

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



“IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA LA
PLANIFICACIÓN INTEGRAL Y EJECUCIÓN DEL
MANTENIMIENTO MAYOR DE TANQUES EN
ENAP REFINERÍA ACONCAGUA”

MARÍA TERESA DE LOS ANGELES SILVA AYALA.

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO.

PROFESOR GUÍA : ING. RENE VALDENEGRO O.
PROFESOR CORREFERENTE : DR. ING. CHRISTOPHER COOPER V.

NOVIEMBRE - 2018

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, me gustaría agradecer a mi profesor guía René Valdenegro Oyaneder por su disposición, colaboración y orientación durante este proceso, siempre preocupado en el avance de mi trabajo de título, sus resultados y principalmente en la entrega de las herramientas necesarias para la corrección de ésta. También al profesor correferente Christopher Cooper por ayudar a evaluar mi trabajo de título.

De la misma forma, sumo a mis agradecimientos a la empresa ENAP, especialmente a la División de Mantención Mayor de Plantas & Instalaciones, por darme la oportunidad de desarrollar mi tema de memoria. Agradeciendo a mis tutores Sr. Luis Colina, Jefe de la división y al Sr. Marcos Montiel, Jefe del área Mantención Mayor de Tanques, por el apoyo desinteresado que me brindaron junto a todo el equipo de la división. Gracias por la colaboración, disposición y orientación, tanto técnica como teórica, las cuales fueron fundamentales en el desarrollo del tema de memoria en que se enmarco este trabajo de título.

Finalmente es muy importante para mí, agradecer a mi familia, así como también a mis amigos que colaboraron durante toda mi carrera universitaria. Gracias a sus palabras de aliento y apoyo incondicional, se comienza a cerrar este largo y enriquecedor proceso de mi vida.

DEDICATORIA

*A toda mi familia y amigos por su apoyo en todo momento,
Especialmente a mi madre Nady Patricia Ayala Vera.*

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad el Mantenimiento de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos se hace mediante un cronograma planteado de manera teórica. La experiencia en la práctica ha demostrado que las reparaciones o mantenciones de estos mismos se realizan generalmente en un tiempo mucho mayor al propuesto originalmente, ocasionando un resultado no satisfactorio debido a costos más altos de los presupuestados y el tener que realizar planes de contingencias no programados para poder aproximarse en lo más posible con el plan inicial del mantenimiento.

El presente trabajo tiene como objetivo proponer un Modelo para la Planificación Integral del Mantenimiento de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos de ENAP Refinería Aconcagua, con el fin de implementar el modelo dentro de la División de Mantención Mayor de Plantas & Instalaciones en el futuro, ya que mediante la estandarización y mejoramiento de la determinación de las actividades del mantenimiento se pueda asegurar una mayor disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los activos en operación.

Para cumplir con ello, el trabajo contempla la elaboración de un modelo de gestión de 8 etapas, una evaluación financiera y las recomendaciones para su futura implementación. Dentro del modelo está incluido el modelo de gestión de excelencia, un diagnóstico de la situación actual del Mantenimiento de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos, la identificación y análisis de los sistemas operaciones más críticos, el diseño de un plan de mantenimiento (con u orden lo más secuencial posible), su programación, la ingeniería de mantenimiento y el análisis de su ciclo de vida.

Por lo tanto, el presente trabajo ha privilegiado invertir tiempo en beneficio de una nueva cultura de la planificación y mantenimiento, que permita no tan sólo establecer un Modelo de Mantenimiento de los Tanques de Almacenamiento Atmosférico bien desde la primera vez y con tendencia a la mejora continua, sino que a la larga, permita que ENAP Refinería Aconcagua perciba los beneficios derivados de la maximización de la disponibilidad, la confiabilidad, la seguridad de su operación y producción.

ABSTRACT

At present, the Maintenance of the Atmospheric Storage Tanks is done by means of a theoretically planned programmed. Experience in practice has shown that repairs or maintenance of these are usually made in a much longer time than originally proposed, resulting in an unsatisfactory result due to higher costs than budgeted and having to make not programmed contingency plans to be able to approach as much as possible with the initial maintenance plan.

The objective of this work is to propose a Model for the Integral Planning of the Maintenance of the Atmospheric Storage Tanks of the ENAP Aconcagua Refinery, in order to implement the model within the Major Maintenance Division of Plants & Installations in the future, since by standardizing and improving the determination of maintenance activities, greater availability, reliability and safety of the assets in operation can be ensured.

To comply with this, the work contemplates the development of an 8-stage management model, a financial evaluation and recommendations for its future implementation. Within the model is included the management model of excellence, a diagnosis of the current situation of Maintenance of Atmospheric Storage Tanks, the identification and analysis of the most critical operations systems, the design of a maintenance plan (with or more sequential as possible), its programming, maintenance engineering and the analysis of its life cycle.

Therefore, the present work has privileged to invest time in benefit of a new culture of planning and maintenance, which allows not only to establish a Maintenance Model of the Atmospheric Storage Tanks either from the first time and with a tendency towards improvement continuous, but in the long run, allow ENAP Aconcagua Refinery to perceive the benefits derived from the maximization of availability, reliability, safety of its operation and production.

GLOSARIO

API: Instituto Americano del Petróleo.

ACR: Análisis de Causa Raíz.

AMFE: Análisis Modal de Fallas y Efecto.

ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

ASTM: Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

BSI: Institución de Estándares Británicos.

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción.

DAO: Dirección de Almacenamiento y Oleoducto.

DIM: Departamento de Ingeniería de Mantenimiento.

DIN: Instituto de Normalización Alemán.

DMMP&I: División de Mantención Mayor de Plantas & Instalaciones.

EBITDA: Beneficio antes de Intereses, Impuestos, Depreciaciones y Amortizaciones.

ENAP: Empresa Nacional de Petróleo.

ERA: ENAP Refinerías Aconcagua.

GNL: Gas Natural Licuado.

HH: Horas Hombre.

HSEC: Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

KPI: Indicador Clave de Desempeño.

LPG: Gas Licuado del Petróleo.

MFL: Fuga de Flujo Magnético.

MMTK: Mantenimiento Mayor Tanques.

MPT: Mantenimiento Productivo Total.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

NFPA59A: Norma para la Producción, Almacenamiento y Manejo de Gas Natural Licuado.

NPR: Número Prioridad de Riesgo.

OCP: Organismo de Certificación de Productos.

RAE: Real Academia Española.

RBM: Mantenimiento Basado en Riesgos.

RCA: Resolución de Calificación Ambiental.

RCM: Mantenimiento Centrado en Fiabilidad.

RILES: Residuos Líquidos.

RISES: Residuos Industriales Sólidos.

RSE: Responsabilidad Social Empresarial.

SEC: Subsecretaría de Electricidad y Construcción.

SIC: Sistema Interconectado Central.

SIPETROL: Filial de ENAP, la que desarrolla actividades de exploración y producción de hidrocarburos fuera de Chile.

SMA: Superintendencia de Medio Ambiente.

TPM: Total Productive Maintenance.

TPPR: Tiempo Promedio de Reparación.

WSP: Especificación del Procedimiento de Soldadura.

WTI: West Texas Intermediate.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3.	OBJETIVOS	5
3.1	OBJETIVOS GENERALES	5
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
4.	ANTECEDENTES.....	6
4.1	JUSTIFICACION DEL TEMA	6
4.2	ANTECEDENTES GENERALES DE ENAP.....	8
4.2.1	HISTORIA	8
4.2.2	DESCRIPCIÓN GENERAL	9
4.2.3	MISIÓN	11
4.2.4	VISIÓN	12
4.2.5	ENTORNO ENAP	12
4.2.6	PLAN ESTRATEGICO	13
4.2.7	DIAGRAMA DE PROCESOS DE ENAP REFINERÍA ACONCAGUA	13
4.2.8	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	15
4.2.9	SUSTENTABILIDAD	16
4.2.10	DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN ENAP REFINERÍAS ACONCAGUA 17	
5.	MARCO TEÓRICO.....	23
5.1	DEFINICIÓN DE MODELO	23
5.1.1	TIPOS DE MODELOS EN INGENIERÍA.....	23
5.2	DEFINICIÓN PLANIFICACIÓN	23
5.2.1	PARA QUÉ SIRVE LA PLANIFICACIÓN	24
5.2.2	PLANIFICACIÓN INTEGRAL	24
5.3	DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO.....	25
5.4	FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.....	26
5.5	TIPOS DE MANTENIMIENTO	27
5.5.1	CLASIFICACIÓN	27
5.6	IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	35
5.6.1	ANÁLISIS PREVIO A LA IMPLANTACIÓN.....	35

5.6.2	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	37
5.7	PERIODICIDAD Y ALCANCE DE LAS INSPECCIONES.....	39
5.8	COSTO DE MANTENIMIENTO	41
5.9	MODELO DE GESTIÓN MANTENIMIENTO DE 8 ETAPAS	44
5.10	RCM.....	49
5.11	ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE)	50
5.11.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	50
5.11.2	TIPOS DE AMFE	51
5.11.3	PROPÓSITOS DEL AMFE	51
5.11.4	DIAGRAMA DEL PROCESO AMFE.....	52
5.11.5	TAREAS DEL MANTENIMIENTO (AMFE).....	53
5.12	GESTIÓN DE RIESGO	54
5.13	¿QUÉ ES RIESGO Y OPORTUNIDAD?	55
5.14	ESTÁNDARES EN LA GESTIÓN DE RIESGOS	57
5.14.1	DEFINICIÓN DE ESTÁNDAR	57
5.14.2	ESTÁNDAR ISO	58
5.14.3	GESTIÓN DE RIESGOS SEGÚN ISO 31.000	59
5.15	ESTANDAR API.....	71
5.15.1	ESTANDAR API 650	72
5.15.2	ESTANDAR API 653.....	72
5.16	ALMACENAMIENTO DE PETROLEO.....	72
5.17	TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	73
5.17.1	CLASIFICACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO	73
5.17.2	TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	74
5.18	INDICADORES FINANCIERO	77
5.18.1	EBITDA	78
6.	METODOLOGÍA	79
6.1	REVISIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN.....	80
6.2	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	80
6.3	JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD	81
6.4	ANÁLISIS DE PUNTOS DEBILES EN ACTIVOS DE ALTO IMPACTO.....	82
6.5	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO	82
6.6	EJECUCIÓN DE TAREAS	82
6.7	INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	83

6.8	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	83
6.9	RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	83
6.10	EVALUACIÓN FINANCIERA	83
6.11	RESULTADOS.....	84
7.	DESARROLLO	85
7.1	REVISIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN.....	85
7.1.1	GESTIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES.....	85
7.1.2	RECURSOS HUMANOS	85
7.1.3	PLANIFICACIÓN ESTRATEGICA.....	86
7.1.4	GESTIÓN DE LOS PROCESOS.....	86
7.1.5	RESPONSABILIDAD SOCIAL	86
7.1.6	RESULTADOS.....	87
7.1.7	INFORMACIÓN Y ANÁLISIS	88
7.2	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL	88
7.2.1	RESULTADOS HISTÓRICOS MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	88
7.2.2	ANÁLISIS FODA DE LA MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS ERA	90
7.2.3	DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE UN TANQUE.....	93
7.3	JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD	99
7.3.1	ANÁLISIS FUNCIONAL	100
7.3.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA ACONCAGUA	103
7.3.3	RESULTADO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA ACONCAGUA	108
7.3.4	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO 109	
7.3.5	JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS	111
7.4	ANÁLISIS DE PUNTOS DEBILES EN ACTIVOS DE ALTO IMPACTO.....	116
7.5	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL METODO DE ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE) 120	
7.6	EJECUCIÓN DE TAREAS	137
7.7	INGENIERÍA DE MANTENCIÓN	138
7.8	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	140
7.9	RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	142

7.9.1	ESTRATEGIAS FO	143
7.9.2	ESTRATEGIAS DO	143
7.9.3	ESTRETEGIAS FA	143
7.9.4	ESTRATEGIAS DA	144
7.10	EVALUACIÓN FINANCIERA	145
7.11	RESULTADOS.....	150
CONCLUSIONES		152
REFERENCIAS.....		154
ANEXOS		155
ANEXO A.....		156
“RESULTADOS HISTORICOS DE MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES ENAP REFINERÍA ACONCAGUA”		156
ANEXO B.....		158
“RESULTADO ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA ACONCAGUA”		158
ANEXO C.....		160
“PLANO GENERAL CON ANALISIS DE CRITICIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO REFINERÍA ACONCAGUA”		160
ANEXO D.....		162
“PLANO GENERAL CON ANALISIS DE CRITICIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO TERMINAL QUINTERO”		162
ANEXO E		164
“CUADRO AMFE”		164
ANEXO F		169
“TAREAS DE MANTENIMIENTO”		169
ANEXO G.....		173
“PROGRAMACIÓN TK-3102-B Y TK-318”		173
ANEXO H.....		180
“MATRIZ FODA”		180

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1: Diagrama de Procesos del Petróleo.....	14
2. Figura 2: Estructura DMMP&I.....	20
3. Figura 3: Estructura Funcional MMTK.....	22
4. Figura 4: Costo de Mantenimiento.....	43
5. Figura 5: Esquema del Modelo de Gestión de Mantenimiento de 8 etapas.....	45
6. Figura 6: Ejemplo de Esquema del Modelo de Gestión de Excelencia.....	46
7. Figura 7: Diagrama del Proceso AMFE.....	52
8. Figura 8: Estructura de ISO 31000.....	60
9. Figura 9: Clasificación de Tanques de Almacenamiento.....	74
10. Figura 10: Esquema de Metodología Planteada.....	80
11. Figura 11: Diagrama Entrada Proceso Salida (EPS) de ERA.....	101
12. Figura 12: Diagrama Entrada Proceso Salida (EPS) de Tanques de Almacenamiento.....	101
13. Figura 13: Diagrama Funcional de ERA.....	102
14. Figura 14: Matriz de Criticidad Tanques de Almacenamiento.....	110
15. Figura 15: Esquema de Jerarquización de Tanques de Almacenamiento.....	115
16. Figura 16: Diagrama de Ishikawa de Tanques de Almacenamiento.....	118
17. Figura 17: Codificación de la Falla Funcional.....	123
18. Figura 18: Codificación de la Tarea de Mantenimiento.....	132
19. Figura 19: Curva de Costos Globales.....	141
20. Figura 1-C: Plano General de Criticidad de Tanques Refinería Aconcagua.....	161
21. Figura 1-D: Plano General de Criticidad de Tanques Terminal Quintero.....	163
22. Figura 1-G: Programación Tanque TK-3102-B.....	174
23. Figura 2-G: Programación Tanque TK-318.....	177

ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1: Tabla de Criterios de Criticidad.....	103
2. Tabla 2: Tabla de Frecuencia de Falla ERA.....	105
3. Tabla 3: Tabla de Impacto Operacional ERA.....	105
4. Tabla 4: Tabla de Flexibilidad Operacional ERA.....	106
5. Tabla 5: Tabla de TPPR ERA.....	106
6. Tabla 6: Tabla de Costo de Mantenimiento ERA.....	107
7. Tabla 7: Tabla de Impacto de Seguridad ERA.....	107
8. Tabla 8: Tabla de Impacto Ambiental ERA.....	108
9. Tabla 9: Tabla de Criticidad Refinería Aconcagua.....	111
10. Tabla 10: Tabla de Criticidad Terminal Quintero.....	114
11. Tabla 11: Tabla de Matriz Probabilidad/Consecuencia.....	119
12. Tabla 12: Tabla de Matriz Probabilidad/Consecuencia de Tanques de Almacenamiento...	119
13. Tabla 13: Codificación de los Subsistemas de Tanque de Almacenamiento.....	121
14. Tabla 14: Estructura del Cuadro de AMFE.....	122
15. Tabla 15: Clasificación de la Gravedad del Modo de Falla.....	127
16. Tabla 16: Clasificación de la Frecuencia/Probabilidad de Ocurrencia del Modo de Falla.....	128
17. Tabla 17: Clasificación de la Facilidad de la Detección del Modo de Falla.....	130
18. Tabla 18: Cuadro de Tareas del Mantenimiento.....	133
19. Tabla 19: Cuadro resumen de información Costos Globales.....	142
20. Tabla 20: EBITDA de ENAP Periodo 2008-2017.....	145
21. Tabla 21: Utilidades/Perdidas de ENAP Periodo 2008-2017.....	146
22. Tabla 22: Deudas de ENAP Periodo 2008-2017.....	147
23. Tabla 1-A: Resultados Históricos de Mantención Mayor de Tanques ERA.....	157
24. Tabla 1-B: Resultado de Análisis de Criticidad de ENAP.....	159
25. Tabla 1-E: Cuadro AMFE Piso (Base).....	165
26. Tabla 2-E: Cuadro AMFE del Manto.....	166
27. Tabla 3-E: Cuadro AMFE del Techo y Sello.....	167
28. Tabla 4-E: Cuadro AMFE de Medio Ambiente.....	168
29. Tabla 1-F: Tareas de Mantenimiento.....	170
30. Tabla 1-H: Matriz FODA.....	181

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Gráfico 1: Resultado de Análisis de Criticidad.....	109
2. Gráfico 2: EBITDA de ENAP Periodo 2008-2017.....	146
3. Gráfico 3: Utilidades/Perdidas de ENAP Periodo 2008-2017.....	147
4. Gráfico 4: Deudas de ENAP Periodo 2008-2017.....	148
5. Gráfico 5: Situación Financiera de ENAP Periodo 2008-2017.....	149

1. INTRODUCCIÓN

En la industria y específicamente en ENAP Refinerías Aconcagua, el mantenimiento de los tanques de almacenamiento atmosféricos es de suma importancia, cuyo objetivo es restaurar la confiabilidad de sus equipos e instalaciones, y en consecuencia de ello obtener la máxima disponibilidad de ellos en operación para mantenerse vigentes en el mercado nacional y/o internacional, para la maximización de la producción y cumplir un rol de importancia en el contexto actual de competitividad. El mantenimiento de los tanques se encuentra impulsada fuertemente por la globalización y regida por estrictas normas y estándares, como por ejemplo “American Petroleum Institute” (API), “American Society of Mechanical Engineers” (ASME), “American Society Material Specification” (ASTM), “International Organization for Standardization” (ISO), entre otras.

Las detenciones no planificadas, por fallas de los tanques de almacenamiento atmosféricos a causa de una mantención deficiente o por una filosofía incorrecta de mantenimiento, tienen un impacto de pérdida en la producción, en la seguridad de las personas, instalaciones y/o medio ambiente, en consecuencia, si algún tanque en estado de operación falla, dependiendo de su criticidad en el mismo y dada las características de la industria del petróleo, en impacto de gran magnitud quedan expuestas desde multas, hasta un potencial cierre de la instalación, ya sea provisorio e incluso permanente, sobre todo por temas de seguridad o medio ambiente.

En ENAP Refinerías Aconcagua, los mantenimientos de los tanques almacenamiento atmosféricos programados son fundamentales para restaurar la confiabilidad de los activos que se intervienen a fin de minimizar las probabilidades de fallas y con ello las probabilidades de pérdidas en la continuidad de la operación. El mantenimiento de tanques programado se trabaja como un proyecto, ya que cada uno tiene un inicio y término definido, son únicos y al mismo tiempo son similares, así como sus recursos son limitados. Por lo que es importante identificar los riesgos negativos que afecten los objetivos del mismo, ya sea alcance, tiempos, costos y/o calidad, ya que, de hacerse efectivo alguno de ellos, podría afectar la disponibilidad de los tanques en periodos de plena operación, donde se espera que estos no se detengan por eventos o fallas inesperadas.

En la fase de planeación de mantenimiento mayor de los tanques de almacenamiento atmosférico existen un número de tanques de diferentes capacidades, dimensiones que, de acuerdo con las necesidades de mantenimiento, estos pueden estar incluidos en una programación de mantenimiento periódica cada diez, quince o hasta 20 años. Para ello se organizan equipos de trabajo y se contratan las actividades propias de reparaciones cuando sea el caso. Para el personal involucrado, resulta ventajoso tener un modelo de mantenimiento que estandarice los procedimientos de las actividades de reparación, de acuerdo con los diferentes tipos de tanques de almacenamiento.

En Chile el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se encuentra sujeto al estándar que establece el Instituto Americano del Petróleo (API), para el caso de tanques de almacenamiento a presión atmosférica la institución designa el estándar API 650 y para la reconstrucción, reparación, inspección, alteración y mantención de los tanques de almacenamiento designa el estándar API 653.

Para el caso de la seguridad de los tanques de almacenamiento, estos se encuentran sujeto al decreto N° 160 de la Subsecretaría de Economía, Fomento y Construcción del Gobierno de Chile, el cual establece un reglamento de seguridad para las instalaciones y operaciones de producción y refinación, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de combustibles líquidos.

En el caso de certificación e inspección de los tanques de almacenamiento, el organismo responsable es la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), el cual mediante la resolución 3.899, certifica si el tanque aprueba o no el protocolo de inspección para productos de combustibles. Además, el Organismo de Certificación de Productos (OCP), se encarga de organizar las auditorías de seguimiento, a las cuales se debe ajustar las empresas cuyo producto ha sido certificado.

Es importante aclarar que las indicaciones que se dan en este trabajo no deberán nunca prevalecer sobre las normativas internas de cada empresa o compañía en cuanto a la seguridad y protección integral, ni tampoco sobreponerse al criterio, sentido común o experiencia de los grupos especializados en cada área.

Las especificaciones que tendrá este trabajo son de carácter general, para las condiciones de mantenimiento se tendrá como base los trabajos e inspecciones realizados a

los tanques en particular. Con el presente documento se describen de manera general los trabajos de la mantención mayor requerido para cada uno de los tanques programados, de este modo atender los requerimientos de mantenimiento de los tanques de la ENAP Refinerías Aconcagua.

Se recomienda tener el modelo de mantenimiento siempre a la mano durante todo el proceso de mantención mayor de los tanques atmosféricos, ya que con él se podrá realizar un mantenimiento de forma estable, regular, constante.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las detenciones programadas para la mantención de los tanques de almacenamiento atmosférico de ENAP Refinerías Aconcagua se realizan periódicamente, cuyo objetivo es el aumento de la disponibilidad operativa de los tanques y por ende la confiabilidad de éstos. Estas detenciones, dependiendo de la magnitud de la intervención pueden durar desde unos meses hasta un año, incluido el proceso de detención y puesta en servicio del tanque involucrado en el mantenimiento. La detención programada para mantención es un proyecto que en su ciclo de vida se encuentra expuesto a una serie de variables, los cuales pueden afectar el resultado final con un impacto en costo, tiempo alcance y /o calidad del proyecto, como por ejemplo inconvenientes con empresas contratistas de diversos índoles, tales como no contar con la cantidad de personal o el adecuado para el trabajo establecido, equipamiento acorde a las labores o falta de material debido a la falta de logística de los proveedores con la empresa, entre otros aspectos. Por otra parte, una planificación y/o coordinación deficiente, en las distintas etapas referidas al mantenimiento de los tanques, son riesgos negativos que pueden afectar los objetivos claves del proyecto. La problemática por resolver se encuentra dirigida a que actualmente falta una metodología de trabajo sistematizado de la mantención mayor de los tanques de almacenamiento atmosféricos basados en los requisitos de la norma API 650 y 653 en ENAP Refinerías Aconcagua, normas que rigen el diseño, fabricación, construcción, reparación y mantención de los tanques de almacenamiento de combustibles. Una de las características particular que tiene la norma API es el sistema de gestión de calidad, el cual satisface las exigencias de la industria petrolera, petroquímica y del Gas natural. Al ser éste un rubro con requisitos de calidad muy altos, el estándar API vio la necesidad de elaborar un sistema de gestión de calidad con criterios específicos para cubrir dichos requisitos obligatorios para la certificación de una forma más concreta que otros sistemas de gestión como por ejemplo la norma ISO 9001. Adicionalmente para la certificación de la aprobación del funcionamiento de los tanques se debe considerar los criterios señalados en la resolución 3.899 implementada por la Subsecretaria de Electricidad y Construcción (SEC).

De acuerdo con lo anterior, se hace importante realizar un modelo que estandarice los procesos de mantenimiento, el cual se pueda ejecutar en la mantención mayor de tanques de almacenamientos atmosféricos según las normas necesarias.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general de este trabajo es implementar un modelo de planificación, que permita poder estandarizar el proceso de certificación en la mantención mayor de tanques de almacenamiento de combustibles líquidos de ENAP Refinería Aconcagua, enfocadas en actividades de seguridad, logística, operacionales, montaje, limpieza y tratamiento de borras, con el fin de tener un trabajo más seguro, eficaz y eficiente que contribuya a mejorar el EBITDA de la empresa.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y analizar el contexto.
- Conocer el estado del servicio de mantención mayor, limpieza, inspección y certificación de tanques de la ENAP Refinería Aconcagua.
- Identificar sistemas, variables y parámetros operacionales críticos.
- Reconocer las falencias del servicio en cuanto a seguridad, técnica, eficacia y tiempo de la mantención.
- Evaluar y jerarquizar la criticidad.
- Establecer alcances para desarrollar posibles soluciones.
- Levantar información histórica.
- Elaborar Carta Gantt y modelo de mantenimiento de los tanques.
- Definir metodología de implementación de mantención y certificación de tanques de almacenamiento.
- Evaluar económicamente.
- Concluir en base a los resultados obtenidos.

4. ANTECEDENTES

4.1 JUSTIFICACION DEL TEMA

Dada la importancia a nivel país en términos energéticos, ENAP Refinerías Aconcagua es una industria que funciona las veinticuatro horas del día, todos los días del año, con una capacidad de destilación aproximada de doscientos mil barriles por día, por lo cual puede abastecer al país en un ochenta por ciento en los requerimientos de combustibles. Es por esto la importancia de realizar un mantenimiento programado de calidad y en los tiempos planificados, para que de esta forma no provocar impactos negativos en términos de suministro de energía y seguridad, tanto en las personas, medio ambiente y a la propia infraestructura.

El departamento de mantención de ERA, el cual es el encargado de la mantención de todos los activos pertenecientes a la planta, luego de tener como antecedente que la duración de las mantenciones a los tanques de almacenamientos de combustibles tenía una duración entre 8 meses a un año, inclusive hasta 2 años, y que la cantidad de tanques que se programaban para la realización de su mantención era insuficiente, lo que generaba perdidas a largo plazo, impactando directamente en la producción y operación de la planta. Por lo cual, posterior a una serie de investigaciones y reuniones dentro del departamento y directorio de ENAP, a fines del 2015 y comienzo del 2016 se crea DMMP&I dentro del departamento de mantención, división que solamente está encargada de los paros de plantas programados y la mantención mayor de los tanques de almacenamiento, de este modo el departamento tiene la esperanza de poder solucionar los problemas que se generaban en esta área específicamente y encontrar la forma más eficiente de realizar la mantención.

En enero del año 2016, ERA concurrió a la SEC de la V región para informar el estatus de los tanques pendientes de certificación y presentó una estrategia de mantenimiento para los tanques que se encuentran pendientes de inspección interior y certificación, además se le indico a la SEC el compromiso

que en un periodo de 4 años se esperaba tener al día la inspección interior y certificación de todos los tanques pertenecientes a ERA.

La línea de negocio R&C cuenta con 259 tanques de almacenamiento de combustibles líquidos, los cuales están distribuidos en 4 zonas operativas, las cuales son Refinería Aconcagua, DAO, Refinería Biobío y Magallanes, estas cuentan con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 2,5 [MMm³] y con una antigüedad que van desde 1961 hasta a la fecha. En ENAP Refinerías Aconcagua (ERA) existen un total de 125 tanques de almacenamiento de combustibles líquidos, los cuales el 74 % de ellos se encuentran con su inspección interior al día y los demás se consideran pendientes, ya que han pasado más de 10 años desde su última inspección interior y no cuenta con estudio basado en la corrosión de acuerdo con la norma API 653, que permita extender dicho plazo hasta por 20 años.

Debido que para ERA entre el año 2016 y 2019 cumplirán 10 años desde su última inspección interior y medición de espesores de fondo de tanques adicionales a los que ya se encuentran pendientes, en el periodo de 4 años se deben certificar 73 tanques, en los cuales se debe ejecutar limpieza, inspección, mantenimiento mayor y puesta en servicio.

Por la gran cantidad de tanques de almacenamiento que se le deben realizar mantención en paralelo para su certificación, la estandarización de la planificación y ejecución del mantenimiento ayuda a solucionar los problemas que se ocasionaban en años anteriores, mejorando la eficiencia en los tiempos y operaciones, lo cual influye directamente a la disminuyendo de los costos asociados a un mal mantenimiento y reparaciones no planificadas.

Los factores antes mencionados son los que llevan al desarrollo de un modelo queriendo dar soluciones con eficiencia, rapidez y exactitud. Estandarizando y definiendo los requerimientos técnicos en base al modelo de gestión integrada que involucra aspectos de Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad (HSEC) en las fases de planeación, alistamiento, ejecución y cierre de obras asociadas al mantenimiento realizado en ERA, estableciendo como meta

fundamental *“Cero Accidentes Incapacitantes y Mantenimientos Óptimos de los tanques de almacenamiento en ENAP Refinerías Aconcagua”*.

4.2 ANTECEDENTES GENERALES DE ENAP

4.2.1 HISTORIA

Luego del descubrimiento del primer pozo de petróleo del país, en el sector de Springhill, en Magallanes, hecho ocurrido el 29 de diciembre de 1945, el estado de Chile se propuso crear la Empresa Nacional del Petróleo, fundación ocurrida oficialmente el 10 de junio de 1950, mediante la publicación de la Ley N° 9.618. El hallazgo de petróleo en Springhill fue realizado por el equipo de exploradores encabezados por el ingeniero Eduardo Simian Gallet, este descubrimiento dio paso a nuevas perforaciones de pozos que resultaron productivas. Entonces el equipo de Simian realiza la recomendación a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la creación de ENAP, para la explotación comercial de los yacimientos descubiertos en Magallanes.

Una de las primeras metas propuestas por la naciente empresa es levantar una refinería de petróleo en el país, hecho que culmina en 1954, con la puesta en servicio de la Refinería de Petróleo de Concón (ENAP Refinerías Aconcagua). Posteriormente en 1959, se construyen las primeras instalaciones logísticas para el almacenamiento y distribución de combustibles refinados en Maipú, luego al año siguiente construyo el terminal marítimo de Gregorio, en Magallanes.

En 1962 entra en operación la planta de Gasolina de Cullen en Magallanes, para luego en 1966 inaugurar la segunda refinería del país (ENAP Refinerías Bio Bio), construyendo el poliducto desde esta refinería hasta San Fernando, en la Sexta Región. Desde esta última el ducto conecta con otro administrado por la empresa Sonacol. La que trasporta combustible a Maipú en la planta de almacenamiento ubicada en la región Metropolitana.

A contar de 1981 ENAP integra el negocio logístico con plantas de almacenamiento de combustibles líquidos y gaseosos en la ciudad de Maipú, San Fernando y Linares. En la actualidad esta actividad es realizada por el Departamento de Almacenamiento y Oleoductos, perteneciente a la filial ENAP Refinerías S.A.

El año 1990, ENAP funda la Sociedad Internacional Petrolera S.A, cuya función es explorar yacimientos de hidrocarburos en el extranjero. Desde el 2005 esta filial pasa a llamarse ENAP Sipetrol.

En enero del 2004 se realiza la fusión de las dos Refinerías de Chile en una sola empresa cuyo nombre es ENAP Refinerías S.A.

En Magallanes, ENAP realiza la explotación de yacimientos con valor comercial de hidrocarburos, proporciona además servicios portuarios y petroleros a clientes importantes que operan en el mercado energético. Por otra parte, en los últimos años se ha emprendido una potente campaña exploratoria de nuevas reservas de gas en Magallanes. Al mismo tiempo se han construido nuevas alianzas estratégicas para diversificar las fuentes de energía en Chile.

4.2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), es una empresa 100% del Estado de Chile, cuyo giro principal es la exploración, producción, refinación y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.

Creada por la Ley Orgánica de Empresa Nacional del Petróleo con el número 9.618 el 19 de junio de 1950. Opera como empresa comercial, en un régimen jurídico de derecho público administrada autónomamente.

Mediante la filial ENAP Sipetrol S.A, la empresa participa en la exploración y producción de hidrocarburos, y a través de ENAP Refinerías S.A

en la refinación, transporte, almacenamiento y comercialización de productos derivados del petróleo.

ENAP realiza actividades y operaciones en Chile, Argentina, Ecuador y Egipto, y su casa matriz está ubicada en Santiago de Chile.

4.2.2.1 ENAP REFINERÍAS

ENAP Refinerías S.A filial de ENAP fundada en 2004, resultado de la fusión de refinerías de Concón y Petrox, ubicadas en las regiones de Valparaíso y del Biobío respectivamente. Entre ambas tienen una capacidad de destilación de 220.000 barriles por día, y logran abastecer más del 80% de los requerimientos totales de combustibles en Chile, en ERA su capacidad de destilación es de 100.000 barriles por día y en ENAP Biobío es de 120.000 barriles por día. ENAP Refinerías S.A también exporta una parte de su producción a Perú, respondiendo a la calidad de sus combustibles a los estándares más exigentes del mundo.

4.2.2.2 ENAP EN GNL QUINTERO

ENAP tiene un 20% de participación en GNL Quintero S.A terminal de recepción, almacenamiento y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL), ubicado en la bahía de Quintero, Quinta Región, abasteciendo de gas natural en forma constante y segura a la zona central de Chile.

El GNL trae consigo grandes beneficios como un suministro estable y seguro para diversos sectores productivos tales como termoeléctricas, industrias y sector residencial de la zona central y eventualmente al resto del país. De igual forma contribuye a mejorar la calidad del aire en la zona central y metropolitana.

El terminal GNL es la obra construida de mayor magnitud en el ámbito de gas natural. Fue el primero en su tipo en Sudamérica, tiene un muelle de 1.878 metros de longitud, 5 brazos de carga y retorno de vapor, un estanque de 14.000 [m³] y 2 de 160.000 [m³], los que están diseñados para resistir grandes sismos bajo normas internacionales entre las que destacan la norma norteamericana NFPA59A.

El GNL en la actualidad en muchos países es una fuente importante de abastecimiento. Su industria crece en forma sostenida desde los primeros envíos llegados desde Europa.

4.2.2.3 ENAP MAGALLANES

A fines de la década de los 50, ENAP construye la ciudadela de cerro sombrero, la que aloja a trabajadores y empleados que trabajan en diversas faenas distribuidas en la isla Tierra del Fuego. Las plantas productivas pertenecientes a ENAP en Magallanes son Posesión y Cabo Negro, esta última produce 853.000 [m³] de propano, butano y gasolina natural.

Actualmente los refuerzos de ENAP se dirigen en la búsqueda de nuevos yacimientos de hidrocarburos, estos sean con recursos propios o en alianza con otras empresas, con la modalidad de Contratos Especiales de Operación Petrolera.

4.2.3 MISIÓN

Empresa nacional líder en hidrocarburos y en la integración, la cual provee productos que satisfacen las necesidades de sus clientes y contribuye al desarrollo sustentable de los países y de las comunidades en que se inserta, operando en forma competitiva y rentable tanto nacional como internacionalmente.

4.2.4 VISIÓN

Asegurar un abastecimiento de energía competitivo tanto en el precio como en la calidad, lograr la preferencia de potenciales clientes, siendo líder como operador comercial y logístico, trabajando con los mejores niveles de eficiencia, confiabilidad, seguridad y prevención de accidentes e incidentes. Con ello, tener un equipo competente, colaborativo, proactivo, consecuente y comprometido, siendo de esta manera una empresa reconocida como líder en el desarrollo sustentable que respeta las comunidades donde se inserta y valora el medio ambiente.

4.2.5 ENTORNO ENAP

Para determinar las estrategias a utilizar por ENAP es necesario realizar un análisis del mercado en el cual se encuentra la empresa inmersa, evaluando fortalezas y debilidades de competidores. Con relación a ello los principales competidores son internacionales y se encuentran en el Golfo de México, los que cuentan con ventajas competitivas que deben ser consideradas para la elaboración de la estrategia de ENAP.

- La complejidad de sus instalaciones les permite la producción de combustibles que cumplen estándares de la normativa chilena.
- Acceso a costos menores de crudo tales como WTI.
- Menores costos de energía eléctrica y de Gas Natural.
- Por densidad de refinerías menores costos logísticos.
- Costos de producción menores por economía de escala.
- Exentos de pago de aranceles.

4.2.6 PLAN ESTRATEGICO

El plan estratégico de ENAP se sustenta en tres pilares fundamentales, los cuales son los siguientes:

- 1) Exploración y Producción.
- 2) Refinería y Comercialización.
- 3) Gas y Energía.

