

CIATEQ, A. C. Centro de Tecnología Avanzada
Dirección de Posgrado



*Rediseño de tapón sólido para el manejo de cupones
corrosimétricos de monitoreo de corrosión en el sistema
Cosasco®*

TESINA QUE PRESENTA

Ing. Víctor Manuel Cipriano Gómez
Asesor: M. en C. Fernando Eliseo Solares Zavala

Para obtener el grado de

Maestro en
Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería

Villahermosa, Tabasco
agosto, 2022

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR



GOBIERNO DE
MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Villahermosa, Tabasco, 3 de mayo del 2022.

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico de Posgrado
CIATEQ, A.C.

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del Ingeniero Víctor Manuel Cipriano Gómez, una vez revisado su Proyecto Terminal de tesina, titulado "REDISEÑO DE TAPÓN SÓLIDO PARA EL MANEJO DE CUPONES CORROSIMÉTRICOS DE MONITOREO DE CORROSIÓN EN EL SISTEMA COSASCO" **autorizo** que el citado trabajo sea presentado por el alumno para su revisión, con el fin de alcanzar el grado de **Maestro en Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería**.

Sin otro particular por el momento, agradezco la atención prestada.

Mtro en C. Fernando Eliseo Solares Zavala
Asesor Académico

CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA



Ciudad, Estado, 01 de Julio del 2022.

Mtropol. Geovany González Carlos
Coordinador Académico
CIATEQ, A.C.

Por medio de la presente me dirijo a usted en calidad de Revisor del proyecto terminal del (la) alumno (a): **VICTOR MANUEL CIPRIANO GÓMEZ**, cuyo título es:

REDISEÑO DE TAPÓN SÓLIDO PARA EL MANEJO DE CUPONES CORROSIMÉTRICOS DE MONITOREO DE CORROSIÓN EN EL SISTEMA COSASCO

Después de haberlo leído, corregido e intercambiado información con el (la) alumno(a), y realizado los cambios que le fueron sugeridos, puede ser autorizada su impresión, a fin de que se inicien los trámites correspondientes para su defensa.

Sin otro particular por el momento, y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta en beneficio del estudiante y la Institución, agradezco la atención prestada.

Atentamente,

Mtro. Guillermo Hiyane Nashiro
Profesor e Investigador de la
Facultad de Ingeniería Clave 9216

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo y paciencia en todo este tiempo de estudio y trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a todo el personal del Departamento de Integridad de Activos de la empresa **Perenco México S.A. de C.V.** por todo el apoyo y las facilidades brindadas para la realización de esta tesina.

De igual manera, un agradecimiento al Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, A.C. (CIATEQ), profesores, compañeros de Maestría, a mi asesor Ing. Fernando Solares y en especial a la Lic. Mercedes del Carmen Salvador Salvador por todo su apoyo y seguimiento para la realización de esta tesina.

* * *

RESUMEN

La integridad mecánica de los ductos es un factor importante para el transporte de hidrocarburos y el determinar el grado de desgaste durante su operación resulta importante para garantizar su confiabilidad operativa; para garantizarlo los cupones o testigos corrosimétricos colocados (con herramienta y equipo especial) en el interior de los ductos nos ayudan a determinar las tendencias de desgaste para la toma de acciones de mantenimiento preventivas o correctivas.

Las herramientas y equipos de la empresa Rohrback Cosasco® Systems (Cosasco, 2021), son ampliamente utilizados en el sector hidrocarburos en el monitoreo del desgaste interno y corrosión pero existen puntos de mejora referente a la facilidad con que pueden retirarse de un ducto, lo que ha provocado derrames de hidrocarburos en áreas extensas de suelo y cuerpos de agua; debido a esto se realizó un rediseño al equipo y herramienta de retiro/colocación de cupones corrosimétricos del niple Cosasco® específicamente al porta-cupones llamado "tapón sólido" (solid plug).

El rediseño planteado fue analizado mediante Elementos Finitos (FEA) con el software ANSYS Vers. 18.1 en la plataforma WORKBENCH (ANSYS, 2017), los esfuerzos obtenidos del análisis se encontraron por debajo del esfuerzo a la cedencia del material validándose el prototipo y procediendo a su fabricación para su instalación y operación.

Este rediseño validado ha logrado mantener en operación los ductos donde se han instalado logrando el transporte sin interrupciones de hidrocarburos al evitar el retiro del tapón sólido del niple Cosasco®, reduciendo pérdidas de producción y gastos por remediación de sitios contaminados.

El proceso de rediseño se realizó con los pasos aplicables de la Guía de Gestión de los fundamentos para la Dirección de Proyectos del Project Management Institute® (Project Management Institute, 2017).

Palabras clave: Acto vandálico, Sistema Cosasco®, Cupones corrosimétricos, Tapón sólido.

ABSTRACT

The mechanical integrity of the pipelines is an important factor for the transportation of hydrocarbons and determining the degree of wear during their operation is important to guarantee their operational reliability; to guarantee this, the corrosimetric coupons placed (with special tools and equipment) inside the ducts help us determine wear trends for preventive or corrective maintenance actions.

The tools and equipment of the Rohrback Cosasco® Systems company (Cosasco, 2021), are widely used in the hydrocarbon sector in the monitoring of internal wear and corrosion, but there are points for improvement regarding the ease with which they can be removed from a pipeline, which has caused hydrocarbon spills in extensive areas of land and bodies of water; due to the above, a redesign was made to the equipment and tool for removing/placing corrosimetric coupons from the Cosasco® nipple, specifically to the coupon holder called "solid plug".

The proposed redesign was analyzed using Finite Elements (FEA) with the ANSYS software 18.1 on the WORKBENCH platform (ANSYS, 2017), the stresses obtained from the analysis were found to be below the yield strength of the material validating the prototype and proceeding to manufacture it for installation and operation.

This validated redesign has managed to keep the pipelines in operation where they have been installed, achieving the transport of hydrocarbons by avoiding the removal of the solid plug of the Cosasco® nipple, reducing production losses and expenses for remediation of contaminated sites.

The redesign process was carried out with the applied steps of the Management Guide of the fundamentals for Project Management of the Project Management Institute® (Project Management Institute, 2017).

Keywords: Act of vandalism; Cosasco® System; Corrosimetric coupons; Solid plug.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
GLOSARIO	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. HIPÓTESIS.....	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	6
2.2. GRUPOS DE PROCESOS DE LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO	7
2.3. ÁREAS DEL CONOCIMIENTO	8
2.4. PLAN DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTO	12
2.5. PROCESO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	17
2.5.1. Recopilación de información (sistema actual), propuesta de rediseño	21
2.5.2. Análisis y aprobación de propuesta.....	30
2.5.3. Fabricación e Instalación	34
2.6. PROCESO DE MONITOREO Y CONTROL	38
2.7. PROCESO DE CIERRE.....	43
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
APORTACIÓN DE LA TESINA	48
APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESINA	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acto Vandálico debido al retiro del tapón sólido del Niple Cosasco® (área contaminada).....	1
Figura 2. Contexto de Iniciación del Proyecto	6
Figura 3. Interrelación entre los Componentes Clave de los Proyectos.....	7
Figura 4. Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento ...	9
Figura 5. Grupo de Procesos de Inicio.....	10
Figura 6. Grupo de Procesos de Planeación	11
Figura 7. Grupo de Procesos de Ejecución.....	18
Figura 8. Diagrama de Flujo en el Rediseño del "Tapón Sólido" Niple Cosasco® ..	20
Figura 9. Arreglo de Niple Cosasco® Original.....	21
Figura 10. Niple Cosasco® original instalado en ducto, se aprecia la tuerca para inserción/retiro de tapón sólido.	21
Figura 11. Vista interna del sistema Cosasco® para monitoreo de corrosión.	22
Figura 12. Colocación de Válvula de Bloqueo en Niple Cosasco® previo a la colocación del equipo "retriver".....	22
Figura 13. Herramienta "retriver" para retiro/inserción de cupones corrosimétricos	23
Figura 14. a) "Tapón sólido" instalado en la parte superior del equipo "retriver" (Izquierda), b) porta-cupón y cupón corrosimétrico instalados en tapón sólido del equipo retriver (derecha).....	23
Figura 15. Inserción/retiro de cupón corrosimétrico.....	24
Figura 16. Facilidad para retirar el tapón sólido.	25
Figura 17. Rediseño de Tapón Sólido: eliminación de tuerca externa en la parte superior.	25
Figura 18. Vista planta A-A, del tapón sólido con el nuevo rediseño.....	26
Figura 19. Llave de Seguridad: se pueden observar las "guías" que se introducen en el área rediseñada del tapón sólido (vista A-A figura 17). (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)	26
Figura 20. Tornillo roscado de protección en área rediseñada para no dejarla visible	27

Figura 21. Modelado Escenario No. 1.....	28
Figura 22. Modelado Escenario No. 2.....	29
Figura 23. Condiciones de Frontera Escenario 1.....	29
Figura 24. Condiciones de Frontera Escenario 2.....	30
Figura 25. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido (23,834 psi) con torque para instalación.....	31
Figura 26. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido con torque para retiro (22,736 psi).	31
Figura 27. Estado de Esfuerzos en Llave de retiro (5,673 psi).	32
Figura 28. Estado de Esfuerzos en zona de Inserción de Llave de Seguridad (4,951 psi).	33
Figura 29. Plano de Fabricación de Tapón Sólido y accesorios.	34
Figura 30. Tapón Sólido y Llave de seguridad fabricados y en operación.....	35
Figura 31. Tapón Sólido Rediseñado en Operación; se puede apreciar que ya no cuenta con la tuerca externa.....	35
Figura 32. Colocación de tornillo roscado (ver figura 20) para protección y no dejar visible el área rediseñada.....	36
Figura 33. Acto Vandálico por Seguetazo en Oleoducto 6" Ø (al no poder retirar el tapón solido rediseñado).	37
Figura 34. Colocación de grapa-camisa bipartida atornillada marca PLIDCO (Split- Sleeve) en acto vandálico debido a seguetazo.	37
Figura 35 Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.....	40
Figura 36 Grupo de Procesos de Cierre	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Impacto de la pérdida de Producción debido a retiro de tapón sólido. 1	
Tabla 2. Acta de Constitución del Proyecto.	12
Tabla 3. Plan para la Dirección del Proyecto.....	15
Tabla 4. Tabla de Adquisiciones	19
Tabla 5. Datos Principales del Tapón Sólido.	27
Tabla 6. Propiedades Principales del Tapón Sólido	28
Tabla 7. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para instalación (figura 25) <u>33.....</u>	<u>33.....</u>

Tabla 8. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para el retiro (figuras 26, 27, 28).....	34
Tabla 9. Informe de Desempeño.....	41
Tabla 10. Acta de Aceptación de Entregable del Proyecto.....	43
Tabla 11. Acta de Cierre del Proyecto	44

GLOSARIO

Acta de constitución del proyecto. Documento donde se plasma la constitución de un proyecto y donde se menciona al responsable de su ejecución; nos permite formalizar el inicio de un proyecto.

Alcance del proyecto. Son las actividades o trabajos por realizarse para entregar el producto o servicio con las características y funcionalidades solicitadas por el cliente.

Cerrar el proyecto. Es la etapa final de un proyecto, en esta etapa se realiza un balance del proyecto para verificar si se alcanzaron los objetivos y visualizar las desviaciones que se tuvieron durante el ciclo de vida del proyecto de la planeación inicial; referente al tiempo de ejecución, requerimientos técnicos y la parte financiera del proyecto.

Ciclo de vida del proyecto. Son el conjunto de etapas en las que se divide un proyecto para su ejecución.

Controlar la calidad. Es supervisar y registrar la gestión de cada una de las etapas del proyecto para garantizar que se cumple con la normativa aplicable y/o especificaciones indicadas para cada una de ellas.

Crear la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo WBS). Es estructurar o clasificar por niveles los entregables de un proyecto para facilitar su control y procesamiento.

Criterios de Aceptación. Requerimientos específicos que se deben de cumplir para que un cliente acepte un producto, servicio o entregable.

Cronograma del proyecto. Programación detallada de cada una de las actividades del proyecto; donde se indica su inicio y fin, y la relación o dependencia que existen entre las mismas.

Cupones corrosimétricos: Pieza metálica con dimensiones conocidas, que se utiliza para medir la velocidad de corrosión por gravimetría, para determinar tipo de corrosión que sufren las superficies.

Director del Proyecto (PM). Persona encargada de la gestión del proyecto y de alcanzar los objetivos planeados acorde al presupuesto y tiempo establecidos. Además, debe coordinar las actividades entre los diferentes integrantes del equipo de trabajo.

Entregable. Es el resultado de la ejecución de un trabajo para terminar una fase o proyecto pudiendo ser productos o servicios.

Equipo retriwer: Equipo utilizado para el proceso de inserción y retiro de los cupones corrosimétricos del interior de los nipples Cosasco® instalados en los ductos con ayuda de una válvula de bloqueo.

Interesado. Persona que está directamente impactados con los resultados de un proyecto.

Niple Cosasco. Es el accesorio que se encuentra permanentemente fijo en la tubería y que sirve para acoplar accesorios para la inserción y retiro de cupones corrosimétricos del interior del ducto.

Plan para la dirección del proyecto. Es el plan maestro para ejecutar y gestionar un proyecto, el cual considera e integra cada una de las disciplinas necesarias para el desarrollo del proyecto y que Integra los siguientes planes: 1) gestión del alcance del proyecto, 2) del cronograma, 3) de los costos del proyecto, 4) de la calidad del proyecto, 5) de los recursos del proyecto, 6) de las comunicaciones del proyecto, 7) de las adquisiciones del proyecto, 8) de los riesgos del proyecto, 9) de los interesados del proyecto, 10) gestión de los requisitos.

