opinión profesional y, en caso de tener opciones de mejora o de querer complementar el ítem opte por usar libremente el cajetín de observaciones.

	Pregunta	SI	NO
1	¿El modelo plan de calidad se encuentra acorde a ASME PCC 1 (2022)?	X	
2	¿El modelo de plan de calidad proporciona la guía necesaria para la realización satisfactoria del mantenimiento de uniones bridadas durante una parada de planta en la industria Oil & Gas?	X	
3	¿El contenido del plan de calidad se ajusta al Sistema de Gestión de la Calidad de su empresa?	X	
4	¿El modelo de plan de calidad es real, conciso y de fácil entendimiento?	X	

5	¿Son claros los criterios de aceptación y rechazo de un adecuado mantenimiento de uniones bridadas de acuerdo con ASME PCC 1 (2022)?	X
6	¿La medición del plan de la calidad se ajusta a lo requerido para lograr la efectividad del proceso de mantenimiento?	X
7	¿Cree usted que la implementación de este plan de calidad puede incidir positivamente en el indicador de calidad de aparición de fugas durante la ejecución y puesta en marcha de las plantas en la industria Oil & Gas?	X

A continuación, se añade el cajetín de observaciones, por favor indique allí cualquier aporte, opinión u opción de mejora que sea pertinente para el mejoramiento del modelo de plan de calidad propuesto

Observaciones

- Es importante que nos realicen capacitaciones para estar informados de las actualizaciones de la norma.

- Deberían entregarnos un paquete con las tablas e imágenes necesarias para realizar el mantenimiento.

Adaptado de (The American Society of Mechanical Engineers, 2022)