Además, se sustenta de cuatro ejes transversales, los cuales son los siguientes:

- 1) Eficiencia.
- 2) Medio Ambiente y Comunidades.
- 3) Seguridad.
- 4) Personas y Organización.

4.2.7 DIAGRAMA DE PROCESOS DE ENAP REFINERÍA ACONCAGUA

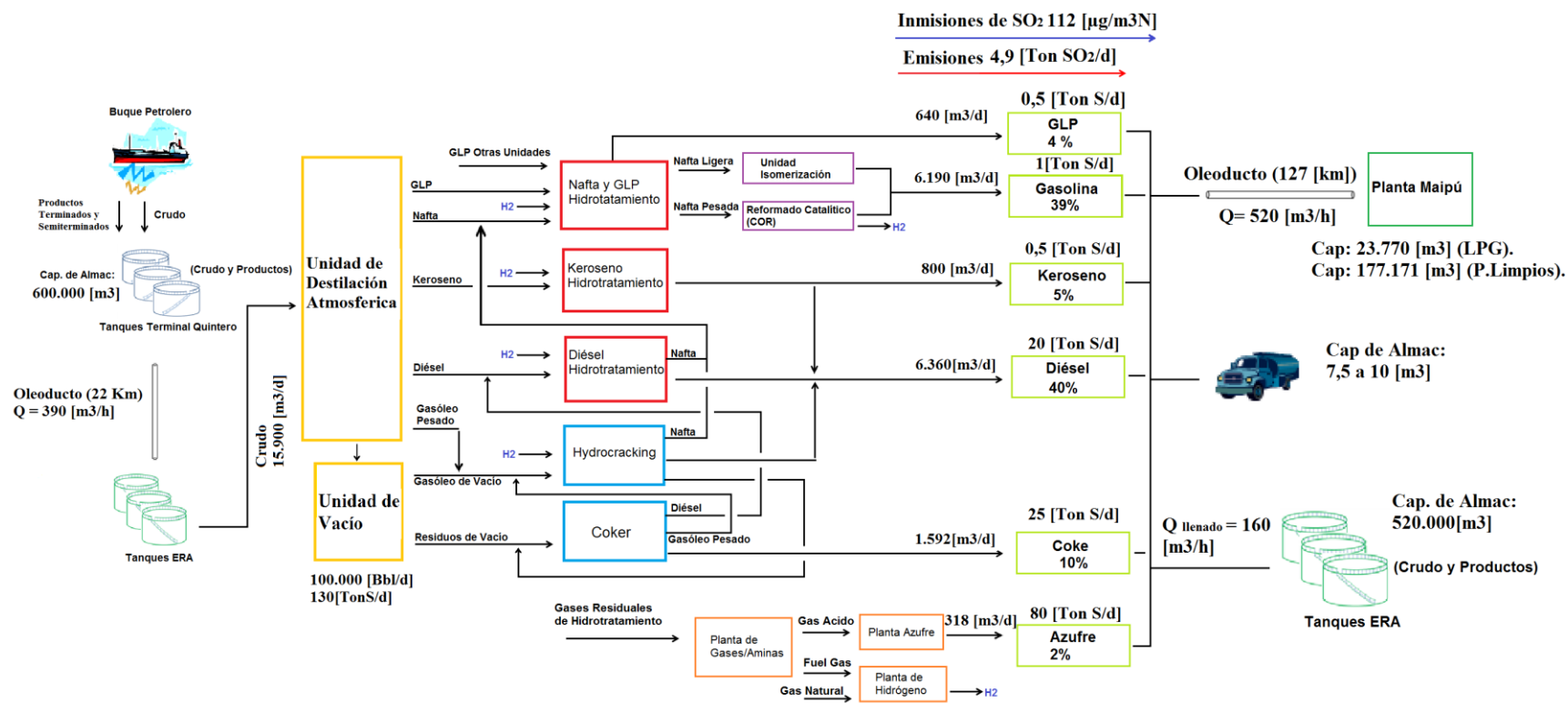


Figura 1: Diagrama De Procesos del Petróleo.

Fuente: Memoria ENAP

4.2.8 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

4.2.8.1 LINEAS DE NEGOCIO

ENAP tiene tres líneas de negocio, las cuales son las siguientes:

- a) **Exploración y Producción (E&P):** Trata de realizar actividades de exploración, desarrollo, explotación de hidrocarburos (petróleo y gas natural) y de la geotermia.
- b) **Refinación y Comercialización (R&C):** Se encarga de actividades relacionadas con la producción de combustibles y sus derivados (tales como solventes, etileno y otros productos petroquímicos). Además, realiza el manejo de infraestructura logística para el transporte y almacenamiento de estos, para realizar su comercialización en el mercado nacional. De igual forma se responsabiliza del desarrollo de nuevos productos y mercados, destacando la puesta en marcha del mercado que proviene desde GNL Quintero.
- c) **Gas y Energía (G&E):** El 14 de julio del 2014 es creada la tercera línea de negocios de ENAP, la cual es la Línea de Gas y Energía. Su misión es tratar de promover y liderar iniciativas sobre el uso del Gas Natural Licuado (GNL) en la matriz energética nacional, alineada con los objetos propuestos a ENAP en la agenda energética del Gobierno de Chile. Respecto a su misión se puede destacar el proyecto Cogeneradora Aconcagua, consistente en la construcción de una central de cogeneración en base a gas natural y produciendo 125 toneladas por hora de vapor de alta presión para alimentar los diferentes procesos de la Refinería Aconcagua, produciendo además 77 [MW] de potencia eléctrica, la cual con ello se compensa en su totalidad la demanda de energía eléctrica de la refinería y además queda un excedente para inyectarlo al Sistema Interconectado Central (SIC).

4.2.9 SUSTENTABILIDAD

4.2.9.1 ESTRATEGIAS DE SUSTENTABILIDAD

El desarrollo sustentable es uno de los cuatro pilares de su Plan Estratégico orientando su propuesta de valor a ser una empresa integrada con la comunidad y responsable con el medio ambiente.

ENAP para cumplir su misión aspira a ser una empresa reconocida como líder en desarrollo sustentable para impulsar de esta forma la gestión empresarial, maximizando la creación de valor económico, social y ambiental.

Para el cumplimiento del objetivo estratégico del Desarrollo Sustentable es la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) la que busca fortalecer la interrelación con los públicos de interés en las zonas en las cuales opera ENAP, tanto en Chile como en el extranjero, todo bajo lineamientos definidos previamente y por todos conocidos. Es por ello que se establece una política corporativa de sustentabilidad la que durante el 2011 se aprueba por el comité de sustentabilidad.

El marco para gestión de Desarrollo Sustentable y la RSE lo establece en la política, basado en estándares globales y protocolos de certificación internacional.

4.2.9.2 APOYO A INICIATIVAS EXTERNAS

ENAP en enero de 2007 adhiere el Pacto de las Naciones Unidas y sus diez principios referidos a derechos humanos, prácticas laborales, medioambiente y anticorrupción. Anualmente la empresa informa mediante el reporte de sustentabilidad la aplicación de cada principio.

4.2.9.3 ESTRATEGIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

La estrategia de Gestión Ambiental de ENAP se focaliza en identificación oportuna y control de riesgos medioambientales, además del cumplimiento de la legislación vigente, desarrollo de acciones, planes de compensación y sobre la mitigación de impactos en las operaciones de comunidades vecinas y del medio ambiente en general.

La empresa cuenta con una serie de elementos para detectar problemas medio ambientales, mediante los cuales se monitorea y se verifica el cumplimiento de las regulaciones y normas generales aplicables a sus operaciones. De igual forma las actividades de exploración, producción y refinación de ENAP están basadas en estándares internacionales de gestión ambiental.

4.2.9.4 GESTIÓN DE LICENCIAS AMBIENTALES

ENAP el año 2013 se compromete con la autoridad ambiental a ingresar el listado de sus Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) al portal diseñado para tal efecto por la Súper Intendencia del Medio Ambiente (SMA), generando la primera biblioteca visual de compromisos ambientales de américa latina.

4.2.10 DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN ENAP REFINERÍAS ACONCAGUA

El departamento de Mantenimiento de ENAP Refinerías Aconcagua dentro de los desafíos de la línea de negocios Refinación y Comercialización espera cumplir con los requisitos medioambientales y de mantenimiento, además de preservar el posicionamiento actual comercial, entre otros. Dentro de los objetivos operativos es la modernización de plantas para aumentar la producción de gasolina, lo que permitirá mantener el suministro de la demanda total. Otro objetivo es el aumento de la producción de diésel y

reducir la producción de Fuel Oil, es decir, se busca producir mayor cantidad de productos de mayor valor y demanda.

4.2.10.1 POLITICAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN

Las políticas del departamento son las siguientes:

- 1) Crecimiento, bienestar y orientación del principal activo, que en este caso son las personas.
- 2) Cumplir y adelantarse a la legislación vigente.
- 3) Hacer de la mejora continua un hábito en la organización.
- 4) Estandarizar, difundir y aplicar las tareas de alto riesgo que requieran siempre un mismo resultado.
- 5) Hacer del trabajo en equipo, una filosofía en cada trabajo a realizar.

4.2.10.2 ESTRATEGIAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN

Las estrategias del departamento de mantención se enfocan en las siguientes acciones:

- 1) Definición de objetivos anuales.
- 2) Identificar roles y responsabilidades de cada actividad.
- 3) Plan de comunicación y difusión.
- 4) Definición y cumplimiento de KPI.
- 5) Programa de iniciativas de corto y largo plazo.
- 6) Estructura acorde al cumplimiento de los objetivos.
- 7) Fomentar la innovación en la organización.

4.2.10.3 INICIATIVAS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENCIÓN

Dentro de las iniciativas del departamento de mantención de ENAP para cumplir con la misión y visión de la empresa, se puede destacar la Gestión de Activos, el cual está en proceso de implementación en Refinerías Aconcagua y Biobío, y dependiendo de sus resultados será implementado en la Dirección de Almacenamiento y Oleoducto (DAO) y en sector de Magallanes.

La Gestión de Activos, específicamente activos físicos de procesos, tales como las torres de fraccionamiento, acumuladores, bombas, compresores, instrumentos, tanques, etc.

4.2.10.4 DIVISIÓN DE MANTENCIÓN MAYOR DE PLANTAS E INSTALACIONES

Esta división dentro del departamento de mantención tiene como objetivo realizar mantenciones periódicas específicamente a los tanques de almacenamientos y los paros de plantas programados en ENAP Refinería Aconcagua, con el objetivo de contribuir a que se cumpla la misión y visión de la empresa.

ESTRUCTURA DMMP&I

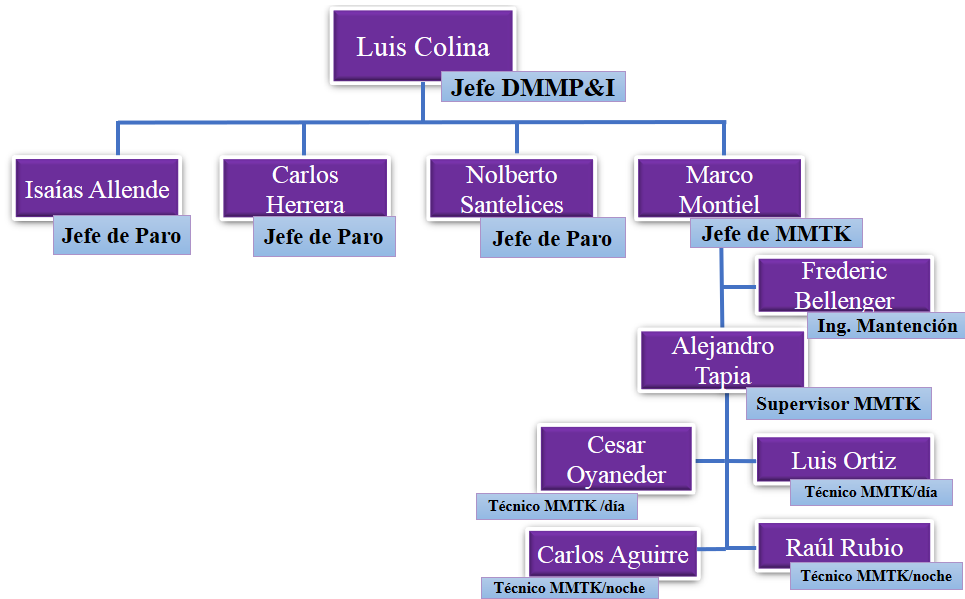


Figura 2: Estructura DMMP&I

Fuente: DMMP&I, ENAP REFINERÍA ACONCAGUA.

4.2.10.4.1 MANTENIMIENTO MAYOR DE TANQUES ENAP REFINERÍAS ACONCAGUA

4.2.10.4.1.1 OBJETIVO GENERAL

Cumplir con las exigencias que impone la SEC, la cual es tener todos los tanques que almacenan hidrocarburos con la certificación de inspección al día y además mejorar la seguridad operacional de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos en Refinería y Terminal Quintero.

4.2.10.4.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Tener al día la certificación de los tanques de almacenamiento atmosféricos.
- Disminución de tiempos de mantenimiento de tanques al incorporar nuevas técnicas de limpieza y mantenimiento.
- Disminuir la exposición de personal directo que trabaja en labores de limpieza y mantenimiento de tanques al incorporar mejoras tecnológicas.
- Disminución de impacto medio ambiental debido al tratamiento confinado de borras en etapa de limpieza de tanques de almacenamiento.

4.2.10.4.1.3 ALCANCES

- Limpieza de tanques en servicio con recuperación de borras y captura de agentes nocivos para la salud de las personas e impacto al medio ambiente.
- Mantenimiento de tanques de almacenamiento utilizando técnicas de soldadura y pintura que disminuyen tiempos de activo fuera de servicio.

4.2.10.4.1.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL MMTK

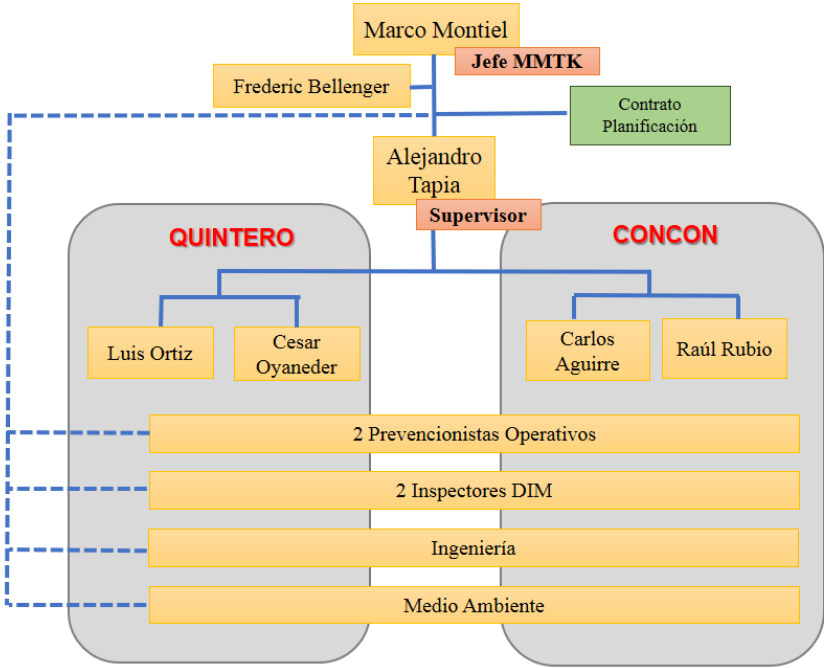


Figura 3: Estructura Funcional MMTK
Fuente: DMMP&I, ENAP ACONCAGUA.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 DEFINICIÓN DE MODELO

Un modelo se puede definir como un prototipo que sirve de referencia y ejemplo para todos los que diseñan y confeccionan productos de la misma naturaleza (Concepto definición.de:2018). Otra definición de modelo es que es una representación que simboliza la perfección en todos los aspectos naturales que posee y en la forma en que la sociedad reacciona ante ello (RAE: 2018).

5.1.1 TIPOS DE MODELOS EN INGENIERÍA

a. Modelo numérico

Representación de un número con una letra, una sustitución de este, en una ecuación, en leyes matemáticas, etc.

b. Modelo tecnológico

Representación de procesos, modelos o sistemas que conforman un conglomerado mayor o supersistema, que pretende el análisis de interacción de ellos, a fin de mantener una relación flexible que les permita cumplir su función particular y contribuir para cumplir la función del supersistema.

c. Modelo tridimensional

Representación volumétrica a escala de una cosa o persona.

5.2 DEFINICIÓN PLANIFICACIÓN

La planificación, la planeación o el planeamiento, es el proceso metódico diseñado para obtener un objetivo determinado. En el sentido más universal, implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse exitosamente (Goodstein: 1998). Otra definición de planificación es que un proceso de definir el curso de acción y los procedimientos requeridos

para alcanzar los objetivos y metas. El plan establece lo que hay que hacer para llegar al estado final deseado (Cortés: 1998).

5.2.1 PARA QUÉ SIRVE LA PLANIFICACIÓN

La planificación es algo esencial en el trabajo de un gestor ya que es la que le permitiría conseguir sus objetivos. Planificar supondrá crear una herramienta con la que pueda conseguir valor o una herramienta que ayude a obtener resultados.

Si se tuviera que hacer una semejanza sobre el concepto de la planificación se diría que es como la locomotora de un tren que arrastra las restantes actividades, y si está no estuviese en marcha el resto de los vagones estarían parados.

Por lo que, planificar supone analizar y estudiar los objetivos propuestos, así como la forma en la que se van a conseguir. La planificación es una herramienta de acción para decidir que se va hacer y porque, supone crear un plan, el cual tiene muchos beneficios, pero sobre todo clarifica muchas dudas acerca del trabajo a realizar, tales como:

- 1) Define necesidad de recursos para conseguir objetivos.
- 2) Clarifica las actividades y las dudas respecto a objetivos buscados.
- 3) Cuantifica los niveles de desempeño para tener éxito.
- 4) Establece prioridades.
- 5) Clarifica debilidades y fortalezas para conseguir objetivos.

5.2.2 PLANIFICACIÓN INTEGRAL

La planificación integral, como su palabra lo dice, es un proceso de colaboración, de integración humana y de trabajo en conjunto que se lleva a cabo gracias a la participación de todos los individuos involucrados en una organización y/o sector.

El objetivo principal de este proceso es el de desarrollar cooperativamente diferentes estrategias que estén relacionadas a un objetivo en común. La unión y la cooperación para cumplir con los propósitos y metas (en su mayoría) a largo plazo es de gran importancia, ya que con el trabajo de todos se puede desarrollar capacidades para tomar buenas y correctas decisiones, las cuales sean motores de motivación.

La planificación integral se da comúnmente en diferentes tipos de organizaciones, independientemente de cómo se comprendan jurídicamente y de su tamaño, con esta herramienta se podrá proyectar metas, tanto como lo es expandir la empresa a nivel internacional o llevar a cabo una estrategia de administración de los recursos, es por ello que se necesita del trabajo en conjunto, porque una sola persona nunca va a poder lograr los objetivos y conseguir que su empresa sea sustentable en el transcurso de los años.

5.2.2.1 PRINCIPIOS DE LA PLANIFICACIÓN INTEGRAL

- 1) Concibe la realidad social como una compleja red de decisiones.
- 2) Consideran los problemas locales a un ámbito más amplio, tal como regional, nacional e internacional.
- 3) Potencian el desarrollo que se origina por causas internas del territorio.
- 4) Potencia y fomenta la participación de los agentes sociales implicados.

5.3 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento se puede entender como lo que hay que hacer para que las cosas funcionen correctamente o, en su defecto, para que los daños duren lo menos posible (Gestión del Mantenimiento, José María de Bona: 1999). Otra definición de mantenimiento es el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente (RAE: 2018). Mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones, sin embargo, las consecuencias que el desarrollo de este

principio elemental que pueden tener sobrepasa ampliamente el objetivo inicial (Tecnología del Mantenimiento Industrial, Félix Cesáreo: 1998).

5.4 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

En términos muy generales, puede afirmarse que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso.

La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria, así como su tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso su emplazamiento. Aun así, las tareas recomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de ellas, no serán obviamente las mismas.

Por lo tanto, dependiendo de estos factores citados, el campo de acción de las actividades de un departamento de ingeniería del mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado de los equipos, así como de su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de daños imprevistos.
- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una prevención de los repuestos de bodega necesarios.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.

- Instalación de nuevo equipo.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto uso de suministros y distribución de energía.
- Realizar el seguimiento de los costos de mantenimiento.
- Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- Gestión de almacenes.
- Tareas de vigilancia.
- Gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

Cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al servicio de mantenimiento, es fundamental para el funcionamiento de la empresa que éstas estén perfectamente definidas y, sus límites de acción y autoridad claramente establecidos. Esto implica evitar que determinadas actuaciones queden mal definidas o, por el contrario, que exista superposición de responsabilidades, lo que podría ocasionar conflictos de autoridad.

5.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO

5.5.1 CLASIFICACIÓN

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como a la forma de desempeñarlas, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos, que, en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que como se ha visto depende de muy diversos factores. Desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo.

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Productivo Total.

Ninguno de los tipos anteriores se utiliza de forma exclusiva, sino que, en áreas de la rentabilidad de la explotación, se impone practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se podría llamar ***mantenimiento planificado***. Esto consiste, en definitiva, en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va a aplicar cada uno de los tipos de mantenimiento anteriores.

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los tipos de mantenimientos enunciados.

5.5.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento, también llamado mantenimiento a rotura (***“breakdown maintenance”***), solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por lo tanto, de una actitud pasiva frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de que estos fallen u ocurra algún daño.

A pesar de que por su definición pueda parecer una actividad despreocupada de atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo costo de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción.

En otros casos, cuando el fallo de los equipos no supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta a la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de ésta. En estos casos, el costo derivado de la aparición de un

fallo imprevisto en el equipo es, sin lugar a duda, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo.

En este sentido conviene indicar que, incluso en aquellas instalaciones industriales que suponen de sofisticados planes de mantenimiento, existe generalmente un porcentaje de equipos en los que se realiza exclusivamente este tipo de mantenimiento.

Esta filosofía de mantenimiento no requiere ninguna planificación sistemática, por lo que no se trata de un planteamiento organizado de tareas. En el mejor de los casos puede compatibilizar con una limpieza o engrase de los equipos y con una cierta previsión de elementos de repuestos, especialmente aquellos que sistemáticamente deben ser sustituidos. Sin embargo, adoptar esta forma de mantenimiento supone asumir algunos inconvenientes respecto de las máquinas y equipos afectados, algunos que se pueden mencionar son los siguientes:

- Los daños se producen generalmente de forma imprevista, lo que puede ocasionar trastornos en la producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipos o cambio de tarea, hasta la parada de la producción, en tanto no se repare o sustituya el equipo averiado.
- Los daños, al ser imprevistos, suelen ser graves para el equipo, con lo que su reparación puede resultar sumamente costosa.
- Los daños son siempre inoportunos, por lo que la reparación de los equipos dañados puede llevar más tiempo del previsto, ya sea por ausencia del personal necesario para su reparación, o ya sea por la falta de los repuestos necesarios.
- Por tratarse de daños inesperados, el fallo podría venir acompañado de algún siniestro, lo que obviamente puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad del personal o de las instalaciones.

5.5.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como ya se ha indicado, la finalidad última del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, para obtener un rendimiento óptimo sobre la inversión total, ya sea de los sistemas de producción, como de los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar la **Reparación** mediante una **Rutina** de inspecciones periódicas y la **Renovación** de los elementos deteriorados, lo que se conoce como **“Las tres erres del mantenimiento”**. Si la segunda y la tercera no se realizan, la primera es inevitable.

En las inspecciones se procede al desmontaje total o parcial de la maquina o equipo con el fin de revisar el estado de sus elementos, reemplazando aquellos que se estime oportuno a la vista del examen realizado. Otros elementos son sustituidos sistemáticamente en cada inspección, tomando como referencia el número de operaciones realizadas o un determinado periodo de tiempo de funcionamiento.

El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del período de inspección. Un periodo demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que un período demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo. El equilibrio se encuentra como solución de compromiso entre los costos procedentes de las inspecciones y los derivados de los daños imprevistos. Si bien los primeros pueden ser suficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es una tarea fácil de realizar, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludid es difícil de conseguir y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

El grave inconveniente que presenta la aplicación exclusiva de este tipo de mantenimiento es el costo de las inspecciones. El desmontaje y la

revisión de un equipo que está funcionando correctamente o la sustitución de elementos como lubricantes, rodamientos, válvulas, cañerías, sellos, placas, etc., que no se encuentran en mal estado, se hace pensar que es innecesario. Por otra parte, sea cual sea el período de inspección fijado, no se elimina por completo la posibilidad de un daño imprevisto, si bien cuanto menor sea dicho período, en mayor grado se reducirá este peligro. Por lo tanto, el período de inspección se fija, en cualquier caso, asumiendo la posibilidad de la aparición de daños imprevistos durante un intervalo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.

Un tipo de mantenimiento que también se puede considerar preventivo es aquel, sin llegar al desmontaje de los equipos, se ocupa de forma periódica la realización de las tareas tales como engrase y cambio de lubricantes, limpieza, sustitución periódica de ciertos elementos vitales del equipo etc. Aunque para todos los efectos se trata de un mantenimiento preventivo, se le puede denominar un ***mantenimiento rutinario***, con el fin de distinguirlo del anterior.

5.5.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo, también conocido como ***mantenimiento según estado*** o ***según condición***, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales (correctivo y preventivo) de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos, de esta manera es posible, por un lado, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar los daños imprevistos, mediante la detención de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución.

La aplicación del mantenimiento predictivo se apoya en dos pilares fundamentales, los cuales son los siguientes:

- I. La existencia de parámetros funcionales que indican el estado del equipo.
- II. La vigilancia continua de los equipos.

La mayoría de los componentes de los equipos avisan de alguna manera de su fallo antes de que éste ocurra. Por lo tanto, si mediante el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente el fallo de algún componente del equipo, se podrá asegurar el correcto funcionamiento del mismo, observar su evolución y predecir la vida residual de sus componentes. El conjunto de técnicas que se ocupan del seguimiento y examen de estos parámetros característicos del equipo se conoce como ***“Técnicas de Verificación Mecánica”***.

Entre las ventajas más importantes que reporta este tipo de mantenimiento, pueden citarse las siguientes:

- Detectar e identificar precozmente los defectos que pudieran aparecer, sin necesidad de parar y desmontar el equipo.
- Observar aquellos defectos que sólo se manifiestan sobre el equipo en funcionamiento.
- Seguir la evolución del defecto hasta que se estime que es peligroso.
- Elaborar un historial del funcionamiento del equipo, a través de la evolución de sus parámetros funcionales y su relación con cualquier evento significativo, tales como parada, revisión, lubricación, reemplazo de algún elemento, cambio en las condiciones de funcionamiento, defectos detectados, etc.
- Programar la parada, para la corrección del defecto detectado, haciéndola coincidir con un tiempo muerto o una parada rutinaria del proceso de producción.
- Programar el suministro de repuestos y la mano de obra.

- Reducir el tiempo de reparación, ya que previamente se ha identificado el origen del fallo y los elementos afectados por la misma.
- Aislar las causas de los posibles fallos repetitivos, y procurar su erradicación.
- Proporcionar criterios para una selección satisfactoria de las mejores condiciones de operación del equipo.
- Aumentar la seguridad de funcionamiento del equipo, y en general de toda la instalación.

Sin embargo, una cosa es lo que predica la filosofía del mantenimiento predictivo, y otra lo que realmente se puede esperar cuando se pone en práctica. Las dificultades para su desarrollo pleno provienen de los mismos principios en los que basa, tales como:

En primer lugar, no existe ningún parámetro funcional, ni siquiera una combinación de ellos, que sea capaz de reflejar exactamente el estado de un equipo, indicando de forma inmediata, mediante la aparición de signos identificadores, la presencia de un defecto incipiente, y además para todos los defectos posibles.

En segundo lugar, no es viable una monitorización (o vigilancia continua) de todos los parámetros funcionales significativos para todos los equipos de una instalación. En la realidad el número de parámetros analizados en el programa de mantenimiento debe limitarse, así como la proporción de equipos implicados. Además, el termino vigilancia continua se flexibiliza hasta convertirlo en vigilancia periódica, reservando la monitorización sólo para aquellos equipos críticos en el proceso.

Como consecuencia de las limitaciones anteriores pueden presentarse los siguientes inconvenientes:

- Que el defecto se produzca en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

- Que un defecto no sea detectado con la medición y análisis de los parámetros incluidos en el programa.
- Que, aun siendo detectado un defecto, éste no sea diagnosticado correctamente o en toda su gravedad.
- Que, aun habiéndose realizado un diagnóstico correcto, no sea posible programar la parada del equipo en el momento oportuno, y sea preciso asumir el riesgo de un fallo.

5.5.1.4 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Aunque esta denominación (*“Total Productive Maintenance”* o en sus siglas TPM) surge y se desarrolla en Japón con un enfoque cercano al análisis de calidad de la producción y de estudios de rendimiento, lo cierto es que su difusión ha ido alterando la idea original hasta el punto de que no existe una definición universal precisa para este tipo de mantenimiento, tampoco existe, incluso, demasiado acuerdo sobre la designación más apropiada que debe tener. En cualquier caso, con el Mantenimiento Productivo Total (MPT) se intenta recoger y aplicar las tendencias más recientes en cuanto a la planificación participativa integral de todas las tareas del mantenimiento incluyendo la técnicas utilizadas y su gestión, la administración del mantenimiento, el control de los distintos índices asociados al funcionamiento de los equipos y al conjunto de las instalaciones (fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad), la calidad de la producción y , finalmente, su repercusión en la economía de la empresa. Por lo tanto, esta filosofía de mantenimiento implica a todos los estamentos y niveles de la producción, con una estructura de planificación jerárquica que, partiendo de los objetivos últimos de la explotación, vaya desglosándose en tareas concretas hasta llegar al operador y a las actuaciones específicas sobre cada equipo y componente de las instalaciones.

Mediante el MPT se intenta, pues, abarcar una visión más amplia del mantenimiento, que recoja todos aquellos aspectos que inciden de

alguna manera en la utilización de los equipos e instalaciones, y por lo tanto en la capacidad de producción.

5.6 IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

5.6.1 ANÁLISIS PREVIO A LA IMPLANTACIÓN

Puede decirse sin temor a equivocarse que los beneficios que pueden derivarse, o dicho, en otros términos, las pérdidas que pueden evitarse, por una buena implantación exceden con mucho la inversión inicial. A menudo la detección de los defectos o problemas en los equipos mediante un adecuado sistema de mantenimiento genera en poco tiempo un ahorro de dinero muy superior al costo de la implantación del sistema.

Con frecuencia, el fallo de un elemento a primera vista insignificante induce en un equipo un daño catastrófico de grandes proporciones. Los elevados costos en que se incurre por la reparación (pérdida de producción, desmontaje, transporte a taller, soldaduras, recargues, mecanizado, ajuste, transporte a pie del equipo, montaje y puesta en marcha) justifican una inversión que, en algunos casos, se recupera por sí misma la primera vez que el sistema se pone en funcionamiento.

A la hora de implantar un Plan de Mantenimiento, es necesario comprobar la posibilidad, la justificación y viabilidad de cada una de las opciones previstas, es decir, realizar un análisis minucioso de todos los detalles que implica su implantación para lograr resultados satisfactorios y evitar enfoques en cuanto al tipo de mantenimiento a aplicar a cada uno de los equipos o plantas, así como el alcance del mismo.

Antes de abordar los por menores de la implantación, es preciso efectuar una revisión completa del proceso productivo, así como de la instalación, y verificar sus condiciones técnicas y de gestión. Será preciso realizar un estudio detallado de las instalaciones, historiales de los equipos críticos, impacto de las paradas en la producción, disponibilidad de los

equipos, y cuantos aspectos tengan relación con la selección de los equipos que deben integrarse en el sistema a implantar.

El factor más relevante para hacer factible la implantación del sistema es un concepto racional de gestión de mantenimiento en el contexto de la empresa, seguido por la adecuada preparación tecnológica del personal. Mientras se prefiera destinar los presupuestos de mantenimiento a la cobertura de gastos, en vez de a las inversiones de mantenimiento de la instalación, será difícil implantar el sistema en cuestión con éxito.

La implantación de un Plan de Mantenimiento requiere de profundos conocimientos y experiencias sobre el funcionamiento de cada equipo, maquina o instalación incluidos en el programa, si se quiere obtenerse de él un aprovechamiento óptimo.

Es recomendable comenzar por elaborar una base de datos, con una ficha técnica para cada equipo implicado, en la que se puede incluir la siguiente información:

- Especificaciones de diseño del equipo.
- Datos descriptivos relevantes del equipo, tales como geométricos, limitaciones, tolerancias, materiales, etc.
- Sistemas auxiliares necesarios.
- Lista de anomalías o daños esperados.
- Parámetros funcionales más significativos para la detección de desviaciones en el comportamiento normal.
- Magnitudes físicas y unidades de medida que se obtienen de las técnicas predictivas a utilizar.
- Valoración relativa de fiabilidad de elementos y probabilidad relativa de ocurrencia de daños.
- Instrumentación existente en la fábrica.
- Posibilidad de incluir otros parámetros de seguimiento funcional a los equipos.

- Indicación de la necesidad (o de la posibilidad) de monitorización continua.
- Otras observaciones complementarias.

Cualquier cambio de diseño, reforma, eliminación del equipo o modificación en el seguimiento predictivo, debe actualizarse en la base de datos. Lo más valioso de este tratamiento es la individualización de los equipos, permitiendo, dado el caso en cuestión, la diferenciación de dos equipos iguales, tanto en sus características funcionales paramétricas como en su necesidad de vigilancia, mantenimiento, seguridad, fiabilidad y otros criterios importantes.

5.6.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez determinada la viabilidad económica e inversión óptima, habrá que decidir qué equipos serán admitidos en el programa previsto. Se trata de clasificar los equipos atendiendo principalmente a la significación funcional y a su repercusión económica.

En general, para decidir los equipos implicados se establece el criterio de seleccionar aquellos cuyo fallo supone una parada de la instalación, una disminución de su capacidad productiva, una pérdida de calidad o un peligro inminente de ello. Como puede observarse, estos criterios son los mismos que se consideran cuando se plantea el plan de mantenimiento de la instalación.

Aunque normalmente los equipos críticos de una planta son conocidos, puede ser conveniente realizar una ponderación de la significación funcional de los mismos atendiendo a su importancia en el proceso productivo. Para ello, pueden seguirse distintos criterios de clasificación, en los que pueden intervenir factores como fiabilidad de los equipos, su impacto en la producción, las particularidades de su mantenimiento, la seguridad, y cualquier otro aspecto que pueda considerarse relevante en cada caso.

En primer lugar, puede establecerse una clasificación entre los diferentes equipos de la planta en estudio, atendiendo a su afecto sobre el proceso productivo, de la siguiente manera:

- I. Equipos cuya falla provoca la parada del proceso productivo o afectan negativamente a la capacidad normal de producción.
- II. Equipos cuya falla no provoca efectos inmediatos sobre el proceso productivo.

Se han formulado distintas clasificaciones de los equipos con el fin de facilitar la selección de los equipos que deben incluirse en el plan de mantenimiento. El objetivo de estas clasificaciones no es otro que el de ponderar la importancia de cada uno de los equipos en el proceso productivo, con el fin de establecer un orden de prioridad entre ellos.

De este modo, derivada de la división expuesta anteriormente, puede utilizarse la clasificación ABC de los equipos, la cual es la que se muestra a continuación:

- **Categoría A**

Equipos esenciales para la producción. Su falla provoca la parada o la pérdida inmediata de producción, o afectan seriamente a las condiciones de seguridad de la instalación.

- **Categoría B**

Equipos importantes para la producción. Su falla no provoca efectos inmediatos sobre la producción, pero, si la falla persiste, sus efectos sí podrían resultar perjudiciales para la producción o para la seguridad de la instalación.

- **Categoría C**

El resto de los equipos que no se encuentran ni en la categoría A o B.

Otra clasificación, que es utilizada en algunos servicios de verificación mecánica en la industria **Petroquímica**, establece una valoración en puntos atendiendo igualmente al efecto de la falla del equipo sobre la producción. Los valores asignados a cada equipo son los siguientes:

10: Equipo, del que no hay reserva, cuya parada provoca la parada de la planta.

5: Equipo, del que no hay reserva, cuya parada disminuye la producción.