Prototipos. Es una pieza, parte o ejemplar que se fabrica para probar su calidad, funcionalidad o viabilidad, con la finalidad de obtener información que permite optimizarlo y mejorarlo para construir un modelo funcional u operativo.

Proyecto. Es un conjunto de actividades a realizarse en un periodo de tiempo definido (con fecha de inicio y terminación) con el objetivo de lograr un producto o servicio.

Sistema Cosasco®: Conjunto de equipos, conexiones e infraestructura de la empresa Rohrback Cosasco® Systems, el cual se compone de manera general del niple cosasco, tapón sólido, porta-cupones y cupones corosimétricos, herramientas, equipos.

Técnica gravimétrica: Técnica utilizada para medir la corrosión basándose en la pérdida de peso al corroerse el material.

Velocidad de corrosión: Es la pérdida de material debido a efectos de la corrosión por unidad de tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de mantener el transporte de hidrocarburos entre instalaciones requiere de ductos confiables (ASEA, 2019), con bajo riesgo de sufrir pérdidas de contención y evitar actos vandálicos como es el retiro de Tapón Sólido del Niple Cosasco® (Cosasco, 2021).

El sistema Cosasco® es de los más utilizados en la mayoría de los ductos de transporte en México en el monitoreo del desgaste interno de ductos, pero en los últimos años en áreas contractuales petroleras de Comalcalco, Tabasco se han presentado derrames de hidrocarburos por retiro del "tapón sólido" del interior del niple Cosasco®, generando costos por pérdida de producción y contaminación (ver figura 1); esto ha justificado el buscar alternativas de una solución viable y práctica para evitar e inhibir estas acciones.



Figura 1. Acto Vandálico debido al retiro del tapón sólido del Niple Cosasco® (área contaminada).
Elaboración propia

Tabla 1. Impacto de la pérdida de Producción debido a retiro de tapón sólido

Tipo de Evento	Área Afectada	Litros de Pérdida de Producción	Costo (usd)	Causa
ASEA	(m2)			
Derrame	10,000	318,000	200,000	Acto Vandálico

Elaboración propia

En la tesina se presenta una propuesta de desarrollo para el diseño actual que tienen los “tapones sólidos” del sistema Cosasco® y evitar su retiro por personal ajeno a la operación en ductos y con ello realizar las actividades de manipulación de cupones corrosimétricos según lo indicado en la norma NACE-SP-0775-2018-SG: “Preparación, instalación, análisis e interpretación de cupones de corrosión en operaciones petroleras” (NACE, 2018). El trabajo aquí presentado se realiza con base en las buenas prácticas para el desarrollo de Proyectos en la industria, partiendo de guías como el PMBok a fin de estructurar los pasos seguidos y que permitieron el desarrollo de una propuesta prototipo desarrollada y puesta en operación en el Oleoducto 6" Ø Cabezal Periférico El Golpe 1 – Planta Deshidratadora El Golpe.

1.1. ANTECEDENTES

Las instalaciones de proceso petroleras requieren para su operación sistemas de tuberías confiables de transporte de hidrocarburos con un riesgo bajo de sufrir una pérdida de contención; sin embargo en el transporte se generan mecanismos de daños en el interior de las tuberías como es la corrosión, la cual provoca la pérdida de material interna llevando a fugas de hidrocarburos si no se tiene el dato de cuan rápido se desgasta internamente la tubería por lo que resulta importante determinar la velocidad de corrosión en un determinado tiempo para proyectar la vida remanente de la red de tubería. Una de las técnicas para llevar a cabo la evaluación de la velocidad de corrosión es la implementación de un sistema de monitoreo de corrosión mediante cupones corrosimétricos, el muestreo periódico con los cupones o testigos corrosimétricos nos da una tendencia del desgaste que está sufriendo el interior de las tuberías; éste muestreo regularmente debe realizarse en operación siendo necesario de un equipo especial para introducir y retirar los testigos del interior de la tubería. El sistema cosasco propiedad de la empresa Rohrback Cosasco® Systems (RCS) está instalado en los ductos principales del Área Contractual Santuario – El Golpe y es el más ampliamente utilizado en el monitoreo y control de la corrosión interna con equipos y herramientas para introducir y retirar cupones corrosimétricos de forma rápida y segura; en este contexto existen

oportunidades de mejora en el diseño de seguridad para evitar su retiro por personal ajeno a la operación en el monitoreo de la corrosión del sistema Cosasco®, lo que puede afectar el transporte de hidrocarburos entre las diferentes instalaciones.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Si bien el sistema Cosasco propiedad de la empresa Rohrback Cosasco® Systems (RCS) es el más utilizado en el área contractual Santuario – El Golpe (Comalcalco, Tabasco, donde la empresa Perenco tiene operaciones) en el monitoreo de la corrosión interna; presenta oportunidades de mejora como es la facilidad en el retiro de los cupones corrosimétricos del interior de los Niples Cosasco® instalados en los ductos; ya que al ser un sistema roscado cualquier persona ajena a la operación puede retirar el tapón sólido del sistema Cosasco® con el uso de herramienta "común" sin que exista ninguna restricción, lo cual puede provocar derrames de hidrocarburos que se traducen en daños al medio ambiente, pérdidas de producción, riesgos a la población entre otros que derivan de las características volátiles y tóxicas de este tipo de fluido; esto toma relevancia en ductos que se encuentran apartados de la población o sin ningún tipo de vigilancia, los cuales son susceptibles de manipulación y en donde los tiempos de respuesta para detectar la fuga incrementa la cantidad de material que puede ser derramado antes de su detección y corrección.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La justificación del presente trabajo se sustenta por los altos costos relativos a la remediación de sitios contaminados (derivados de derrames de hidrocarburos), costos por pérdida de producción, así como por los riesgos inherentes asociados a la presencia de hidrocarburos en el ambiente, por lo que plantear alternativas de solución a este problema de retiro de los tapones sólidos de los niples Cosasco® permiten la búsqueda de mejoras tanto económicas, de seguridad, así como sociales.

1.4. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo se sustenta en objetivos específicos, los cuales se mencionan a continuación.

1.4.1. Objetivo general

Rediseñar el accesorio del sistema Cosasco® llamado “tapón sólido” para utilizar una nueva forma de inserción y retiro de los cupones corrosimétricos de los nipples Cosasco® instalados en los ductos.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Plantear las etapas del proyecto asociado del diseño de tapones sólidos del sistema Cosasco®.
- b. Presentar una propuesta de rediseño de Tapones Sólidos del sistema Cosasco®.
- c. Eliminar los costos asociados a la pérdida de producción y sus consecuentes gastos de remediación de sitios contaminados.

1.5. HIPÓTESIS

La fabricación, análisis y puesta en operación de los tapones sólidos rediseñados del sistema Cosasco®, reducirán las probabilidades de que sean retirados por personal ajena a la operación en los ductos de transporte de hidrocarburos.

2. MARCO TEÓRICO

El proceso de rediseño del Tapón sólido del Niple Cosasco® se desarrolló como un Proyecto Interno en la Organización siguiendo los pasos aplicables definidos en la Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (Project Management Institute, 2017); la cual proporciona descripciones de las entradas y salidas de los procesos de la dirección de proyectos, identifica herramientas y técnicas asociados con cada Área de Conocimiento [PMBOK®].

Durante el desarrollo de la tesina se mencionan extractos de la guía para llevar un hilo conductor entre el desarrollo del proyecto y la Guía del PMBOK®.

Se define como "Proyecto" un *"esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único"* (Project Management Institute, 2017).

Los líderes de las organizaciones inician proyectos en respuesta a factores que actúan sobre sus organizaciones; existen cuatro categorías fundamentales de estos factores que ilustran el contexto de un proyecto (Project Management Institute, 2017), ver figura 2.

1. Cumplir requisitos regulatorios, legales o sociales.
2. Satisfacer las solicitudes o necesidades de los interesados.
3. Implementar o cambiar las estrategias de negocio o tecnológicas.
4. Crear, mejorar o reparar productos, procesos o servicios.

Para nuestro caso en particular el proyecto se inició con más de una consideración: por problemas existentes (actos vandálicos), temas ambientales (fugas o derrames) y por necesidad social al evitar manifestaciones o cierres de caminos o instalaciones derivado de fugas; lo anterior llevó a tomar medidas para mejorar el diseño del tapón sólido" del niple Cosasco®.

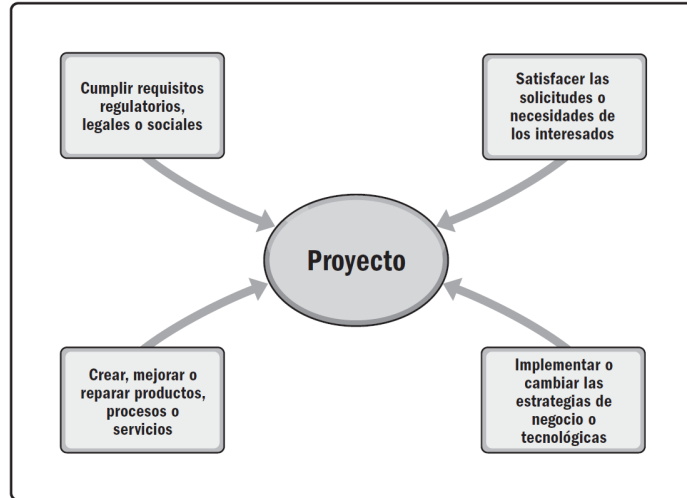


Figura 2. Contexto de Iniciación del Proyecto (Project Management Institute, 2017)

2.1. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

El ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión, proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas, todos los proyectos pueden configurarse dentro del ciclo de vida genérico (Project Management Institute, 2017) que se muestra en la figura 3.

1. Inicio del Proyecto.
2. Organización y Preparación.
3. Ejecución del Trabajo.
4. Finalizar el Proyecto.

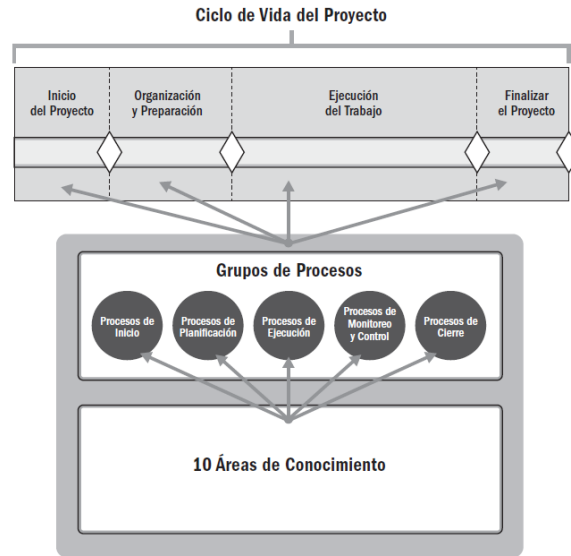


Figura 3. Interrelación entre los Componentes Clave de los Proyectos. (Project Management Institute, 2017)

2.2. GRUPOS DE PROCESOS DE LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Un Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos es un agrupamiento lógico de procesos para alcanzar objetivos específicos del proyecto; los Grupos de Procesos se agrupan en cinco (Project Management Institute, 2017):

- 1 **Inicio.** Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- 2 **Planificación.** Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.
- 3 **Ejecución.** Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.
- 4 **Monitoreo y control.** Procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- 5 **Cierre.** Procesos llevados a cabo para completar o cerrar formalmente el proyecto, fase o contrato.

2.3. ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

Además de los Grupos de Procesos, los procesos también se categorizan por Áreas de Conocimiento (Project Management Institute, 2017).

Un Área de Conocimiento es un área identificada y/o definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, practicas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen (Project Management Institute, 2017).

En total existen **10 Áreas de Conocimiento** en Dirección de Proyectos según PMBok (Project Management Institute, 2017) ver figura 4:

- 1 Gestión de la **Integración** del Proyecto.
- 2 Gestión del **Alcance** del Proyecto.
- 3 Gestión del **Cronograma** del Proyecto.
- 4 Gestión de los **Costos** del Proyecto.
- 5 Gestión de la **Calidad** del Proyecto.
- 6 Gestión de los **Recursos** del Proyecto.
- 7 Gestión de las **Comunicaciones** del Proyecto.
- 8 Gestión de los **Riesgos** del Proyecto.
- 9 Gestión de las **Adquisiciones** del Proyecto.
- 10 Gestión de los **Interesados** del Proyecto.

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

Figura 4. Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento (Project Management Institute, 2017)

Los procesos de la dirección de proyectos se vinculan lógicamente entre si a través de los resultados que producen; en general, la salida de un proceso tiene como resultado:

- Una entrada a otro proceso.
- Un entregable del proyecto o fase del proyecto.

Al comenzar nuestro proyecto del rediseño del tapón sólido del niple Cosasco® iniciamos con el Grupo de Procesos: INICIO para definir el nuevo proyecto, se asignan recursos materiales y financieros, se inicia con la integración de la información para elaborar el “acta de constitución del proyecto” donde se mencionan a los “interesados” (stakeholder) y se nombra al director del proyecto. Cuando se aprueba el “acta de constitución del proyecto”, el proyecto de rediseño del tapón sólido es autorizado oficialmente y el director del proyecto es autorizado aplicar recursos de la organización a las actividades del proyecto (ver figura 5).