4: Equipo, del que, si hay reserva, cuya parada provoca la parada de la planta.

2: Equipo, del que, si hay reserva, cuya parada disminuye la producción.

1: Equipo cuya parada no afecta a la producción.

Estas clasificaciones no deben, por otra parte, ser aplicadas específicamente, puesto que existen otros factores, además de los indicados, que pueden afectar a la criticidad de un equipo. Así, por ejemplo, deben también ser tenidos en cuenta ciertos aspectos relacionados con la mayor o menor facilidad de reparación del equipo, o de un componente concreto del mismo, el tiempo medio requerido para las reparaciones, la existencia o no de repuestos y los periodos de entrega de estos, entre otros.

5.7 PERIODICIDAD Y ALCANCE DE LAS INSPECCIONES

Al hablar de inspección es preciso establecer con claridad qué se entiende por dicho término, lo que se traduce, en definitiva, en determinar su alcance. Estrictamente podemos referirnos a una inspección tanto cuando se efectúa el desmontaje total o parcial de un equipo o instalación, para revisar su estado, como cuando se está verificando la magnitud o condición de algún parámetro funcional. Sin embargo, en la práctica industrial, se suele reservar este término para la

primera de las interpretaciones, con lo que se encuentra ligado, por lo tanto, al mantenimiento preventivo. Para el examen y análisis de los parámetros funcionales, propio del mantenimiento predictivo, está ampliamente extendida la designación de ***ruta de medida***.

En ambas situaciones se plantean las mismas interrogantes ¿Cuál debe ser su alcance?, y ¿Con qué periodicidad debe realizarse?

Como criterios generales, la finalidad de cualquier inspección debe ser:

- 1) Asegurar que el uso y régimen funcional del equipo responde a las especificaciones de diseño.
- 2) Examinar todos aquellos componentes que potencialmente presentan una mayor exposición a la falla.
- 3) Identificar, si se estuvieran presente, aquellos componentes que se encuentren deteriorados o fuera de sus condiciones operativas normales.
- 4) Si se aprecia que algún elemento se encuentra en condiciones de falla, estimar el tiempo útil de vida hasta la aparición de la falla, con el fin de prever su reparación o reemplazo.

Como consecuencia de los puntos expuestos anteriormente, se comprende que tanto las inspecciones como la vigilancia de los parámetros funcionales deben centrarse en los elementos más críticos del proceso productivo y especialmente en aquellos que presentan mayor exposición a la falla. Sin embargo, no existe ninguna fórmula mágica para determinar con exactitud cuáles deben ser los equipos a inspeccionar, cuáles los elementos a examinar, qué parámetros funcionales son los más significativos y dónde deben medirse. Por lo que es preciso que el estudio previo a la implantación del plan de mantenimiento se haga con la máxima rigurosidad, de modo que la solución finalmente adoptada satisfaga las condiciones requeridas en cuanto a la seguridad de las personas e instalaciones, rentabilidad económica, y respeto al medio ambiente.

Una vez determinado el alcance de las inspecciones, debe establecerse la periodicidad de las mismas. Al igual que se comentó anteriormente, el indicador más relevante a la hora de decidir el periodo de tiempo entre inspecciones, o bien

el tiempo que debe medir entre una ruta de medida y la siguiente, es la propia experiencia en la misma instalación o en otras similares. Existen múltiples estudios acerca del comportamiento y la durabilidad de diferentes materiales, componentes o elementos individuales de los equipos, sin embargo, las particularidades de cada instalación hacen que las previsiones teóricas acerca del comportamiento de un equipo completo, o de una instalación, puedan resultar totalmente desacertadas.

Por lo tanto, debe procurarse que los intervalos de tiempo entre inspecciones sucesivas se adapten a las exigencias de cada uno de los equipos bajo vigilancia. El criterio para determinar el periodo, en cada caso, dependerá de la experiencia concreta en cuanto a la evolución temporal de los diferentes parámetros funcionales examinados (desgaste de las superficies, oxidación, suciedad, niveles de vibración, ruido, nivel de lubricación, etc.). En aquellos equipos en los que la evolución hacia la falla se produce normalmente de una forma gradual, los periodos serán mayores que en aquellos casos en los que la evolución hacia la falla se produce en poco tiempo.

En cualquier caso, el criterio general a aplicar es que el periodo entre inspecciones (o ruta de medida) debe ser netamente inferior al tiempo de evolución desde la aparición de un defecto hasta que sobreviene la falla. Lamentablemente, este tiempo de evolución del defecto hacia la falla sólo se conoce por la experiencia, y además, es distinto para cada uno de los defectos posibles, por lo que, sea cual sea el periodo establecido siempre se estará asumiendo un cierto riesgo.

5.8 COSTO DE MANTENIMIENTO

Para determinar cuál es la inversión requerida para implantar un plan de mantenimiento, acorde con las necesidades de la instalación, deben realizarse previamente las siguientes averiguaciones:

- 1) Lista total de daños reparados, incluyendo los medios materiales y repuestos utilizados, medios de transporte, y recursos humanos.

- 2) Detalle de los tiempos de reparación.
- 3) Costo de cada una de las reparaciones, detallando los repuestos, materiales auxiliares, transportes y horas/hombre (HH).
- 4) Relación de daños ocasionados por cada falla o parada.
- 5) Estimación de las pérdidas derivadas de la parada o disminución de la producción.

Esta información debe venir referida a un periodo de tiempo suficientemente representativo, generalmente un año o más. Además, existen otro conjunto de datos cuya valoración exacta no puede realizarse por no haberse presentado nunca, pero de los que sí puede hacerse una estimación. Tales son las pérdidas derivadas por ciertos daños o fallas imprevistas de equipos que son críticos para la producción o para la seguridad de la instalación.

El examen de todos estos datos puede dar, en primer lugar, una idea acerca de los beneficios que reportaría un adecuado plan de mantenimiento. En segundo lugar, la valoración de los costos producidos por las fallas, más los derivados por la no producción, permite establecer un límite aproximado de la inversión requerida para implantar el plan de mantenimiento.

Los gastos necesarios para poner en marcha un plan de mantenimiento pueden dividirse en las siguientes partidas:

- 1) Costo de la instrumentación, instalaciones y equipamiento necesario.
- 2) Costo de las modificaciones pertinentes en los equipos y en la instalación existente.
- 3) Costo de la integración del plan de mantenimiento en la estructura de la producción.
- 4) Preparación y adiestramiento del personal encargado de ejecutar el plan.
- 5) Costo del personal destinado a ejecutar el plan.
- 6) Costo del mantenimiento del plan.

Como se observa, en cualquier caso, siempre existirá un gasto inicial que resulta necesario para poner en marcha un plan de mantenimiento. Ahora bien, de

nada sirve realizar una inversión inicial, si ésta no se pone a funcionar. Por lo tanto, junto a esta inversión inicial, deberá dotarse los fondos suficientes para la ejecución de dicho plan.

En la figura 3 se muestra cómo al incrementar el nivel de mantenimiento efectuado a la planta, aumentan los costos de la inversión en el plan de mantenimiento y los costos derivados de los daños y reparaciones van disminuyendo. La suma de ambos representa el gasto total en mantenimiento.

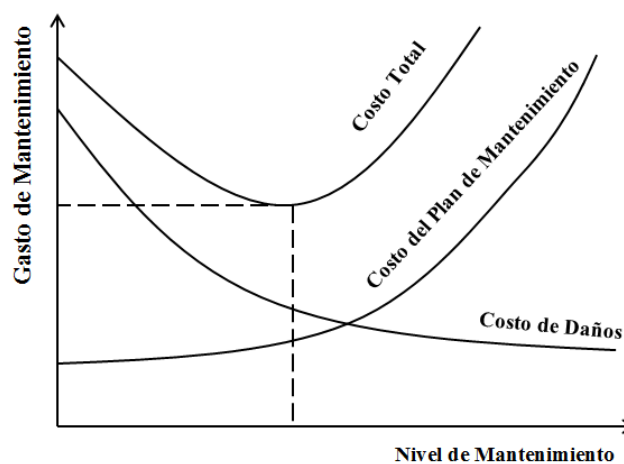


Figura 4: Costo de Mantenimiento

Fuente: Cesáreo F. Tecnología del Mantenimiento Industrial.

Como puede observarse existe una zona en que el gasto total se minimiza. Con niveles de mantenimiento por debajo de este valor, se tendrá que la inversión realizada es inferior a la que produciría el nivel de mantenimiento más rentable, mientras que con inversiones superiores a las del valor referido, no disminuirían de forma rentable los costos derivados de los daños y reparaciones. Por lo tanto, puede afirmarse que para cada instalación existe una inversión óptima en mantenimiento, por encima de la cual, si bien los costos derivados de los daños y reparaciones siguen disminuyendo, no lo hacen en la misma proporción que la inversión requerida para ello, por lo que, en definitiva, dejan de ser rentables los incrementos realizados en la inversión en mantenimiento.

El problema de encontrar el punto de costo mínimo, sin embargo, no resulta tan sencillo como a primera vista podría parecer, puesto que la evolución indicada de los costos no se conoce más que tras la propia experiencia, y además, puede venir afectada de otros factores ajenos al propio mantenimiento. Por lo que, en la realidad, la determinación del nivel óptimo de mantenimiento aplicado a cada planta o instalación, además de requerir bastante tiempo, no suele resultar una tarea fácil.

5.9 MODELO DE GESTIÓN MANTENIMIENTO DE 8 ETAPAS

El modelo de gestión mantenimiento de 8 etapas corresponde a una forma de hacer mantenimiento, que incluye como primer paso el uso del modelo de gestión de excelencia.

En la figura 5, se muestra el esquema resumido del modelo de gestión mantenimiento de 8 etapas.

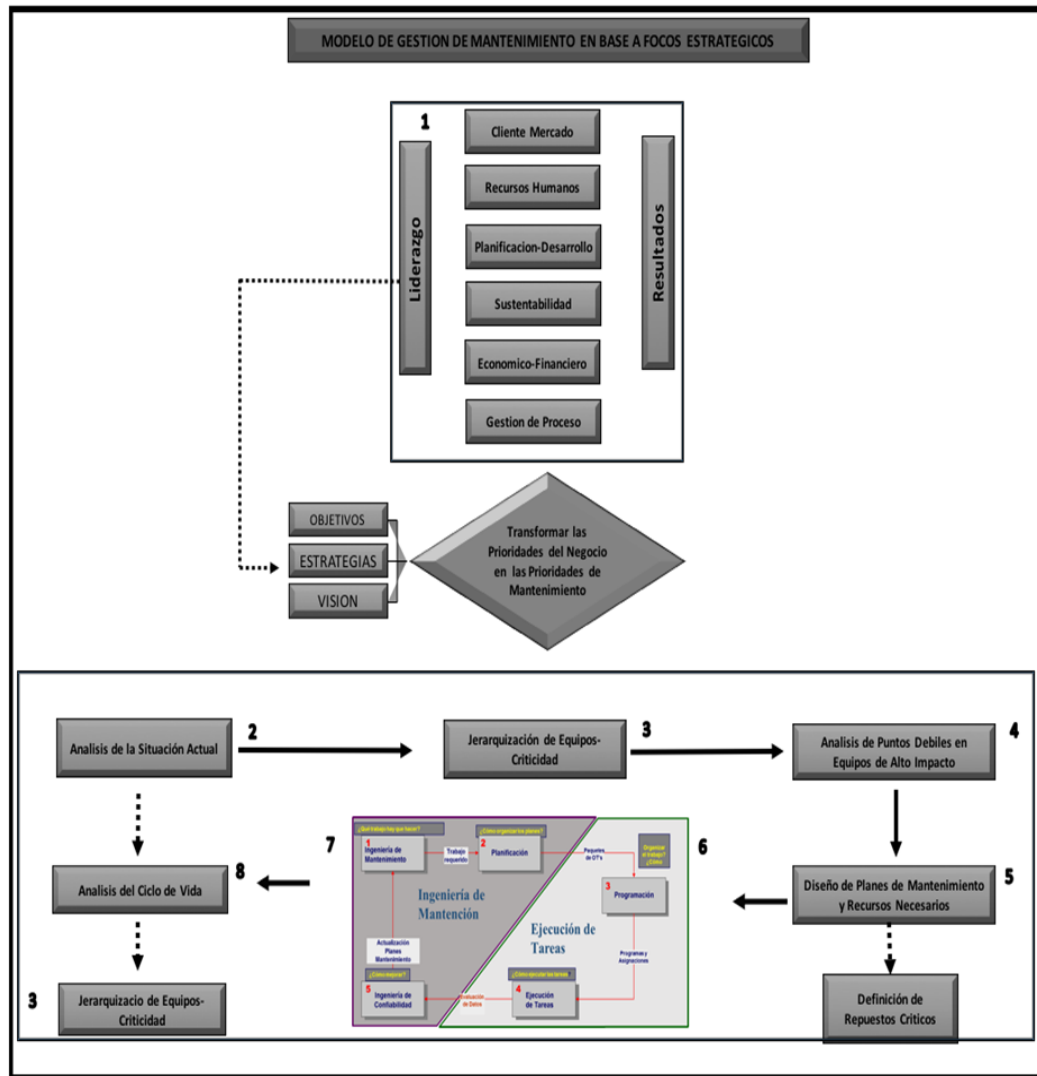


Figura 5: Esquema del Modelo de Gestión de Mantenimiento de 8 etapas
Fuente: Material Ramo Mantenimiento Industrial, UTFSM.

A continuación, se detalla cada una de las etapas del modelo de gestión de mantenimiento.

- **Etapa 1**

La primera etapa es el modelo de gestión de excelencia, lo que busca al estar como primer paso es la alineación de las prioridades del mantenimiento con las prioridades del negocio, al tomar en cuenta los objetivos y planes determinados a nivel estratégico.

Los focos estratégicos que considera el modelo pueden variar según el tipo de negocio, pero al usarlo se obtendrán una visión, misión y objetivos claros que permitirán adecuar las estrategias y políticas de mantenimiento al negocio.

Al determinar los objetivos del mantenimiento en base a los objetivos del negocio se traduce en establecer de ciertos indicadores de gestión tales como:

- Disponibilidad.
- Confiabilidad.
- Seguridad de Riegos, etc.

También esto se traduce en determinar los KPI's adecuados y sus valores estimados.

En la Figura 6, se muestra un ejemplo del modelo de gestión de excelencia.



Figura 6: Ejemplo de Esquema del Modelo de Gestión de Excelencia
Fuente: Chile Calidad.

- **Etapas 2**

El segundo paso consiste en realizar un análisis de la situación actual, es decir, una auditoría de mantenimiento. El diagnóstico debe considerar todos aquellos aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos de los cuales se tenga información, por ejemplo, la planificación, programación y ejecución de tareas de mantenimiento, históricos de falla, MTTTR, MTBF, recursos financieros asignados al mantenimiento, impacto económico o en producción por parada no programada, entre otros. En pocas palabras, realizar una auditoría de mantenimiento. Una vez realizado este diagnóstico se podrá comparar el rendimiento actual con el deseado.

- **Etapas 3**

El tercer paso o etapa corresponde a la jerarquización de los activos por criticidad. Se debe determinar el impacto que cada activo físico tiene sobre el sistema productivo o seguridad, según los objetivos del negocio.

El análisis debe ser metodológico y sistemático donde la prioridad de un activo está definida por el parámetro de criticidad, que es proporcional al riesgo. Existen formas cualitativas, cualitativas-cuantitativas y cuantitativas para realizar el análisis. La más adecuada se escogerá según la información disponible.

El objetivo de la jerarquización es direccionar los esfuerzos y recursos a los equipos o activos de mayor impacto para el negocio.

- **Etapas 4**

El cuarto paso corresponde al análisis de puntos débiles en los activos o equipos de alto impacto. Estos equipos o activos han de ser inspeccionados para conocer su estado actual de operación, sus deficiencias de funcionamiento, entorno de operación y cualquier información que sea relevante para determinar sus necesidades de mantenimiento.

Además, será de vital importancia el analizar los fallos (modo de fallas) repetitivos y crónicos, para encontrar su causa raíz. Esto permitirá eliminar el modo de falla o mitigar su impacto.

Para esta etapa se recomienda el uso de la metodología ACR (análisis de causa raíz) que clasifica las causas físicas, humanas o latentes.

- **Etapas 5**

El quinto paso o etapa corresponde al diseño de los planes de mantenimiento y recursos necesarios. En esta parte se consideran dos elementos esenciales o fundamentales los cuales son, la información y las tareas de prevención de las consecuencias del modo de falla.

La información corresponde a la recopilación y análisis de la etapa anterior, y las tareas se deciden para cada modo de falla, su frecuencia de aplicación, el responsable y el nuevo cálculo del riesgo adquirido.

Como consecuencia de esta etapa, se considera la designación de un inventario crítico de repuesto en el caso de que sea necesario.

- **Etapas 6**

El sexto paso corresponde al ciclo de ejecución de tareas, compuesto principalmente por la programación del mantenimiento y la realización de las tareas. Requiere de una programación detallada de todas las actividades de mantenimiento, ya que está pretende optimizar la asignación de recursos y minimizar el impacto en la producción. La programación se debe efectuar a corto, medio o largo plazo como sea necesario.

- **Etapas 7**

El séptimo paso corresponde a la ingeniería de mantenimiento, que realiza las tareas de evaluación y control de la ejecución del mantenimiento.

Esta etapa permite la retroalimentación y mejora continua de los planes del mantenimiento.

La forma en que se adquiere la información es de alta importancia, ya que esta debe ser simple y fácil de usar por parte de operación o mantenedores, para de esta forma recolectar información útil y fiable.

- **Etapas 8**

Finalmente, la octava etapa corresponde al análisis del ciclo de vida, este análisis busca determinar el costo de un activo durante su vida útil, los costos van desde que se planifica su compra hasta su retirada del ciclo productivo. Esta etapa se usa en gran medida al momento de buscar una renovación/reemplazo del equipo o adquirir un nuevo activo.

5.10 RCM

El RCM o “Reliability Centred Maintenance” es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por daños imprevistos que impidan cumplir los planes de producción, otro de los objetivos que tiene el RCM es aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costos de mantenimiento.

5.11 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

Es una técnica de ingeniería conocida como el análisis FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) o AMFE usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas o potenciales, problemas, errores, desde el diseño, proceso y operación de un sistema, antes que este pueda afectar al cliente.

El AMFE se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del RCM, que lo utiliza como una de sus herramientas básicas. En la actualidad, el AMFE se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El análisis de la evaluación puede tomar dos caminos. Los cuales son:

- Empleando datos históricos.
- Empleando modelos estadísticos, matemáticos, simulación de ingeniería concurrente e ingeniería de fiabilidad que pueden ser utilizadas para identificar y definir las fallas.

Para efectos de este trabajo de título, se utilizará el primer camino o método, ya que se pretende ofrecer una metodología que sea útil para todas las personas involucradas en la DMMP&I de ENAP Refinería Aconcagua.

5.11.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

A continuación, se citan las características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

1) Carácter Preventivo

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo antes los posibles problemas.

2) Sistematización

El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

3) Participación

La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

5.11.2 TIPOS DE AMFE

Existen dos tipos de AMFE, los cuales son:

- 1)** AMFE de Producto (producto o servicio), este sirve como herramienta de optimización para su diseño.
- 2)** AMFE de proceso (el proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio), este sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones.

5.11.3 PROPÓSITOS DEL AMFE

- Identificar los modos de fallas potenciales y conocidas.
- Identificar las causas y efectos de cada modo de falla.
- Priorizar los modos de falla identificados de acuerdo al Número de Prioridad de Riesgo (NPR) o frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección.

5.11.4 DIAGRAMA DEL PROCESO AMFE

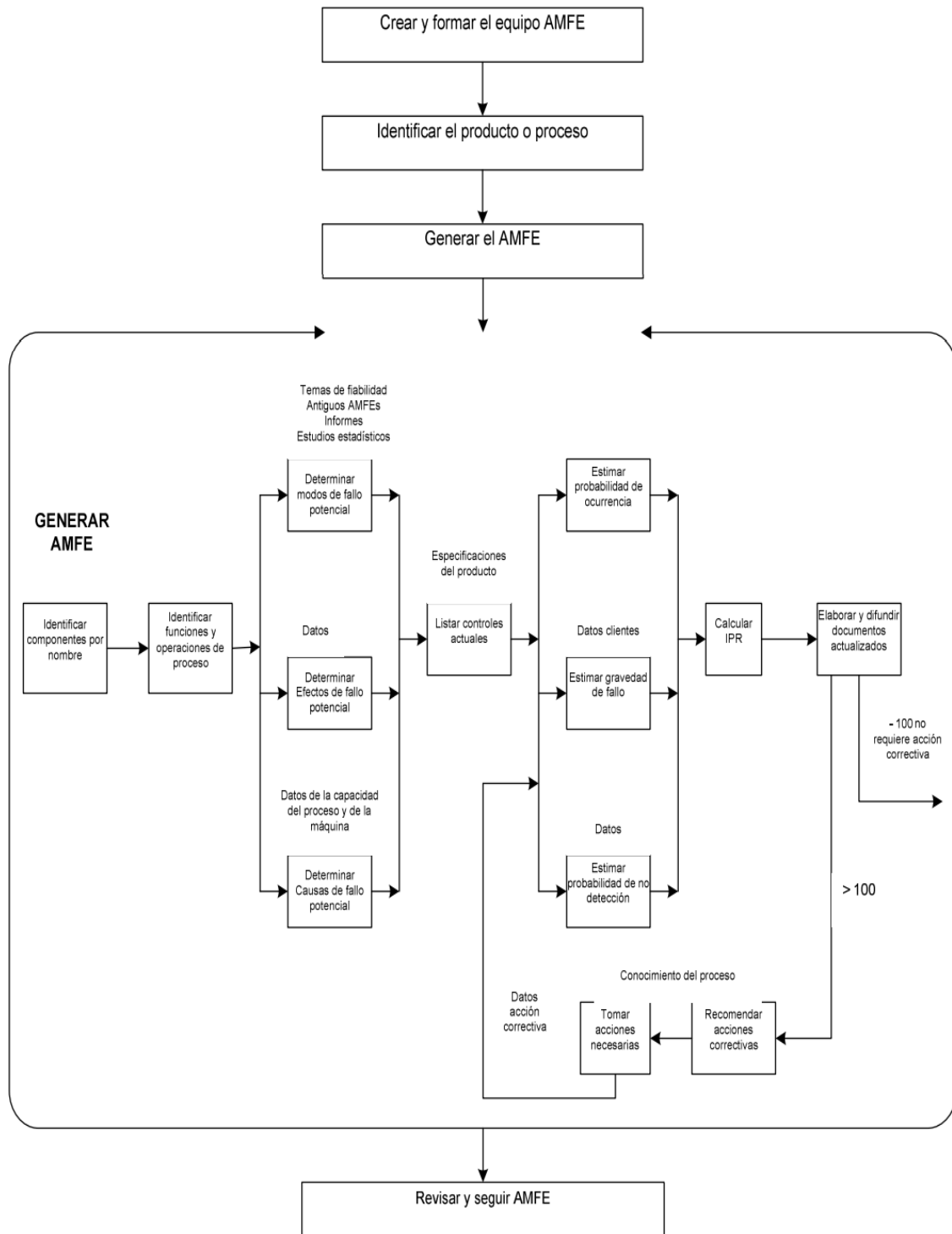


Figura 7: Diagrama del Proceso de AMFE

Fuente: Escuela Europea de Excelencia.

5.11.5 TAREAS DEL MANTENIMIENTO (AMFE)

Las tareas de mantenimiento se establecen de forma sistemática y tienen como objetivo el poder predecir prevenir o corregir las fallas.

Esto es aplicable para ciertos equipos sencillos y para algunos elementos complejos con modo de falla dominantes, y, de hecho, esto puede ser lo mejor para fallas que tengan consecuencias sin importancia, pero en el caso de que las consecuencias sean significativas hay que tomar acciones para prevenir las fallas o por lo menos reducir sus consecuencias.

Las acciones que pueden tomarse para manejar las fallas de una manera adecuada pueden dividirse en las siguientes categorías:

- **Tareas Proactivas**

Estas tareas se realizan antes de que ocurra la falla con el fin de evitar que el componente llegue a fallar. Abarca lo que es el mantenimiento predictivo y preventivo, los cuales siguiendo la terminología del RCM se denominan: Reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.

- **Acciones a Falta de que**

Estas tareas están relacionadas con el estado de falla y se llevan a cabo cuando no es posible determinar una tarea proactiva efectiva, estas incluyen búsqueda de falla, rediseño, y mantenimiento a rotura.

El RCM reconoce cada una de las categorías más importantes de las tareas proactivas.

- **Tareas a Condición**

Las tareas a condición consisten en chequear si existen estados identificables que indiquen que una falla funcional está a punto de ocurrir, o en el proceso de ocurrir de tal forma que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, debido a que los elementos

que se inspeccionan se dejan en servicio a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseados.

- **Tareas de Reacondicionamiento Cíclico**

Los equipos son revisados y sus componentes son reparados a intervalos de tiempo determinados, reacondicionando la capacidad de dicho componente antes o en el límite de edad definido, independiente del estado en el que se encuentre el equipo en ese momento.

- **Tareas de Sustitución Cíclica**

Estas tareas se realizan de manera similar a las de reacondicionamiento cíclico, solo que, en lugar de reparar los componentes, estos son descartados antes o en el límite de la edad definida, independientemente de su condición en ese momento.

Para la elaboración de las tareas de mantenimiento el RCM se basa en los siguientes principios:

- Si la falla de una función es no evidente, tomar una acción preventiva solo vale la pena si esta reduce el riesgo de una falla múltiple asociada dicha función a un nivel bajo aceptable.
- Si la falla tiene consecuencias contra la seguridad o el medio ambiente, llevar a cabo una acción preventiva merece la pena hacerla solo si reduce el riesgo de esta falla a un nivel realmente bajo, o si lo suprime totalmente, si esto no se logra, el componente debe rediseñarse.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total que representa el realizarla durante un cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y de la reparación durante el mismo periodo de tiempo.

5.12 GESTIÓN DE RIESGO

La gestión integral de los riesgos es un proceso estructurado, consistente y continuo implementado a través de toda la organización para identificar,

evaluar, medir y reportar amenazas y oportunidades que afectan el poder alcanzar el logro de los objetivos.

La Gestión de Riesgos también se puede definir como la identificación, medición y evaluación colectiva de todos los riesgos que afectan el valor de la organización, así como la definición e implementación de una estrategia en el negocio y en la operación para gestionar efectivamente esos riesgos.

Para que una Gestión de Riesgos sea eficaz se debe buscar lo siguiente:

- Definir criterios de aceptación general de riesgos, de acuerdo a la actividad comercial de la organización (matriz segmento, mercado, producto y canal).
- Uso de un mapa de riesgo para definir el área aceptable de exposición, el riesgo máximo aceptable (área de peligro) y el área no aceptable de exposición al riesgo.
- Definir el tipo de pérdida que se desea estimar, su horizonte temporal, metodología o modelo.
- Diseñar mecanismos de cobertura de los riesgos, con una visión integral y comprensiva del negocio.
- Definir y estimar medidas de desempeño ajustadas por riesgos.

Los procesos de Gestión de Riesgos en organizaciones no complejas son distintos a los que se utilizan en las organizaciones de mayor complejidad. Sin embargo, no hay normas estrictas que dicten cómo debe una entidad manejar el proceso. Su grado de rigor debe cumplir con los dictados de la alta dirección, y ser apropiado en función de los riesgos en cuestión.

5.13 ¿QUÉ ES RIESGO Y OPORTUNIDAD?

En una organización se encuentran eventos, estos eventos pueden tener un impacto negativo, positivo o incluso ambos, en si se puede decir que son baches o sorpresas por el camino.

Cuando estos eventos tienen un impacto negativo se dice que son riesgos, que pueden afectar la creación de valor o dañar la existente. Los eventos con impacto positivo son oportunidades, los cuales pueden compensar a los impactos negativos o bien la posibilidad que afecte positivamente al logro de los objetivos, ayudando a la creación de valor, por lo que la organización debe establecer fórmulas para aprovechar estas oportunidades.

También se puede definir riesgo, como la probabilidad que un peligro, causa inminente de pérdida, existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente de ocurrencia incierta, pero con consecuencias factibles de ser estimadas. Además, riesgo como el potencial de pérdidas que existe asociado a una operación productiva, cuando cambian en forma no planeada las condiciones definidas como estándares para garantizar el funcionamiento de un proceso o del sistema productivo en su conjunto.

De acuerdo a lo definido anteriormente, para las organizaciones es impredecible identificar aquellos riesgos y oportunidades relevantes, a los cuales se puede ver enfrentado y que conlleven un impacto para la consecución de sus objetivos, más aún cuando la rentabilidad de su negocio está íntimamente ligada a dichos riesgos.

La identificación de estos riesgos y oportunidades es un proceso iterativo y generalmente integrado a la estrategia y planificación, y su análisis se relaciona con la criticidad del proceso o actividad y con la importancia del objetivo, más allá que éste sea explícito o implícito.

Se puede mencionar al respecto, que en las organizaciones se requiere identificar, valorar y cuantificar su exposición al riesgo, optimizando al mismo tiempo la rentabilidad, que se traslada directamente al cliente mediante unos precios más competitivos y la generación de mayores beneficios.

5.14 ESTÁNDARES EN LA GESTIÓN DE RIESGOS

5.14.1 DEFINICIÓN DE ESTÁNDAR

El estándar es un documento que proporciona especificaciones, requisitos, directrices o características que se pueden utilizar de manera consistente. Con ello se asegura que los materiales, productos, procesos o servicios son adecuados para su propósito.

Un estándar se debe considerar un instrumento facilitador del uso eficaz y eficiente de los recursos por, sobre todo, ya que estos se transfieren a través de proyectos en las organizaciones, por lo tanto, se convierten en una ventaja competitiva.

A continuación, una descripción general de los diferentes tipos de estándares:

- **Estándares Especiales**

Son estándares desarrollados para determinadas industrias, tales como ingeniería, construcción, etc. Son de alguna manera dedicados o dirigidos a un tipo de industria en específico. Es decir, no tienen el carácter de genérico.

- **Estándares de Factor de Gestión**

Son los estándares desarrollados por las agrupaciones de profesionales donde la información es producida, acumulada y condensada en cuerpos del conocimiento.

- **Estándares Oficiales**

Son estándares publicados por organismos oficiales de normalización. En el ámbito internacional existe la ISO. A nivel nacional existen por ejemplo BSI (“British Standards Institute”), DIN (“Deutsches Institut für Normung”), por nombrar algunas de las más importantes.

- **Modelos de Madurez**

Básicamente son modelos que encargan de medir la madurez, ya sea de una organización o procesos. Esta madurez se realiza comparando por ejemplo las capacidades instaladas en una organización con las buenas prácticas para gestión, portafolios y programas que estén alineados con estándares relacionados al área que se mide o compara.

5.14.2 ESTÁNDAR ISO

5.14.2.1 CONTEXTO DE ISO

ISO es una organización independiente e internacional, no gubernamental, y tiene una membresía de 163 organismos nacionales de normalización. A través de elle reúne expertos para desarrollar estrategias que se basan en el consenso y se comparten conocimientos, desarrollan Normas Internacionales Voluntarias y relevantes que apoyan e innovan en soluciones a retos globales.

5.14.2.2 RAZONES PARA UTILIZAR ISO

Actualmente muchas empresas del área privada o pública utilizan algún estándar ISO, y algunas participan en la construcción de estándares. Algunas empresas o industrias ven la normalización indirectamente vinculadas a su estrategia del negocio principal. Otros ven la normalización desde un enfoque altamente organizado y/o perciben el impacto de las normas en sus actividades y su desempeño.

Conclusiones de convincentes estudios que abarcan de distintos tamaños desde 25 empleados con ingresos anuales de aproximadamente USD\$ 4,5 millones a grandes conglomerados de varios miles de empleados con ingresos anuales superior a USD\$ 2.500 millones. Las que, a pesar de las diferencias de tamaño, los estudios muestran

consistentemente la obtención de beneficios tangibles al utilizar estándares ISO. Los beneficios principales son racionalización de las operaciones internas, innovación y ampliación de las operaciones, y creación o entrada a nuevos mercados. Cabe mencionar que los beneficios obtenidos están en función del estándar ISO que se utilice.

De la globalización, nace la necesidad que las empresas de prestigio realicen negocios con empresas de prestigio, buscando la confianza y seguridad del negocio. Esa confianza se sustenta a través de certificados o constancias que evidencien el buen accionar de una empresa y que el mismo este estandarizado conforme a lineamientos globales. Estos lineamientos se deben respaldar por una institución de prestigio, en este caso una institución como la ISO.

5.14.3 GESTIÓN DE RIESGOS SEGÚN ISO 31.000

La norma internacional ISO 31.000 define la gestión del riesgo como ***“actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo al riesgo”***.

El diseño e implantación de este modelo de gestión del riesgo, permite a la organización obtener lo siguiente:

- Fomentar la gestión proactiva en lugar de la reactiva.
- Ser consciente de la necesidad de identificar y tratar el riesgo en todos los niveles de la organización.
- Mejorar la identificación de oportunidades y amenazas.
- Cumplir con los requisitos legales y normativos aplicables, así como las normas internacionales.
- Mejorar la información financiera.
- Mejorar la gestión empresarial.
- Mejorar la confianza de los grupos de interés.
- Establecer una base fiable para la toma de decisiones y planificación.

- Mejorar los controles.
- Repartir y utilizar de forma efectiva los recursos para la gestión de riesgos.
- Mejorar la eficacia y la eficiencia operacional.
- Aumentar la seguridad y la salud.
- Mejorar la prevención, así como la gestión de incidentes.
- Minimizar las pérdidas.
- Mejorar el aprendizaje organizativo.
- Mejorar la resistencia organizativa.

5.14.3.1 ESTRUCTURA ISO 31.000

El enfoque está estructurado en tres elementos claves para una efectiva gestión de riesgo, los cuales son los siguientes:

- 1) Los principios de gestión del riesgo.
- 2) El marco de trabajo para la gestión del riesgo.
- 3) El proceso de gestión del riesgo.

La relación entre los principios de gestión, el marco de referencia, así como el proceso de gestión del riesgo desarrollado en la norma se resume en la figura 7.

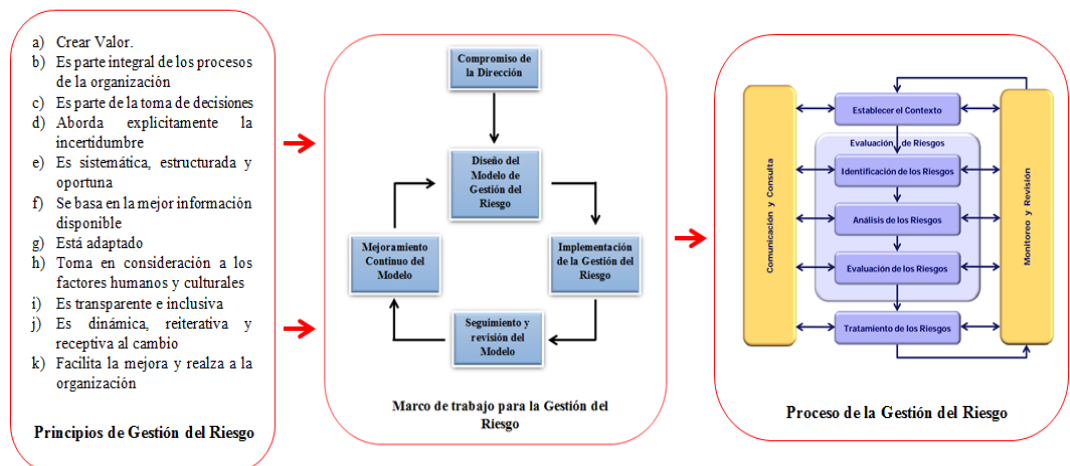


Figura 8: Estructura de ISO 31000
Fuente: Norma oficial ISO 31000:2009-Gestión de Riesgos.

5.14.3.1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS

La norma ISO 31.000:2009 establece los principios y directrices de carácter genérico sobre la gestión de riesgos

Para una mayor eficacia de la gestión de riesgos en una organización debe tener en cuenta los siguientes principios:

a) Crear y proteger valor

La gestión de riesgos contribuye de manera tangible al logro de los objetivos y la mejora del desempeño, por ejemplo, en lo referente a la salud y seguridad de las personas, a la conformidad con los requisitos legales y reglamentos, a la aceptación por el público, a la protección ambiental, a la calidad del producto, a la gestión del proyecto, a la eficiencia en las operaciones y a su reputación.

b) Está integrada en los procesos de la organización

La gestión de riesgos no es una actividad separada de las actividades y procesos principales de la organización. La gestión de riesgos es parte de las responsabilidades de gestión y una parte integral de todos los procesos de la organización, incluyendo la planificación estratégica y todos los procesos de la gestión de proyectos.

c) Forma parte de la toma de decisiones

La gestión de riesgos ayuda a las personas que toman decisiones a realizar elecciones informadas, a definir las prioridades de las acciones y a distinguir entre planes de acciones diferentes.

d) Trata explícitamente la incertidumbre

La gestión de riesgo tiene en cuenta explícitamente la incertidumbre, la naturaleza de esa incertidumbre, y la manera en que se puede tratar.

e) Es sistemática, estructurada y adecuada

Un enfoque sistemático, oportuno y estructurado de la gestión de riesgos contribuye a la eficacia y a resultados coherentes, comparables y fiables.

f) Está basada en la mejor información disponible

Los elementos de entrada del proceso de gestión de riesgo se basan en fuentes de información tales como datos históricos, experiencia, retroalimentación de las partes interesadas, observación, previsiones y juicios de expertos. No obstante, las personas que toman decisiones deberían informarse y tener en cuenta todas las limitaciones de los datos o modelos utilizados, así como las posibles divergencias entre expertos.

g) Está hecha a medida, se adapta

La gestión de riesgo se alinea con el contexto externo e interno de la organización y con el perfil del riesgo.

h) Tiene en cuenta factores humanos y culturales

La gestión de riesgo permite identificar las aptitudes, las percepciones y las intenciones de las personas externas e internas que pueden facilitar u obstruir el logro de los objetivos de la organización.

i) Es transparente e participativa

La implicación apropiada y oportuna de las partes interesadas y, en particular, de las personas que toman decisiones a todos los niveles de la organización, asegura que la gestión de riesgo se mantenga pertinente y actualizada. La implicación también permite a las partes interesadas estar correctamente representadas y que sus opiniones se tengan en cuenta en la determinación de los criterios de riesgos.

j) Es dinámica, iterativa y sensible al cambio

La gestión del riesgo es sensible de manera continuada a los cambios responde a ello. Como se producen sucesos externos e internos, el contexto y los conocimientos cambian, se realiza el seguimiento y la revisión de riesgos, surgen nuevos riesgos, algunos cambian y otros desaparecen.

k) Facilita la mejora continua de la organización

Las organizaciones deberían desarrollar e implementar estrategias para mejorar su madurez en la gestión de riesgo en todos los demás aspectos de la organización.

5.14.3.1.2 MARCO DE TRABAJO DE LA ISO 31.000

El éxito de la gestión de riesgos dependerá de la efectividad del marco para manejar los riesgos, que provee las bases y fundamentos que traspasa la organización en todos sus niveles. El marco colabora en la gestión efectiva de los riesgos, a través de los procesos de administración de riesgos en varios escenarios y contextos del servicio o entidad. El marco asegura que la información derivada de ese proceso sea adecuadamente comunicada y se utilice como una base para la toma de decisiones por parte de la autoridad y para la rendición de cuentas de las mismas.

El marco de trabajo no pretende prescribir un sistema de gestión, sino más bien ayudar a la organización a integrar la gestión de riesgo en su sistema de gestión global. Por ello, las organizaciones deberían adaptar los componentes del marco de trabajo a sus necesidades específicas.

Si las prácticas y procesos de gestión existente en una organización incluyen componentes de gestión de riesgo, o si la organización ya ha adoptado un proceso formal de gestión del riesgo

para tipos o situaciones particulares de riesgo, entonces éstos se deberían revisar y evaluar de forma crítica de acuerdo con esta norma, a fin de determinar si la gestión de riesgos ha sido adecuada y eficaz.

El marco describe los elementos necesarios para la gestión de riesgos y la forma de cómo estos componentes se interrelacionan entre sí, como se señala en la figura 4.

La descripción de los elementos del marco de trabajo de la gestión de riesgo comprende lo siguiente:

1) Mandato y compromiso

La introducción de la gestión de riesgo y el aseguramiento de su eficiencia continua requieren un compromiso fuerte y sostenido de la dirección de la organización gubernamental, así como establecimiento de una planificación estratégica y rigurosa para lograr el compromiso a todos los niveles.

2) Diseño del Marco de Trabajo de la Gestión de Riesgo

a. Comprensión de la organización y de su contexto

Antes de iniciar el diseño y la implementación del marco de trabajo de la gestión de riesgo, es importante evaluar y entender el contexto externo e interno de la organización, dado que ambos pueden influir significativamente en el diseño del marco de trabajo.

b. Establecimiento de la política de gestión de riesgo

Las políticas de gestión de riesgo deberían indicar claramente los objetivos y el compromiso de la organización en materia de la gestión de riesgo.

c. Obligación de rendir cuentas

La organización se debería asegurar que la obligación de rendir cuentas, la autoridad y las competencias apropiadas para gestionar el riesgo están establecidas, incluyendo la implementación y la mantención del proceso de gestión de riesgo y asegurando la idoneidad, eficacia y eficiencia de todos los controles.

d. Integración en los procesos de la organización

La gestión de riesgo debería estar integrada en todas las prácticas y procesos de la organización, de una manera que sea pertinente, eficaz y eficiente. El proceso de gestión de riesgo debería formar parte de los procesos de la organización, y no ser independiente de ellos. En particular, la gestión de riesgo debería estar integrada en el desarrollo de la política, la planificación, revisión de la actividad y la estrategia, y en los procesos de gestión de cambios.

e. Recursos

La organización debería proporcionar los recursos adecuados para la gestión de riesgos.

f. Establecimiento de los mecanismos internos de comunicación y de reporte

La organización debería establecer mecanismos internos de comunicación y de reporte, con objeto de apoyar y fomentar la obligación de rendir cuentas y la propiedad del riesgo.

g. Establecimiento de los mecanismos externos de comunicación y de reporte

La organización debería desarrollar e implementar un plan para comunicarse con las partes interesadas externas.

3) Implementación del Marco de Trabajo y Proceso de la Gestión de Riesgos

a. Implementación del marco de trabajo de la gestión de riesgo

Para esta actividad la organización debería realizar lo siguiente:

- Definir el calendario y la estrategia apropiados para la implementación del marco de trabajo.
- Aplicar la política y el proceso de gestión de riesgo a los procesos de la organización.
- Cumplir los requisitos legales y reglamentarios.
- Asegurar que la toma de decisiones, incluyendo el desarrollo y el establecimiento de los objetivos se alinean con los resultados de los procesos de gestión de riesgo.
- Organizar sesiones de información y de entrenamiento.

- Comunicar y consultar a las partes interesadas para garantizar que su marco de trabajo de la gestión de riesgo continúa siendo apropiada.

b. Implementación del proceso de Gestión de Riesgo

La gestión de riesgo se debería implementar de manera que se asegure que el proceso de gestión de riesgo se aplica mediante un plan de gestión de riesgo en todos los niveles y funciones pertinentes de la organización, como parte de sus prácticas y procesos.

4) Monitoreo y Revisión del Marco de Trabajo

Con objeto de asegurar que la gestión de riesgo es eficaz y contribuye a ayudar al desempeño de la organización ésta debería:

- Medir el desempeño de la gestión de riesgo respecto a los indicadores, que se revisan periódicamente en cuanto a su idoneidad.
- Medir periódicamente el progreso y las desviaciones respecto al plan de gestión de riesgo.
- Revisar periódicamente si el marco de trabajo, la política y el plan de gestión de riesgo siguen siendo apropiados, a la vista del contexto interno y externo de la organización.
- Establecer informes sobre los riesgos, sobre el progreso del plan de gestión de riesgo y sobre la forma en que está siguiendo la política de gestión de riesgo.
- Revisar la eficiencia del marco de trabajo de gestión de riesgo.

5) Mejora Continua del Marco de Trabajo

En base a los resultados obtenidos del monitoreo y de las revisiones, se deberían tomar decisiones sobre cómo mejorar el marco de trabajo, la política y el plan de gestión de riesgo. Estas decisiones deberían conducir a mejorar en la gestión de riesgo por parte de la organización, así como a mejoras de su cultura de gestión de riesgo.

5.14.3.1.3 FASES GENÉRICAS EN EL PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS

Sin perjuicio que en la actualidad existen una serie de modelos para la gestión de riesgos de mayor a menor difusión, se ha decidido utilizar un modelo genérico, que recoge en su mayor parte los elementos del proceso de gestión de riesgos contenidos en la Norma ISO 31.000, que en su desarrollo y mejora a través del tiempo permita a las entidades gubernamentales adecuarlo a otros más específicos, si es que aquello fuese necesario.

Las fases en que se desagrega este modelo genérico y que deben desarrollarse para implementar el proceso de gestión de riesgos, se señalan a continuación:

a. Establecimiento del contexto

Definición de los parámetros externos e internos a tener en cuenta cuando se gestiona el riesgo, y se establecen el alcance y los criterios de riesgo para la política de gestión de riesgo. Comprende establecer los contextos estratégicos, organizacional y de gestión en los cuales tendrá lugar el proceso de gestión de riesgos. Deben establecerse los objetivos de la evaluación del riesgo, los criterios contra los cuales se evaluarán los riesgos, el programa de evaluación

del riesgo y definirse la estructura de análisis, los roles y responsabilidades.

b. Evaluación de riesgo

La evaluación del riesgo es el proceso global de identificación del riesgo, de análisis del riesgo y de valoración del riesgo.

c. Identificación del riesgo

Proceso de búsqueda, reconocimiento y descripción de riesgos. Comprende identificar los riesgos que podrían impedir, degradar o demorar el cumplimiento de los objetivos estratégicos y operativos de la organización, así como las oportunidades que pueden contribuir al logro de los referidos objetivos.

d. Análisis del riesgo

Proceso que permite comprender la naturaleza del riesgo y determinar el nivel de riesgo. El análisis del riesgo proporciona las bases para la valoración del riesgo y para tomar las decisiones relativas al tratamiento del riesgo. El análisis debería considerar el rango de consecuencias potenciales y cuán probable es que los riesgos pueden ocurrir. Consecuencia y probabilidad se combinan para producir un nivel estimado de riesgo según la definición de la organización. Adicionalmente se debe identificar y analizar los controles mitigantes existentes.

e. Valoración del riesgo

Proceso de comparación de los resultados del análisis del riesgo con los criterios de riesgo para determinar si el riesgo y/o su magnitud son aceptables o tolerables. Comprende comparar los niveles de riesgo encontrados contra los criterios de riesgo aceptado preestablecidos por la organización, considerando el balance entre beneficios potenciales y resultados adversos. Ordenar y priorizar mediante un ranking los riesgos analizados.

f. Tratamiento del riesgo

Una vez completada la evaluación del riesgo, el tratamiento del riesgo involucra la selección y el acuerdo para aplicar una o varias opciones pertinentes para cambiar la probabilidad de que los riesgos ocurran, los efectos de los riesgos, o ambas, y la implementación de estas opciones. A continuación de esto, sigue un proceso crítico de reevaluación del nuevo nivel de riesgo, con la intención de determinar su tolerancia con respecto a los criterios previamente establecidos, para decidir si se requiere tratamiento adicional. De acuerdo al ranking de riesgos y al nivel de riesgo aceptado preestablecido por la organización, definir su tratamiento y/o monitoreo, desarrollando e implementado estrategias y planes de acción específicos, que mantengan el riesgo dentro de los niveles aceptados por la organización.

g. Monitoreo y revisión

Como parte del proceso de gestión de riesgo, los riesgos y los controles se deben monitorear y revisar de manera regular. Comprende definir y utilizar mecanismos para la verificación, supervisión, observación crítica o determinación del estado de los riesgos y

controles con objeto de identificar de una manera continua los cambios que se puedan producir en el nivel de desempeño requerido o esperado y dar cuenta de la evolución del nivel del riesgo en procesos críticos para la administración.

h. Comunicación y consulta

Los procesos continuos e iterativos que realiza una organización para proporcionar, compartir u obtener información y para comprometer el dialogo con las partes interesadas en relación con la gestión del riesgo. Comprende definir y utilizar mecanismos para comunicar y consultar con los interesados internos y externos, según resulte apropiado en cada etapa del proceso de gestión de riesgos. Dichos mecanismos deben permitir a las autoridades tomar decisiones en forma oportuna respecto de los riesgos con mayores desviaciones en relación a los niveles aceptados.

5.15 ESTANDAR API

Las normas “American Petroleum Institute” (API), en general, son establecidas para tratar problemas generales de naturaleza, ya que están mejoran la seguridad de las operaciones de la industria, garantiza la calidad, ayudan a reducir los costos, reducen desechos y minimizan la confusión a la hora de plantear el diseño y construcción, además están son revisadas y modificadas, al menos cada cinco años.

Estas normas o estándares son publicados para facilitar la amplia aplicación de las buenas prácticas en una industria específica, comprobado por la ingeniería y operación de las mismas, por lo mismo éstas no tienen la intención de eludir la necesidad de aplicar los buenos criterios de la ingeniería, ya que ayudan a llevar los productos al mercado de una forma más rápida y evitar tener que reinventar elementos o componentes cada vez que se fabrica un producto.

En este caso, la intención de las normas es servir como una especificación de comprar y utilización para los tanques en las industrias petroleras.

5.15.1 ESTANDAR API 650

La norma API 650 está basada en la acumulación de conocimiento y experiencia del fabricante y los usuarios de los tanques de almacenamiento de petróleo de varios tamaños y capacidades. Está establece como se debe construir los tanques soldados de almacenamiento de petróleo, los cuales deben tener una presión interna a la que pueden ser sometidos de 15 [Psi] y a una temperatura máxima de 90[°C]. Con estas características, son aptos para almacenar a la mayoría de los productos producidos en una refinería.

5.15.2 ESTANDAR API 653

Este estándar cubre tanques de acero al carbono fabricados de acuerdo con los estándares de API 650. Este estándar da requerimientos mínimos para el mantenimiento de tanques que han sido puestos en servicio, y cubre la inspección, reparación, alteración, relocalización y reconstrucción de los tanques de almacenamiento atmosféricos.

5.16 ALMACENAMIENTO DE PETROLEO

Almacenar la gran variedad de productos, simboliza para la industria del petróleo un gran valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos, como los que se mencionan a continuación:

- Actúa como pulmón entre la producción y el transporte para cumplir con las diferentes necesidades de los consumidores.
- Facilita la sedimentación del agua y barros del crudo antes de despacharlo por oleoductos o a destilación.
- Ofrece flexibilidad operativa a las refinerías.

- Actúan como punto de referencia en la medición de despachos de producto.

5.17 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión atmosférica, por lo que en ciertos medios técnicos se les da el calificativo de Tanques de Almacenamiento Atmosférico.

Los tanques de almacenamiento suelen ser usados ampliamente en las industrias de gases, de petróleo y química, principalmente su uso más notable es el dado en las refinerías por sus requerimientos para el proceso de almacenamiento, sea temporal o prolongado de los productos o subproductos que se obtienen de sus actividades dentro de la refinería.

5.17.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

En la figura 9 se muestra la clasificación de los tanques de almacenamiento en tres categorías, las cuales son construcción, uso y producto.

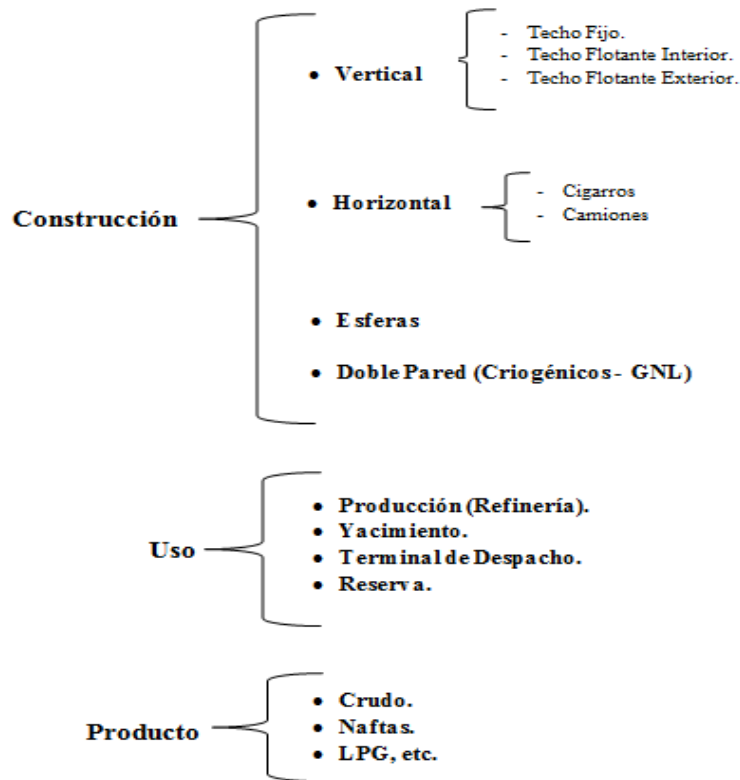


Figura 9: Clasificación de Tanques de Almacenamiento.
Fuente: Elaboración Propia.

5.17.2 TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento de Hidrocarburos son utilizados como depósitos para guardar volúmenes de productos determinados, para luego utilizarlos o comercializarlos.

Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos se pueden diferenciar entre:

1) Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano

Esta clase de tanques almacenan grandes cantidades volumétricas de producto a muy bajos costos, pero su delimitación es que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Dentro de estos tipos de tanques están los siguientes:

a. Tanque cilíndrico vertical de techo fijo

Son utilizados para almacenar productos no volátiles o de bajo contenido de productos ligeros (no inflamable) como son el agua, diésel, asfalto, petróleo, crudo, etc. Debido a que, al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Tanques con este tipo de techo se pueden diferenciar entre:

- **Techos auto soportados**

Es un techo formado aproximadamente por la superficie de un cono recto o una superficie esférica, soportado solamente en su periferia.

- **Techos soportados**

Es un techo formado aproximadamente por superficie de un cono recto o una superficie esférica, con su principal soporte proporcionado por largueros sobre vigas y columnas, o largueros sobres armaduras con o sin columnas.

b. Tanque cilíndrico vertical de techo flotante

Tanques con este tipo de techo son utilizados para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son el alcohol, gasolinas y combustibles en general.

Este tipo de techo consta de una membrana solidaria al espejo del producto que evita la formación del espacio vapor, minimizando pérdidas por la evaporación al exterior, reduciendo el daño medio ambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque.

El techo flotante del tanque puede ser interno (en el que existe un techo fijo colocado en el tanque como envolvente) o externo (este se encuentra descubierto a la atmosfera por la parte superior)

En cualquiera de los dos casos, entre la membrana y la envolvente del tanque, debe existir un sello.

2) Tanques Cilíndricos Horizontales

Los tanques cilíndricos horizontales, comúnmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que se presentan problemas por fallas de corte y flexión. Estos se utilizan para almacenar Gas Licuado del Petróleo (LPG) a una presión interior aproximada de $15 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ y a temperatura ambiente, ya que debido a su forma y dimensiones hace posible almacenar gas.

En este tipo de tanques se encuentran los cigarros y los carros tanques (camiones). Los cuales son recipientes horizontales que se emplean hasta un determinado volumen de capacidad, para recipientes mayores, se utilizan las esferas.

Los casquetes de este tipo de tanques pueden ser toriesféricos, semielípticos o semiesféricos. Sus espesores para una misma presión, temperatura y diámetro están en el siguiente orden de magnitud:

- Semielíptico: Es casi del mismo espesor que al de la envolvente.
- Toriesférico: Es aproximadamente un 75% mayor que el semielíptico.
- Semiesférico: Es casi la mitad del espesor del semielíptico.

3) Esferas

Las esferas se construyen en gajos utilizando chapas de acero. Se sostienen mediante columnas que deben ser calculadas para soportar el peso de la esfera durante la prueba hidráulica (pandeo).

Al igual que en los cigarros, todas las soldaduras deben ser radiografiadas para descartar fisuras internas que pudieran haber producido durante el montaje.

Para el acceso de la esfera cuentan con una escalera para acceder a la parte superior, para que de este modo se pueda hacer el mantenimiento de las válvulas de seguridad, aparatos de tele medición, etc.

4) Tanques Doble pared (Criogénicos – GNL)

Los tanques Criogénicos son utilizados para almacenar Gas Natural Licuado (GNL), la cual trata el gas natural (principalmente metano) reducido o licuado mediante un proceso criogénico donde se disminuye su temperatura a -160°C , reduciendo así su volumen a unas seiscientas veces, y de esta forma facilitando su almacenamiento y el transporte a través de buques metaneros hasta las plantas de regasificación. Las condiciones de mantenimiento de un tanque criogénico son ejecutadas a través de contratistas extranjeros y/o nacionales con experiencias demostradas en mantenimiento de tanques criogénicos ya que las condiciones de seguridad durante su mantenimiento son de alto riesgo.

5.18 INDICADORES FINANCIERO

Los indicadores financieros son una relación entre las cifras extractadas de los estados financieros y otros informes contables de una empresa con el propósito de reflejar en forma objetiva el comportamiento de la misma. Además, refleja, en forma numérica, el comportamiento o el desempeño de toda una

organización o una de sus partes. Al ser comparada con algún nivel de referencia, el análisis de estos indicadores puede estar señalando alguna desviación sobre el cual se podrán tomar acciones correctivas o preventivas según el caso.

5.18.1 EBITDA

El “Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization” (EBITDA), es el beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros.

El uso del EBITDA puede ser utilizado como indicador de la rentabilidad del negocio, ya que se obtiene a partir del estado de pérdidas y ganancias de la empresa. El propósito de este indicador es obtener una imagen fiel de lo que la empresa está ganando o perdiendo en el núcleo de su negocio.

El EBITDA se calcula a partir del resultado final de explotación de una empresa, sin incorporar los gastos por intereses o impuestos, ni las disminuciones de valor por depreciaciones o amortizaciones, para mostrar así lo que es el resultado puro de la empresa.

6. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en este trabajo de título fue desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento, el cual pueda describir de manera general los trabajos de las actividades y subactividades de una manera estimada basadas en experiencias en el Mantenimiento Mayor de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos. Posterior a la elaboración del modelo se dieron las recomendaciones adecuadas para su futura implementación y su respectivo análisis financiero. Esto se pudo lograr gracias a las recomendaciones emitidas por los organismos de inspecciones y por el personal de apoyo de DMMP&I de ENAP Refinerías Aconcagua. Los cuales fueron los encargados de presentar la relación entre las actividades, las que pudieron aumentar o disminuir de acuerdo con los resultados obtenidos luego de las inspecciones que se realizan a cada tanque luego de su mantención mayor requerida.

A continuación, se muestra la metodología planteada para la elaborar el modelo de gestión mantenimiento, las recomendaciones para su implementación y su análisis financiero. La elaboración del modelo se basó en el modelo de gestión de mantenimiento de 8 etapas descrito en el marco teórico de este trabajo, de este modo se espera que se cumplan los objetivos propuestos y pueda servir de guía para la estandarización del sistema propuesto.

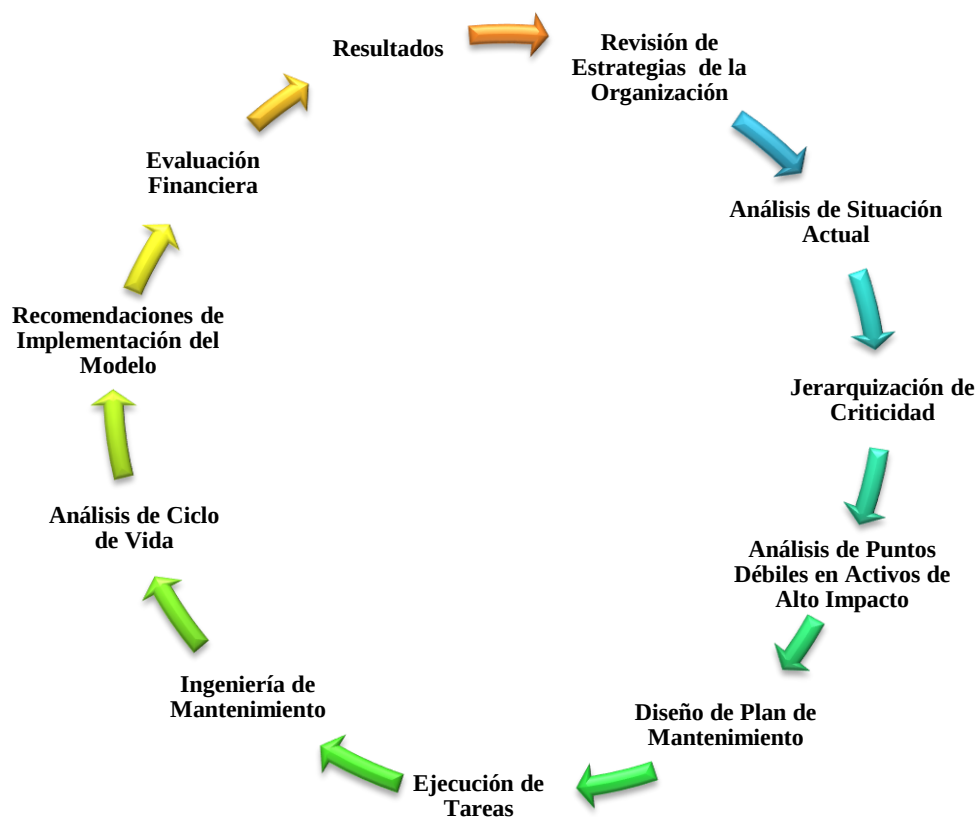


Figura 10: Esquema de Metodología Planteada
Fuente: Elaboración Propia.

6.1 REVISIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN

Esta fase, al ser el punto de partida de la metodología y el primer paso del modelo de mantenimiento de 8 etapas, busca la alineación de las prioridades del mantenimiento con las prioridades del negocio de la empresa ENAP, al tomar en cuenta los objetivos y planes determinado a nivel estratégico. Por lo tanto, busca determinar los objetivos del mantenimiento mayor de tanques de almacenamiento en base a los objetivos de ENAP en su área de negocios.

6.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Esta fase en la metodología tiene como objetivo principal efectuar la identificación del problema y caracterizarlo, con la finalidad de identificar la solución que tendrá un mayor impacto.

El análisis ha de ser aplicado en todos los ámbitos de la materia de estudio, aun cuando se estime que algunos de ellos tienen una atribución menor. Por lo que, serán identificados todos y cada uno de los factores que pudieran ser susceptibles de mejoras dado que causantes o participantes en algunos de los malos resultados obtenidos.

Existen distintas herramientas que ayudan en la identificación de problemas o causas de fallos que no se reconocen en primera instancia. Una de las herramientas que se utilizará en el diagnóstico será la realización de un análisis FODA, la cual resulta ser una de las herramientas más eficaz cuando los equipos de trabajo se deben enfrentar a la realización de un análisis de algún proceso. La metodología deberá ser aplicada a todo el equipo que esté relacionada con la tarea que se le realiza el análisis, por lo que se tiene que tener en consideración que al realizar el análisis FODA, éste podría arrojar una gran cantidad de temas por resolver, los que siendo debidamente priorizados podrán permitir que se realice el enfoque en aquellos que traerán los cambios más significativos.

6.3 JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD

Posteriormente de realizar el análisis al tema a tratar en este trabajo, se debe determinar dentro de todos los problemas encontrados cuales son los que ocasionan más efectos negativos y significativos, a estos se les denominara como factores o parámetros de criticidad, mediante un análisis de función y de criticidad.

Seleccionando los aspectos o factores que se consideran más críticos dentro del área de interés, y utilizando la metodología adecuada, participativa y/o constructiva, las causas deben quedar expresadas y priorizadas, para finalmente jerarquizar cada uno de los factores significativos evaluados que se deban ejecutar en el proyecto

En esta ocasión primero se analizará de forma general la criticidad dentro ENAP Refinería Aconcagua, para luego centrarse de forma específica en el área de interés, que en este caso serían los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos.

6.4 ANÁLISIS DE PUNTOS DEBILES EN ACTIVOS DE ALTO IMPACTO

Una vez definida la jerarquización de criticidad de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos, se deberá realizar un análisis de los puntos débiles en los activos más críticos, conociendo su estado actual de operación, sus deficiencias de funcionamiento, entorno de operación y cualquier información relevante para determinar sus necesidades de mantenimiento.

6.5 DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO

En esta etapa se considerará la información y las tareas preventivas de las consecuencias del modo de falla que tienen los activos involucrados, que en este caso serían los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos. Esta información corresponde a la analizada en la etapa anterior y las tareas se deciden para cada modo de falla, frecuencia de aplicación, responsable y el riesgo adquirido.

6.6 EJECUCIÓN DE TAREAS

Ya teniendo el plan de mantenimiento, en esta etapa se componente principalmente por la programación del mantenimiento y la realización de las tareas a ejecutar en el mismo. La programación es el proceso que se utiliza para idear y ordenar las acciones que se realizarán en el marco de un proyecto. Por lo tanto, la programación va a establecer un calendario de ejecución del proyecto, la cual tendrá que tener cuenta los tiempos, recursos y costos asociados a este.

La forma en que se realizará la programación de cada proyecto será a través de un Carta Gantt, la cual se tendrá como objetivo exponer los ejemplos más significativos en base a diferentes factores influyentes.

6.7 INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

Ya teniendo el plan de mantenimiento y su debida programación, se debe realizar las tareas de evaluación y control de la ejecución del mismo, al realizar esto permite una retroalimentación y mejorar continua del mantenimiento mayor, provocando que disminuyan errores y tiempos de la ejecución del mantenimiento mayor.

6.8 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

En la etapa final del modelo de mantenimiento, se busca determinar el costo de un activo durante su vida útil, los costos van desde que se planifica su compra hasta su retirada del ciclo productivo. Esta etapa en su mayoría al momento de buscar una renovación/reemplazo del equipo o adquirir un nuevo activo.

6.9 RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Luego de tener el modelo de mantenimiento para los tanques de almacenamiento atmosféricos, se ideará de forma teórica la manera de implementar el modelo dentro de la empresa, especialmente dentro de la división correspondiente.

6.10 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera considera únicamente la vertiente monetaria de un proyecto con el objetivo de tener en cuenta la rentabilidad en términos de flujos de dinero.

En este trabajo se realizará una evaluación financiera estimativa, la corresponderá a una comparación entre el indicador financiero EBITDA, las pérdidas/ganancias y las deudas de la empresa ENAP en un periodo de tiempo representativo.

6.11 RESULTADOS

Finalizando el trabajo, la información, los datos, debidamente registrados en cada uno de los espacios donde se ejecutó alguna acción, será materia de preparación de un reporte final que a su vez será el inicio del nuevo proceso en su fase de diagnóstico asegurando con esto el mejoramiento continuo.

7. DESARROLLO

7.1 REVISIÓN DE ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN

7.1.1 GESTIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS CLIENTES

1) ¿Quiénes son los clientes y que quieren?

- 17,91 millones de habitantes en la República de Chile.
- Desean combustible y gas todos los días del año a cualquier hora al precio más barato posible, y además quieren que el impacto ambiental producto de los procesos no exista.

2) ¿Cuál es su Mercado?

Es el mercado de los productos derivados del petróleo en el cual tiene una participación en el mercado que supera los 60,6 % dentro del territorio nacional.

7.1.2 RECURSOS HUMANOS

1) ¿Qué es lo que les falta para desarrollar el potencial de sus trabajadores?

- La entrega de toda la información y conocimiento con respecto a la empresa y el trabajo que deban desempeñar, para que de este modo podrán cumplir de forma correcta y eficiente los objetivos de la empresa.
- El seguimiento de las capacitaciones técnicas para corroborar que si se aplicaron en el área correspondiente a su trabajo.

7.1.3 PLANIFICACIÓN ESTRATEGICA

1) ¿Cómo planifican, despliegan y ejecutan los planes?

- Desarrollan continuamente proyectos de inversión social y mitigación del impacto ambiental para la comunidad y el medio ambiente que es y puede ser afectado.
- Fortalecen la seguridad en cada una de las operaciones para la obtención de los derivados del petróleo.
- Refuerzan la estabilidad y seguridad del suministro de los combustibles entregado a los clientes.

7.1.4 GESTIÓN DE LOS PROCESOS

1) ¿Cómo se preocupan de que sus procesos de diseño, producción y comercialización sean de excelencia?

- Intentan implementar técnicas nuevas para controlar y mantener los activos de cada una de las operaciones dentro de los procesos productivos.
- Poseen los recursos para mantener el control de sus activos, y de esta manera tener una producción periódica y constante.

7.1.5 RESPONSABILIDAD SOCIAL

1) ¿Cómo se preocupan de la comunidad y se responsabilizan por los efectos que causan en ella?

- Esforzándose en implementar continuamente nuevas tecnologías para reducir las emisiones al medio ambiente, y evitar el desperdicio toxico como de RILES y RISES.

- Monitoreando constantemente todos los procesos y sus posibles efectos sobre el medio ambiente.
- Estableciendo un dialogo abierto con la comunidad, mediante medios de comunicación presenciales como no presenciales.
- Teniendo una relación de mutuo beneficio mediante iniciativas en el área de educación, cultura, capacitación, desarrollo económico, salud, deporte e infraestructura.
- Establecer transparencia y responsabilidad ambiental.
- Promover compromiso de los trabajadores con el desarrollo sostenible, el respeto social y ambiental en los territorios en los cuales la empresa está presente.
- Implementación de voluntariados corporativos, donde se brinda un espacio confiable para canalizar las inquietudes socioambientales de los trabajadores y se comprometan con la comunidad.

7.1.6 RESULTADOS

1) ¿Están consiguiendo sus objetivos? ¿Qué logran según los trabajadores, clientes y la comunidad?

- Controlan la calidad de sus equipos y procesos constantemente para lograr los objetivos deseados y poder producir los derivados del petróleo de la manera más económica para sus clientes.
- Según los trabajadores se cumplen la mayoría de los objetivos de la empresa, pero existen deficiencias en el entorno laboral, tales como, largas jornadas de trabajo, poca estabilidad laboral y medio ambiente no favorable para la salud.
- Según la comunidad y los clientes la empresa se esfuerza por tener menos impacto ambiental negativo, pero tienen algunas dificultades para lograrlo en su totalidad. Por lo que existe un descontento de la comunidad con la empresa y su producción.

7.1.7 INFORMACIÓN Y ANÁLISIS

1) ¿Cómo miden para mejorar?

- Calculan y evalúan los resultados de la planta, y de forma transparente y abierta los comparten mediante su memoria anual para la comunidad y sus clientes, además comparan sus objetivos y los resultados con otras plantas a nivel internacional, a través del análisis Solomon.
- Informan a sus clientes de forma abierta cuáles serán sus próximas mejoras y esperan así la comprensión de la modificación en los precios en que se comercializan los derivados del petróleo.

7.2 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

Con el objeto de abordar el diagnóstico del modo más integral posible, A continuación, se muestran los puntos que se abordaron para realizar el análisis y diagnóstico de la situación actual del tema a tratar.

- Resultados Históricos de Mantenimiento Mayor de Tanques de Almacenamiento.
- Análisis FODA.
- Diagnostico Técnico de un Tanque de Almacenamiento Atmosférico.

7.2.1 RESULTADOS HISTÓRICOS MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Históricamente las mantenciones mayores no han resultado del todo bien, a modo de muestra, se presentan los resultados de las mantenciones que se realizaron el periodo 2016-2017, que resulta ser el periodo más representativo de lo que estaba pasando y que gatilla finalmente en la decisión de realizar cambios en la forma de planificación de la mantención mayor de tanques.

7.2.1.1 RESULTADOS HISTÓRICOS MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO (PERÍODO ENERO 2016- MAYO 2017)

En enero de 2016 se ejecuta el nuevo Plan de Mantenimiento Mayor de Tanques de Almacenamiento Atmosféricos en ENAP Refinería Aconcagua dentro de DMMP&I. Los resultados que se obtienen de éste son los que motivan los cambios y la búsqueda de una mejora en la metodología de enfrentarlos.

- **ALCANCES DE LOS TRABAJOS**

Los alcances de los trabajos en la Mantención Mayor de Tanques de Almacenamiento Atmosférico son principalmente la limpieza de tanques en servicio con recuperación de borras y captura de agentes nocivos para la salud de las personas e impacto al medio ambiente, y el mantenimiento de tanques utilizando técnicas de soldadura y pintura que disminuyen tiempos del activo fuera de servicio.

En el plan de mantenimiento de este periodo se tuvo como proyección realizar mantención mayor a 17 tanques, ubicados tanto en el Terminal Quintero como en Refinería Aconcagua.