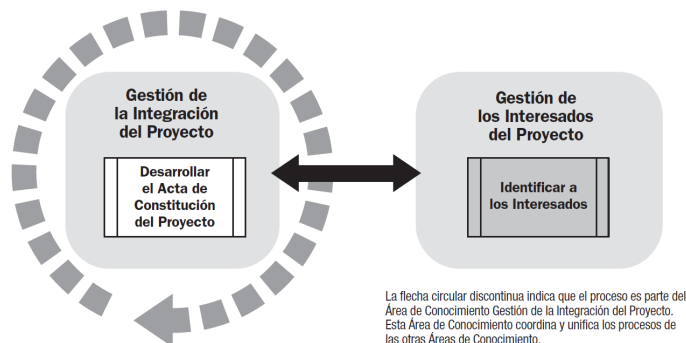


Figura 5. Grupo de Procesos de Inicio (Project Management Institute, 2017)

Ahora que tenemos la autorización por parte de la Organización e identificados nuestros Interesados del Proyecto debemos definir la línea de acción para completar con éxito el proyecto; para lograr esto utilizamos los procesos de Planificación que establecen el alcance total del esfuerzo, definen los objetivos y desarrollan la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos, toda la información que sale de los diferentes procesos de gestión de la Planeación se

integran en un documento llamado "Plan para la dirección del Proyecto" como se visualiza en la figura 6 en la parte central.

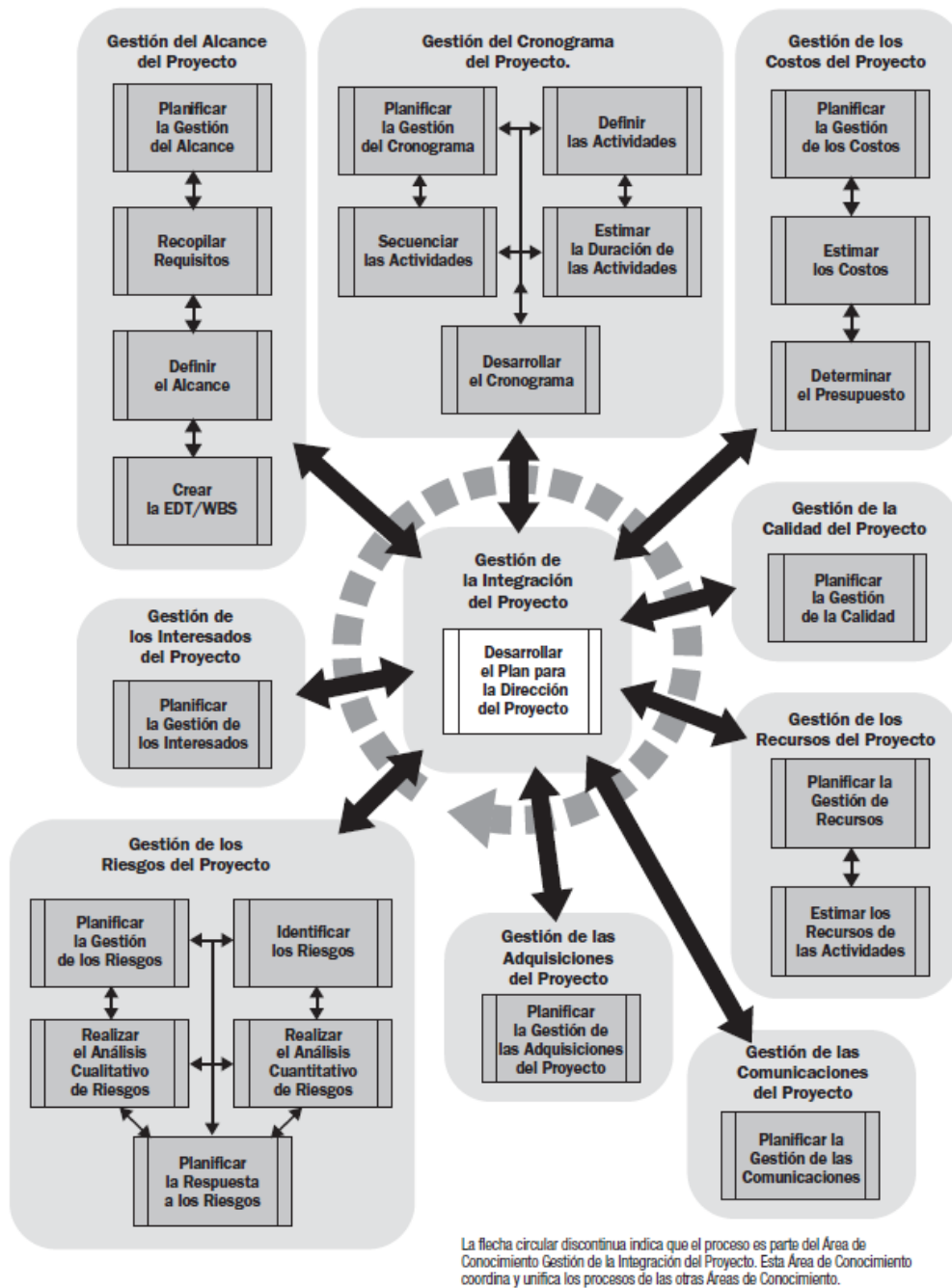


Figura 6. Grupo de Procesos de Planeación (Project Management Institute, 2017)

Al finalizar la etapa de planificación, el documento aceptado se considera la línea base que nos ayudará para el monitoreo y/o control del proyecto.

2.4. PLAN DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTO

En esta parte se presenta el Plan de Dirección del proyecto del "Rediseño del Tapón Sólido del sistema Cosasco®"; los proyectos no necesitan seguir todos los procesos que define la guía del PMBOK, por lo que cada director de proyecto y su equipo tienen que seleccionar los procesos necesarios a su proyecto y adaptarlos al mismo; establecer el Plan de Dirección de Proyectos permite definir la manera en que el proyecto será planificado, ejecutado, monitoreado y controlado, hasta el cierre. En primera instancia realizamos el acta de constitución del Proyecto. Nota: Se muestra información en forma general del documento original.

Tabla 2. Acta de Constitución del Proyecto.

LOGO (confidencialidad)		LOGO (confidencialidad)
ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO		
Empresa	(confidencialidad)	
Proyecto	El presente proyecto trata sobre el "REDISEÑO DEL TAPÓN SÓLIDO DEL SISTEMA COSASCO®", el cual abordará propuestas de rediseño, su análisis, aprobación, fabricación y recomendaciones.	
Patrocinador	(confidencialidad)	
Fecha	09/09/2019	
Propósito y Justificación del Proyecto		
Reducir (o mitigar) la cantidad de fugas por actos vandálicos por retiro de tapón sólido del sistema Cosasco® instalados en ductos de transporte de Hidrocarburos.		
Alcance del Proyecto		
El Rediseño y análisis del tapón sólido del niple Cosasco® se centrará en el Oleoducto de 6" Ø que ha sufrido el mayor número de actos vandálicos; el rediseño aprobado será instalado en este mismo ducto para su validación en campo.		

Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Planos o esquemas del diseño que muestre dimensiones, descripción, materiales y tipo de soldadura (si aplica). - Tapón Rediseñado analizado, fabricado, instalado y validado en el Oleoducto de 6" Ø.
Requerimientos
<ul style="list-style-type: none"> - Un diseño practico del Tapón Sólido que inhiba y sea difícil su retiro con herramientas convencionales; es decir que solo sea posible retirar con herramienta especial en los ductos de transporte de Hidrocarburos. - Contar con la participación de los interesados del proyecto (Personal de Operación, Diseñador/Analista, Personal de Integridad de Activos). - Realizar el análisis de Esfuerzos mediante el software CAE (Ingeniería asistido por computadora) de simulación por elementos finitos de la empresa ANSYS.
Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> - Mitigar o reducir los actos vandálicos por retiro de tapón sólido. - Reducir los costos asociados a la remediación de sitios contaminados. - Evitar interrupciones asociadas a actos vandálicos por retiro de tapón sólido en ductos de transporte de Hidrocarburos.
Costos / Presupuesto
<p>El Rediseño de tapón sólido para el manejo de cupones corrosimétricos de monitoreo de corrosión en el sistema Cosasco® tendrá un presupuesto a ejercer de \$200,000 pesos.</p>
Calidad
<p>Mantener los esfuerzos del tapón sólido abajo del 0.9 * esfuerzo a la cedencia, con la elaboración de dos modelos considerando los escenarios: tapón sólido como contenedor de presión con torque para la instalación y retiro.</p>
Riesgos
<p>Se analizarán con las matrices de riesgo (ver Anexo B) y procedimientos establecidos internamente en la empresa.</p>

Lista de Interesados del proyecto		
Nombre	Cargo	Departamento
Juan Pérez	Gerente	Operación
Ramón Ayala	Gerente	Integridad
Sergio López	Diseñador/Analista	Cía. Domor
Requisitos de Aprobación del Proyecto		
El rediseño del tapón solido del Niple Cosasco® deberá ser instalado en el mismo ducto que ha sufrido actos vandálicos y se pondrá a prueba para su validación en campo; se realizarán pruebas en sitio con herramientas convencionales (pinzas, desarmadores, etc.) del retiro de la herramienta, si resulta en intento fallido el querer retirarlo se da por aceptado el rediseño.		
Personal y Recursos		
Luis Suarez	Supervisor	Depto. Operaciones
Jorge Campos	Supervisor	Depto Integridad
Sergio López	Diseñador/Analista	Cía. Domor
Aprobaciones		
Nombre (Puesto)	Fecha	Firma
David Zepeda (Dirección)		

Elaboración propia

El "Plan para la Dirección del Proyecto" consiste en definir la línea de acción para completar con éxito el proyecto del rediseño del tapón sólido del niple Cosasco®.

Tabla 3. Plan para la Dirección del Proyecto.

LOGO (confidencial)	
PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO	
Plan para la Dirección	Modo en que se realizará el Proyecto:
Alcance	El Rediseño y análisis del tapón sólido del niple cosasco se centrará en el Oleoducto de 6" Ø que ha sufrido el mayor número de actos vandálicos; el rediseño aprobado será instalado en este mismo ducto para su validación en campo.
Tiempo	El tiempo establecido para el desarrollo del Proyecto será de 2 meses.
Costo	El presupuesto del proyecto será de \$200,00 pesos
Rol del director	<p>Victor Cipriano, Ingeniero del Departamento de Integridad de Activos es nombrado director del Proyecto "Rediseño de Tapón Sólido para el manejo de cupones corrosimétricos de monitoreo de corrosión en el sistema Cosasco"; es responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asegurar un buen desarrollo de todas las etapas del proyecto - Asignar y utilizar los recursos de una manera eficiente - Liderar el Grupo Multidisciplinario. - Supervisar el avance y controlarlo de acuerdo con el Cronograma (Anexo A). - Revisar y aprobar las propuestas de rediseño
Ciclo de Vida del Proyecto	<p>El proyecto de Rediseño comprenderá estas Fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> - propuesta de rediseño, - análisis y aprobación según requerimientos, - fabricación e instalación. - Aceptación Cliente (Cierre de Proyecto)
Gestión de Reuniones	<p>Las reuniones con Proveedores de Servicio quedan establecidas los viernes 10:00 am</p> <p>Reuniones con los clientes Internos los viernes a las 4:00 pm</p>

Revisión de Gestión	Queda establecida con la Dirección la revisión del Proyecto los lunes 10:00 am
1.- Plan para la Gestión del Alcance	Se validará el Alcance del Proyecto al revisar el entregable con el Cliente en sus oficinas.
2.- Plan para la Gestión de Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - Un diseño practico del Tapón Sólido que inhiba y sea difícil su retiro solo con herramienta especial en los ductos de transporte de Hidrocarburos. - Contar con la participación de los interesados del proyecto - Realizar el análisis de Esfuerzos mediante el software de simulación por elementos finitos de la empresa ANSYS. - El trabajo de proveedores se inicia una vez aprobada la requisición de compra. - El cobro de la Orden de Compra será una vez entregado los análisis y fabricación de tapón sólido - Los valores de esfuerzo deberán estar por debajo del $0.9 * F_y$ (esfuerzo a la cedencia)
3.- Plan de Gestión del Cronograma	<p>Los hitos del Proyecto (anexo A) son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicio (Acta de Constitución del Proyecto) - Modelado - Simulación y Análisis - Elaboración de Planos - Fabricación - Instalación - Aceptación y Cierre de Proyecto
4.- Plan de Gestión de Costos	Presupuesto asignado de \$200, 000 pesos
5.- Plan de Gestión de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Los valores de esfuerzo deberán estar por debajo del $0.9 * F_y$ (esfuerzo a la cedencia) - Pieza fabricada de acuerdo con dimensiones y especificación de material de acuerdo con diseño.
6.- Plan de Gestión de Recursos	El flujo del efectivo será contra entrega de los servicios solicitados.
7.- Plan de Gestión de las Comunicaciones	La comunicación con los interesados del Proyecto será de manera personal, vía telefónica y correo.