- **DURACIÓN DE LA MANTENCIÓN MAYOR**

La cantidad de tiempo de la detención de cada tanque se define fundamentalmente por diferentes criterios, los cuales son:

- 1) La condición en que se encuentra el tanque.
- 2) La cantidad de daños que presenta el tanque.
- 3) Efecto producido en la productividad por no estar en servicio.

En el ANEXO A Tabla 1-A se presentan los resultados obtenidos en la Mantención Mayor de Tanques de Almacenamiento del período enero 2016- mayo 2017, se muestran ahí los días programados y los reales, para cada uno de los tanques en mantención.

7.2.2 ANÁLISIS FODA DE LA MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS ERA

Un análisis FODA, podrá ser de tanta ayuda y potente como el nivel de participación que de él tengan todos quiénes tienen participación dentro de la Mantención Mayor de Tanques de Almacenamiento Hidrocarburo. De este modo, se presentan los aspectos más relevantes del análisis recogido en observación a los participantes activos de la mantención en esta área.

7.2.2.1 ANÁLISIS INTERNO

- **FORTALEZAS**

- Compromiso del personal con los servicios que realizan, en la que se demuestra la disposición para trabajar en horas fuera del horario trabajo, en los que están siempre dispuestos a trabajar hasta que se cumpla el objetivo propuesto.
- Capacidad de enfrentar adversidades repentinas y con ello realizar planes de contingencias rápidos y efectivos, demostrando que la capacidad de respuesta en enfrentar desafíos no previstos sea una de las características más fuerte del equipo de la división de mantención mayor.
- Albergan la confianza y apoyo de parte de la gerencia, en el ámbito de la ejecución de los trabajos, a pesar de los resultados que se obtengan en materia de las mantenciones

mayor. Del mismo modo, se entiende que exista amplio apoyo en las determinaciones y cambios que pudieran pretender.

- **DEBILIDADES**

- Ser una división medianamente nueva dentro del departamento de mantención, ya que tiene un periodo de servicio menor a 3 años. Esto conlleva que no se tenga una planificación regular con respecto a la mantención mayor y que todavía existan errores o problemas en su ejecución.
- No realizar suficiente innovación o la utilización de tecnologías para el mejoramiento de la mantención mayor, aun cuando, a nivel industrial existen avances importantes en equipamientos y especializaciones que permiten hacer los trabajos con mayor seguridad, en menor tiempo, y de forma sistemática.
- La relación existente entre los diferentes departamentos que se ven involucradas dentro de la realización de la mantención mayor, como por ejemplo no existe una cooperatividad entre el departamento de mantención y operaciones, por lo que la separación y poca comunicación entre los departamentos repercute directamente en la mala planificación y la definición de los alcances de los proyectos de mantenimiento.

7.2.2.2 ANÁLISIS EXTERNO

- **OPORTUNIDADES**

- Gran cantidad y variación de empresas contratistas, las cuales dan una oportunidad de empleabilidad y posibles

capacitaciones a trabajadores de la zona como de otras regiones.

- La oportunidad de tener capacitaciones regulares de certificaciones en varias áreas tanto técnicas como de seguridad, para que de esta forma el trabajador involucrado adquiriera más experiencia y mejore la ejecución de su trabajo.
- Mayor cantidad de licitaciones, lo cual implican mayores ofertas en el desarrollo profesional.
- Disminución de impacto ambiental incorporando mejoras en la estructura de los tanques de almacenamiento.

- **AMENAZAS**

- La paralización de actividades, procesos o toda la planta debido al impacto ambiental que genera la producción de derivados del petróleo, la cual puede ocasionar la producción de malos olores, contaminación por residuos líquidos o sólido, o el aumento de ruido en la zona involucrada.
- La participación sindical de los trabajadores contratistas, el cual su movimiento cada vez se ha hecho más grande dentro de los servicios de trabajo, estos plantean exigencias que llevan al límite las estimaciones y la programación, ocasionando tiempos muertos y costos no planificados.
- La ley laboral es otra de las amenazas que se presentan con mayor fuerza en los servicios de trabajo, ya que realizan cambios inminentes en el código del trabajo, haciendo que se mantengan alerta la organización para observar los cambios e impactos que esta pueda tener en el sector industrial.
- El costo de adquisición de los derivados de petróleo como los productos terminados versus el costo de refinar los hidrocarburos, el cual está ligado directamente con el costo del

crudo internacionalmente, por lo que una inestabilidad internacional afecta y perjudica la producción de derivados del petróleo.

- El poco compromiso, eficacia y diversidad de los proveedores elegidos para adquisición de elementos o equipos, los que en su mayoría son internacionales, y esto con lleva en la demora de su entrega o en la mala calidad de sus productos.
- La competencia internacional de la exportación del petróleo.

7.2.3 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE UN TANQUE

7.2.3.1 GENERALIDADES

Cuando los resultados de una inspección de un tanque de almacenamiento muestran que ha ocurrido un cambio respecto de la condición física del tanque, se requiere efectuar una evaluación para determinar su adecuación para continuar en uso.

A continuación, se detallan los factores a ser considerados dentro de la evaluación del tanque de almacenamiento requeridos en cada situación:

- a) Corrosión interna debido al hidrocarburo almacenado o acumulación de agua en el fondo.
- b) Corrosión externa debido a su exposición al medio ambiente.
- c) Deformaciones del tanque de almacenamiento existente.
- d) Análisis químico de las propiedades mecánicas de los materiales de construcción.
- e) Niveles de esfuerzos permitidos.
- f) Propiedades del hidrocarburo almacenado (gravedad específica, temperatura y corrosividad).
- g) Temperatura de diseño del metal en la localización de servicio del tanque de almacenamiento.

- h) Techos con cargas vivas externas, cargas de viento y cargas sísmicas.
- i) Base de los tanques, suelo y condiciones de asentamiento.
- j) Condiciones de operación tales como frecuencia, velocidades de llenado y de vaciado.

7.2.3.2 TECHOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Deberá identificarse la integridad estructural del techo y el sistema de soporte. Las placas del techo corroídas hasta un espesor de no menor al estipulado en la norma API o placas del techo con cualquier perforación, deberán ser reparadas o reemplazadas.

a) Techos Fijos

Los sistemas de soportes del techo (marco, armazón, columnas y bases) deberán ser inspeccionadas con exactitud por un método aceptado por el inspector responsable. Los elementos deformados, distorsionados o corroídos (tales como columnas y vigas) y accesorios dañados, deberán ser evaluados y reparados o reemplazados si fuera necesario.

b) Techos Flotante

- Áreas de placas de techo y pontones con signo de agrietamiento o perforaciones, deberán ser reparadas o reemplazar la sección dañada. Las planchas del techo que presentan perforaciones deberán ser reparadas o reemplazadas.
- Los sistemas de soporte del techo, sistemas de sellos perimetrales, accesorios tales como escalera móvil sobre el techo, equipos anti-rotatorios, sistemas de drenaje de agua, y sistemas de ventilación, deberán ser evaluados para efectuar las reparaciones o reemplazar estos elementos donde se requiera.

- La normativa guía para la evaluación de los techos flotantes se encuentra en los criterios basados en la norma API 650, Apéndice C para los techos flotantes externo, y en el Apéndice H para los techos flotantes internos.

7.2.3.3 EVALUACIÓN DEL MANTO

Defectos, deterioro u otras condiciones (tales como cambio de servicio, relocalización, corrosión mayor que la tolerancia de corrosión original) que pueden afectar adversamente el desempeño o la integridad estructural del manto de un tanque de almacenamiento, deben ser evaluados y dar una determinación con respecto a la adecuación para el servicio esperado, inspección y evaluación del tanque de almacenamiento. Estas actividades deben ser conducidas por el Ingeniero de Mantenimiento, además se debe incluir un análisis del manto para las condiciones esperadas de diseño, con base en el espesor y el material de las láminas existentes del manto.

a) Distorsiones

Las distorsiones del manto pueden incluir falta de redondez, áreas pandeadas, aéreas aplanadas o abolladuras y estrechamiento en las juntas soldadas, las cuales pueden ser causadas por varias condiciones, tales como asentamiento de la fundación, baja o alta presurización, fabricación deficiente del manto o técnicas de reparación.

b) Defectos

Defectos tales como grietas o laminaciones deben ser examinados y evaluados cuidadosamente para determinar su naturaleza y extensión, y si deberían ser reparadas. Si una reparación es necesaria, el procedimiento de reparación debe ser desarrollado e implementado y las grietas en la soldadura manto- piso deben ser removidas.

c) Viga de Viento y Refuerzos

La evaluación del manto de un tanque de almacenamiento para su adecuada puesta en servicio, también debe considerar los detalles y la condición de cualquier viga contra viento o rigizadores del manto. La degradación por corrosión de estos elementos estructurales de sus uniones al cuerpo puede volver a estos elementos inadecuados para las condiciones de diseño.

d) Soldadura del Manto

Deberá evaluarse, si las soldaduras del manto del tanque están o no en condiciones de servicio. Cualquier deterioro de las soldaduras existentes resultantes de corrosión o picadura, deberán ser evaluadas y establecerse un procedimiento de reparación apropiado para ser establecido.

e) Penetraciones (Conexiones) del Manto

La condición y los detalles de las penetraciones existentes del manto (boquillas, puertas de limpieza, etc.) deben ser revisadas cuando se evalúa la integridad del manto del tanque. Se debe revisar el tipo y tamaño del refuerzo, el espaciamiento de la soldadura, el espesor de las láminas de refuerzo y los cuellos de las conexiones, los flanges y tapas apernadas para verificar su adecuada puesta en servicio.

7.2.3.4 EVALUACIÓN DEL PISO DEL TANQUE

El mecanismo de inspección debe evaluar los aspectos de corrosión y fallas que puedan causar fugas ocasionando daños ambientales. Cada aspecto de los fenómenos de corrosión y otros mecanismos potenciales de fugas o fallas deben ser examinados. Se debe realizar evaluaciones periódicas de la integridad del piso adicionales a las inspecciones internas establecidas.

a) Causas para Fallas del Piso

La siguiente lista de causas de fugas o fallas del piso, deben ser consideradas en el momento de tomar la decisión de reparación o reemplazo del piso del tanque:

- Picaduras (pitting) internas.
- Corrosión de las uniones soldadas (soldadura y zona afectadas).
- Historia de agrietamiento de las juntas soldadas.
- Esfuerzos aplicados en las láminas del piso por cargas de los soportes del techo o por asentamiento del manto.
- Corrosión por el lado interior del piso del tanque (normalmente en forma de picadura).
- Drenaje inadecuado del piso del tanque.
- Falta de la placa anular (annular plate) del piso.
- Asentamiento no uniforme que resultan en altos esfuerzos localizados en las láminas del piso.
- Columnas de soporte del techo u otros soportes soldados al piso sin la adecuada tolerancia para el movimiento de los mismos.
- Compactado no homogéneo de la base del fondo (tales como una zona de arcilla en un parche de fundación con arena).
- Sumideros soportados inadecuadamente.

b) Detección de Fugas en el Piso

Si el piso de un tanque de almacenamiento va a ser reemplazado se debería considerar la instalación de un sistema de detección de fugas, el cual podría canalizar cualquier fuga en el fondo de tanque hacia una localización donde pueda ser fácilmente observadas desde el exterior del tanque.

El uso de sistemas de detección de fugas o de monitoreo del fondo del tanque (tales como pisos dobles o membranas impermeables y tubos de detección de fugas instalados debajo del piso del tanque) son

considerados, si satisfacen los requerimientos de evaluación periódicas entre inspecciones internas.

c) Medición del Espesor de las Láminas del Piso

Existen varios métodos disponibles para determinar la corrosión del piso por el lado del suelo. Los métodos varían en el alcance y la precisión con la que pueden medir la corrosión general y localizada (pitting).

Las herramientas de Fuga de Flujo Magnético (MFL) son comúnmente utilizadas, además de la medición de espesores con ultrasonido, las cuales usualmente se utilizan para confirmar y posteriormente cuantificar los datos obtenidos con la técnica del MFL.

d) Espesor Mínimo para Placa Anular (Annular Plate)

Debido a requerimientos de resistencia, el espesor mínimo de un anillo de la placa anular es usualmente mayor a 0,1 [in]. Las picaduras por corrosión aisladas afectan apreciablemente la resistencia de la placa, a menos que se efectué un análisis de esfuerzos, el espesor de placa anular del piso debe estar de acuerdo con lo siguiente:

- Para tanques en servicio con un producto de gravedad específica menor a 1.0 ($G < 1$), el espesor no debe ser menor que lo estipulado en la norma API 653 más cualquier tolerancia de corrosión específica.

7.2.3.5 BASE O FUNDICIÓN DEL TANQUE

Las principales causas de deterioro de la fundación del tanque de almacenamiento son:

- Asentamiento.

- Erosión.
- Agrietamiento.
- Deterioro del concreto.
 - Calcinamiento.
 - Ataque por agua bajo el piso.
 - Ataques por heladas.
 - Ataques por Alcalinos y Ácidos.

Para asegurar la adecuación para el servicio, la fundación del tanque debe ser inspeccionada periódicamente.

a) Reparación o Reemplazo de la Fundación

Parches de concreto, anillos de concreto y pilotes que estén mostrando evidencia de descascamiento, grietas estructurales o deterioro general, deben ser reparados para prevenir la filtración de agua a la estructura de concreto y la corrosión de la lámina de acero de refuerzo.

7.3 JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD

En primera instancia se realizó un análisis funcional y de criticidad tanto para ENAP Refinería Aconcagua como para los Tanques de Almacenamiento Atmosférico, para que finalmente se identificaran los sistemas, variables o parámetros más críticos de los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos.

En el análisis de criticidad de ENAP Refinería Aconcagua, se identificaron cuales procesos son los más críticos en base a distintos factores tales como frecuencia de falla, impacto operacional, flexibilidad operacional, tiempo promedio de reparación, costo de mantenimiento, impacto de seguridad e impacto ambiental. Este análisis es de carácter estimativo, por lo que solamente se tendrá una idea general de la criticidad.

Finalmente, se realizó la jerarquización de criticidad del área de estudio, que en este caso fueron los Tanques de Almacenamiento Atmosféricos.

7.3.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis funcional es una técnica que permite una fácil visualización de los sistemas en estudio, permitiendo nivelar el conocimiento del mismo entre todo el grupo de análisis. Permite identificar las funciones con sus estándares de desempeño, como:

- Cantidad y calidad de producción en rangos de operación.
- Estándares de operación como temperaturas, presiones, PH, etc. Especificados como rangos de operación.

7.3.1.1 DIAGRAMA ENTRADA PROCESO SALIDA (EPS)

Su naturaleza gráfica y esquema de caja negra permiten una fácil visualización del sistema de estudio, además una concentración en el mismo, una buena construcción del mismo permite un buen comienzo de análisis.

A continuación, se muestra el diagrama EPS de ENAP Refinería Aconcagua.

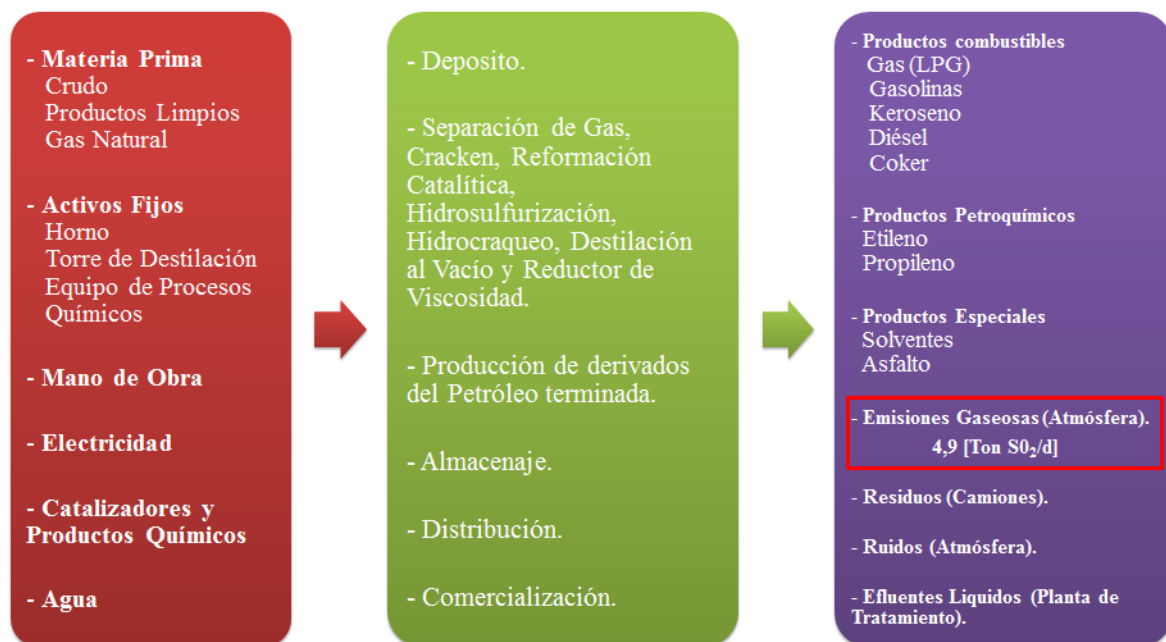


Figura 11: Diagrama Entrada Proceso Salida (EPS) de ERA
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el diagrama EPS de los Tanques de Almacenamiento de ENAP Refinería Aconcagua.

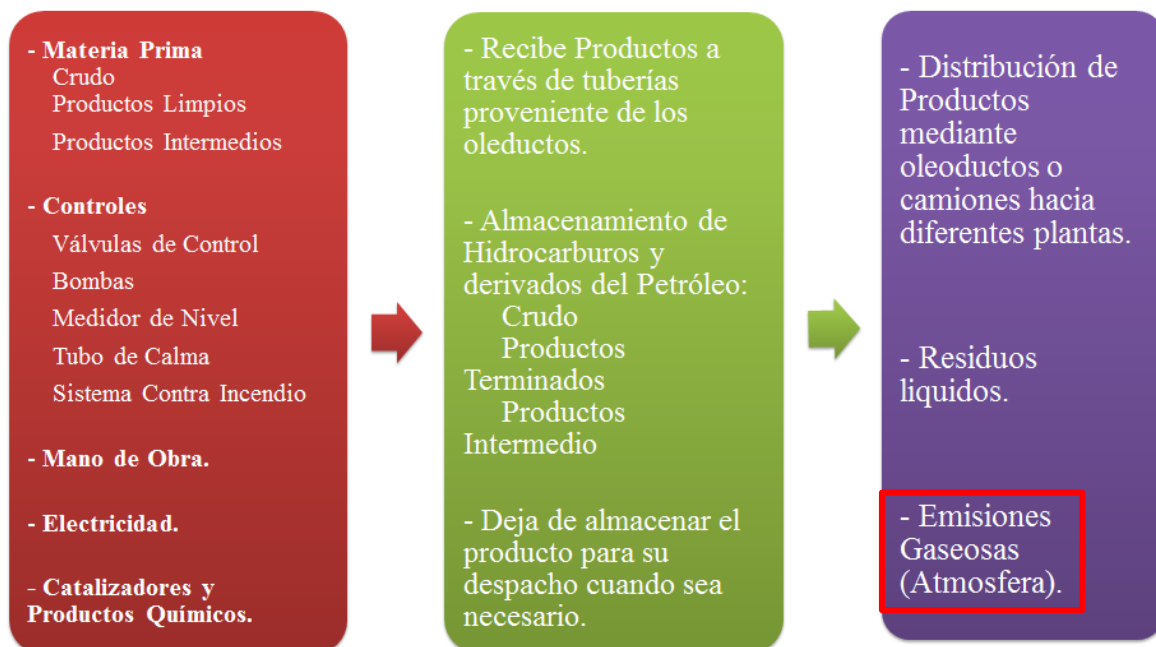


Figura 12: Diagrama Entrada Proceso Salida (EPS) de Tanques de Almacenamiento ERA
Fuente: Elaboración Propia.

7.3.1.2 DIAGRAMA FUNCIONAL

Si es el sistema con el cual se trabaja es complejo se puede dividir en subsistemas, este diagrama muestra esta subdivisión, la cual permite una clara explicación de los procesos sin la complejidad de los diagramas comunes como de procesos, y es una manera fácil de introducir a cualquier en las discusiones del proceso.

A continuación, se muestra el diagrama funcional de ENAP Refinería Aconcagua.

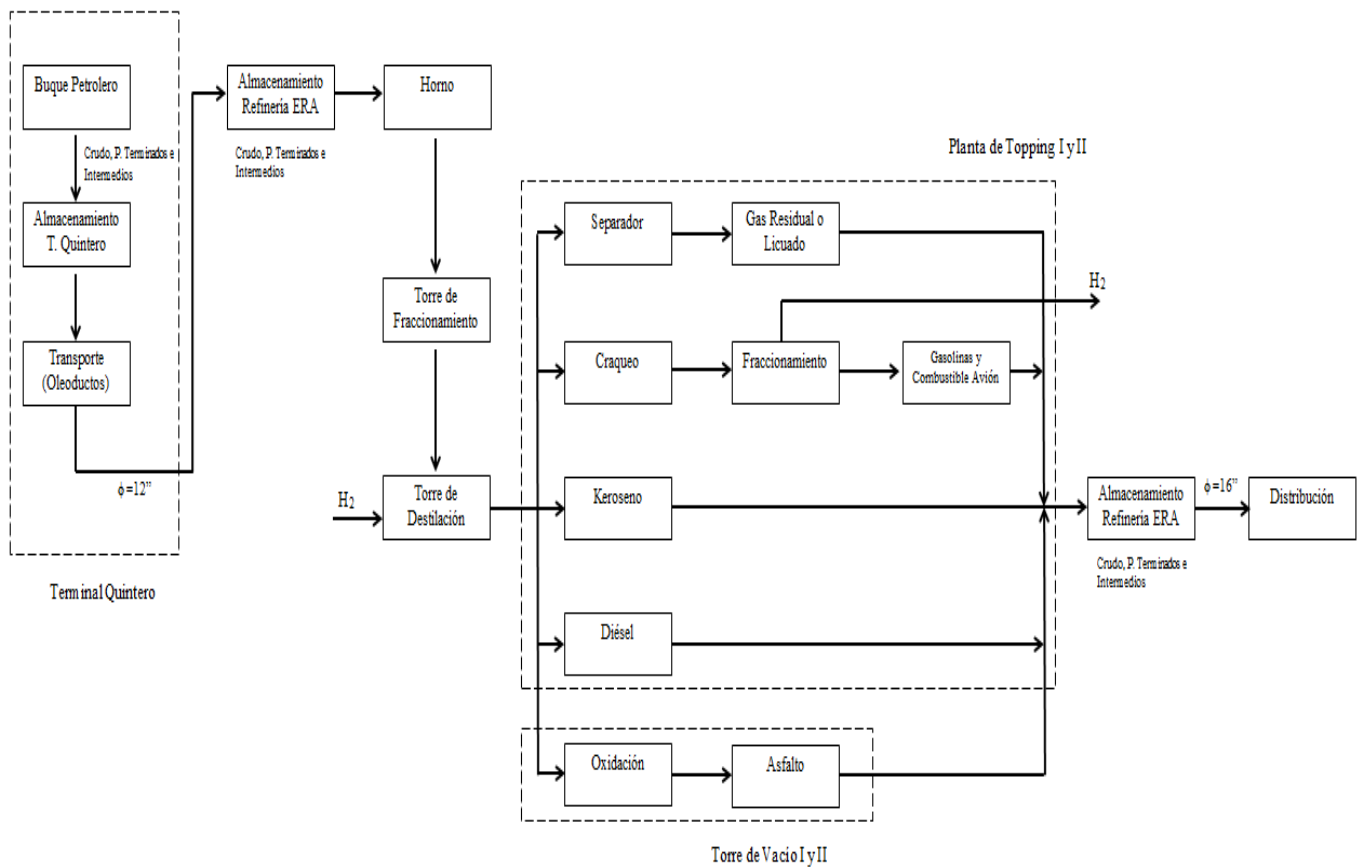


Figura 13: Diagrama Funcional de ERA
Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA ACONCAGUA

El análisis de criticidad permite establecer un orden de importancia de los sistemas en función del riesgo asociado a los mismos. Está basado en los conceptos de riesgo, donde el riesgo lo podemos definir como el producto de la probabilidad, frecuencia de falla y las consecuencias de las mismas.

La fórmula para el cálculo de análisis de criticidad es la siguiente:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

Dónde:

Consecuencia = {(Impacto Operacional *Flexibilidad *TPPR) + Costo de Mantenimiento + Impacto Seguridad + Impacto Ambiental}.

Para el desarrollo del análisis de criticidad se ha elaborado la tabla 1, la cual muestra los criterios basados en la información obtenida sobre la empresa, tales como registro de actividades, registro de incidentes, etc.

Frecuencia de Falla	
Menos de 1 falla por año	1
Entre 1 y 20 fallas por año	2
Entre 20 y 60 fallas por año	3
Entre 60 y 100 fallas por año	4
Mayor a 100 fallas por año	6
Flexibilidad	
Existe opción de producción	1
Hay opción de repuesto	2
No existe opción de producción ni función de repuesto	3
Costo de Mantenimiento	
Menos de \$100.000.000	2
Entre \$100.000.000 y \$600.000.000	5
Entre \$600.000.000 y \$900.000.000	7
Más de \$900.000.000	10
Impacto ambiental	
No	0
Si	7

Impacto Operacional	
No genera ningún efecto significativo	1
Impacta en niveles de calidad	4
Parada de subsistemas y repercusión sobre otros	7
Parada total del sistema	10
Tiempo Promedio de Reparación (TPPR)	
Menos de 20 días	1
Entre 20 y 50 días	2
Entre 50 y 70 días	4
Más de 70 días	6
Impacto seguridad	
No provoca daños a personas e instalaciones	0
Provoca daños menores	3
Afecta instalaciones causando daños severos	5
Afecta seguridad humana	8

Tabla 1: Tabla de Criterios de Criticidad

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de los impactos en general, se han estimado en su mayoría en base a la información disponible, puesto que no se cuenta los detalles específicos en la totalidad de las áreas, como por ejemplo los tiempos promedios de reparación, frecuencia de falla, flexibilidad, lista de plantas, costos de mantención asociados e impacto operacional.

Los resultados se clasificarán de la siguiente manera:

- a) Baja criticidad < 150
- b) $150 \leq$ Media criticidad < 250
- c) $250 <$ Alta criticidad

- **Frecuencia de Falla**

A continuación, se presentan el valor estimativo correspondiente según criterio de evaluación, ya que no existe una base datos con respecto a la falla de cada equipo en cada planta.

	Frecuencia de Falla
Recepción de Petróleo	2
Almacenamiento Quintero	2
Topping (Fraccionamiento Primario)	6
Planta de Alquilación	4
Viscoreducción o Visbreaker	3
Hidrocracking	6
Torres de Vacío	4
Coquización Retardada (Coker)	6
Cracking Catalítico	4
Almacenamiento Refinería	2

Tabla 2: Tabla de Frecuencia de Falla ERA
Fuente: *Elaboración Propia.*

- **Impacto Operacional**

El impacto operacional ha sido estimado con respecto a la producción anual de [m³] y su impacto en por concepto de parada.

	Impacto Operacional
Recepción de Petróleo	10
Almacenamiento Quintero	7
Topping (Fraccionamiento Primario)	7
Planta de Alquilación	7
Viscoreducción o Visbreaker	7
Hidrocracking	7
Torres de Vacío	7
Coquización Retardada (Coker)	7
Cracking Catalítico	7
Almacenamiento Refinería	7

Tabla 3: Tabla de Impacto Operacional ERA
Fuente: *Elaboración Propia.*

- **Flexibilidad Operacional**

Este criterio se estimará en base a la disponibilidad de repuestos que pueda llegar a tener cada planta en específico.

	Flexibilidad Operación
Recepción de Petróleo	3
Almacenamiento Quintero	3
Topping (Fraccionamiento Primario)	3
Planta de Alquilación	2
Viscoreducción o Visbreaker	2
Hidrocracking	3
Torres de Vacío	2
Coquización Retardada (Coker)	3
Cracking Catalítico	2
Almacenamiento Refinería	3

Tabla 4: Tabla de Flexibilidad Operacional ERA

Fuente: Elaboración Propia.

- **Tiempo Promedio de Reparación**

Según antecedentes del tiempo de paradas de plantas, se ha estimado el tiempo promedio de reparación para cada una de estas.

	TPPR
Recepción de Petróleo	1
Almacenamiento Quintero	6
Topping (Fraccionamiento Primario)	2
Planta de Alquilación	2
Viscoreducción o Visbreaker	2
Hidrocracking	2
Torres de Vacío	2
Coquización Retardada (Coker)	2
Cracking Catalítico	2
Almacenamiento Refinería	6

Tabla 5: Tabla de TPPR ERA

Fuente: Elaboración Propia.

- **Costo de Mantenimiento**

Los costos se estimaron según información recabada en documentos otorgados por la empresa a través de su memoria anual.

	Costo de Mantenimiento
Recepción de Petróleo	2
Almacenamiento Quintero	10
Topping (Fraccionamiento Primario)	10
Planta de Alquilación	5
Viscoreducción o Visbreaker	2
Hidrocracking	7
Torres de Vacío	5
Coquización Retardada (Coker)	10
Cracking Catalítico	7
Almacenamiento Refinería	10

Tabla 6: Tabla de Costo de Mantenimiento ERA

Fuente: Elaboración Propia.

- **Impacto de Seguridad**

Los datos de impacto de seguridad se estimaron en base a los resultados del estudio del análisis de sostenibilidad otorgado por la empresa ENAP.

	Impacto de Seguridad
Recepción de Petróleo	3
Almacenamiento Quintero	8
Topping (Fraccionamiento Primario)	8
Planta de Alquilación	5
Viscoreducción o Visbreaker	5
Hidrocracking	8
Torres de Vacío	5
Coquización Retardada (Coker)	8
Cracking Catalítico	5
Almacenamiento Refinería	8

Tabla 7: Tabla de Impacto de Seguridad ERA

Fuente: Elaboración Propia.

- **Impacto Ambiental**

Los datos de impacto ambiental se estimaron en base a los reportes emitidos por parte de la empresa en su memoria anual y en su análisis de sostenibilidad.

	Impacto medio ambiente
Recepción de Petróleo	7
Almacenamiento Quintero	7
Topping (Fraccionamiento Primario)	7
Planta de Alquilación	7
Viscoreducción o Visbreaker	7
Hidrocracking	7
Torres de Vacío	7
Coquización Retardada (Coker)	7
Cracking Catalítico	7
Almacenamiento Refinería	7

Tabla 8: Tabla de Impacto Ambiental ERA

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.3 RESULTADO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA ACONCAGUA

Una vez establecidos los valores de todos los criterios de evaluación, corresponde realizar el cálculo final y así determinar los elementos más críticos del sistema. La tabla que detalla todos los valores y resultados se encuentra en el ANEXO B.

La figura a continuación muestra un gráfico de barras correspondiente a los resultados mostrados en la Tabla B-1 (ver ANEXO B), donde se pueden identificar por color rojo los elementos de alta criticidad, amarillo media criticidad y verde para los de baja criticidad.

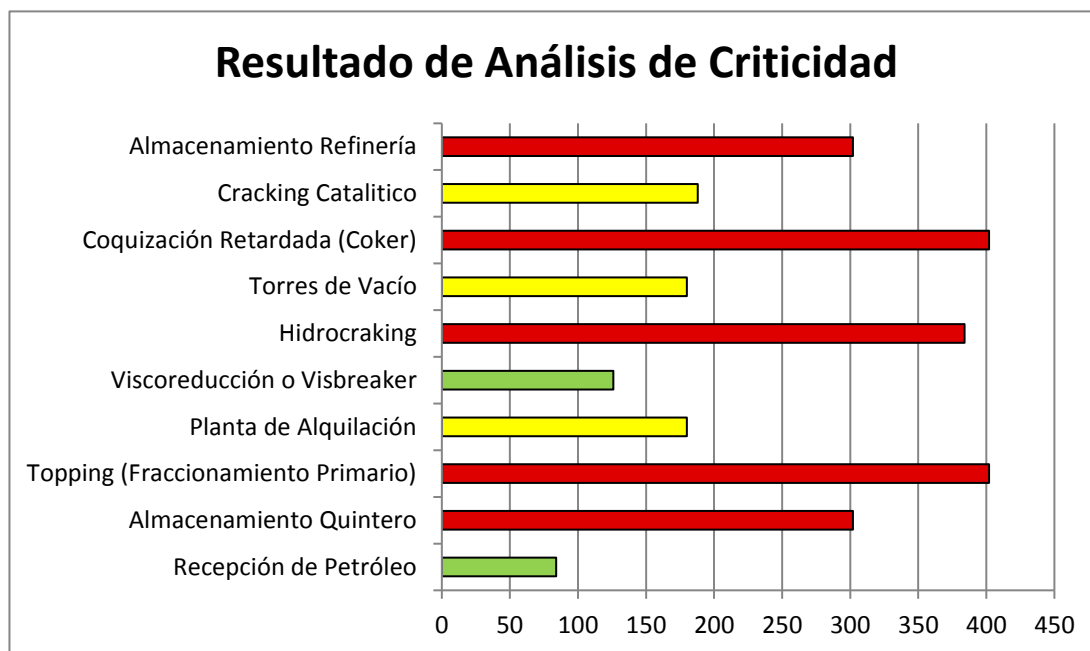


Gráfico 1: Resultado de Análisis de Criticidad
Fuente: Elaboración Propia.

Del gráfico 1 se desprende estimativamente las plantas o procesos más críticos de ENAP Refinería Aconcagua, los cuales son:

- Almacenamiento Refinería
- Topping (Fraccionamiento Primario)
- Hidrocracking
- Coquización Retardada (Coker)
- Almacenamiento Quintero

7.3.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para poder identificar los sistemas, variables o parámetros más críticos que se encuentran en los tanques de almacenamiento atmosféricos, se tiene que realizar un diagnóstico del plan de mantenimiento actual de los tanques.

A continuación, se muestran cuáles son los factores más críticos que afectan a los tanques de almacenamiento atmosférico, estos son:

- La capacidad del tanque de almacenamiento.
- El tiempo transcurrido desde su última inspección.
- El tipo de producto que almacena.
- La condición en que se encuentra el tanque.
- La cantidad de daños que presenta el tanque.

La programación de la mantención mayor de los tanques de almacenamiento se realiza en base a la criticidad que presentan, por lo que, para realizar la mantención de los tanques seleccionados, se priorizaran los que presente mayor criticidad hasta terminar con los tanques menos críticos.

De este modo, para clasificar la criticidad que tiene cada tanque dentro de ENAP Refinería Aconcagua, se utilizó la siguiente matriz:

Clase de Combustible					
1 2 3	1				
	2				
	3				
		10	15	20	25+
		Años desde su última inspección interior			

Figura 14: Matriz de Criticidad Tanques de Almacenamiento
Fuente: Elaboración Propia.

Donde el eje vertical representa la clase de combustible que almacena el tanque, y su eje horizontal la cantidad de años desde su última inspección interior.

Por lo que a mayor criticidad este se le designara con el color rojo, a mediana criticidad con el color amarillo y mínima criticidad con el color verde.

7.3.5 JERARQUIZACIÓN DE CRITICIDAD TANQUES DE ALMACENAMIENTO ATMOSFERICOS

Para poder evaluar y determinar la criticidad de cada tanque se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Criticidad} = \text{Clase de Combustible} * \text{Años desde su última Inspección}$$

Luego de obtener la criticidad de cada tanque, se utilizará la matriz antes mencionada para clasificar que tanques tienen alta, mediana y baja criticidad en ENAP Refinería Aconcagua como en el Terminal Quintero.

- Refinería Aconcagua

A continuación, en la tabla 9 se muestra la criticidad de cada tanque de la Refinería en Concón, en el ANEXO C se muestran los tanques con su respectiva clasificación de criticidad en el plano general de ENAP Refinería Aconcagua en Concón.

	TK Refinería	PRODUCTO	CLASE	Años desde su última inspección	Criticidad
1	T-3104-B	Crudo	1	18	18
2	T-302-B	Solvente #4	1	8	8
3	T-302-C	Xileno	1	2	2
4	T-303-B	Gasolina Blanca	1	2	2
5	T-303-C	Xileno	1	7	7
6	T-309-A	Aguarrás	1	1	1
7	T-309-B	Aguarrás	1	5	5
8	T-3102-A	Crudo	1	6	6
9	T-3103-A	Crudo	1	6	6
10	T-3103-B	Crudo	1	2	2
11	T-322-B	Gasolina de corte	1	2	2
12	T-325-A	Cortes Oleoductos	1	7	7
13	T-325-B	Solvente #4	1	1	1
14	T-325-C	Solvente 12	1	6	6
15	T-325-D	Gasolina de corte	1	2	2
16	T-331	Slop	1	8	8
17	T-3350	Narfa coker	1	7	7
18	T-3452	Kero Jet	2	11	22

19	T-3453	Slop Crudo	1	11	11
20	T-3454	Gasolina	1	9	9
21	T-4001-A	Slop	1	9	9
22	T-4001-A	Slop	1	6	6
23	T-4001-B	Slop	1	8	8
24	T-4001-B	Slop	1	8	8
25	T-402-A	Gasolina 97 S/P	1	2	2
26	T-403-A	Gasolina 97	1	8	8
27	T-403-B	Gasolina 97 S/P	1	15	15
28	T-405-B	Slop aceite	1	7	7
29	T-406-A	Slop aceite	1	7	7
30	T-406-B	Slop aceite	1	6	6
31	T-414-A	Nafta	1	1	1
32	T-415-B	Diésel	2	12	24
33	T-416-A	Gasolina Aviación	1	2	2
34	T-416-B	Gasolina Aviación	1	5	5
35	T-418-A	Gasolina 93	1	7	7
36	T-419-A	Gasolina	1	12	12
37	T-421-A	Gasolina topp	1	2	2
38	T-421-B	Nafta	1	10	10
39	T-430-A	Gasolina 93 / 97	1	8	8
40	T-430-B	Gasolina	1	1	1
41	T-431-B	Gasolina	1	9	9
42	T-551	Nafta, Solvente #3	1	15	15
43	T-552	Aguarrás	1	6	6
44	T-553-A	Gasolina Blanca	1	2	2
45	T-553-B	Solvente minería	1	5	5
46	T-554	Aguaras	1	14	14
47	T-555-A	Gasolina Blanca	1	3	3
48	T-301-A	Kero Jet	2	3	6
49	T-301-B	Kero Jet	2	4	8
50	T-320-A	Diésel	2	8	16
51	T-321-A	Decantado	3	10	30
52	T-321-B	Decantado	3	10	30
53	T-330-B	Diésel	2	4	8
54	T-335-A	Gas Oil	3	11	33
55	T-335-B	Gas Oil	3	2	6
56	T-336	Diésel	2	8	16
57	T-337	Diésel	2	6	12
58	T-338	Gasolina 91	2	7	14
59	T-3450	Diésel	2	9	18
60	T-362	Diésel	2	5	10

61	T-363	Kerosene	2	9	18
62	T-404-A	Asfalto	3	12	36
63	T-405-A	Diésel	2	9	18
64	T-407-B	Fuel Oil	3	7	21
65	T-415-A	Diésel	2	7	14
66	T-417-A	Aquilato	3	15	45
67	T-417-B	Aquilato	3	12	36
68	T-418-B	Diésel	2	6	12
69	T-420-A	Kerosene	2	10	20
70	T-420-B	Kerosene	2	8	16
71	T-422-A	Kero Jet	2	8	16
72	T-422-B	Kero Jet	2	8	16
73	T-423	Gas Oil	3	10	30
74	T-431-A	Gasolina 91	2	8	16
75	T-433	Fuel Oil	3	15	45
76	T-434	Aguas Acidas	3	9	27
77	T-435	Fuel Oil	3	7	21
78	T-436	Fuel Oil	3	2	6
79	T-556	Diésel	2	1	2
80	T-303-A	Cortes Oleoductos	1	Mantenición	Mant
81	T-3102-B	Crudo	1	Mantenición	Mant
82	T-318	Solvente minería	1	Mantenición	Mant
83	T-322-A	Diésel	2	Mantenición	Mant
84	T-330-A	Diésel	2	Mantenición	Mant
85	T-339	Gasolina 91	2	Mantenición	Mant
86	T-402-B	MTBE	1	Mantenición	Mant
87	T-404-B	Asfalto	3	Mantenición	Mant
88	T-414-B	Nafta	1	Mantenición	Mant
89	T-432	Decantado	3	Mantenición	Mant

Tabla 9: Tabla de Criticidad Refinería Aconcagua

Fuente: Elaboración Propia.

- Terminal Quintero

A continuación, en la tabla 10 se muestra la criticidad de cada tanque de la Refinería en Concón, en el ANEXO D se muestran los tanques con su respectiva clasificación de criticidad en el plano general del Terminal Quintero.

	TK Quintero	PRODUCTO	CLASE	Años desde su última inspección	Criticidad
1	T-5002	Gasolina/Diésel	1	4	4
2	T-5003	Gasolina/Diésel	1	5	5
3	T-5005	Crudo	1	6	6
4	T-5006	Gasolina	1	2	2
5	T-5010	Gasolina	1	8	8
6	T-5012	Gasolina	1	5	5
7	T-5014	Slop	1	8	8
8	T-5017	MTBE, gasolina	1	3	3
9	T-5020	Slop	1	5	5
10	T-5023	Kero Jet	2	11	22
11	T-5101	Crudo	1	8	8
12	T-5102	Crudo	1	2	2
13	T-5103	Crudo	1	6	6
14	T-5105	Crudo	1	8	8
15	T-5106	Crudo	1	4	4
16	T-5107	Crudo	1	8	8
17	T-5108	Crudo	1	7	7
18	T-5110	Crudo	1	11	11
19	T-5111	Crudo	1	7	7
20	T-5112	Crudo	1	10	10
21	T-5140	Slop	1	2	2
22	T-5001	Diésel	2	5	10
23	T-5007	Diésel	2	2	4
24	T-5008	Gas Oíl	2	9	18
25	T-5009	Gas Oíl	2	8	16
26	T-5011	Kerosene	2	7	14
27	T-5013	Kerosene	2	6	12
28	T-5015	IFO 380	3	7	21
29	T-5016	Decantado	3	1	3
30	T-5022	Diésel	2	6	12
31	T-5042	Agua Tratada	3	5	15
32	T-5043	Fuel Oíl	3	8	24
33	T-5044	IFO 380	2	3	6
34	T-5004	Gasolina	1	Mantenición	Mant
35	T-5104	Crudo	1	Mantenición	Mant
36	T-5109	Crudo	1	Mantenición	Mant

Tabla 10: Tabla de Criticidad Terminal Quintero.

Fuente: *Elaboración Propia.*

Para poder jerarquizar los tanques dependiendo de su criticidad, y con ello determinar cuáles tendrán una priorización en su mantención, se utilizará el siguiente esquema de jerarquización.

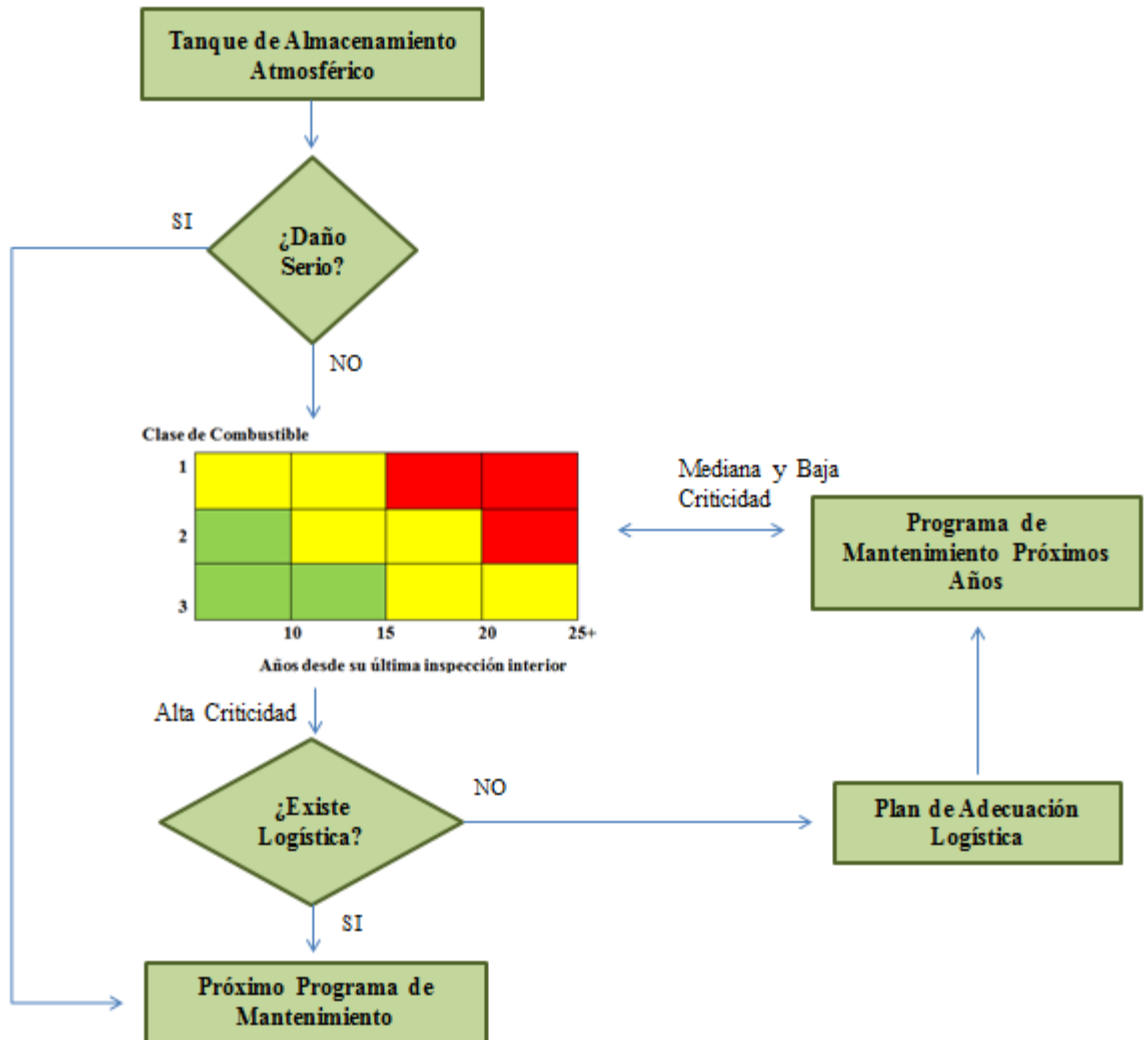


Figura 15: Esquema de Jerarquización de Tanques de Almacenamiento
Fuente: DMMP&I, ENAP Refinería Aconcagua.

El esquema de jerarquización tendrá como condiciones la magnitud de daño que existe en el tanque al momento de su inspección, la criticidad con la que se encuentra y si existe un plan logístico ya establecido para ese tanque. Se tendrán los siguientes casos:

- 1) En el caso del que el tanque se encuentre con un daño serio, este pasa inmediatamente al próximo programa de mantenimiento.
- 2) En el caso de que el tanque no presente mayor daño o este no es serio, pasara a la revisión de su criticidad, en la cual:
 - Si el tanque tiene una media o baja criticidad este pasara al programa de mantenimiento de los próximos años.
 - En cambio, si el tanque presenta una alta criticidad, se revisará si existe un plan logístico, de existir esté el tanque pasa al próximo programa de mantenimiento.
 - Si el tanque tiene una alta criticidad y no existe un plan logístico, este pasara a la ejecución de un plan de adecuación logístico, para que de esta manera pase al próximo programa de mantenimiento de los próximos años.

7.4 ANÁLISIS DE PUNTOS DEBILES EN ACTIVOS DE ALTO IMPACTO

Luego de realizar el análisis de criticidad a los Tanques de Almacenamiento, se determinó que los tanques con mayor impacto son los que almacenan productos de Clase 1 y que la cantidad de años desde su última inspección sea más de 15 años.

Por lo tanto, en un tanque que tiene estas características se pueden identificar las siguientes fallas o riesgos:

- Filtraciones de producto.
- Desniveles en terreno.
- Exposiciones a condiciones climáticas.
- Exposición a H₂S o emisiones de gases.
- Caída en altura.
- Inflamación.

- Obstrucción en las cañerías para drenaje/llenado de hidrocarburo.
- Funcionamiento inadecuado de los oleoductos.
- Quemaduras por altas temperaturas.
- La presión del líquido contenido en el tanque es mayor que la capacidad de hermeticidad del techo.
- Almacenar más cantidad de producto que la capacidad que puede soportar el tanque.
- Utilizar un caudal de llenado muy grande, ocasionando turbulencias dentro del tanque, aumentando la energía cinética de las moléculas, y por ende, la energía total interna. El incremento de energía se traduce en un aumento de temperatura facilitando la emanación de vapores combustibles.

En la Figura 16, se muestra de forma gráfica los riesgos asociados con los Tanques de Almacenamiento, en este caso se utilizó el diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa, el cual mostrara las causas que ocasionan el efecto de riesgo en un Tanque de Almacenamiento Atmosférico.

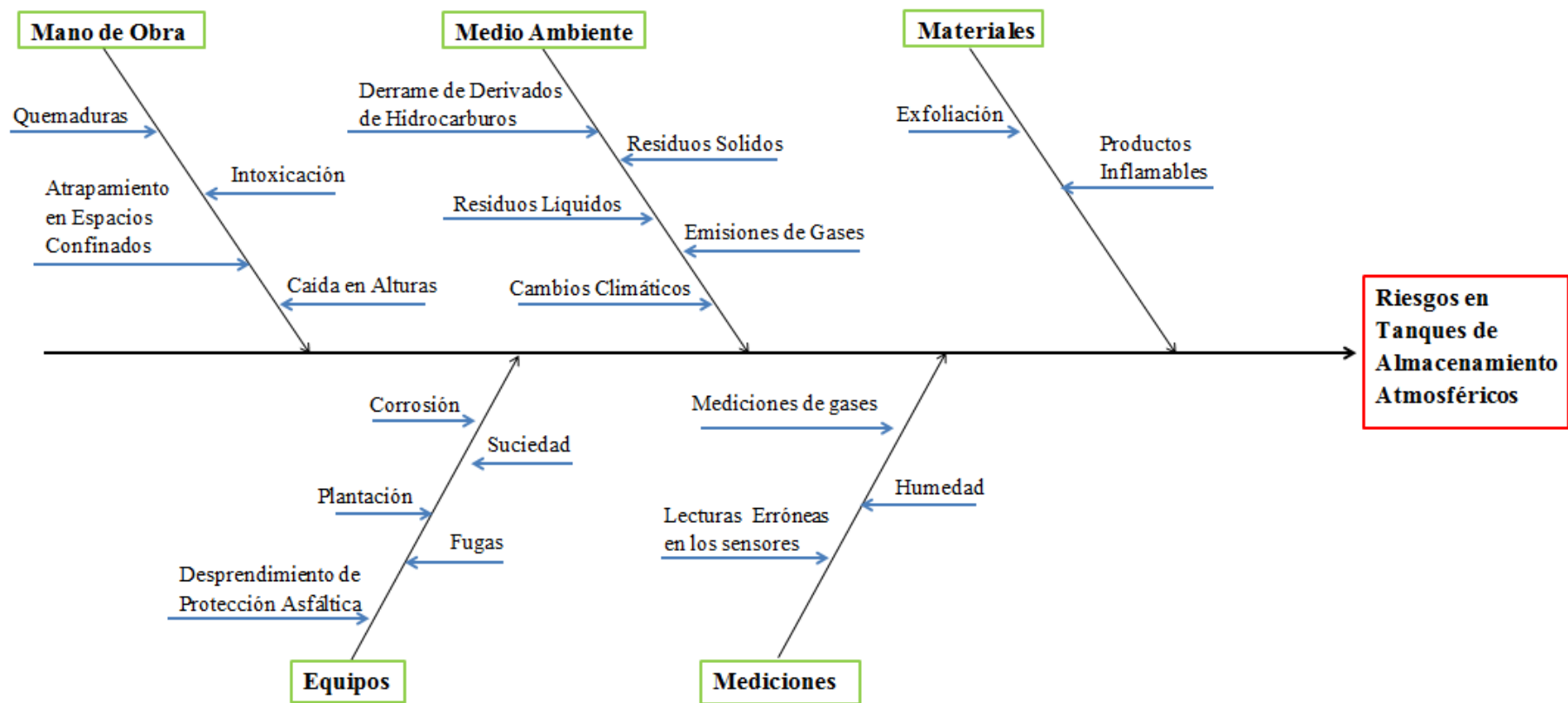


Figura 16: Diagrama de Ishikawa de Tanques de Almacenamiento Atmosférico
Fuente: Elaboración Propia.

A través, del uso de la nomenclatura de la matriz “Probabilidad/Consecuencia” que se muestra en la tabla 11, se puede obtener cuales son los casos que ocurren con mayor frecuencia y a su vez los que más impacto negativo traen al sistema, a continuación, en la tabla 12 se muestra de forma estimativa los eventos con sus respectivas frecuencias, severidades y resultado.

			Consecuencia			
			5	10	20	40
			Insignificante	Tolerable	Importante	Grave
Probabilidad	1	Rara				
	2	Ocasional				
	3	Probable				
	4	Frecuente				

Tabla 11: Tabla de Matriz Probabilidad/Consecuencia.

Fuente: Elaboración Propia.

Nº	Eventos	Probabilidad	Consecuencia	Resultado
1	Filtración de Producto	2	40	80
2	Desniveles de Terreno	3	10	30
3	Exposiciones a Condiciones Climáticas	4	20	80
4	Exposición a H2S o Emisiones de Gases	4	40	160
5	Caída en Altura	3	20	60
6	Inflamación	1	40	40
7	Obstrucciones de Cañerías para Llenado/Drenaje	1	20	20
8	Funcionamiento Inadecuado de Oleoductos	2	10	20
9	Quemaduras por Altas Temperaturas	2	40	80
10	Presión del Líquido Mayor a la Capacidad de Hermeticidad de Techo	1	40	40
11	Utilizar caudal de llenado desmedido	1	20	20

Tabla 12: Tabla de Matriz Probabilidad/Consecuencia de Tanques de Almacenamiento Atmosféricos

Fuente: Elaboración Propia.

7.5 DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL METODO DE ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

Para realizar un plan de mantenimiento basado en RCM se debe seguir las siguientes fases necesarias y consecutivas:

- 1) Codificación de Sistemas o Subsistemas.
- 2) Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE).
- 3) Descripción de las Tareas de Mantenimiento (AMFE).
- 4) Procedimiento de Mantenimiento.

Las consideraciones que se tendrán para el diseño del plan de mantenimiento en este trabajo de título, con el objetivo de dar soluciones con eficiencia, rapidez y exactitud serán los siguientes:

- Observación directa en terreno.
- Relatos sobre la experiencia del personal a cargo de la planeación del mantenimiento de los tanques.
- Revisión de archivos sobre el seguimiento de los mantenimientos a partir del año 2016, relacionado con todos los aspectos técnicos del mismo.

La información se organizó y analizo para cumplir con los objetivos propuestos.

1) Codificación de Sistemas o Subsistemas

Para la realización del plan de mantenimiento, se tiene como referencia un Tanque de Almacenamiento Atmosférico de Hidrocarburos de ENAP Refinería Aconcagua como equipo a analizar, el mismo se compone de las partes mencionado en la tabla 14, a los cuales se les considera como subsistemas.

- **Subsistemas Principales del Equipo**

El Tanque de Almacenamiento está equipado con varios subsistemas los cuales cumplen una función específica y a su vez interactúan con el sistema para llevar a cabo su objetivo.

En la tabla 13 se indican los subsistemas que componen el Tanque de Almacenamiento con sus respectivos códigos.

SUBSISTEMA	CÓDIGO
Unidad del Tanque	TK
Piso (Base)	PI
Manto	MA
Techo, Sello	TESE
Medio Ambiente	MEA

Tabla 13: Codificación de los Subsistemas de Tanque de Almacenamiento
Fuente: Elaboración Propia.

2) **Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)**

Para poder realizar el diseño del plan de mantenimiento basado en RCM, se procede a realizar el análisis haciendo uso de la herramienta denominada Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE), por lo tanto, utilizando esta herramienta se podrá realizar una metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

La realización del AMFE constituye la parte más importante dentro del proceso de desarrollo del RCM, ya que esto permite obtener la información necesaria para prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actúan sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.

- **Estructura del Cuadro de AMFE**

A continuación, se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseños como para procesos. Los pasos que siguen la secuencia indicada en el formato AMFE se presentan en la tabla 14.

Análisis Modal de Falla y Efecto													
Sistema						Subsistemas							
Operación o Función	Falla Funcional	Código de Fallo	Modo de Falla	Efectos de Fallo	Consecuencias	Causas de Fallo	G	F	D	IPR	Estado	Código de Tareas	Observaciones
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)

Tabla 14: Estructura del Cuadro de AMFE

Fuente: Escuela Europea de Excelencia.

Los números de cada una de las casillas corresponden con los pasos de aplicación del método AMFE.

En la segunda fila del formato AMFE se escribe el nombre del sistema sobre el que se va aplicar. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del sistema a analizar.

(1) Operación o Función

Este término se refiere a la función o las funciones que el subsistema debe cumplir dentro del sistema principal, por lo que en esta columna se debe detallar cada una de las funciones que el subsistema realiza dentro del sistema.

Para el desarrollo de este trabajo de título el sistema siempre va a ser el Tanque de Almacenamiento, pero el subsistema va cambiando de acuerdo a la subdivisión mencionada anteriormente.

Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los Modos de Fallas Potenciales, o bien tener una experiencia previa del producto o procesos semejantes.

(2) Falla Funcional

En esta columna se encuentran todas las posibles formas en las cuales la función de un subsistema puede verse afectada en su normal desempeño, una función puede tener una o varias fallas funcionales.

La falla funcional se define como el estado en el tiempo, en el cual el equipo o sistema no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado y trae como consecuencia que el equipo o sistema no pueda cumplir su función o la cumpla de forma ineficiente.

(3) Código de Falla

Esta columna está destinada para asignar un código a cada una de las fallas funcionales de un subsistema.

En la figura 17, se indica la codificación empleada.

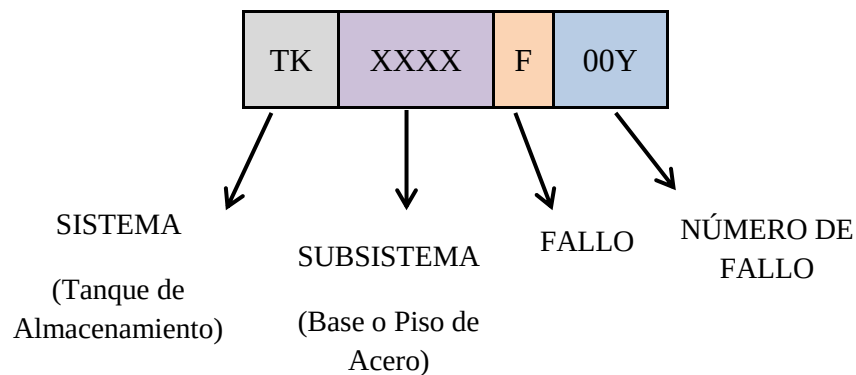


Figura 17: Codificación de la Falla Funcional
Fuente: Escuela Europea de Excelencia.

(4) Modo de Falla

Para complementar la cuarta columna se recomienda comenzar con una revisión de los informes realizados en AMFE's anteriores, relacionados con el sistema que se está analizando.

Un modo de falla o fallo significa que un elemento o sistema no satisface, o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación, con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo, se ha de considerar como tal.

Para cada función definida en (2), hay que identificar todos los posibles Modos de Fallas.

Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea:

- AMFE anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.
- Estudios de fiabilidad.
- Datos o análisis sobre reclamaciones de clientes tanto internos como externos.
- Los conocimientos de los expertos mediante la realización de lluvias de ideas o procesos lógicos de deducción.

En este trabajo de título, para la elaboración de esta parte se hizo de forma estimativa con la información que se tenía, ya que eran muy pocos o no existían los datos antes mencionado para la realización de la parte de modo de falla del AMFE.

La identificación correcta de los modos de fallas es el factor básico para la determinación adecuada de las actividades de mantenimiento a realizar, por esta razón se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Nivel de Falla.
- Causas raíces de fallas funcionales.
- Modos de fallas con sus respectivos niveles de ocurrencia que deben ser registrados.

(5) Efectos de Fallas

Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos de este, tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas, los cuales generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave.

La descripción del efecto de falla debe incluir si la ocurrencia del modo de falla se hace evidente a partir de una señal lumínica, sonora o ambas, además la descripción del efecto de falla debe incluir si la aparición del modo de falla se evidencia por efectos físicos, tales como ruidos fuertes, humo, escapes de vapor, olores inusuales o derrames de líquidos en el piso.

Los puntos que debe contener una descripción de los efectos de un modo de falla son:

- Que evidencias hay de que ocurrió la falla.
- Como afecta la seguridad y el ambiente.
- De qué manera afecta a la producción o las operaciones, es decir, si es necesario parar el proceso, impacta la calidad, impacta hacia el servicio al cliente o se producen años a otros sistemas.
- Ocurren daños físicos ocasionados por la falla.
- Como se puede reparar la falla.

(6) Consecuencias

En esta columna se encuentra el ¿Cómo? Y ¿Cuándo? Afecta cada modo de falla en la operación de un sistema. El RCM clasifica a las consecuencias en cuatro tipos, de tal forma que se asigna una sola de estas a cada modo de falla.

- **Modos de fallas con consecuencias ocultas o no evidentes**

No ejercen ningún efecto directo, pero si exponen al equipo a otro tipo de fallas cuyas consecuencias son más graves.

Están asociados a elementos de seguridad (hidráulico, mecánico, neumático), mal diseño de estos y en sistemas automatizados por mala programación del control.

- **Modos de fallas con consecuencias contra la seguridad (humana y ambiental)**

Las consecuencias de este tipo de fallas ocurren en funciones que son evidentes, un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad si pueden lesionar o matar a alguien, tienen consecuencias para el medio ambiente si infringen alguna normativa municipal, regional, nacional o internacional relativa al medio ambiente.

- **Modos de fallas con consecuencias no operacionales**

Surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales no afectan de forma importante a la seguridad, ambiente y operaciones. Este tipo de falla solo origina consecuencias económicas involucrando solo el costo directo de la reparación.

(7) Causas de Falla

En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de falla. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas pueden ser orientadas hacia las causas pertinentes.

Entre las causas típicas de falla podrían citarse las siguientes:

- **En diseño:** Porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga, etc.
- **En proceso:** Daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, etc.

Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas Causa-Efecto, Diagramas de relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de falla concebibles que pueda asignarse a cada modo de falla.

Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de falla puede ser provocado por dos o más causas en cadena.

Como un paso adicional se debe establecer o identificar los sistemas de controles actuales diseñados para prevenir las posibles causas de falla.

Esta información se obtiene de análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similares al objeto de estudio.

(8) Índice de Gravedad (G)

La evaluación de este índice se realiza en una escala de 1 al 10 en base a una “Clasificación de Gravedad”, que se muestra en la tabla 15, y que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja Repercusiones Imperceptibles	No es razonable esperar que esta falla de pequeña importancia origine efecto real sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1

Baja Repercusiones Irrelevantes apenas Perceptibles	El tipo de falla originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderado Defectos de Relativa Importancia	La falla produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observara deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	La falla puede ser crítica y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de falla potencial muy crítica que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

Tabla 15: Clasificación de la Gravedad del Modo de Falla
Fuente: Folleto de Ingeniería de Mantenimiento, EPN.

Cada una de las causas potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo Índice de Gravedad.

(9) Índice de Frecuencia (F)

La evaluación de este índice se realiza en una escala de 1-10 en base a una “Tabla de Ocurrencia”, la cual se muestra en la tabla 16.

Gravedad	Criterio	Valor	Probabilidad
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1	0,0001
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3	0,0002 – 0,0005

Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5	0,001 - 0,005
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8	0,01 – 0,02
Muy Alta	Fallo casi Inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10	0,05 – 0,10

Tabla 16: Clasificación de la Frecuencia/Probabilidad de Ocurrencia del Modo de Falla
Fuente: Folleto de Ingeniería de Mantenimiento, EPN.

Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la Causa Potencial de Falla.

Para reducir el índice de frecuencia, hay que emprender una de las siguientes acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de falla pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de falla.

La recomendación que se da para reducir el índice de frecuencia de una causa es atacar directamente la “raíz de la misma”.

(10) Índice de Detección (D)

Se evalúa, para cada causa de fallo, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de falla resultante antes de llegar al cliente en una escala 1 al 10 en base a una “Tabla de Detección”, la cual se muestra en la tabla 17.

Gravedad	Criterio	Valor	Probabilidad
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1	0,0001
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad posteriormente.	2-3	0,0002 – 0,0005
Mediana	El defecto es detestable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4-6	0,001 - 0,005
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8	0,01 – 0,02
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10	0,05 – 0,10

Tabla 17: Clasificación de la Facilidad de la Detección del Modo de Falla
Fuente: Folleto de Ingeniería de Mantenimiento, EPN.

Para determinar el índice D se supondrá que la causa de falla ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el Modo de falla resultante.

Cuanto más tarde y difícil sea detectar la falla existente, más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Para mejorar el índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de costo, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad.

Los tres índices anteriormente mencionados son independientes y para garantizar la homogeneidad de su evaluación, estas serán realizadas por el mismo grupo de análisis.

(11) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Para cada causa de falla o fallo, de cada uno de los modos de falla, se calcula el Índice de Prioridad de Riesgo Multiplicando los Índices de gravedad (G), de frecuencia (F) y de detección (D) correspondientes.

$$IPR=G*F*D$$

El valor resultante oscila entre 1 y 1.000, donde 1.000 es el mayor potencial de riesgo.

(12) Estado

En esta columna se hace referencia a los resultados obtenidos en el IPR, determinando si se requiere o no una acción correctiva para una causa de falla, siendo normal si el IPR es menor o igual a 100, y presentando un alto riesgo para el funcionamiento del sistema si el IPR es mayor a 100 en cuyo caso se requiere de una acción correctiva.

(13) Código de Tarea

En esta columna se ubica un código de tarea para cada una de las causas de falla. Este código de tarea tiene como finalidad el ayudar a encontrar con facilidad la tarea de mantenimiento correspondiente a cada una de las causas de falla.

En la figura 18, se indica la codificación a utilizarse.

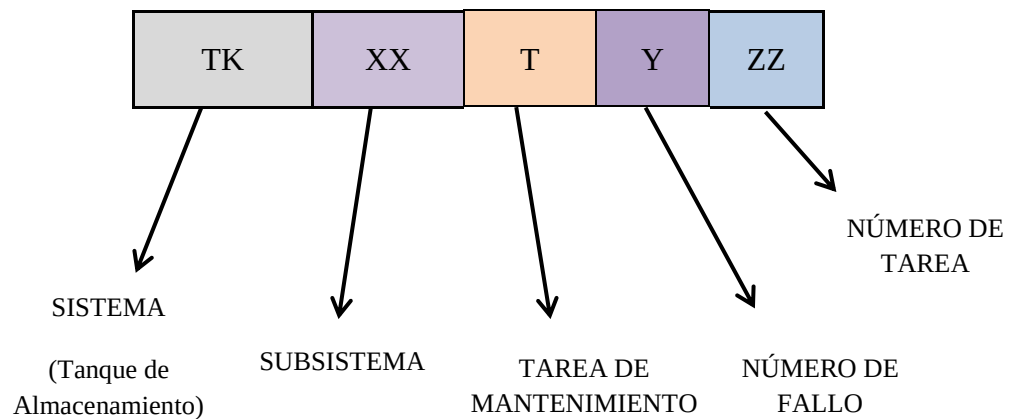


Figura 18: Codificación de la Tareas de Mantenimiento
Fuente: Escuela Europea de Excelencia.

(14) Observaciones

Esta columna se la utiliza con el fin de mejorar la interacción entre los diferentes subsistemas cuando la ocasión lo amerite, así como la de relacionar el cuadro AMFE con el cuadro de correctivos AME que se detalla más adelante.

Con la finalidad de cumplir estos objetivos para el primer caso se localiza en esta columna las observaciones que permitan a través de los códigos de falla, ubicar de forma rápida y sencilla en otros subsistemas las causas raíces que provocan modos de falla en el subsistema analizado.

En el ANEXO E está el cuadro AMFE del Tanque de Almacenamiento.

3) Descripción de las Tareas de Mantenimiento (AMFE)

Ya determinados los modos de falla del sistema que se analiza y clasificados éstos según su criticidad, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten evitar o minimizar sus efectos. Desde luego, este es el punto fundamental de un estudio RCM.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son de cinco tipos, los cuales son:

- Tareas de Mantenimiento.
- Mejoras.
- Formación del Personal.
- Modificación de Instrucciones de Operación.
- Modificación de Instrucciones de Mantenimiento.

No sólo se obtiene un conjunto de tareas de mantenimiento que evitarán estas fallas, sino que además se obtendrán todo un conjunto de otras medidas, como un listado de modificaciones, un plan de formación, una lista de procedimientos de operación necesarios. Todo ello, con la garantía de que tendrán un efecto muy importante en la mejora de resultados de una instalación.

- **Estructura de las Tareas de Mantenimiento**

Una vez desarrollado el cuadro AMFE, se procede a determinar cada una de las tareas de mantenimiento relacionadas con dicho cuadro.

A continuación, se indican los pasos necesarios para la elaboración de las Tareas de Mantenimiento, estos pasos siguen la secuencia indicada en el cuadro de Tareas de Mantenimiento que se presenta en la tabla 18.

TAREAS DE MANTENIMIENTO								
Código de Tarea	Nombre	Estrategia	Descripción	Período	Duración Estimable	Repuestos	Herramientas	Perfil del Personal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

Tabla 18: Cuadro de Tareas del Mantenimiento
Fuente: Escuela Europea de Excelencia.

(1) Código de Tarea

Este código de tarea es la misma que tienen las causas de falla, así como el AMFE.

(2) Nombre

Este paso está relacionado con la actividad da desempeñarse dentro de la tarea.

(3) Estrategia

Se refiere al tipo de mantenimiento que se va aplicar en la tarea respectiva.

(4) Descripción

Indica el procedimiento a seguir para llevar a cabo cada una de las tareas.

(5) Periodo

Indica el intervalo de tiempo dentro del cual debe llevarse a cabo la tarea del mantenimiento correspondiente.

(6) Duración Estimada

Tiempo estimado de duración que requiere para llevar a cabo la tarea de mantenimiento correspondiente.

(7) Repuestos

Elementos o componentes que se requieren para la realización de una determinada tarea de mantenimiento.

(8) Herramientas

Indica los diferentes tipos de herramientas que se requieren para la realización de las tareas de mantenimiento.

(9) Perfil del Personal

El o las personas que deben realizar la respectiva tarea de mantenimiento.

En el ANEXO F se indican las Tareas de Mantenimiento del Tanque de Almacenamiento.

4) Procedimiento de Mantenimiento

El procedimiento de Mantenimiento del Tanque de Almacenamiento Atmosféricos es el siguiente:

1. Se identifica o se presenta la necesidad de realizar mantenimiento del Tanque de Almacenamiento Atmosférico.
2. Revisar si se cuenta con contrato de servicios para realizar el mantenimiento, o se tiene que tramitar a través de una orden de servicio, y además verificar que este dentro de los montos autorizados por mantenimiento.
3. Se solicita cotización de los trabajos a realizar, para determinar el monto aproximado.
4. Se somete a consideración por la Gerencia la contratación de un prestador de servicios para los trabajos de mantenimiento.
5. Luego de analizar y dar el visto bueno para realizar los trabajos con una empresa contratista, se solicita al área correspondiente el trámite de contratación de los servicios.
6. Se solicita al prestador de servicios dar inicio a los trabajos de mantenimiento, así como presentar la programación, cantidad de personal y herramientas para realizar el trabajo.
7. Comunicar y planificar con el coordinador del Departamento de Operaciones y Sala de Control.
8. Colocar letreros y cintas de seguridad alrededor del tanque.
9. Limpiar e inspeccionar el tanque.
 - 9.1 Evaluar el total del producto.
 - 9.2 Colocar juntas ciegas en todas las entradas y salidas del producto.
 - 9.3 Abrir manholes laterales y superiores para la desgasificación natural durante 24 horas.
 - 9.4 Colocar ventiladores y extractores anti chispa para la desgasificación forzada.
 - 9.5 Verificar que no exista presencia de gases tóxicos ni inflamables interiormente.

- 9.6 Iluminar el tanque interiormente.
- 9.7 Evacuar desechos sólidos.
- 9.8 Examinar visualmente el estado de la pintura del techo y el piso.
- 9.9 Medir espesores de las planchas del piso, techo, manto y las bases de los soportes del techo para las tuberías del sistema de drenaje.
- 9.10 Identificar cordones de soldadura a repararse.
- 9.11 Analizar y diagnosticar las áreas que se encuentren corroídas para ser reemplazadas.