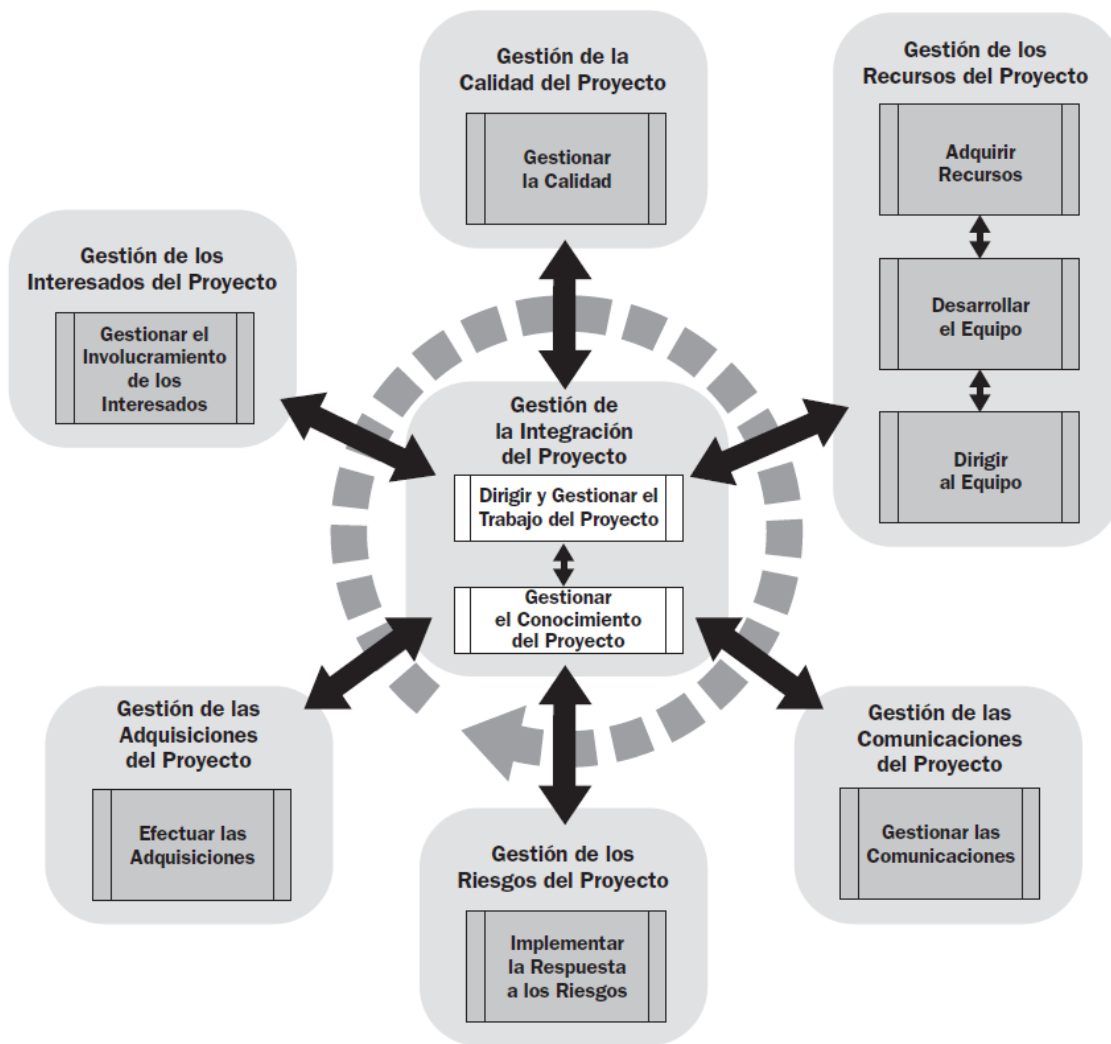
8.- Plan de Gestión de Riesgos	- Se realizará con las matrices de riesgos y procedimientos establecidos
9.- Plan de Gestión de las Adquisiciones	Se le entregará al departamento de compras el listado de requerimientos y especificaciones, el cual seguirá sus procedimientos internos de adquisición.
10.- Plan de Involucramiento de los Interesados	Lista de los Principales Interesados del Proyecto: <ul style="list-style-type: none"> - Departamento de Operación - Departamento de Integridad de Activos - Dirección
11.- Plan de Gestión de los cambios	Las solicitudes de cambio emitidas por control de calidad serán revisadas entre los interesados del proyecto.
12.- Plan de Gestión de la Configuración	-
13.- Línea Base del Alcance	Control en lo estipulado en el alcance mediante la revisión de las solicitudes de cambio.
14.- Línea Base del Cronograma	La línea base establecida después de incluir todos los hitos, la cual se tomará de referencia para ver atrasos o avances.
15.- Línea Base de los Costos	La línea base del presupuesto no deberá de sobrepasar el presupuesto asignado
16.- Línea Base para la medición del Desempeño	De acuerdo con los resultados de las reuniones de gestión y líneas base de alcance, costos y cronograma revisar el desempeño.

Elaboración propia

2.5. PROCESO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta que el Plan de la Dirección del Proyecto se convierte en la entrada al Proceso de Ejecución para completar el trabajo, se gestiona la adquisición de los recursos con contratos u órdenes de Compra por cada entregable establecido, garantizando el director del Proyecto que las actividades sean ejecutadas de acuerdo con los requisitos preestablecidos y administrando los recursos adecuadamente, así como estar alerta a las desviaciones que se pudieran

presentar durante el Proyecto. Durante el Proceso de “Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto” se generará el entregable como salida de este proceso el tapón sólido rediseñado del Niple Cosasco; el cual será una entrada al proceso de Control de la calidad de “Monitoreo y Control” para revisión de acuerdo a los requisitos o requerimientos plasmados en el Plan de la Dirección del Proyecto; durante este proceso se gestionarán todos los procesos indicados en la figura 7 para lograr el entregable.



La flecha circular discontinua indica que el proceso es parte del Área de Conocimiento Gestión de la Integración del Proyecto. Esta Área de Conocimiento coordina y unifica los procesos de las otras Áreas de Conocimiento.

Figura 7. Grupo de Procesos de Ejecución
(Project Management Institute, 2017)

Tabla 4. Tabla de Adquisiciones

LOGO (confidencial)	Empresa: (confidencial)	Fecha: (confidencial)	
	Proyecto: "REDISEÑO DEL TAPÓN SÓLIDO DEL SISTEMA COSASCO®"	Documento	No.
(confidencial)			
Adquisiciones			
Responsable:	Victor Cipriano		
Alcance de la Adquisición:	Modelado, análisis, elaboración de planos, fabricación e instalación de tapón sólido del niple Cosasco®		
Requerimientos Técnicos			
Adquisiciones	Requerimiento Técnico	Costo	
1.- Modelado, análisis, elaboración de planos del tapón rediseñado	Esfuerzos abajo del (0.9) * (esfuerzo a la cedencia).	(por compras)	
2.- Fabricación	Material Acero al Carbono	(por compras)	
3.- Instalación	Instalarse en el ducto en el horario técnico de las 6:00 horas (tubería horizontal)	(por compras)	
Documentación o Información			
La Documentación o información que se entregará al Proveedor: Información del sistema actual del Niple Cosasco para el rediseño del tapón.			
Documentación para entregar por el Contratista			
Reporte de evaluación, planos, Reporte de instalación; la información será entregada según los procedimientos del Departamento de Compras.			
Plazo Final y Modo de Entrega			
El plazo de entrega será de 2 meses según propuesta del Proveedor y consistirá en una sola entrega (para los puntos 1 y 2); la instalación del nuevo Tapón será según programa de retiro e inserción de cupones corrosimétricos.			
Aprobaciones			
Nombre	Cargo	Firma	
Victor Cipriano	Director del Proyecto		

Elaboración propia

El director del proyecto pone en ejecución lo planificado cumpliendo los requisitos y objetivos con los principales interesados del proyecto; a continuación, se muestra el Proceso de Ejecución del rediseño del Tapón sólido del Niple Cosasco:

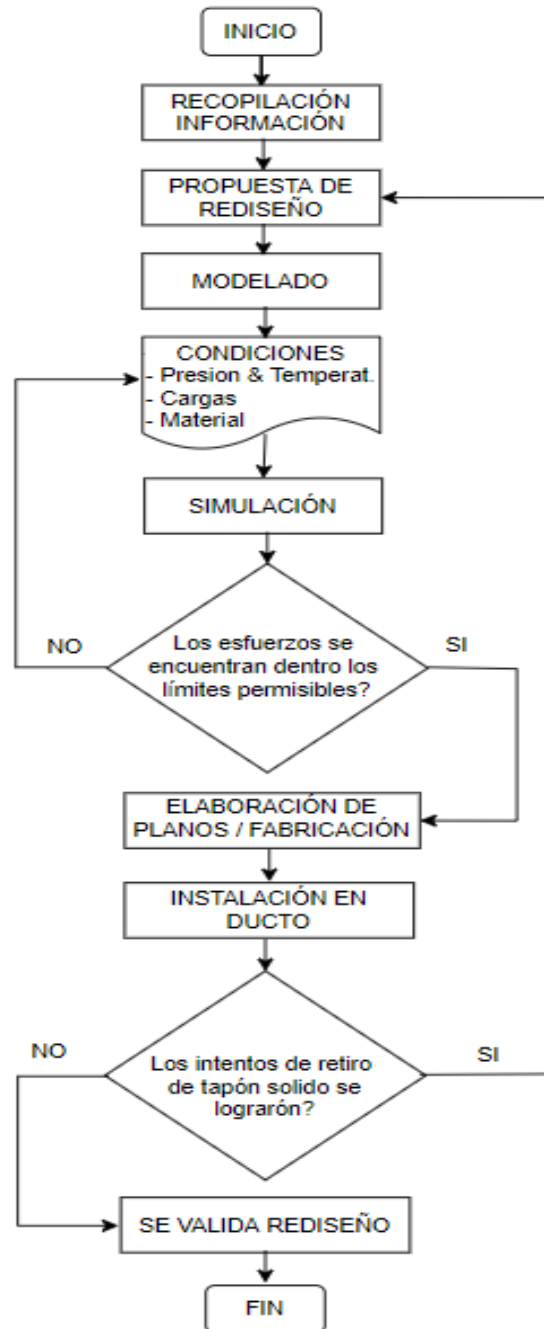


Figura 8. Diagrama de Flujo en el Rediseño del "Tapón Sólido" Niple Cosasco® (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

2.5.1. Recopilación de información (sistema actual), propuesta de rediseño

2.5.1.1 Información del Sistema Cosasco®

La configuración y/o especificaciones técnicas del sistema actual (original) como son: propiedades del material, geometría de los accesorios, configuración original del sistema indicados en las figuras No. 9 a la No. 16, se utilizan como punto de partida para realizar las propuestas de mejora y seleccionar la más idónea o practica para el proceso de inserción/retiro de los cuponesorrosimétricos en el niple Cosasco® instalados en los ductos de transporte de hidrocarburos.

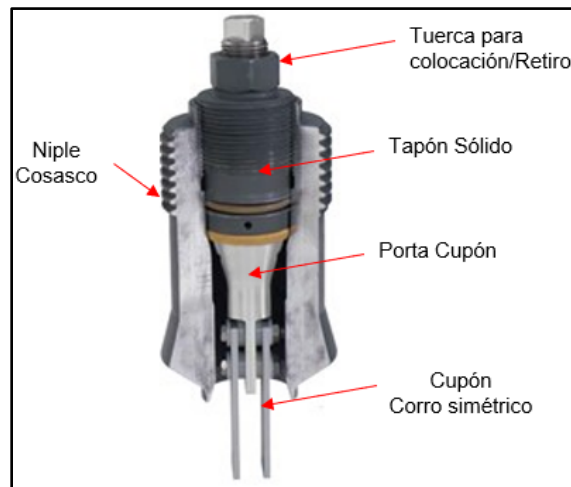


Figura 9. Arreglo de Niple Cosasco® Original.
(Cosasco, 2021)

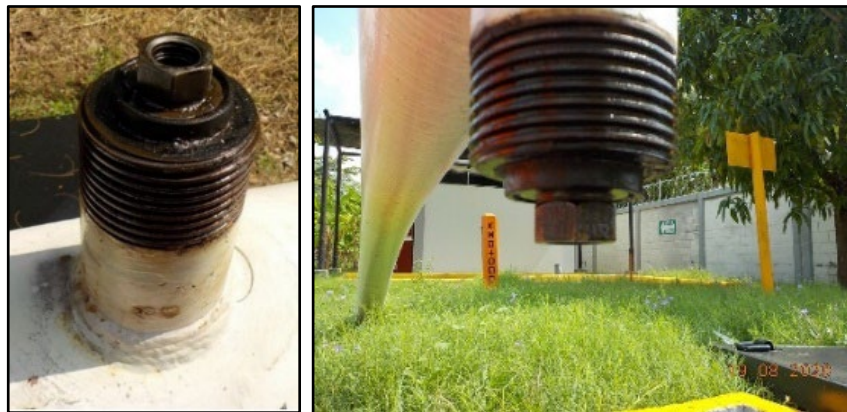


Figura 10. Niple Cosasco® original instalado en ducto, se aprecia la tuerca para inserción/retiro de tapón sólido.
Elaboración propia

En la figura 10 se puede apreciar la exposición de la tuerca para retiro sin ninguna protección, la única protección con que se cuenta en el sistema Cosasco® es una "Tapa Roscada" de fácil retiro como se muestra en figura 11 en color azul.

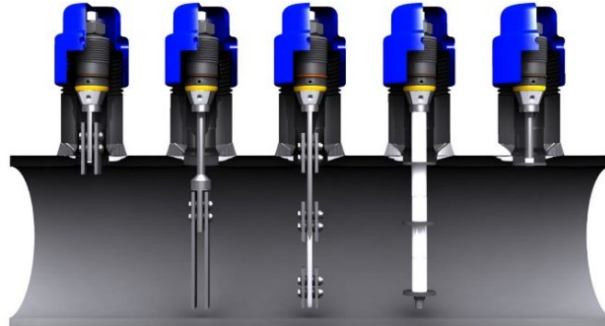


Figura 11. Vista interna del sistema Cosasco® para monitoreo de corrosión.
(Cosasco, 2021)

El primer paso en el proceso de inserción y retiro de los cupones corrosimétricos es colocar la válvula de bloqueo rosca en el niple Cosasco® instalado en el ducto, esta se observa en la fotografía de la figura 12; esta actividad se realiza previo a la inserción de los cupones con el equipo llamado "Retriver" el cual se muestra en su conjunto en la figura 13.



Figura 12. Colocación de Válvula de Bloqueo en Niple Cosasco® previo a la colocación del equipo "retriver".
Elaboración propia



Figura 13. Herramienta "retriver" para retiro/inserción de cupones corrosimétricos
Elaboración propia/ (Cosasco, 2021)

Los accesorios "Tapón sólido", porta-cupón y el cupón corrosimétricos (en este caso circular) son instalados en el equipo "retriver" en la sección roscado parte superior como se muestra en la figura 14.



Figura 14. a) "Tapón sólido" instalado en la parte superior del equipo "retriver" (Izquierda),
b) porta-cupón y cupón corrosimétrico instalados en tapón sólido del equipo retriver
(derecha).

Elaboración propia

El último paso en el proceso es: a) insertar todo el conjunto a través de la válvula de bloqueo para posteriormente asegurar el equipo "retriver" a la válvula de bloqueo con una brida roscada, b) proceder a manipular el tapón sólido con las manijas del equipo "retriver" hasta que el tapón sólido logre acoplarse en la rosca interna del niple Cosasco®, c) una vez roscado el tapón sólido en el niple Cosasco®, el equipo "retriver" es retirado para luego cerrar la válvula de bloqueo, d) drenar todo el fluido contenido en el equipo "retriver" antes de retirar la brida de la válvula y el equipo "retriver", como se muestra en la figura No. 15.



Figura 15. Inserción/retiro de cupón corrosimétrico.
Elaboración propia

Utilizando el Sistema Cosasco® se puede acceder a sistemas de alta presión sin sacar de operación los ductos; sin embargo, como se menciona en los siguientes puntos, esta actividad solo garantiza el proceso para inserciones durante la operación, pero no evita que el retiro sea realizado sin el manejo de estas herramientas.

2.5.1.2 Propuesta de rediseño

En la figura 10 se observa la desventaja del diseño actual al contar con una tuerca externa de fácil acceso, el rediseño se centra por tanto en la búsqueda de una propuesta que permita la eliminación de la tuerca externa del diseño original para que no sea de fácil manipulación como se muestra en la figura 16, donde se

demuestra el fácil acceso al tapón sólido y su retiro con una herramienta convencional.



Figura 16. Facilidad para retirar el tapón sólido.
Elaboración propia

En esta etapa del proyecto se realizaron una serie de diferentes modelos propuestos, de los cuales se seleccionó el rediseño al tapón sólido que se muestra en las figuras 17, 18, así como los accesorios complementarios derivado de este rediseño se muestran en las figuras No. 19, 20.

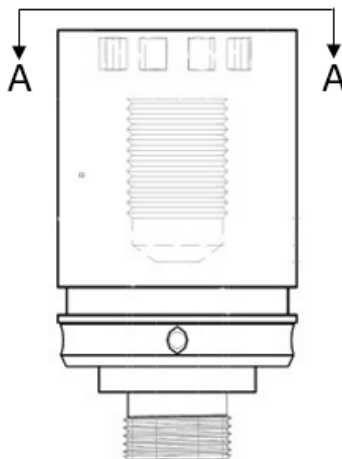


Figura 17. Rediseño de Tapón Sólido: eliminación de tuerca externa en la parte superior.
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

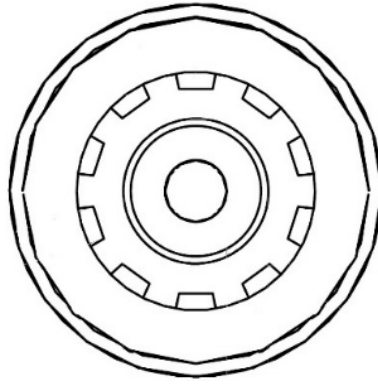


Figura 18. Vista planta A-A, del tapón sólido con el nuevo rediseño. (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

En el nuevo rediseño mostrado en la figura 17 se elimina la tuerca expuesta exteriormente, implementando en su lugar una estructura/configuración donde se alojará el accesorio de la figura 19 con dimensiones específicas y que funcionará como una llave de seguridad; el propósito de esta propuesta es que sin esta "llave" no se podrá realizar la actividad de retiro/inserción del tapón sólido incluyendo el cupón corrosimétrico del niple Cosasco®.

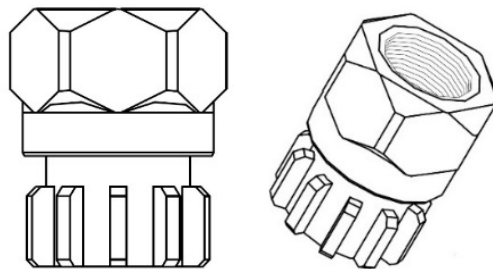


Figura 19. Llave de Seguridad: se pueden observar las "guías" que se introducen en el área rediseñada del tapón sólido (vista A-A figura 17). (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

La llave de seguridad con forma y dimensiones específicas se coloca en el equipo "retriver" (figura 13) para posteriormente unirse/insertarse con el tapón sólido rediseñado incluyendo el cupón corrosimétrico para ser introducido y colocado en el niple Cosasco®; después de la inserción se retira el equipo "retriver" y se coloca el tornillo roscado (figura 20) en la rosca interna del tapón sólido (sección central

de la figura 17) para no dejar visible el área rediseñada simulando una sección sólida.

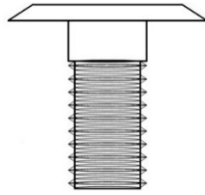


Figura 20. Tornillo roscado de protección en área rediseñada para no dejarla visible (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

2.5.1.3 Modelado del rediseño propuesto

La siguiente etapa del proyecto considera validar el rediseño propuesto del tapón sólido, esta actividad contempla la subcontratación de la evaluación del comportamiento mecánico mediante la simulación en tres dimensiones aplicando la metodología del análisis por elemento finito (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019) específicamente en el software ANSYS V 18.1 en la plataforma WORKBENCH (ANSYS, 2017); en donde se asignaron las propiedades mecánicas de los materiales del tapón sólido, así como a la llave de seguridad con la finalidad de determinar los esfuerzos permisibles de operación segura. Se elaboraron dos modelos considerando los siguientes escenarios:

- a) Escenario 1. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto, con torque para instalación (figura 21).
- b) Escenario 2. Caso de Tapón como contenedor de presión en la región del ducto con torque para retiro (figura 22).

Tabla 5. Datos Principales del Tapón Sólido.

Parámetro	Valor
Diámetro	1.75" plg.
Especificación Material	AISI-316
Presión Diseño	421 kg/cm ² (5,990 psi)
Temperatura Diseño	204° C

Elaboración propia

Tabla 6. Propiedades Principales del Tapón Sólido

Propiedad	Valor
Módulo Young	27,992,272 psi
Relación Poisson	0.3
Esfuerzo Cedencia	30,00 psi
Esfuerzo Tensión	85,000 psi

Elaboración propia

En las condiciones de frontera para el análisis, se incluyen los efectos máximos a los que se encuentra sometido a su presión de diseño en la región del ducto, así como el tapón sólido con las cargas transferidas por la llave de retiro (figuras 23 y 24).

Las condiciones de carga de diseño del sistema corresponden a la presión interna de 5,990 psi y 400° F.

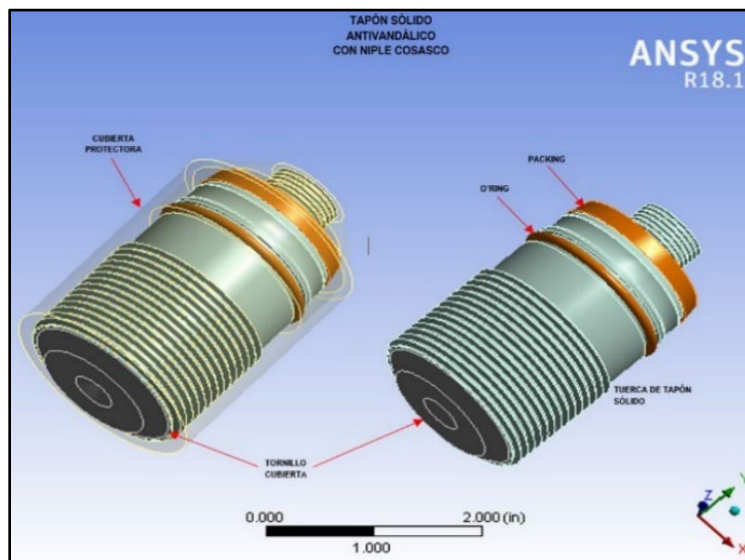


Figura 21. Modelado Escenario No. 1.
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

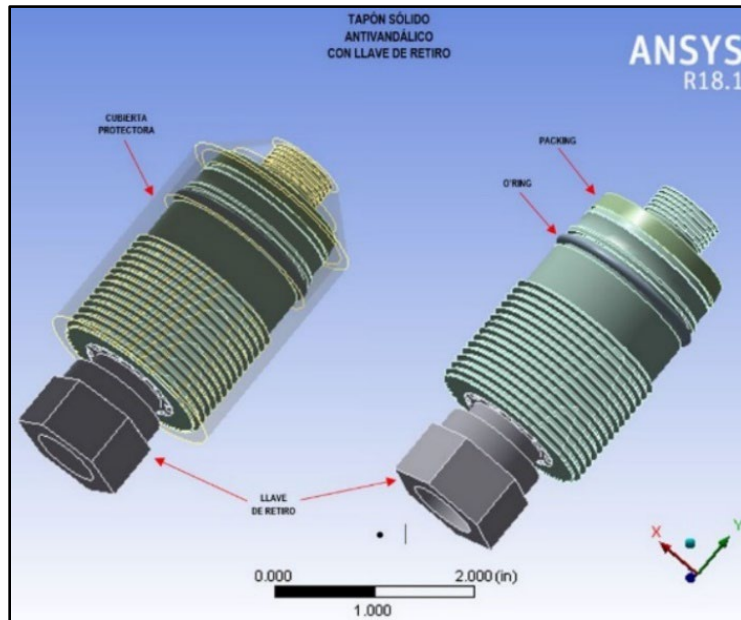


Figura 22. Modelado Escenario No. 2.
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

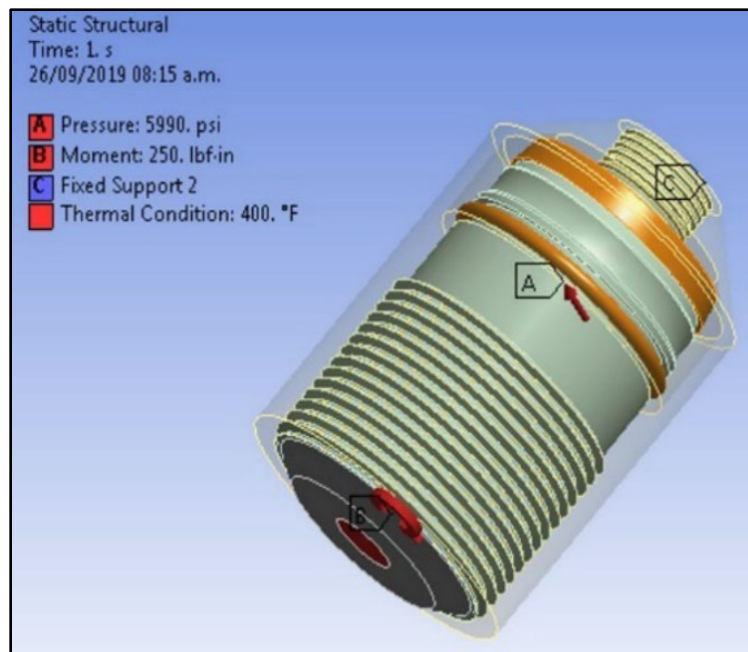


Figura 23. Condiciones de Frontera Escenario 1.
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

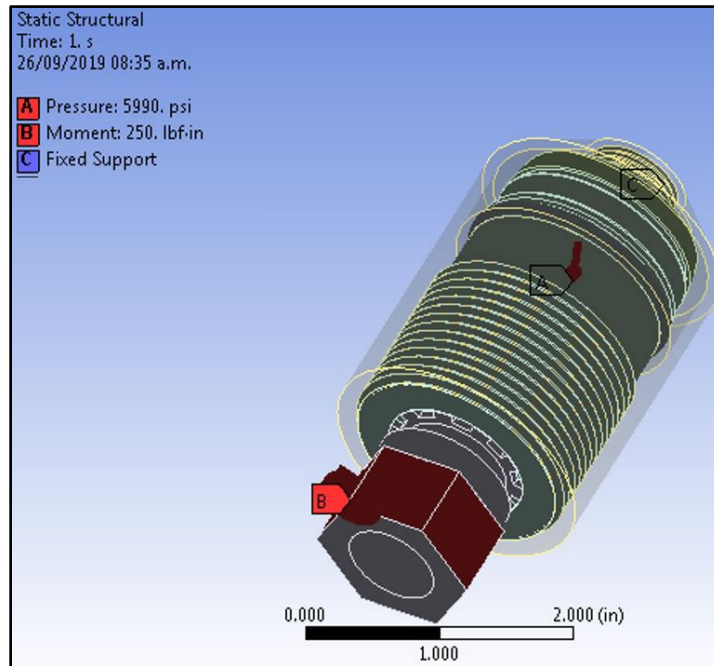


Figura 24. Condiciones de Frontera Escenario 2. (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

2.5.2. Análisis y aprobación de propuesta

2.5.2.1 Evaluación del rediseño

Los resultados para cada caso de presión obtenidos del modelado y simulado en el software ANSYS V 18.1 (ANSYS, 2017) se muestran en las figuras de Esfuerzo de Von Mises, identificando la región donde se localiza el máximo esfuerzo.