10. Reparación mecánica

- 10.1 Reparar los cordones de soldadura corroídos.
- 10.2 Remover las planchas del piso las cuales se encuentran deterioradas.
- 10.3 Realizar mantenimiento de juntas giratorias.
- 10.4 Prueba hidrostática del sistema de drenaje aguas lluvias del techo.
- 10.5 Si la tubería de drenaje articulado o aguas lluvia, se encuentra en mal estado se procede a su reemplazo, la cual está en función de la medición de espesores.
- 10.6 Realizar mantenimiento de la válvula retención del techo.
- 10.7 Realizar mantenimiento del sello, el cual se puede reparar por ramos o reemplazar totalmente por el desgaste.
- 10.8 Realizar mantenimiento válvulas de presión.
- 10.9 Realizar mantenimiento escalera móvil.
- 10.10 Realizar mantenimiento de la escalera fija.
- 10.11 Realizar mantenimiento de la plataforma de aforo.

11. Trabajos de acabado

- 11.1 Reparar fallas de pintura
- 11.2 Preparar las superficies y limpiarlas
- 11.3 Remover toda la pintura dañada o no adherida a la superficie.
- 11.4 Aplicar el recubrimiento o pintura.
- 11.5 Verificar los espesores de película seca y revestida.

- 12. Prueba hidrostática, con seguimiento del comportamiento de fugas al llenarse el tanque.

- 12.1 Llevar un registro del asentamiento del tanque durante la prueba.
- 12.2 Realizar las pruebas de verticalidad y horizontalidad.
- 12.3 Control de fugas
- 13. Calibración de tanque, este dependerá del porcentaje de planchas del piso que fueron cambiadas bajo la Norma API 653.
- 14. Término de los trabajos de mantenimiento por parte de la empresa contratista.
- 15. Última revisión por parte de ENAP.
- 16. Normalización de los trabajos de mantenimiento.
- 17. Certificación del tanque por parte de la SEC.
- 18. Pago por parte de ENAP de los trabajos realizados por la empresa contratista.
- 19. Entrega de Tanque a Departamento de Operaciones.

7.6 EJECUCIÓN DE TAREAS

Las ejecuciones de las tareas de mantenimiento como el procedimiento de mantención mencionado en la etapa anterior, se reflejará mediante una ejemplificación de programación para dos tipos de tanques, los cuales tienen las características más representativas dentro ENAP Refinería Aconcagua, y sus especificaciones son:

1) Tanque TK-3102-B

Producto: Crudo
Tipo de Techo: Flotante
Capacidad: 19.873 [m³]
Diámetro: 45, 72 [m]
Altura: 12 [m]

2) Tanque TK-318

Producto: Gasolina
Tipo de Techo: Cónico
Capacidad: 795 [m³]
Diámetro: 12,19 [m]
Altura: 6,8 [m].

En el ANEXO G se encuentran las programaciones de los dos tanques de almacenamiento de ENAP Refinería Aconcagua.

7.7 INGENIERÍA DE MANTENCIÓN

1) Inspección Visual Externa e Interna

- Objetivo

Evaluar el estado físico de los diferentes componentes de los tanques, identificando posibles daños o fallas para su posterior evaluación.

- Alcance

1. Inspección externa al 100% bajo lineamientos del estándar API 653, abarcando la inspección de la cimentación del tanque, placa anular, manto, techo, escalera móvil y fija, anillos rigidizantes, boquillas, accesorios, drenaje, válvulas y estructura de acceso. Esta etapa incluye la inspección tanto de materiales base como de soldaduras.
2. Inspección visual interna al 100% bajo lineamientos del estándar API 653, abarcando la inspección del piso, soldadura perimetral del piso- manto, anillos de refuerzo perimetral, soportes de techo, boquillas, accesorios internos, techo incluyendo soportes, pontón, guía anti-rotación y drenaje.

2) Medición de Espesores Empleando Ultrasonido

- Objetivo

Conocer los espesores actuales de los componentes del tanque.

- Alcances

1. Ultrasonido con haz recto automatizado y remoto en placas del manto y de forma manual en el piso y techo.

2. Ultrasonido con haz recto manual en boquillas, líneas de entrada y salida de producto.
3. Ultrasonido con haz recto manual en colector de drenaje.

3) Caja de Vacío

- Objetivo

Verificar la hermeticidad de soldaduras del piso.

- Alcance

1. Inspección al 100% de las soldaduras regulares del piso o fondo del tanque.

4) Ensayos No Destructivos

- Objetivo

Detectar defectos superficiales en soldaduras y/o metal base.

- Alcance

1. Inspección al 100% de la soldadura perimetral piso- manto y soldaduras de sumideros, así como soldaduras exteriores de las boquillas en el tanque, utilizando ensayo de líquidos penetrantes, inspección por partículas magnéticas y/o radiografías

5) Prueba Hidrostática

- Objetivo

Verificar la hermeticidad de los accesorios con uniones de soldadura o flanges, utilizando como elemento principal el agua o en su defecto un fluido no corrosivo.

- Alcance

1. La prueba hidrostática de llenado del tanque deberá cumplir con los requerimientos contractuales del cliente y conforme a los requisitos previstos en las normas API 650 y API 653.

6) Inspección Dimensional

- Objetivo

Verificar verticalidad del tanque y columnas, asentamiento y redondez del tanque.

- Alcance

1. Realizar control dimensional como única finalidad de analizar y detectar, si este presenta irregularidades, deformaciones tanto por los colapsos operacionales que presenta por condiciones o fenómenos naturales.

7.8 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

La gran cantidad de variables que se deben manejar a la hora de estimar los costos reales de un activo al largo de su vida útil, generan un escenario de alta incertidumbre. A menudo el costo total del sistema de producción no es visible, en particular aquellos costos asociados con: la operación, el mantenimiento, las pruebas de instalación, la formación del personal, entre otros. El costo de ciclo de vida se determina identificando las funciones aplicables en cada una de sus fases (diseño, fabricación y producción), calculando el costo de estas funciones y aplicando los costos apropiados durante toda la extensión del ciclo de vida.

Mediante un análisis de costo de ciclo de vida se determina el costo de un activo durante su vida útil. El análisis de un activo típico podría incluir costos de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo. Los costos de adquisición del equipo (que incluyen investigación, diseño, prueba, producción y construcción) son por lo general obvios, pero el análisis de costos de ciclo de vida depende crucialmente de valores derivados de la fiabilidad, por ejemplo, del análisis de la tasa de fallas, del costo de las piezas de recambio, de los tiempos de reparación, de los costos de los componentes, etc. Un análisis de costos de ciclo de vida resulta necesario para una óptima adquisición de nuevos equipos (reemplazo o nueva adquisición), ya que pone de manifiesto todos los costos

asociados con un activo (además del precio de adquisición), permitiendo a la gerencia desarrollar predicciones con mayor precisión.

Para tomar este tipo de decisiones es necesario conocer la curva de costos globales, como en la figura 19.

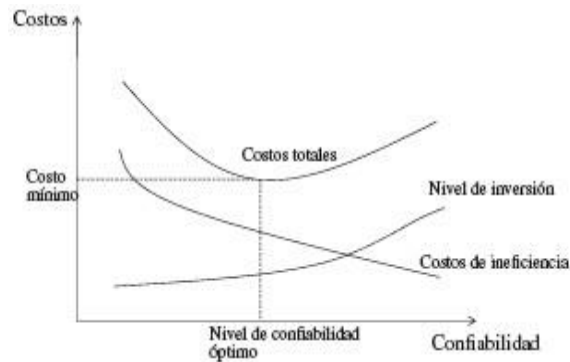


Figura 19: Curva de Costos Globales

Fuente: Revista Chilena de Ingeniería, Vol. 21.

Los costos globales son la cuantificación de todos aquellos costos generados durante el ciclo de un proyecto o instalación.

Debido a los pocos antecedentes que existen sobre los costos asociados de cada uno de los tanques de almacenamiento de ENAP Refinería Aconcagua, se toma como referencia el estudio realizado por el Ministerio de Energía el año 2011, el cual es un análisis de opciones para las reservas de seguridad de combustibles líquidos, en el cual estiman el costo total de los tanques de almacenamiento que existen en Chile. A continuación, en la tabla 19 se hace un cuadro resumen con la información recabada del estudio por el Ministerio de Energía.

Cantidad	
Cantidad de Tanques de Almacenamiento Atmosférico Chile	259
Cantidad de Tanques de Almacenamiento Atmosférico ERA	125
Costo Global	
Costo Global por Todos los Tanques de Almacenamiento en Chile (Miles de USD)	2.461.803
Costo Global por Todos los Tanques de Almacenamiento en ERA (Miles de USD)	1.188.129
Costo Global por cada Tanque de Almacenamiento en ERA (Miles de USD)	9.505
Costo Global por cada Tanque de Almacenamiento en ERA (Miles de CLP)	5.094.697

Tabla 19: Cuadro resumen de información Costos Globales
Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, el costo global considerando el tanque con la mayor capacidad dentro de la refinería, de forma estimativa y referencia es de aproximadamente nueve millones de dólares.

7.9 RECOMENDACIONES DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

A la hora en que se implemente el modelo de gestión del mantenimiento mayor de los tanques de almacenamiento atmosférico se debe aplicar las estrategias establecidas en la matriz FODA, la cuales serán FO-DO-FA-DA, con la finalidad de poder mejorar los índices de efectividad en la ejecución de la mantención mayor.

Se recomienda realizar la implementación de forma paulatina en base a las estrategias de la matriz FODA. A continuación, se muestran las estrategias que se deberían tener en consideración al momento de implementar el modelo y tenerlas como referencia para una evaluación inicial.

7.9.1 ESTRATEGIAS FO

- Tener un plan de charlas o cursos técnicos mensuales, de esta forma los trabajadores o personal del servicio de mantención mayor mantendrán y adquirirán más conocimiento de forma constante.
- Incentivar la asistencia a cursos o charlas mediante el otorgamiento de beneficios laborales, de este modo los trabajadores se sentirán motivados a realizar este tipo de actividad ocasionando la disminución de inasistencia.
- Gestionar charlas mensuales de posibles licitaciones con las empresas contratistas, para que de esta manera generar una confianza y comunicación mucho más fuerte entre cliente y la empresa de servicio.

7.9.2 ESTRATEGIAS DO

- A medida que se contratan o licitan diferentes empresas, se adquiere más experiencia en los trabajos de mantención mayor.
- Al contratar o licitar nuevas empresas existe la oportunidad de incorporar nuevos métodos y/o tecnologías para la realización de la mantención mayor.
- Al realizar más capacitaciones técnicas existe una mayor probabilidad de que se pueda crear un plan de mantenimiento técnico de forma permanente.

7.9.3 ESTRETEGIAS FA

- Revisar y analizar constantemente las leyes, códigos y normas vigentes que involucren a los trabajadores y al medio ambiente.
- Buscar modelos económicos viables y sustentables, debido a la variación de la adquisición del petróleo.

- Adquirir conocimiento del mercado sobre la comercialización y explotación del petróleo, para que de esta forma prevenir competidores agresivos.
- Dejar de adquirir materiales o insumos de proveedores que no cumplan con las exigencias que se necesitan en la mantención mayor, y que solo provocan atrasos e ineficiencia en los trabajos que se deban realizar.

7.9.4 ESTRATEGIAS DA

- Crear estrategias para fortalecer la confianza de la comunidad afectada, a través del personal que realiza los trabajos de mantención mayor.
- Crear métodos que ayuden a motivar el trabajo en conjunto entre los diferentes departamentos para optimizar las labores asociadas a cada uno de ellos.
- Implementar mejoras de forma constante para disminuir el impacto al medio ambiente y a la comunidad.
- Mantener con el sindicato de trabajadores contratista una comunicación constante y transparente, para de este modo generar confianza y apoyo en situaciones que lo amerite.

De esta manera siguiendo estas recomendaciones y siguiendo el modelo de gestión de mantenimiento de 8 etapas, se podría suponer que se obtendría una ejecución de la mantención mayor más eficiente, eficaz, estructurada y estandarizada acorde a una programación original, obteniendo tiempos y costos menores.

En el ANEXO H se encuentra la matriz FODA, con su respectivo análisis y estrategias.

7.10 EVALUACIÓN FINANCIERA

Debido a que el modelo de mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosféricos en ENAP Refinería Aconcagua no se pudo implementar al momento de hacer el trabajo de título, como consecuencia no se pudo cuantificar los efectos que se generarían financieramente en la empresa. Por lo tanto, se hará un análisis de forma cualitativa en los diferentes escenarios que se podrían generar al implementar el modelo dentro de la división de DMMP&I.

En primer lugar, se mostrarán los resultados históricos del indicador financiero EBITDA, las pérdidas/ganancias y las deudas de la empresa ENAP. En este caso se consideró los resultados históricos del periodo 2008-2017, con el fin de tener una tendencia más significativa a largo plazo.

A continuación, en la tabla 20 y el gráfico 2 se muestra el EBITDA que tuvo la empresa ENAP en el periodo considerado.

Año	EBITDA (MM USD\$)
2008	145
2009	252
2010	220
2011	372
2012	57
2013	678
2014	621
2015	742
2016	678
2017	665

Tabla 20: EBITDA de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

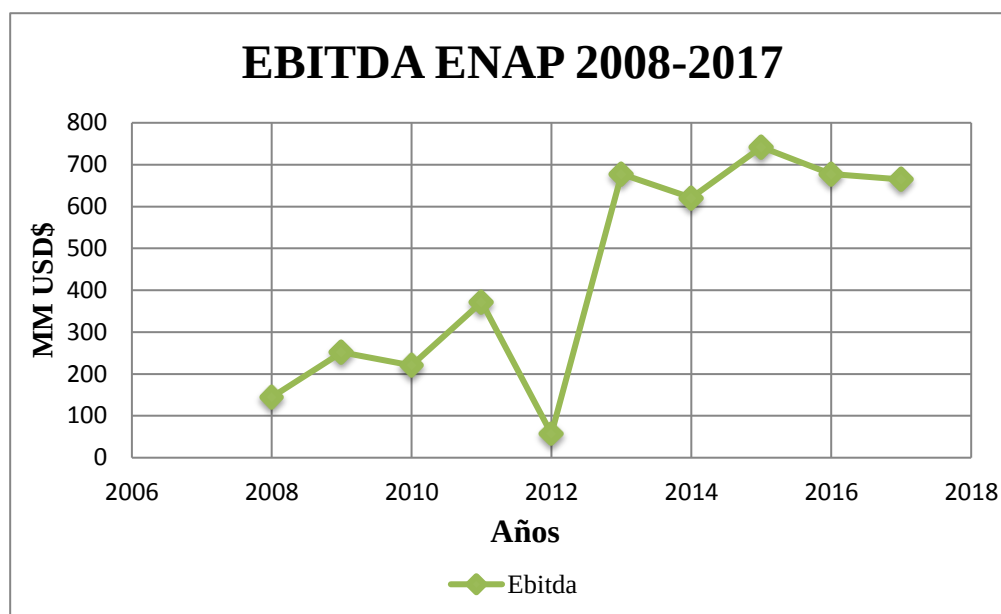


Gráfico 2: EBITDA de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

A continuación, en la tabla 21 y el gráfico 3 se muestran la Utilidades/Perdidas que tuvo la empresa ENAP en el periodo considerado.

Año	Utilidades/Perdidas después de impuestos (MMUSD\$)
2008	-199
2009	87
2010	62
2011	-67
2012	-319
2013	134
2014	157
2015	170
2016	183
2017	23,7

Tabla 21: Utilidades/Perdidas de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

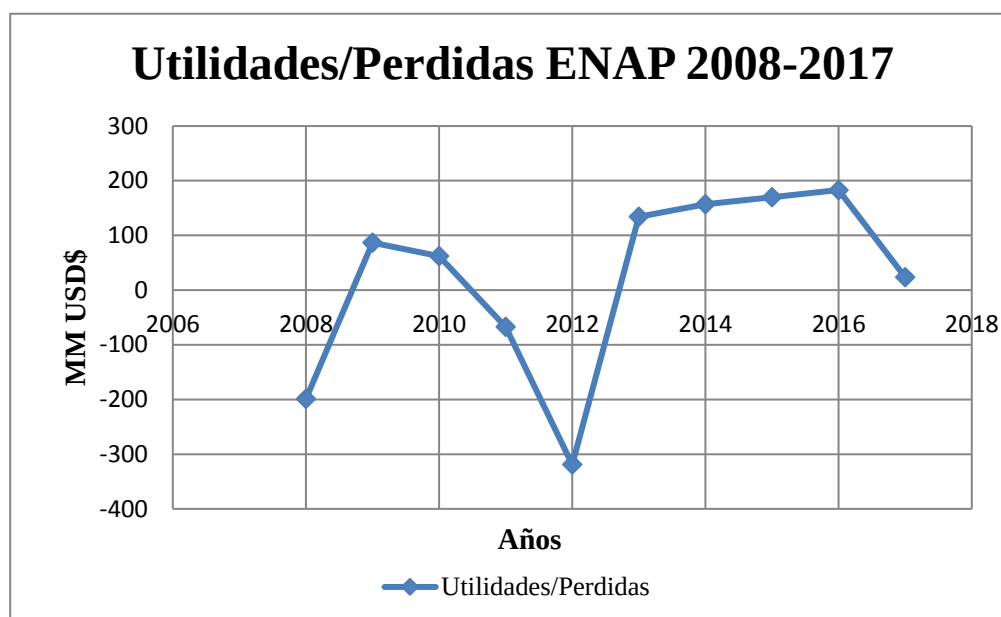


Gráfico 3: Utilidades/Perdidas de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

A continuación, en la tabla 22 y el gráfico 4 se muestran las deudas que tuvo la empresa ENAP en el periodo considerado.

Año	Deudas (MM USD\$)
2008	3637
2009	4016
2010	4032
2011	4037
2012	4155
2013	3902
2014	3811
2015	3802
2016	4007
2017	4530

Tabla 22: Deudas de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

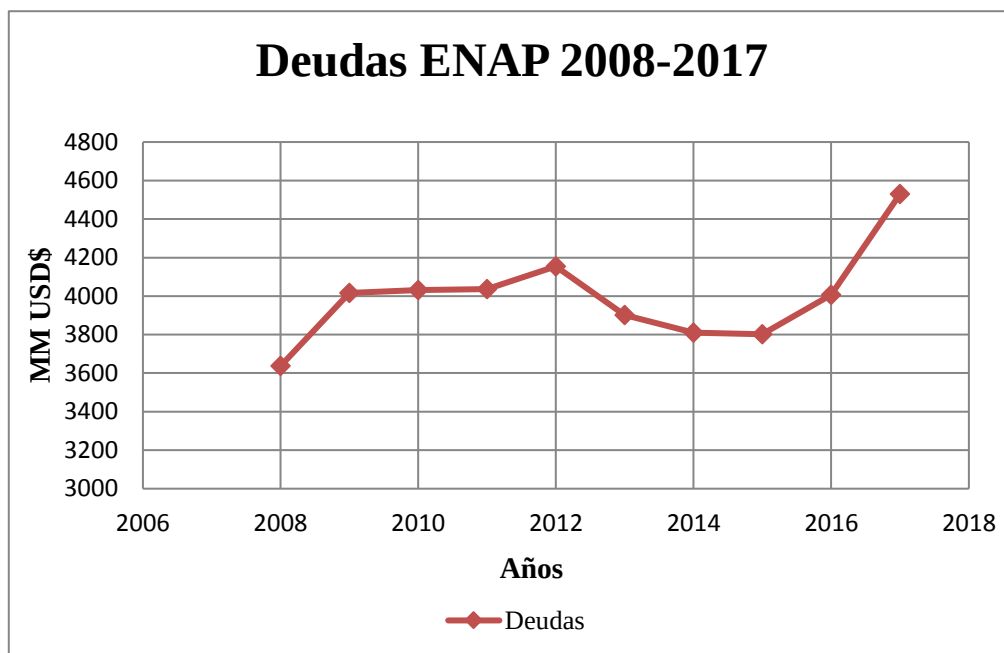


Gráfico 4: Deudas de ENAP periodo 2008-2017
Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

A continuación, en el gráfico 5 se muestran la situación financiera que tuvo la empresa ENAP en los últimos 9 años.

Situación Financiera ENAP 2008-2017

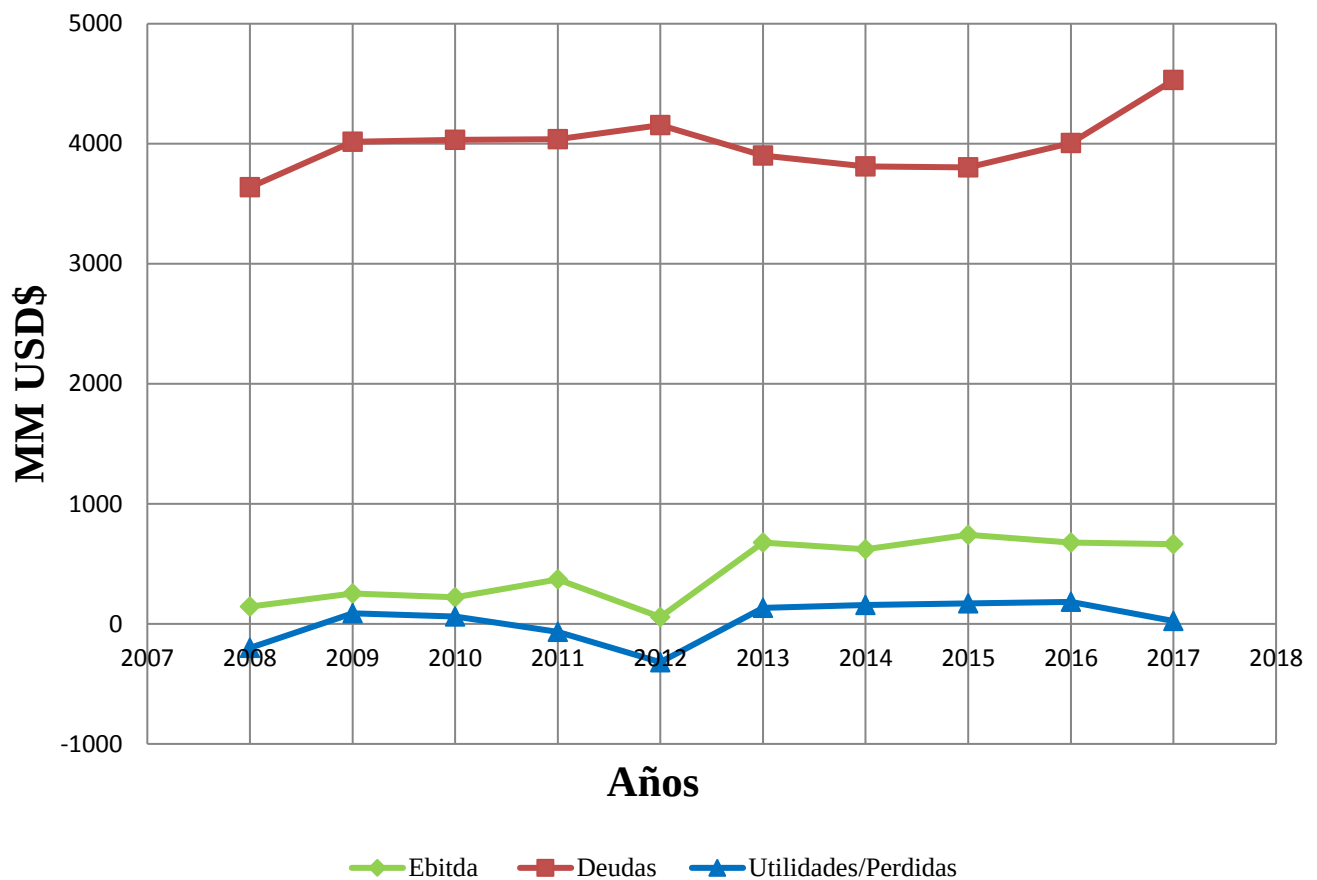


Gráfico 5: Situación Financiera de ENAP periodo 2008-2017

Fuente: Reporte de Sustentabilidad ENAP.

Luego de tener como referencia los resultados históricos de la situación financiera en que se encuentra la empresa ENAP, se puede analizar lo siguiente:

- En el caso de que, al implementar el modelo de mantenimiento de los tanques de almacenamiento atmosféricos, este afecte de manera positiva en la disminución de tiempo de mantenimiento, costos y un mayor tiempo medio entre fallas MTBF, el EBITDA de la empresa debería tener un aumento debido a que se tendría mayor disponibilidad de los equipos y una disminución de los costos asociados al mantenimiento.

- En el caso de que, al implementar el modelo de mantenimiento de los tanques de almacenamiento atmosféricos, este no cause ningún efecto significativo en el tiempo de mantención o a pesar de la disminución del tiempo de mantenimiento haya un aumento en los costos asociados como de los proveedores, materiales, mano de obra, etc. La repercusión que tendrá en el EBITDA de la empresa tendera a mantenerse constante o a disminuir.
- A pesar de la empresa en el periodo 2008-2017 haya tenido una tendencia de crecimiento o constante del EBITDA, este no considera la situación real de cómo se encuentra la empresa en el ámbito financiero, ya que en todo el periodo analizado la deuda de la empresa es en promedio de 4 mil millones de dólares y sus utilidades en ningún año del periodo analizado superan los 500 millones de dólares, por lo tanto, la empresa arrastra una deuda generando que las utilidades sean muy insignificantes con respecto a lo que debe, y esto se debe a factores tales como, al margen de refinación, es decir, venta de combustible a menor precio respecto al costo al que se compró el petróleo, baja eficiencia operacional, alto precio de la energía, restricciones en la compra del crudo, invertir más de lo que se puede, exploraciones fallidas, etc.

Por lo tanto, al disminuir el tiempo de mantenimiento, ocasionando una disminución en el costo de mantenimiento, da origen a un aumento en las utilidades y con esto un aumento en el EBITDA, pero a pesar de eso, no se contrarresta con el valor elevado de deudas que posee la empresa actualmente.

7.11 RESULTADOS

Dado que el modelo no se pudo implementar mientras se realizaba el trabajo de título en la empresa, no se pudieron obtener resultados de su implementación, por lo que al momento en que se llegara a implementar el modelo de mantenimiento de tanques de almacenamiento atmosférico, se deberá realizar un análisis de resultados, en el que se arrojarían cuáles fueron los efectos tanto positivos como negativos del modelo como de su

implementación en diferentes ámbitos tales como, seguridad, cumplimiento de los plazos originales propuestos, cumplimiento del presupuesto y si existieron inconvenientes a la hora de implementar el modelo y los cambios que conllevaba hacer esto.

Por lo cual, para obtener la mejorar continua es necesario que mantenimiento mayor de los tanques de almacenamiento atmosférico sea más eficiente y eficaz, para que de este modo cada vez que se implemente el modelo en un nuevo programa de mantención mayor, se obtengan cada vez más resultados positivos que negativos, con el objetivo de llegar al momento en que solo se obtengan resultados de forma positiva y no negativa.

CONCLUSIONES

- 1) La industria petrolera de nuestro país, específicamente en el área de almacenamiento de hidrocarburos, muestra la necesidad de tener un modelo el que incluya una planificación integral, un modelo de excelencia, análisis de situación actual, análisis de criticidad, análisis funcional, un plan de mantenimiento y sus respectivos procedimientos de mantenimiento, con el fin de asegurar un adecuado y seguro funcionamiento de los equipos, para así alargar la vida útil de los mismos.
- 2) La utilización de RBM (Mantenimiento Basado en Riesgos) en la industria petrolera en vez de RCM es de gran ayuda y utilidad, ya que es la mejor utilización de las herramientas para visualizar probabilísticamente los eventos que podrán en riesgo la disponibilidad, calidad y el rendimiento de los activos.
- 3) Se desarrolló el modelo de gestión de mantenimiento de los tanques de almacenamiento atmosférico basado en normas, guías, manuales, memorias y en las necesidades planteadas por la empresa para dar soluciones de una manera correcta y eficiente a las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo y correctivo de este.
- 4) El hecho de que el plan de mantención mayor de la división DMMP&I de ENAP Refinería Aconcagua en el área de los tanques de almacenamiento atmosféricos pueda ser guiado por un método estructurado y secuencial, facilita su aplicación en el tiempo, tornándose una actividad cada vez más familiar y sencilla de replicar, logrando una nueva cultura de mantenimiento en el área.
- 5) Al analizar de forma funcional y critica a ENAP refinería Aconcagua, se ve reflejado que los tanques de almacenamiento son uno de los subsistema más crítico que tiene ENAP Refinería Aconcagua, ya que son una parte clave e importante entre los procesos de refinación y comercializaciones de los derivados de hidrocarburos, puesto que al ser procesos continuos y consecutivos, si falla uno de estos procesos, como por ejemplo el almacenamiento del producto, la consecuencia que se origina es el no poder comercializar los hidrocarburos, por lo tanto, se para la producción en la planta, ocasionado pérdidas significativas en la empresa.

- 6) La importancia que tiene dentro de los procesos el almacenamiento de los hidrocarburos o derivados del petróleo, hace relevante la sistematización de los procedimientos del mantenimiento mayor de los tanque de almacenamiento atmosférico, ya que después de tantos años en que el mantenimiento de los tanques de almacenamiento no se le tomaba la importancia que correspondía, este se fue transformando en un pilar fundamental dentro de todas las actividades de mantenimiento de ENAP Refinerías, llegando a ser una de la áreas más influyentes dentro del departamento de mantención.
- 7) Un punto importante es la participación y colaborativa activa de los todos los niveles del personal involucrados en el desarrollo de este trabajo, quienes fueron clave en la recogida de información y datos relacionado con el tema a tratar. Gracias a esto y a una adecuada gestión, se mejora la percepción de lo propuesto en este trabajo y facilita el compromiso para la implementación de este en un futuro.
- 8) El tema del impacto ambiental en la industria del petróleo es de especial importancia por los efectos y riesgos potenciales del HSEC (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad) en la producción y productividad de la empresa, resultado de un inadecuado manejo y disposición final en el mismo, lo cual es agravado porque la problemática ambiental asociada a que éstos solamente se evidencian cuando sus efectos se han hecho presentes. Sumado a esto, existe gran incertidumbre en cuanto a la generación, cantidad, calidad y/o gestión de la contaminación y/o emisiones de gases por parte de los clientes y la comunidad.
- 9) Por el tipo de industria que es ENAP, sería necesario reforzar al organismo ambiental para un seguimiento y vigilancia ambiental estricta de los proyectos que han sido autorizados. No solo planificar sino ejecutar un programa de vigilancia ambiental, a fin de proporcionar credibilidad en la evaluación de impacto ambiental desde el inicio hasta el final de los proyectos.

REFERENCIAS

- (ENAP), D. d. (2016;2017;2018). *Proyecto Mantenición Tanques de Almacenamiento*. Concon.
- (ENAP), E. N. (2017). *Memoria Anual y Reporte de Sostenibilidad*. Santiago.
- (ENAP), E. N. (s.f.). *Empresa Nacional del Petróleo (ENAP)*. Recuperado el 2018, de <https://www.enap.cl/>
- Aguinaga.A. (s.f.). *Folleto de Ingeniería de Mantenimiento*. EPN.
- Baldin.A. (1982). *Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales*. Barcelona.
- Boucly.F. (1998). *Gestión del Mantenimiento*. Aenor.
- Chile, G. d. (2008). *Reglamento de Seguridad Para las Instalaciones y Operaciones de Producción y Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos*. Santiago.
- Chile, M. d. (2011). *Estudio Análisis de Opciones para las Reservas de Seguridad de Combustibles Líquidos*. Santiago, Chile.
- Dhillon, B. S. (s.f.). *Engineering Maintenance a Modern Approach*. CRC Press.
- Energía, M. d., & Combustibles, S. d. (03 de Junio de 2011). *BCN Legislación Chilena*. Obtenido de Resolución 3899 Exenta: <http://www.leychile.cl/N?i=1026175&f=2011-06-03&p=>
- F, G. (s.f.). *Mantenimiento Industrial Avanzado, 3 era Edición*. Fundación ConfeMetal.
- Heap.H.F, N. (1978). *Reliability Centered Maintenance*. San Francisco: U.S. Department of Commerce.
- International Organization for Standardization*. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2018, de ISO 31000:2009: <https://www.iso.org/standard/43170.html>
- Léon, F. C. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Mecánica, D. (2018). *Material de Apoyo Asignatura Mantención Industrial*. Valparaíso: UTFSM.
- Otero.J, A. (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad*. Mexico: Corporación MEXicana de Investigación en Materiales.
- The American Petroleum Institute*. (s.f.). Recuperado el junio de 2018, de API Standard 650: https://www.api.org/publications-standards-and-statistics/publications-updates/publication-updates/~link.aspx?_id=2C5262950E25473AA416F91B7F4DF1EE&_z=z
- The American Petroleum Institute*. (s.f.). Recuperado el Junio de 2018, de API Standard 653: <https://www.api.org/products-and-services/individual-certification-programs/certifications/api653>

ANEXOS

ANEXO A

**“RESULTADOS HISTORICOS DE MANTENCIÓN MAYOR DE TANQUES
ENAP REFINERÍA ACONCAGUA”**

N°	Tanques en M.Mayor (Periodo Enero 2016 y Mayo2017)	Producto	Duración Original	Duración Real	Meses de atraso
1	T-5006	Gasolina	6	6	0
2	T-5016	Decantado	6	6	0
3	T-5102	Crudo	7	9	2
4	T-5140	Slop	2	2	0
5	T-302-C	Xileno	3	5	2
6	T-303-B	Gasolina Blanca	2	3	1
7	T-322-B	Gasolina de Corte	2	4	2
8	T-325-D	Gasolina de Corte	3	6	3
9	T-335-B	Gas Oil	7	10	3
10	T-402-A	Gasolina 97 S/P	8	9	1
11	T-414-A	Nafta	8	9	1
12	T-416-A	Gasolina Aviación	4	4	0
13	T-421-A	Gasolina Topp	5	8	3
14	T-430-B	Gasolina	4	4	0
15	T-436	Fuel Oil	6	7	1
16	T-553-A	Gasolina Blanca	3	5	2
17	T-3103-B	Crudo	9	10	1
	Total de Tanques	17			

Promedio Meses de Atraso	1,3
Mediana Meses de Atraso	1
Tanques Terminados a Fecha Planificada	29%
Tanques con atraso de Termino a la Fecha Planificada	71%

Tabla 1-A: Resultados Históricos de Mantenimiento Mayor de Tanques ERA
Fuente: DMMP&I, ENAP Refinería Aconcagua.