Resultados del análisis en la simulación de los Escenarios:

El estado de esfuerzos en el modelo integral del Tapón Sólido (Von Mises) por carga de presión de 5,990 psi y temperatura de 400 ° F se muestra en la figura 25 para el escenario 1:

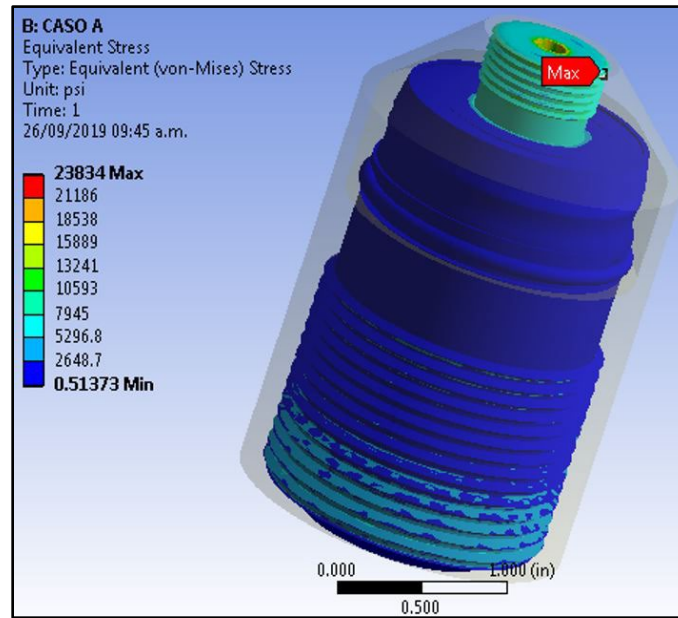


Figura 25. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido (23,834 psi) con torque para instalación (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

El estado de esfuerzos en el modelo integral del tapón sólido por carga de presión de 5,990 psi y temperatura de 400 ° F se muestran en las figuras 26, 27, 28 para el escenario 2.

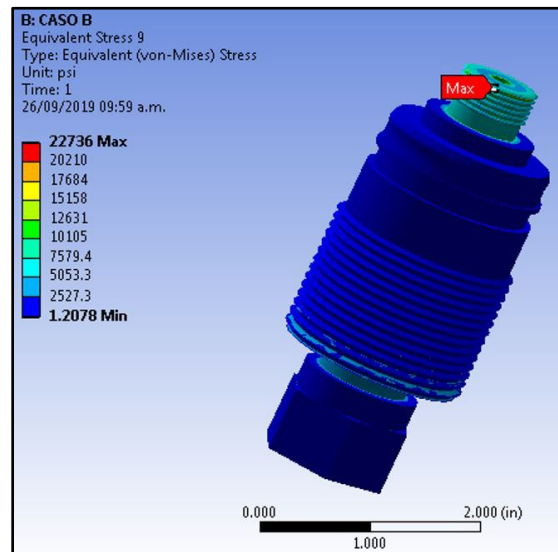


Figura 26. Estado de Esfuerzos Tapón Sólido con torque para retiro (22,736 psi). (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

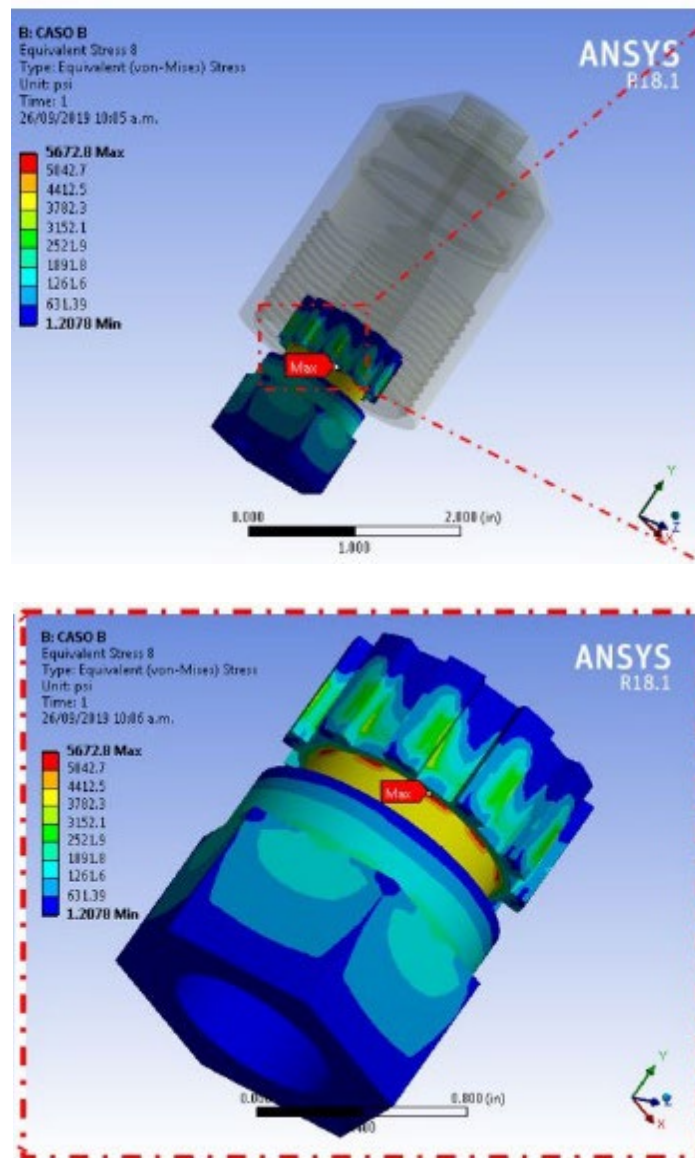


Figura 27. Estado de Esfuerzos en Llave de retiro (5,673 psi).
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

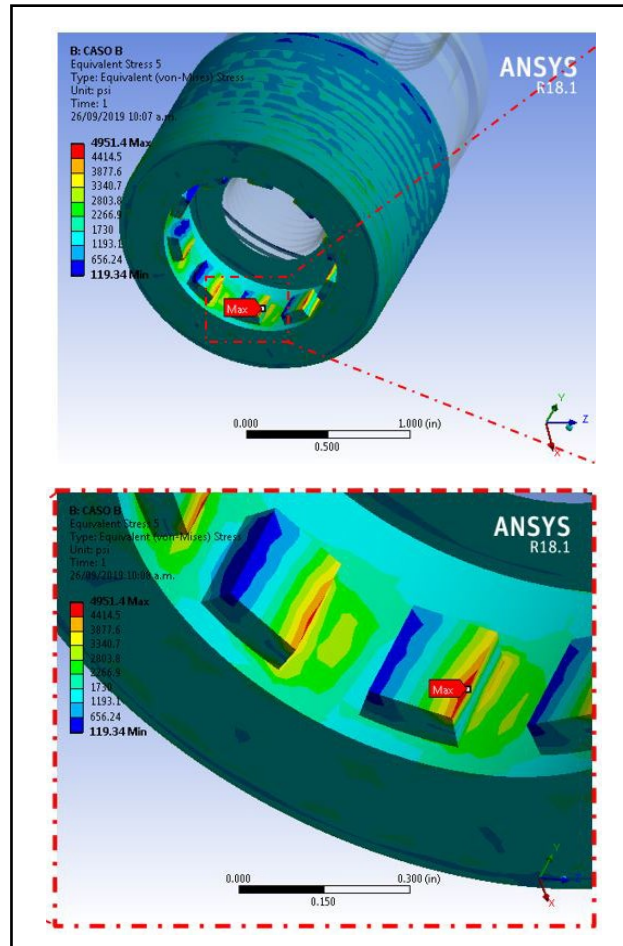


Figura 28. Estado de Esfuerzos en zona de Inserción de Llave de Seguridad (4,951 psi).
(Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)

Después de haber realizado el análisis del comportamiento mecánico del tapón sólido por presión y temperatura en la región del ducto, se observa de acuerdo con la simulación (ANSYS, 2017) que el nivel de esfuerzos está por debajo del esfuerzo permisible de los materiales que componen el tapón sólido.

En las siguientes tablas se muestra la relación de esfuerzos obtenidos en los dos escenarios analizados:

Tabla 7. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para instalación (figura 25)

Pieza	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo Permisible
Tapón Sólido	23,834 psi	27,000 psi

Elaboración propia

Tabla 8. Esfuerzos Máximos en la región del ducto, con torque para el retiro (figuras 26, 27, 28)

Pieza	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo Permisible
Tapón Sólido	22,736 psi	27,000 psi
Llave de retiro	5,673 psi	27,000 psi
Zona de Inserción	4,951 psi	27,000 psi

Elaboración propia

2.5.2.2 Selección de propuesta

Los resultados obtenidos de la evaluación muestran que el modelo rediseñado del tapón sólido propuesto se encuentra dentro los parámetros de esfuerzos permisibles resumidos en las tablas No. 7 y No. 8 para los escenarios propuestos.

2.5.3. Fabricación e Instalación

La fabricación de la propuesta del rediseño seleccionado se basó en el plano elaborado con las propiedades y dimensiones finales del modelo simulado en el software ANSYS V-18.1 (ANSYS, 2017) en la plataforma WORKBENCH mostrado en la Figura No. 29 y el rediseño fabricado se muestra en la figura No. 30.

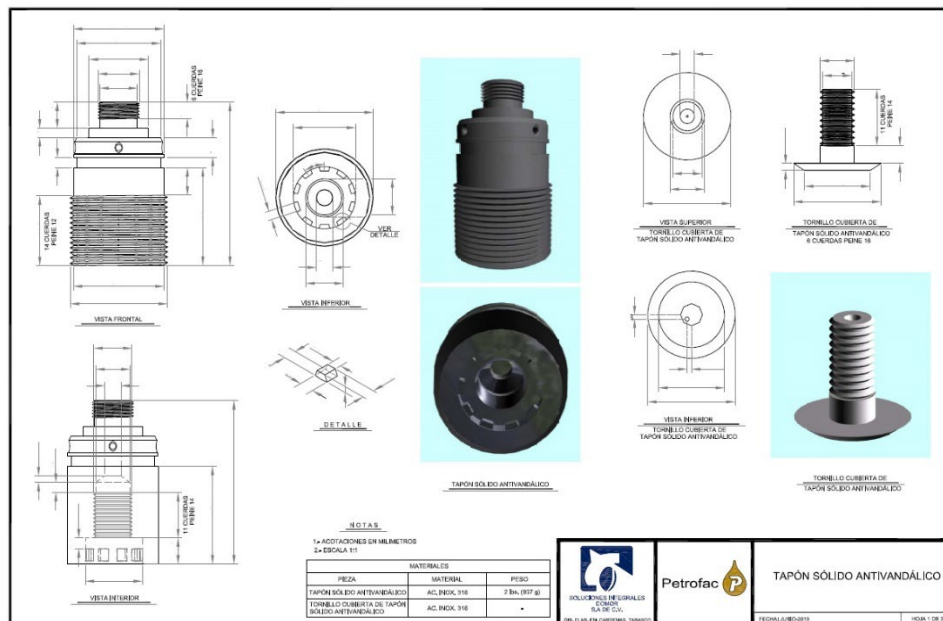


Figura 29. Plano de Fabricación de Tapón Sólido y accesorios. (Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V., 2019)



Figura 30. Tapón Sólido y Llave de seguridad fabricados y en operación.
Elaboración propia

El tapón sólido rediseñado y fabricado del sistema Cosasco® fue instalado en el ducto que anteriormente había sido vandalizado (figura 1) para ponerlo a prueba y probar su efectividad, validando el rediseño al comprGobar que evita su retiro del ducto (figura 31).



Figura 31. Tapón Sólido Rediseñado en Operación; se puede apreciar que ya no cuenta con la tuerca externa.
Elaboración propia



Figura 32. Colocación de tornillo roscado (ver figura 20) para protección y no dejar visible el área rediseñada.
Elaboración propia

Se validó el rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco® con testimonios en los cuales se indica que se tuvo conocimiento del intento de retiro por personal ajeno a las operaciones al menos en dos ocasiones sin éxito alguno; al no lograr el objetivo dañaron el ducto utilizando una herramienta de corte provocando una pérdida de contención, la cual generó los daños observados en la figura No. 33 y contenida la fuga con una grapa-camisa bipartida atornillada marca PLIDCO (Split-Sleeve) (PLIDCO, 2019) (figura No 34). Fue de esta manera que se pudo validar en campo el rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco®. Las actividades completadas y sus costos (mxn) asociados se muestran a continuación (dentro de presupuesto):

Adquisiciones	Completado	Costo	Presupuesto Programado \$200,000
1.- Modelado, simulación, análisis, elaboración de planos del tapón rediseñado	100 %	\$ 96,576.80	
2.- Fabricación	100 %	\$ 74,135	
3.- Instalación	100 %	\$ 5,000	
	Total:	\$ 175,711.8	

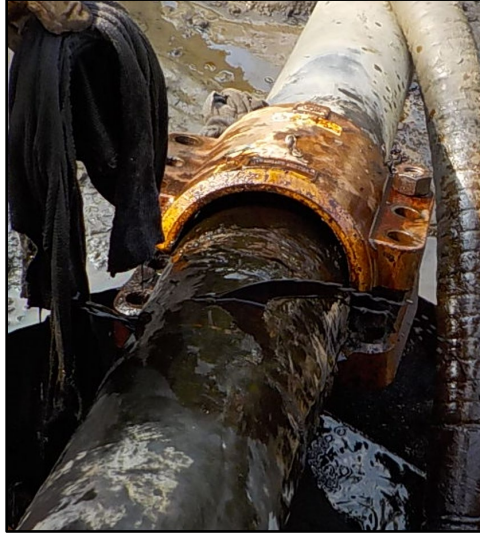


Figura 33. Acto Vandálico por Seguetazo en Oleoducto 6" Ø (al no poder retirar el tapón solido rediseñado).
Elaboración propia



Figura 34. Colocación de grapa-camisa bipartida atornillada marca PLIDCO (Split-Sleeve) en acto vandálico debido a seguetazo.
Elaboración propia

Desde la instalación del tapón sólido rediseñado en el sistema de monitoreo de corrosión Cosasco®, los ahorros por pérdida de producción por la causa del retiro del tapón se consideran del 100%, ya que a partir de la fecha de su instalación hasta la actualidad no se ha presentado ningún evento que tenga como causa el descrito anteriormente; si tomamos como base el último evento de este tipo presentado en los años anteriores a la colocación del tapón rediseñado, tenemos

(como se menciona en la tabla No. 1) un ahorro de un monto de por lo menos de 200,000.00 dólares americanos.

2.6. PROCESO DE MONITOREO Y CONTROL

El proceso de Monitoreo y Control (Project Management Institute, 2017) es importante para visualizar posibles desviaciones, analizarlas y realizar los ajustes necesarios. Monitorear es recolectar datos de desempeño del proyecto e informar y difundir la información (Project Management Institute, 2017). Controlar es comparar el desempeño real con el desempeño planificado, analizar las variaciones, evaluar las tendencias para realizar mejoras en los procesos, evaluar las alternativas posibles y recomendar las acciones correctivas apropiadas según sea necesario (Project Management Institute, 2017).

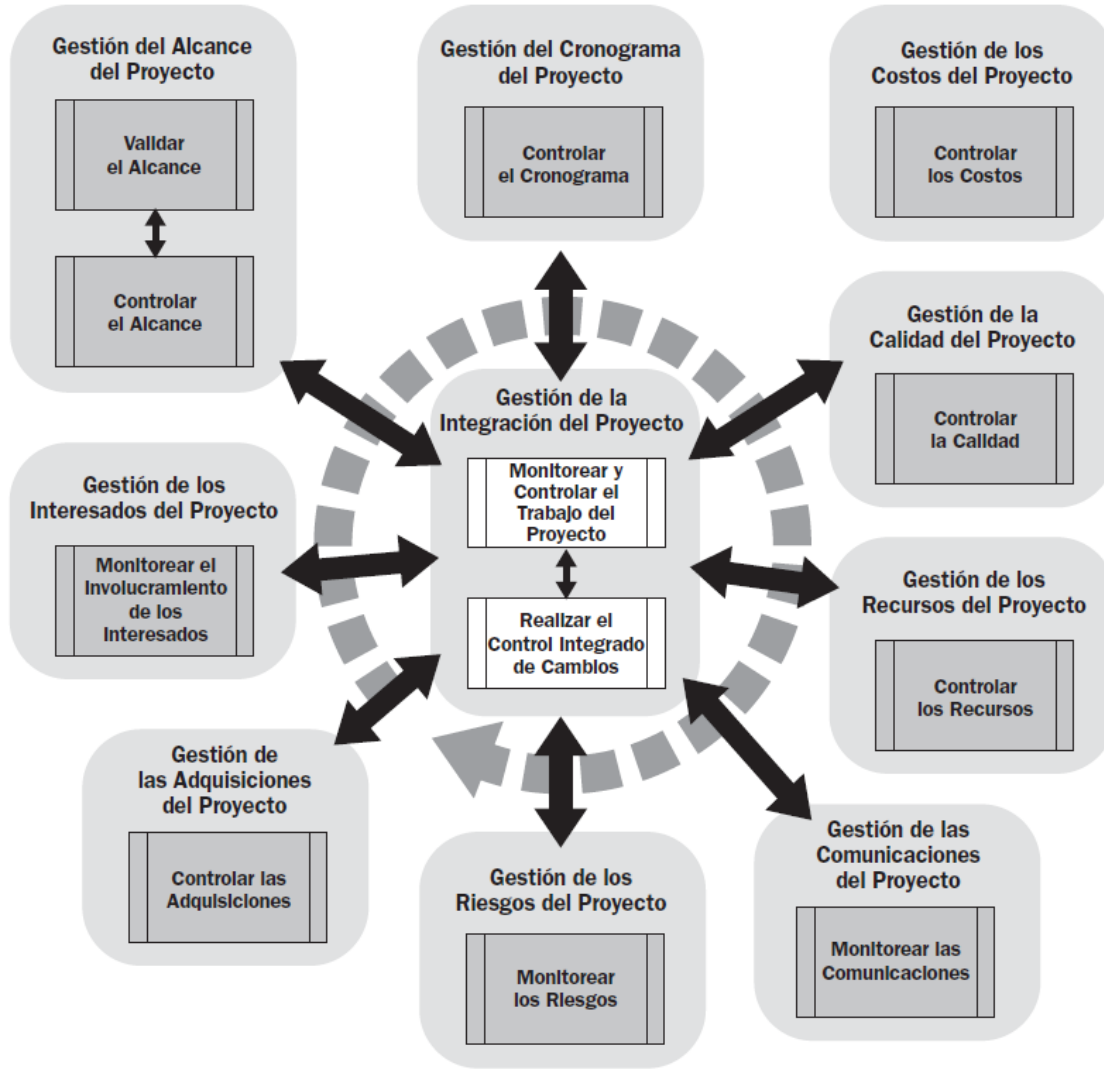
Así como el Plan de la Dirección del Proyecto se convierte en entrada al Proceso de Ejecución también al mismo tiempo se convierte en entrada a los Procesos de "Monitoreo y Control" y de "Cierre".

El entregable o salida del Proceso de "Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto" de la etapa de Ejecución es la entrada al proceso de Control de la Calidad de "Monitoreo y Control", donde se compara con las métricas estipuladas en el Plan de la Dirección del Proyecto; el producto de salida de este proceso se conoce como "entregable verificado". En este punto ya contamos con un producto o servicio que puede ser mostrado al cliente para su verificación, aprobación o rechazo, a este proceso de le llama "Validar el Alcance" el cual es un proceso muy importante y podríamos decir que es un proceso frente al cliente; imaginemos que estamos sentados en una mesa con el cliente para mostrarle el entregable, si el cliente nos da visto bueno se convierte en un "entregable aceptado" para entrar ya al proceso de "Cerrar el Proyecto" y solo se compararía con el Plan de la Dirección del Proyecto y ver si efectivamente se da como aceptado el entregable.

Este sería el camino ideal donde todo el proceso hasta la aceptación del cliente es aceptado, pero podemos tener otra situación por ejemplo que el entregable al entrar al proceso de control de la calidad se determina que no cumple y este

genera una solicitud de cambio para la reparación del defecto. Estas solicitudes de cambio entran en el proceso de "Control Integrado de Cambios", el cual compara el Plan de la Dirección del Proyecto con el estado del proyecto frente a las solicitudes de cambio y define si efectivamente esa solicitud se va a considerar una solicitud de cambio aprobada; una vez aprobada iría como entrada al proceso de "Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto" de la etapa de Ejecución, para que vuelva y se ajuste e inicie otra vez el proceso.

La solicitud de cambio aprobada se vuelven también entradas a los procesos de control de la calidad y control de adquisiciones de "Monitoreo y Control". Durante el monitoreo y control, el proyecto se gestionará con los procesos aplicables indicados en la figura 35.



La flecha circular discontinua indica que el proceso es parte del Área de Conocimiento Gestión de la Integración del Proyecto. Esta Área de Conocimiento coordina y unifica los procesos de las otras Áreas de Conocimiento.

Figura 35 Grupo de Procesos de Monitoreo y Control (Project Management Institute, 2017)

Parte del proceso de Monitoreo es recolectar datos de desempeño del proyecto e informar y difundir la información, en la siguiente tabla se muestra un informe de desempeño del Proyecto.

Tabla 9. Informe de Desempeño

Informe de Desempeño							
Estado de Avance del Cronograma							
Los siguientes hitos del Proyecto fueron completados:							
<ul style="list-style-type: none"> - Inicio (Acta de Constitución del Proyecto) - Modelado - Simulación y Análisis - Fabricación - Instalación - Cierre de Proyecto 							
Estado de Avance de los entregables:							
Fase	Entregable			Estado de Avance	Observaciones		
Cierre de Proyecto	Tapón sólido Instalado y aprobado, Reportes			100 %	-		
Actividades Iniciadas en el Periodo							
Actividad	Programado (2019)				Real (2019)		Obs.
	Fecha Inicio	Fecha Fin	Durac.	Recursos	Fecha Inicio	Recursos	
Acta de Constitución	09 Sep.	09 Sep.	1 día	-	09 Sep.	-	-
Modelado	17 Sep.	20 Sep.	4 días	Software ANSYS	17 Sep.	Software ANSYS	-
Simulación	23 Sep.	30 Sep.	6 días	Software ANSYS	23 Sep.	Software ANSYS	-
Elaboración de Planos	01 Oct.	03 Oct.	3 días	Software	01 Oct.	Software	-
Fabricación	04 Oct.	24 Oct.	15 días	-	24 Oct.	-	-
Instalación	29 Oct.	29 Oct.	1 día	Equipo "Retriver"	04 Nov.	Equipo "Retriver"	-
Cierre	30 Oct.	30 Oct.	1 día	-	08 Nov.	-	-

Métricas de Calidad del Periodo						
Factor de Calidad	Objetivo de la calidad	Medición		Observac.		
		Fecha	Resultado Obtenido			
0.9 * Fy (esfuerzo a la cedencia)	Esfuerzos de seguridad permisibles del material	30 sept. 2019	Dentro de parámetros del análisis de elementos finitos	Aprobado para Fabricación		
Validación en Campo de Tapón	Verificar el no retiro del tapón	29 Oct. 2019	Intento Fallido	Diseño Validado		
Controles de Calidad del Periodo						
Entregable	Estándar de calidad aplicable	Observaciones		Observac.		
		Fecha	Resultado Obtenido			
Análisis Elemento Finito Tapón sólido	0.9 * Fy (esfuerzo a la cedencia)	30 sept. 2019	Aceptable	Aprobado para Fabricación		
Costos Incurridos en el Periodo						
Entregable	Presup. Autoriz.	Costo Incurrido	Variación	Variación %	Obs.	
Reporte de Modelado, Simulación, Análisis	\$200,000	\$ 96,576.80	\$200,000 - \$175,711.8 = \$24,288.2	12.14 %	-	
Fabricación de Tapón		\$ 74,135				
Instalación		\$ 5,000				
Actividades en Proceso a la Fecha						
Trabajo	Actividad	Fecha Fin Prog.	Fecha Fin Estimad	% Avance	Obs.	
-	-	-	-	-	-	
Recursos Utilizados en el Periodo						
Entregab.	Recurso	Cantid. Program	Cantid. Utilizada	Variación	Variación %	Obs.
-	-	-	-	-	-	-
Elaborador Por:						
Nombre:	Ing. Victor Cipriano			Firma		
Cargo:	Ingeniero de Integridad					
Fecha:	30 Oct. 2019					

Elaboración propia

2.7. PROCESO DE CIERRE

El Grupo de Procesos de Cierre está compuesto por el(los) proceso(s) llevado(s) a cabo para completar o cerrar formalmente un proyecto, fase o contrato. Este Grupo de Procesos verifica que los procesos definidos se han completado dentro de todos los Grupos de Procesos a fin de cerrar el proyecto o fase, según corresponda, y establece formalmente que el proyecto o fase de este ha finalizado. El beneficio clave de este Grupo de Procesos es que las fases, proyectos y contratos se cierran adecuadamente (Project Management Institute, 2017).

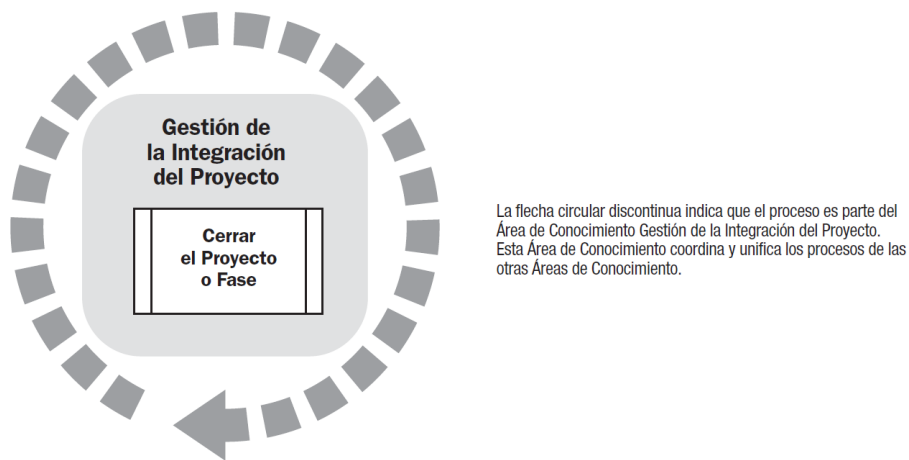


Figura 36 Grupo de Procesos de Cierre (Project Management Institute, 2017)

Tabla 10. Acta de Aceptación de Entregable del Proyecto

Acta de Aceptación de Entregable del Proyecto	
Proyecto	Rediseño de Tapón Sólido del Niple Cosasco®
Identificación del Entregable	CIM-REP-IM-002-19
Descripción del Entregable	Reporte de Análisis y Tapón solido Rediseñado fabricado/Reporte de Instalación
Responsable de le Entrega	Victor Cipriano
Responsable de la Aceptación	Departamento de Operación

Fecha Compromiso de Entrega	Fecha de Verificación del entregable	Fecha Real de Entrega	Fecha de Aceptación
30 Oct. 2019	08 Nov. 2019	08 Nov. 2019	08 Nov. 2019
Observaciones			
-			
Responsables de Aceptación de Entregable			
Entrega:	Recibe:		
Nombre: <u>Victor Cipriano</u>	Nombre: <u>Juan Pérez</u>		
Cargo: Director de Proyecto	Cargo: Gerente Operación		

Elaboración propia

Tabla 11. Acta de Cierre del Proyecto

ACTA DE CIERRE DEL PROYECTO	
Fecha	08 noviembre 2019
Proyecto	Rediseño de Tapón Sólido del Niple Cosasco®
Dirección Responsable	Gerencia de Integridad
Director del Proyecto	Ing. Víctor Cipriano
Cronograma	
Fecha de Inicio Programada	09 septiembre 2019
Fecha de Fin Programada	30 octubre 2019
Fecha de Inicio Real	09 septiembre 2019
Fecha Fin Real	08 noviembre 2019
Producto o Servicio Generado	
Rediseño de Tapón sólido del Niple Cosasco®. (Incluye Reportes de Análisis e Instalación)	
Beneficio Obtenido	
Eliminar los actos vandálicos por retiro de tapón sólido y reducir los costos por remediación de sitios contaminados.	