ANEXO B

**“RESULTADO ANÁLISIS DE CRITICIDAD ENAP REFINERÍA
ACONCAGUA”**

	Frecuencia de Falla	Impacto Operacional	Flexibilidad Operación	TPPR	Costo de Mantenimiento	Impacto de Seguridad	Impacto medio ambiente	Resultado de Análisis de Criticidad
Recepción de Petróleo	2	10	3	1	2	3	7	84
Almacenamiento Quintero	2	7	3	6	10	8	7	302
Topping (Fraccionamiento Primario)	6	7	3	2	10	8	7	402
Planta de Alquilación	4	7	2	2	5	5	7	180
Visco reducción o Visbreaker	3	7	2	2	2	5	7	126
Hidrocracking	6	7	3	2	7	8	7	384
Torres de Vacío	4	7	2	2	5	5	7	180
Coquización Retardada (Coker)	6	7	3	2	10	8	7	402
Cracking Catalítico	4	7	2	2	7	5	7	188
Almacenamiento Refinería	2	7	3	6	10	8	7	302

*Tabla 1-B: Resultado de Análisis de Criticidad de ENAP.
Fuente: ENAP Refinería Aconcagua.*

ANEXO C

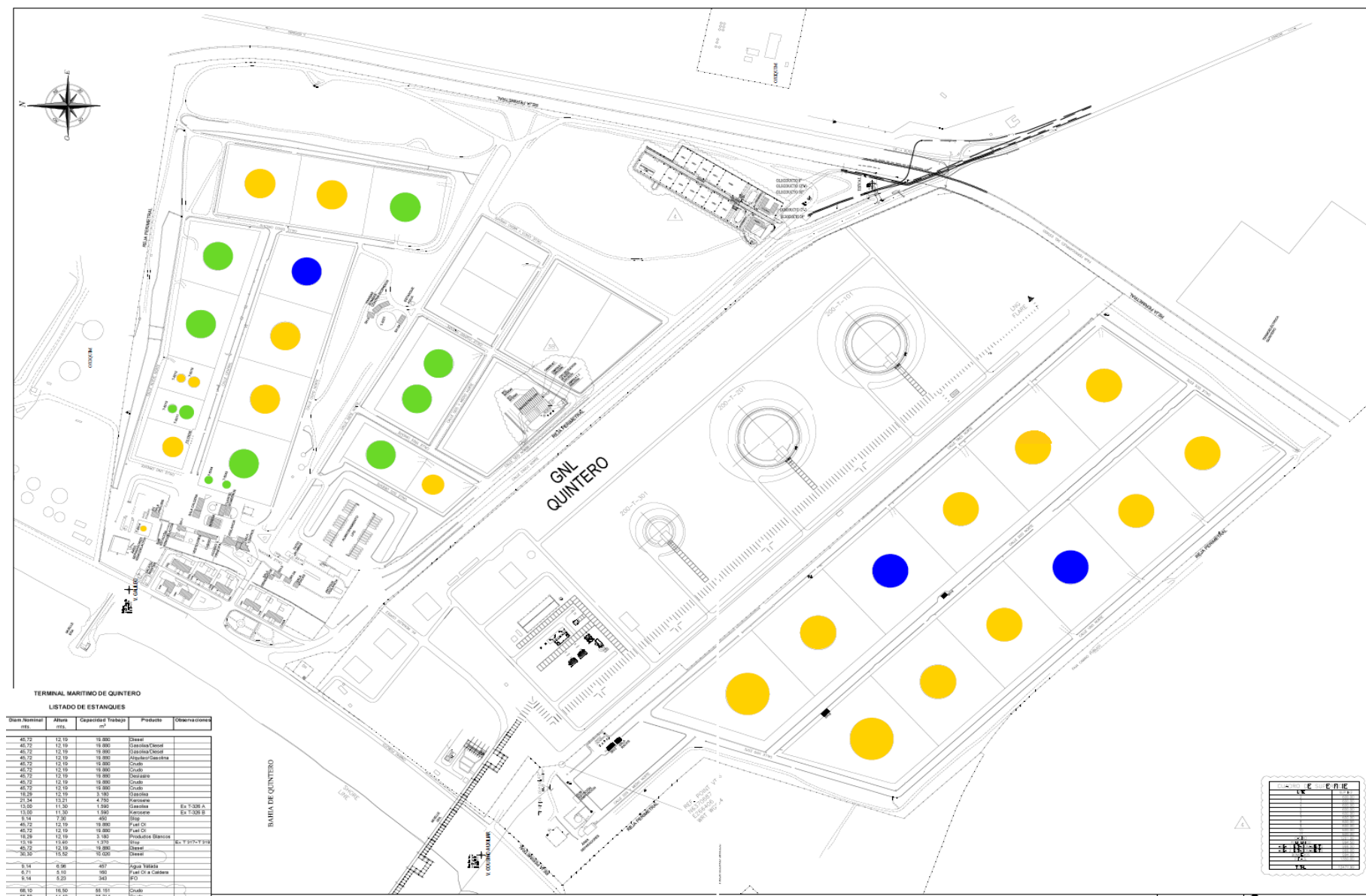
“PLANO GENERAL CON ANALISIS DE CRITICIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO REFINERÍA ACONCAGUA”



Figura 1-C: Plano General Con Análisis de Criticidad de Tanques de Almacenamiento Refinería Aconcagua.
Fuente: ENAP Refinería Aconcagua.

ANEXO D

“PLANO GENERAL CON ANALISIS DE CRITICIDAD DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO TERMINAL QUINTERO”



ANEXO E
“CUADRO AMFE”

Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE)													
Sistema: Tanque de Almacenamiento						Subsistemas: Piso (base)							
Operación o Función	Falla Funcional	Código de Fallo	Modo de Falla	Efectos de Fallo	Consecuencias	Causas de Fallo	G	F	D	IPR	Estado	Código de Tareas	Obs.
Soportar el peso del producto almacenado	Deterioro de la superficie	TK-PI-F001	Corrosión	Agujeros en las planchas de fondo	Operativa	Acumulación de agua en el fondo	10	2	6	120	Alto riesgo	TK-PI-T101	
				Agujeros en las planchas de fondo	Operativa	Mala aplicación del revestimiento	10	2	6	120	Alto riesgo	TK-PI-T102	
				Disminución de la vida útil del tanque	Operativa	Inadecuada protección catódica	10	2	2	40	Normal	TK-PI-T103	
			Soldadura	Filtración de hidrocarburo al fondo	Operativa	Mala aplicación del fondo anticorrosivo	9	2	5	90	Normal	TK-PI-T104	
			Fractura	Rotura de las planchas del piso	Operativa	Asentamiento de las patas del techo a la base	10	2	5	100	Alto riesgo	TK-PI-T105	

Tabla 1-E: Cuadro AMFE de Piso (Base)

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE)													
Sistema: Tanque de Almacenamiento						Subsistemas: Manto							
Operación o Función	Falla Funcional	Código de Fallo	Modo de Falla	Efectos de Fallo	Consecuencias	Causas de Fallo	G	F	D	IPR	Estado	Código de Tareas	Obs.
Almacenar Producto	Superficie en mal estado	TK-MA-F001	Corrosión	Disminución del espesor de las planchas	Operativa	Medio ambiente agresivo	9	2	3	54	Normal	TK-MA-T101	
				Picadura en zonas de transferencia de material	Operativa	Mala aplicación de la protección catódica	10	2	2	40	Normal	TK-MA-T102	
			Recubrimiento	Descascaramiento y/o desprendimiento	Operativa	Mala aplicación del recubrimiento	9	2	2	36	Normal	TK-MA-T103	
				Tiempo de vida menor	Operativa	Utilización de recubrimiento inadecuado	9	2	2	36	Normal	TK-MA-T104	

Tabla 2-E: Cuadro AMFE del Manto
Fuente: Elaboración Propia.

Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE)													
Sistema: Tanque de Almacenamiento						Subsistemas: Techo, Sello							
Operación o Función	Falla Funcional	Código de Fallo	Modo de Falla	Efectos de Fallo	Consecuencias	Causas de Fallo	G	F	D	IPR	Estado	Código de Tareas	Obs.
Evitar la fuga de gases desprendidos del producto	Disminución de los espesores de las planchas	TK-TESE-F001	Corrosión	Disminución del espesor de las láminas del techo.	Operativa	Acumulación de agua en partes flectadas	7	2	3	42	Normal	TK-TESE-101	
					Operativa	Medio ambiente corrosivo	8	2	3	48	Normal	TK-TESE-102	
				Agrietamiento	Operativa	Concentraciones de esfuerzos	8	2	3	48	Normal	TK-TESE-103	
					Operativa	Cambios de sección o de forma	8	2	2	32	Normal	TK-TESE-104	
	Deterioro de la superficie y contacto directo con el medio ambiente	TK-TESE-F002	Revestimiento	De laminación entre capas y falta de adhesión de la pintura.	Operativa	Preparación superficial y aplicación incorrecta	9	1	3	27	Normal	TK-TESE-201	
				Decoloración y pérdida de brillo	Operativa	Selección inadecuada del sistema de recubrimiento	8	2	2	32	Normal	TK-TESE-202	
	Escape de hidrocarburo hacia la superficie del techo	TK-TESE-F003	Rotura	Presencia de hidrocarburo en la superficie y contaminación ambiental.	Operativa; Seguridad Industrial	Atascamiento del sello al subir y/o bajar debido al producto	10	1	2	20	Normal	TK-TESE-301	

Tabla 3-E: Cuadro AMFE del Techo y Sello

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE)													
Sistema: Tanque de Almacenamiento						Subsistemas: Medio Ambiente							
Operación o Función	Falla Funcional	Código de Fallo	Modo de Falla	Efectos de Fallo	Consecuencias	Causas de Fallo	G	F	D	IPR	Estado	Código de Tareas	Obs.
Evitar la propagación de gases nocivos para el medio ambiente y las personas.	Mala hermeticidad en el sello del techo	TK - MEA - F001	Soldadura	Emisiones de gases al medio ambiente	Seguridad Industrial y al Medio Ambiente	Mala aplicación de la soldadura y corrosión	10	5	2	100	Alto riesgo	TK - MEA - T101	
	Filtraciones de producto por las patas	TK - MEA - F002	Soldadura	Contaminaciones y Emisiones de gases al medio ambiente	Seguridad Industrial y al Medio Ambiente	Mala aplicación de la soldadura y corrosión	10	5	2	100	Alto riesgo	TK - MEA - T102	
	Ventoeo excesivos de gases al exterior para la disminución de presión dentro del tanque	TK - MEA - F003	Operación	Emisiones de gases al medio ambiente	Seguridad Industrial y al Medio Ambiente	Mala operación del ventoeo normal del tanque	10	10	1	100	Alto riesgo	TK - MEA - T103	

Tabla 4-E: Cuadro AMFE de Medio Ambiente
Fuente: *Elaboración Propia.*

ANEXO F
“TAREAS DE MANTENIMIENTO”

TAREAS DE MANTENIMIENTO								
Código de Tarea	Nombre	Estrategia	Descripción	Período	Duración Estimable	Repuestos	Herramientas	Perfil del Personal
TK-PI-T101	Inspección de zonas críticas de la base (agua de formación)	Mantenimiento Correctivo	Des gasificado y limpio el tanque Utilizar el medidor ultrasónico de barrido. Determinar zonas críticas afectadas. Enviar informes para corregir fallas.	5 años	72 horas	Ninguno	Medidor ultrasónico por barrido. Equipo de protección personal (EPP)	Técnico en Mantención
TK-PI-T102	Inspección del recubrimiento	Mantenimiento Correctivo	Inspeccionar la base y detectar daños en él. Enviar informe para corregir zonas afectadas.	5 años	40 horas	Ninguno	Linterna. Equipo de protección personal (EPP)	Técnico en Mantención
TK-PI-T103	Verificación de los potenciales de la protección catódica	Mantenimiento Preventivo	Medir potenciales en el transformador. Verificar que los cables de protección no estén rotos. Limpiar la superficie del tanque a medir y ubicar un poco de grasa. Utilizar un electrodo de referencia. Medir los potenciales con el Multímetro o tester.	Mensual	1 hora	Ninguno	Multímetro o tester. Caja de herramientas. Electrodo de referencia. Tela de trabajo. Grasa. Equipo de protección personal(EPP)	Inspector de Mantención
TK-PI-T104	Inspección de la soldadura	Mantenimiento Correctivo	Inspeccionar visualmente los cordones de soldadura. Señalar los cordones dañados o corroídos. Limpiar los cordones de soldadura dañados. Soldar cordones	5 años	16 horas	Ninguno	Tintas Penetrantes. Tela de Trabajo. Equipo de protección personal. Equipo de Soldadura	Técnico en Mantención. Soldador. Ayudante de Soldador
TK-PI-T105	Inspección del asentamiento de las patas del techo en la base	Mantenimiento Correctivo	Inspeccionar visualmente los soportes de las patas. Determinar los soportes deformados o fracturados.	5 años	16 horas	Ninguno	Tintas Penetrantes. Tela de Trabajo. Equipo de protección personal.	Técnico en Mantención
TK-MA-T101	Inspección visual del manto	Mantenimiento Preventivo	Observar por tramos el manto. Señalar partes afectadas.	3 años	16 horas	Ninguno	Marcador. Tela de Trabajo	Inspector de Mantención
TK-MA-T102	Inspección de los potenciales de la protección catódica	Mantenimiento Preventivo	Limpiar la superficie. Medir los potenciales	Mensual	1 hora	Ninguno	Electrodo de referencia. Multímetro. Grasa. Tela de trabajo.	Inspector de Mantención
TK-MA-T103	Aplicación de recubrimiento	Mantenimiento Preventivo	Limpiar la superficie. Dejar secar entre capas la pintura. Aplicar los espesores recomendados	3 años	240 horas	Pintura Anticorrosiva	Lijas y espátulas. Telas de trabajo	Pintores

TK-TESE-101	Desalojo del agua hacia los sumideros	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar y detectar los sectores con acumulación de agua. Desalojar el agua con escobas a los sumideros de las zonas detectadas.	Semestral	1 hora	Ninguno	Escobas. Tela de trabajo. Equipo de protección personal (EPP)	Operarios
TK-TESE-102	Medición de Potenciales	Mantenimiento Preventivo	Limpiar la superficie del tanque. Colocar el electrodo de referencia al piso. Medir con un Multímetro el voltaje de protección.	Mensual	1 hora	Ninguno	Multímetro y electrodo de referencia. Tela de trabajo. Grasa. Equipo de protección personal (EPP)	Inspector de Mantención
TK-TESE-103	Inspección de soldadura	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar las planchas soldadas. Inspeccionar la soldadura de los venteos, respiradores, muestreo.	Semestral	1 hora	Ninguno	Tela de trabajo. Equipo de protección personal (EPP)	Técnico en Mantención
TK-TESE-104	Inspección de cambios de sección.	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar las zonas en donde existan planchas dobladas.	Semestral	1 hora	Ninguno	Tela de trabajo. Equipo de protección personal (EPP)	Técnico en Mantención
TK-TESE-201	Inspección de la pintura	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar visualmente descascaramiento de la pintura.	Anual	1 hora	Ninguno	Tela de trabajo. Equipo de protección personal (EPP)	Inspector de Mantención
TK-TESE-202	Cambio de recubrimiento	Mantenimiento Correctivo	Limpiar la superficie del techo. Aplicar el nuevo recubrimiento	3 años	120 horas	Pintura Anticorrosiva	Tela de trabajo. Brochas y Espátulas. Equipo de Protección Personal (EPP)	Inspector de Mantención. Pintores y Operarios.
TK-TESE-301	Inspección del sello	Mantenimiento Preventivo	Verificar que no haya escape de producto hacia el techo	Semestral	1 hora	Ninguno	Tela de trabajo. Caja de Herramientas. Equipo de Protección personal (EPP)	Inspector de Mantención y Técnico de Mantención
TK - MEA - T101	Inspección del sello	Mantenimiento Preventivo	Verificar que no haya escape de producto hacia el techo	Semestral	1 hora	Ninguno	Tela de trabajo. Caja de Herramientas. Equipo de Protección personal (EPP)	Inspector de Mantención y Técnico de Mantención

TK - MEA - T102	Inspección de la soldadura	Mantenimiento Correctivo	Inspeccionar visualmente los cordones de soldadura. Señalar los cordones dañados o corroídos. Limpiar los cordones de soldadura dañados. Soldar cordones	5 años	16 horas	Ninguno	Tintas Penetrantes. Tela de Trabajo. Equipo de protección personal. Equipo de Soldadura	Técnico en Mantención. Soldador. Ayudante de Soldador
TK - MEA - T103	Inspección de componente	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar visualmente el componente y como opera.	Mensual	1 hora	Ninguno	Linterna, Equipo de protección personal (EPP), Medidor de gases	Técnico en Mantención

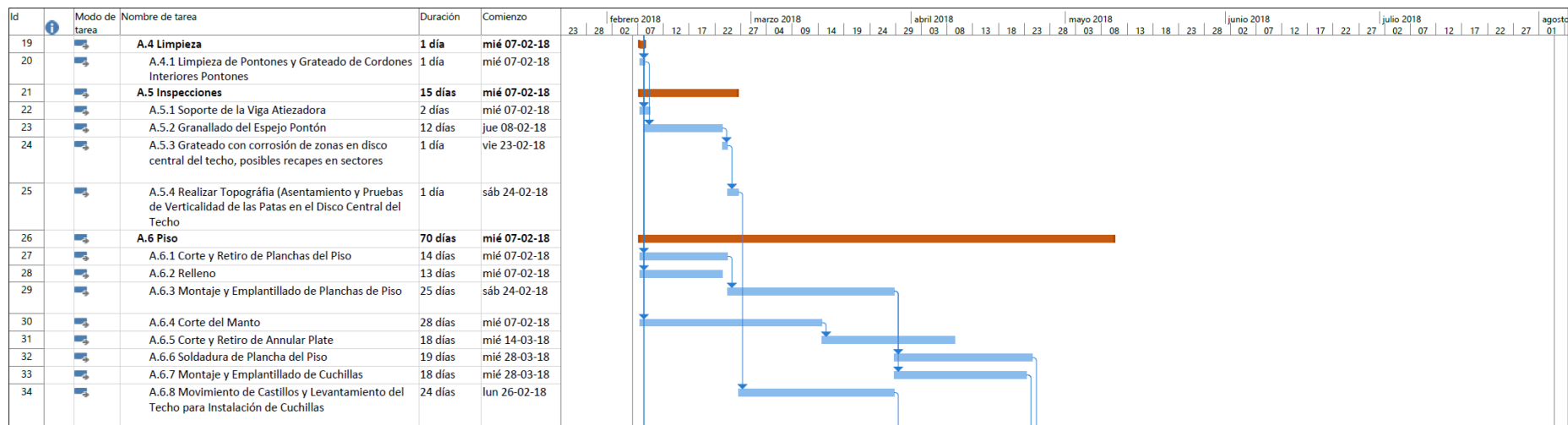
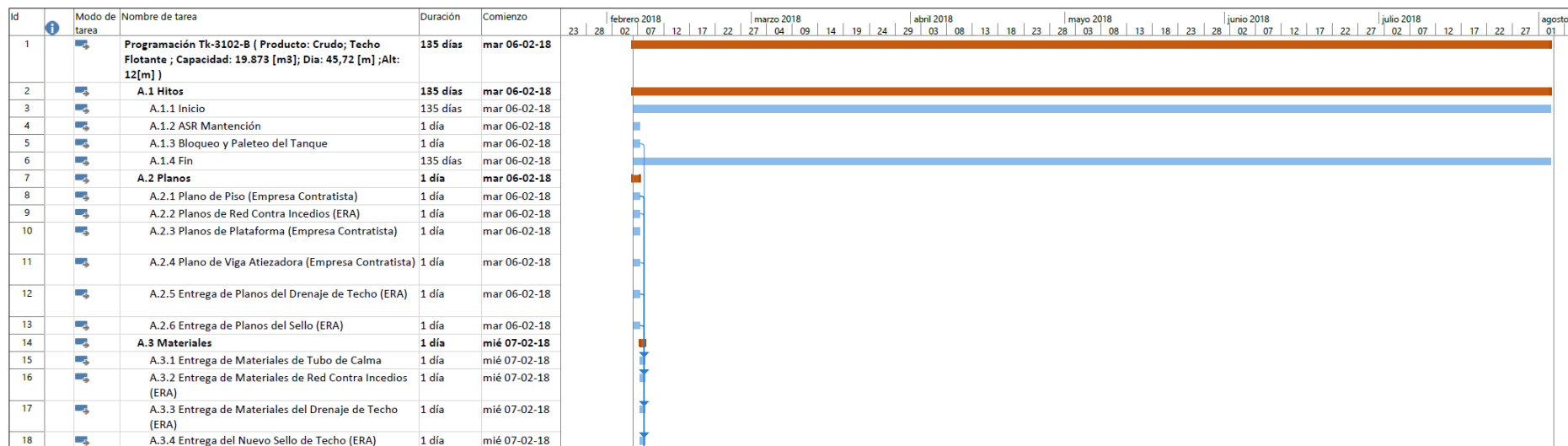
Tabla 1-F: Tareas de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO G

“PROGRAMACIÓN TK-3102-B Y TK-318”

TK-3102-B



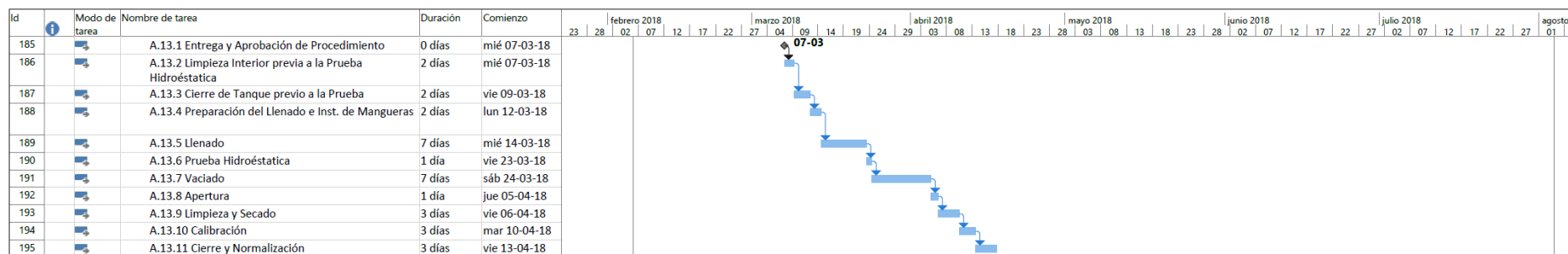
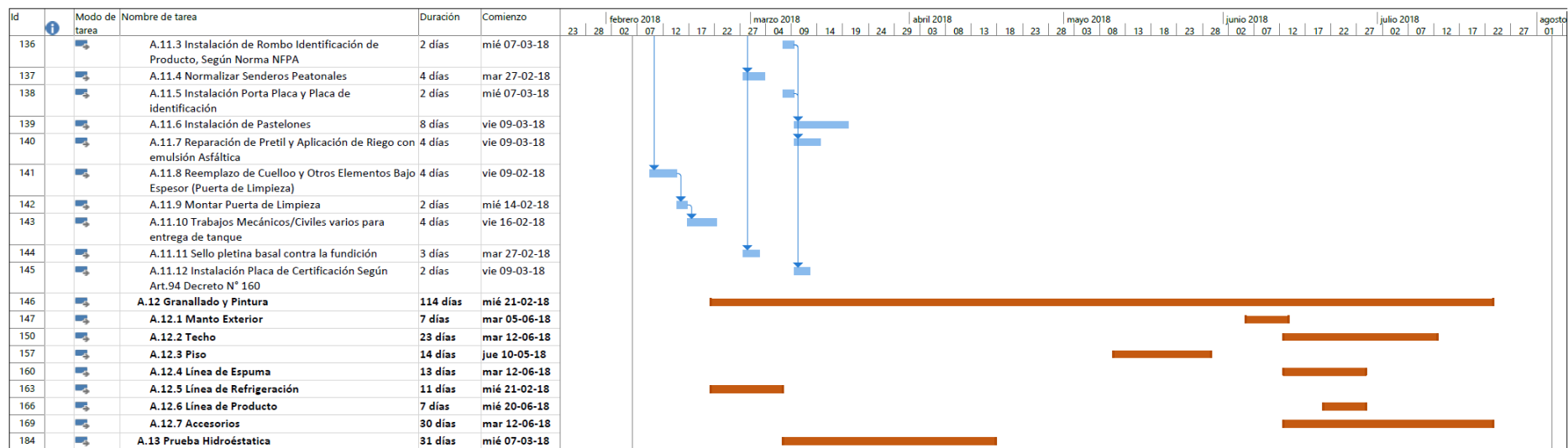
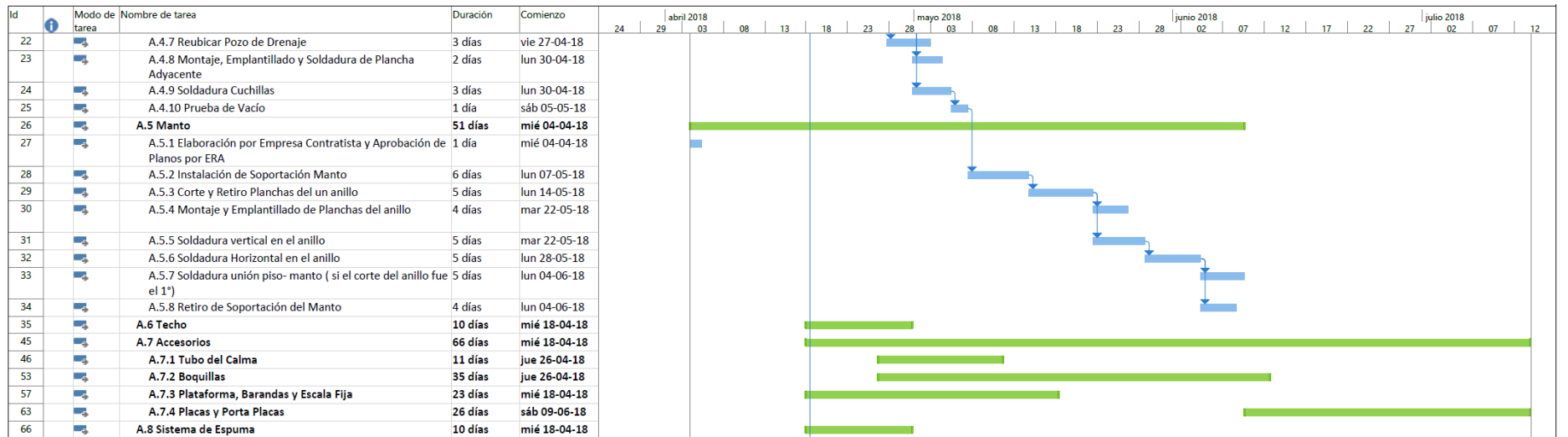
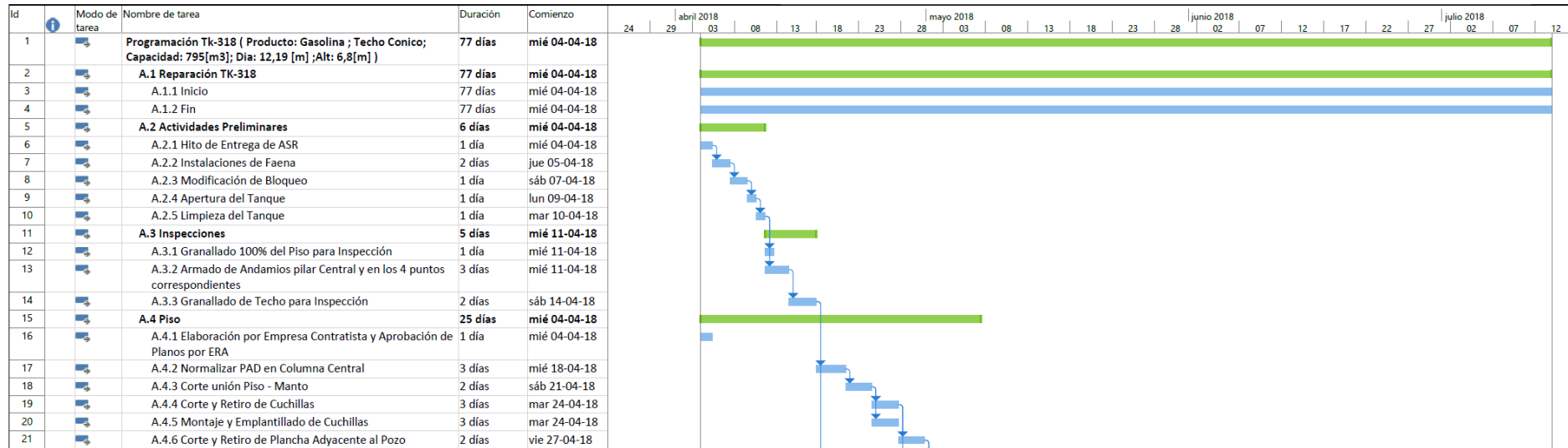
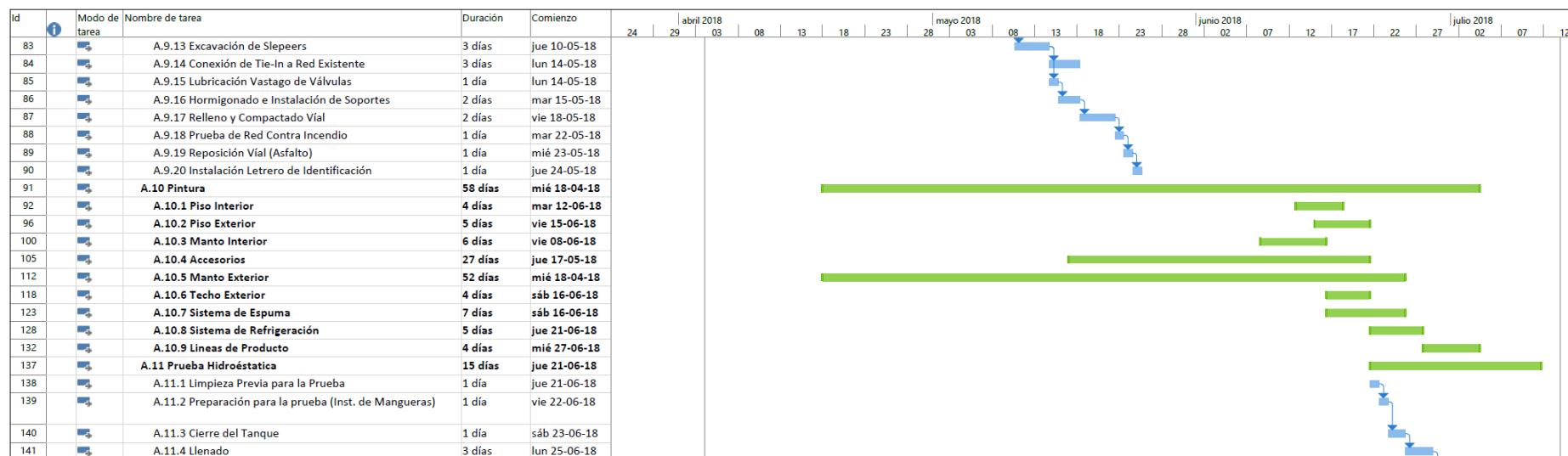
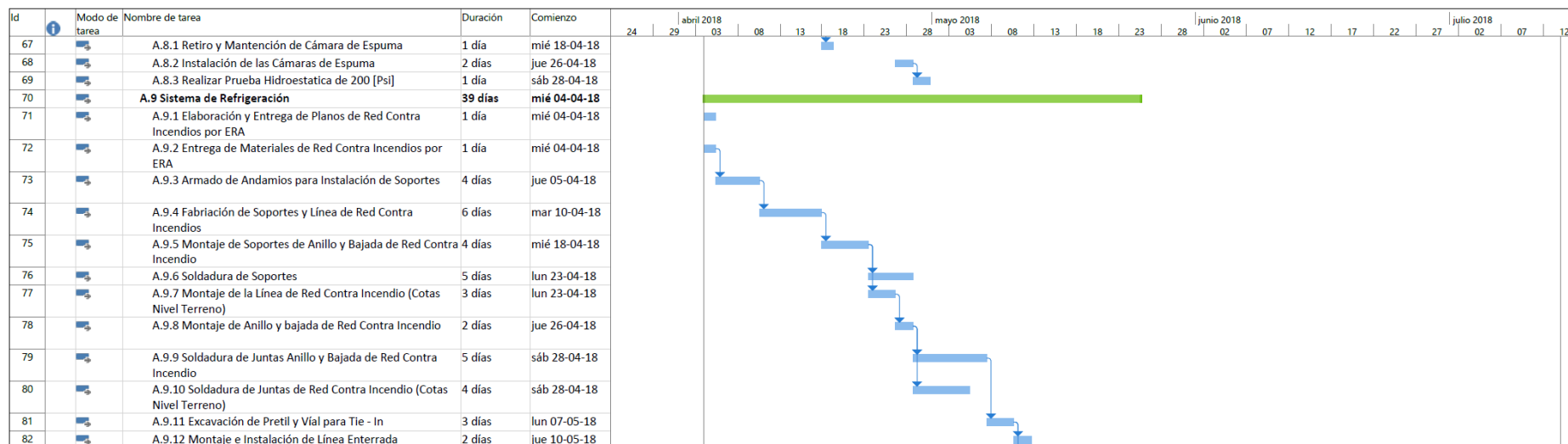


Figura 1-G: Programación Tanque TK-3102-B
Fuente: Elaboración Propia.

TK-318





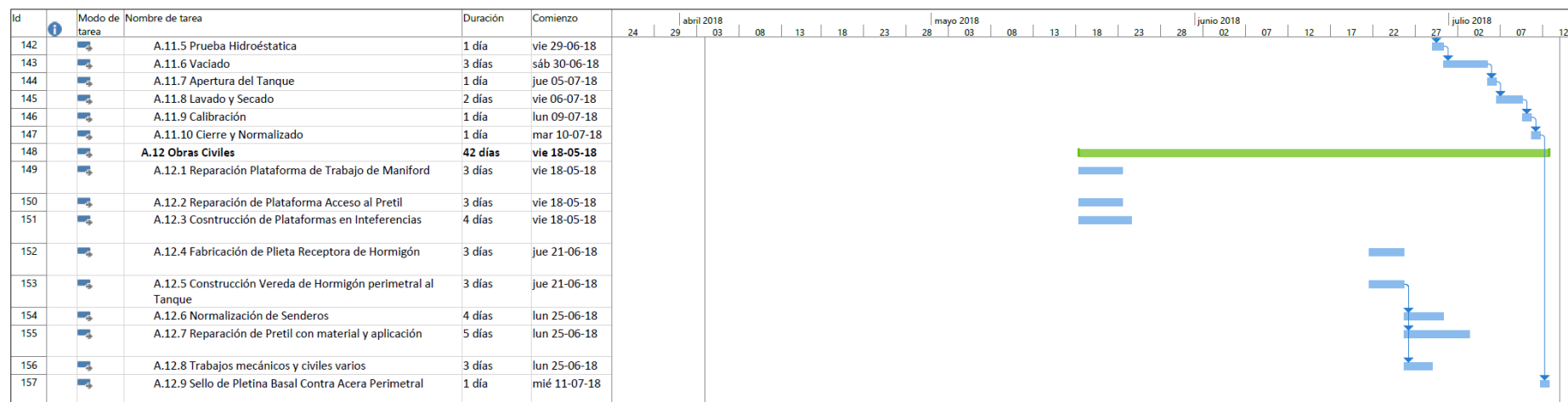


Figura 2-G: Programación Tanque TK-318

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO H
“MATRIZ FODA”

MATRIZ FODA		
	Debilidades (D)	Fortalezas (F)
	- Ser una división medianamente nueva dentro del Depto. de Mantenición. - No realizar suficiente innovación o utilización de tecnologías para el mejoramiento de la mantención mayor. - Dificultad de coordinación de los departamentos involucrados dentro de la realización del mantenimiento.	- Compromiso del personal con los servicios que realizan. - Capacidad de enfrentar adversidades repentinas. - Realizar planes de contingencia rápidos y efectivos. - Tiene la confianza y apoyo de gerencia.
Oportunidades (O)	DO	FO
- Gran cantidad y variación de empresas contratistas. - La oportunidad de tener capacidades regulares de certificaciones en áreas técnicas y de seguridad. - Mayor cantidad de licitaciones. - Disminución de impacto ambiental incorporando mejoras en la estructura de los tanques.	- A medida que se contratan o licitan diferentes empresas, se adquiere más experiencia para futuras mantenciones. - Al contratar o licitar a nuevas empresas existe la oportunidad de incorporar nuevos métodos y/o tecnologías para la realización de la mantención mayor. - Al realizar más capacitaciones técnicas existe una mayor probabilidad de que se pueda crear un plan técnico de mantenimiento mayor permanente.	- Tener un plan de charlas o cursos técnicos mensuales. - Incentivar la asistencia a cursos o charlas mediante el otorgamiento de beneficios laborales. - Gestionar charlas mensuales de posibles licitaciones con las empresas contratistas para generar una confianza y comunicación más fuerte.

Amenazas (A)	DA	FA
• La parada de plantas o procesos como consecuencia del impacto ambiental. • La participación sindical de los trabajadores contratistas. • Cambios en el código de trabajo y en la Ley laboral. • El costo de adquisición de los derivados del petróleo versus el costo de refinar los hidrocarburos. • Poco compromiso, eficacia y diversidad de los proveedores elegidos. • Competencia internacional sobre la exportación de petróleo.	• Crear estrategias para fortalecer la confianza de la comunidad afectada a través del personal que realiza los trabajos de mantención mayor. • Crear métodos que ayuden a motivar el trabajo en conjunto entre los diferentes departamentos para optimizar las labores asociadas a cada uno de ellos. • Implementar mejoras para la disminución del impacto al medio ambiente y a la comunidad. • Mantener una comunicación constante y transparente con el sindicato de trabajadores, para generar confianza y apoyo en situaciones que lo ameriten.	• Revisar y analizar constantemente las leyes, códigos y normas vigentes que involucren a los trabajadores y al medio ambiente. • Buscar modelos económicos viables y sustentables, debido a la variación de la adquisición del petróleo. • Adquirir conocimiento del mercado para prevenir competidores agresivos. • Dejar de adquirir materiales de proveedores que no cumplan con las exigencias que se necesitan en la mantención mayor.

Tabla 1-H: Matriz FODA
Fuente: Elaboración Propia.