Cierre de Adquisiciones					
Adquisiciones Programadas	Cantidad	Presupuesto	Se realizó adquisición	Monto Devengado	cerrada la adquisición
Reporte de Modelado, Simulación, Análisis	1	\$200,000 Pesos	SI	\$96,576.80 Pesos	SI
Fabricación de Tapón	1		SI	\$ 74,135 Pesos	SI
Instalación	1		SI	\$ 5,000 Pesos	SI
	Presupuesto Total	\$200,000 Pesos	Ejecutado Total	\$175,711.8 Pesos	

Documentación Generada		
Documento	Ubicación	
	Física	Digital
Análisis por Elemento Finito a Tapón Sólido	Si en archivo	Si, en servidor.

Observaciones
-

Firmas				
Nombre	Cargo	Elab./ Rev./ Aprob./Supervisor	Fecha	Firma
Victor Cipriano	Director de Proyecto	Supervisor	8/11/19	-
Juan Pérez	Operaciones	Cliente Interno	8/11/19	-

Elaboración propia

CONCLUSIONES

Una de las técnicas más utilizadas para determinar las velocidades de corrosión en ductos es el monitoreo con cupones corrosimétricos; los cuales nos permiten determinar la pérdida de material que están sufriendo los ductos en un periodo de tiempo y visualizar tendencias de pérdida de material interna mediante la técnica gravimétrica (método para medir velocidad de corrosión, que se basa en pérdida de peso de un material que se corroe) esto ha ayudado en la toma de decisiones en acciones de prevención y actividades de rehabilitación.

El sistema de la compañía Cosasco® es el comúnmente utilizado en el Área Contractual Santuario-Golpe en el municipio de Comalcalco Tabasco, debido a la gama de equipos y accesorios con los que cuentan así como por sus rangos de presión de trabajo; desafortunadamente durante su operación en ductos se ha podido constatar que es necesaria la implementación de mejoras ya que el diseño original presenta un defecto de una fácil manipulación con la que se puede extraer el tapón sólido junto con el cupón corrosimétrico del niple Cosasco®; lo cual ha provocado contaminación en amplias zonas por derrame de hidrocarburos y altos costos para su remediación.

Derivado de lo anterior descrito se llevó a cabo el proyecto de rediseño del tapón sólido del sistema Cosasco® el cual fue fabricado y puesto en operación constatando intentos de retiro sin éxito, logrando de esta manera inhibir la intención de retiro por personal ajeno a la operación evitando así costos por daño de contaminación y lo más importante se ha mantenido el transporte de hidrocarburos cumpliendo el objetivo planteado en este proyecto.

Las practicas comprobadas de la Guía PMBOK (Project Management Institute, 2017) ayudan a llevar un control sobre la evolución del Proyecto mediante una gestión ordenada y estandarizada de las actividades.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden ofrecer después de las experiencias propias vividas en todo este trabajo:

1. El manejo y cuidado de los accesorios utilizados en la inserción y retiro deberán estar a cargo de los responsables de la administración de los ductos para que no puedan ser reproducidos por personas ajenas a la operación; lo anterior incluye también a los contratistas que prestan el servicio de monitoreo de corrosión.
2. En la parte operativa es recomendable mantener un respaldo o stock de grapas bipartidas atornilladas marca PLIDCO (Split-Sleeve) para contener fugas por posibles actos vandálicos sobre los ductos (cortes, seguetazos, etc.).
3. Por la parte ambiental contar con barreras de protección para contener el derrame de los hidrocarburos.
4. De la parte del manejo del proyecto se recomienda utilizar los Fundamentos para la Dirección de Proyectos “Guía del PMBOK”; porque provee un marco de referencia para desarrollar y guiar a quienes tienen a su cargo proyectos para ayudar a alcanzar los objetivos propuestos.

APORTACIÓN DE LA TESINA

Esta tesina podría ser tomada como una recomendación de mejora a los diseños actuales de fabricantes de sistemas de monitoreo de Corrosión Interna en ductos; la aportación de la tesina es el de alertar a los responsables de administrar la integridad Mecánica de los Ductos de transporte de hidrocarburos la posibilidad de tener actos vandálicos por retiro del tapón sólido del niple Cosasco® en ductos que se encuentran en servicio y que pueden afectar la seguridad del personal, el medio ambiente y a las instalaciones.

APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESINA

Con este nuevo rediseño de seguridad realizado a el tapón sólido del nipple Cosasco® instalados en ductos, se evitan daños al suelo, a los cuerpos de agua, sembradíos, hortalizas y a todo el ecosistema que la comunidad en su conjunto utiliza como medio de subsistencia derivado de derrames de hidrocarburos, así como el de evitar manifestaciones, protestas, cierre de carreteras, etc. como consecuencia de estos eventos.

REFERENCIAS

- ANSYS. (2017). *Ansys V-18.1 WorkBench* . Retrieved from Ansys:
<https://www.ansys.com/>
- ASEA. (2019, 01 25). *NOM-009-ASEA-2017 Administración de la integridad de ductos de recolección, transporte y distribución de hidrocarburos, petrolímeros y petroquímicos*. Retrieved from ASEA:
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548790&fecha=25/01/2019
- Cosasco. (2021). *Buttweld Access Fitting Assembly Model 52*. Retrieved from Cosasco: <https://www.cosasco.com/product/buttweld-access-fitting-assembly-model-52>
- Cosasco. (2021). *Productos*. Retrieved from Cosasco:
<https://www.cosasco.com/products/all>
- NACE. (2018). *NACE-SP-0775-2018-SG Preparation, installation, analysis, and interpretation of corrosion coupons in oilfield operations*. Retrieved from <https://store.ampp.org/sp0775-2013-formerly-rp0775-2>
- PLIDCO. (2019). *PLIDCO SPLIT + SLEEVE*. Retrieved from PLIDCO:
<https://plidco.com/pipeline-repair-products/repair-maintenance/split-sleeve/>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (sexta edición ed.). Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU.: PMI.
- Soluciones Integrales Domor S.A. de C.V. (2019, septiembre 30). *Comportamiento mecánico de tapón sólido antivándalico*. Cd. del Carmen, Campeche, México.

ANEXOS

ANEXO A

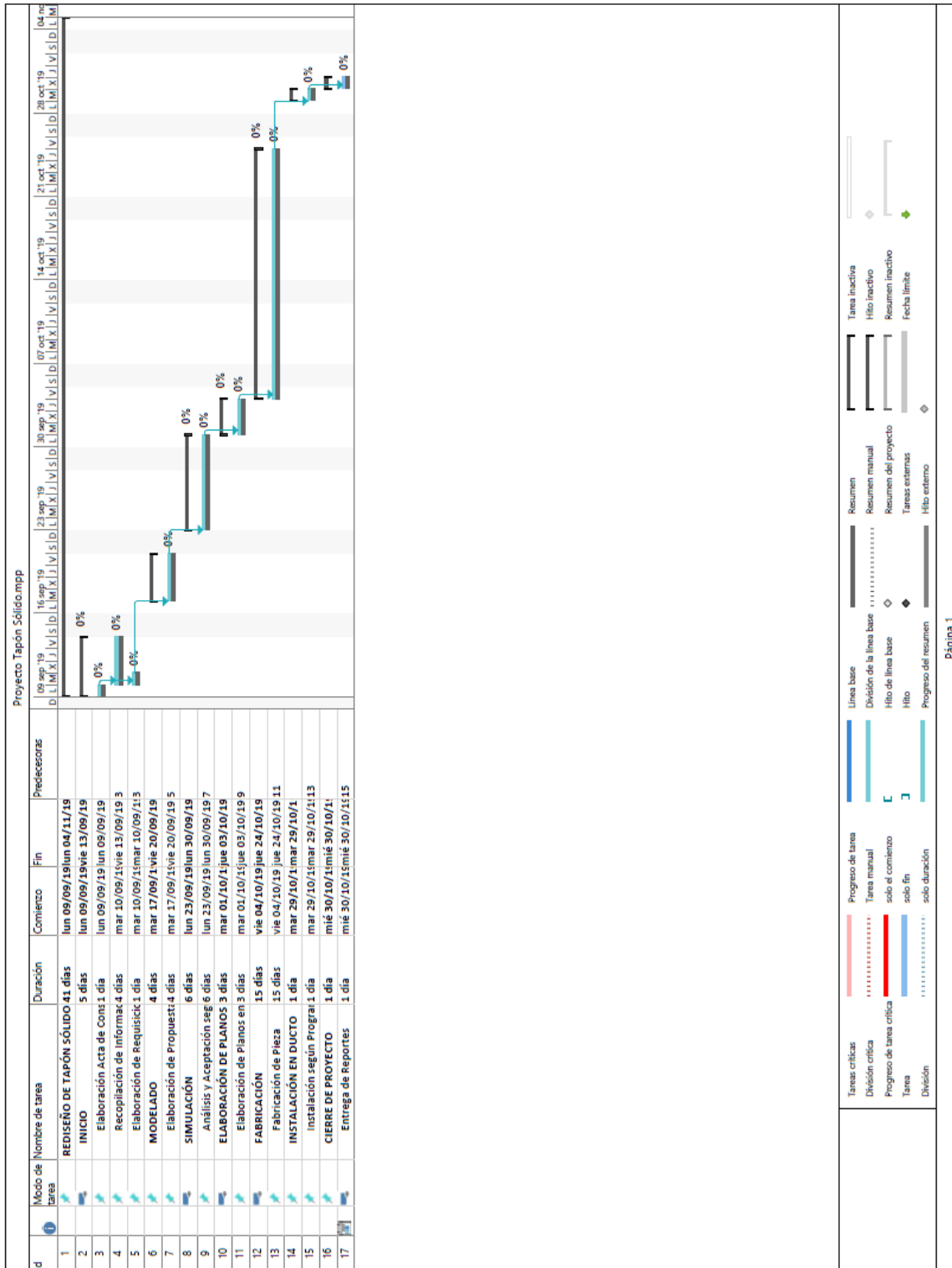


Figura. A1 Diagrama de Gantt: Cronograma de Actividades
Elaboración propia

ANEXO B

Guía	PROB	MATRIZ CUALITATIVA		
Casi seguro El efecto esperado ocurre una o más veces en el año	3			
Probable Un evento cada 5 años	2			
Posible Un evento cada 10 años	1			
CONSECUENCIA				
Alto		1	2	3
		Bajo	Menor	Moderado
Medio	H&S	1) Lesión menor sin pérdida de tiempo.	2) Lesión grave con tiempo perdido, sin discapacidad permanente	3) Lesión grave con tiempo perdido y discapacidad parcial permanente.
Bajo	ENV	1) Efectos leves, derrames pequeños ≤1 bbl	2) Efectos significativos, derrame > 1 bbl y ≤ 10 bbl	3) Efectos locales, derrame moderado > 10 bbl
	FIN	1) Daños leves, costo estimado inferior a \$ 10,000 USD	2) Daños significativos, costo estimado de \$ 10,000 a \$ 100,000 USD	3) Daños importantes pero localizados, costo estimado mayor \$ 100,000 USD

Figura. B1 Matriz de Riesgo Cualitativa (Fuente: Perenco)

Guía	Eventos por año	PROB	MATRIZ CUANTITATIVA PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS				
Casi seguro El efecto esperado ocurre una o más veces en el año	X > 1	5	1	10	100	1000	10000
Probable Un evento cada 5 años	0.2 < X ≤ 1	4	0.2	2	20	200	2000
Posible Un evento cada 10 años	0.1 < X ≤ 0.2 1/10 1/5	3	0.1	1	10	100	1000
Poco probable Una a varias veces en la vida del Proyecto	0.01 < X ≤ 0.1 1/100 1/10	2	0.01	0.1	1	10	100
Raro Ha ocurrido en la industria	X ≤ 0.01 1/100	1	0.001	0.01	0.1	1	10
CONSECUENCIAS							
Alto		CAT	1	2	3	4	5
			Bajo	Menor	Moderado	Mayor	Critico
Medio		H&S	1) Lesión menor sin pérdida de tiempo.	2) Lesión grave con tiempo perdido, sin discapacidad permanente	3) Lesión grave con tiempo perdido y discapacidad parcial permanente.	4) Una sola fatalidad / incapacidad total permanente.	5) Múltiple fatalidades
Bajo		ENV	1) Efectos leves, derrames pequeños ≤1 bbl	2) Efectos significativos, derrame > 1 bbl y ≤ 10 bbl	3) Efectos locales, derrame moderado > 10 bbl y ≤ 100 bbl	4) Efectos mayores, derrame grande > 100 bbl y ≤ 1,000 bbl	5) Efectos masivos, derrame muy grande > 1000 bbl
		FIN	1) Daños leves, costo estimado inferior a \$ 10,000 USD	2) Daños significativos, costo estimado de \$ 10,000 a \$ 100,000 USD	3) Daños importantes pero localizados, costo estimado de \$ 100,000 a \$ 1,000,000 USD	4) Daños mayores, costo estimado de \$ 1,000,000 a \$ 10,000,000 USD	5) Daños extensos, costo estimado > \$ 10 millones USD

Figura. B2 Matriz de Riesgo Cuantitativa (Fuente: Perenco)