

Universidad del Bío Bío
Facultad de Ingeniería
Depto. Ingeniería Industrial

Profesora Guía:
Sra. Claudia Bañados Castro



**“PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE
INSPECCIÓN DE EQUIPOS ESTÁTICOS Y ROTATORIOS MEDIANTE
ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ”**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Civil Industrial, Mención Gestión**

Concepción, Marzo de 2013

Patricio Véliz Maya

RESUMEN

El presente trabajo corresponde al desarrollo e implementación de una propuesta de mejora para el proyecto denominado “Servicio de inspección, monitoreo de condiciones y diagnóstico preliminar de equipos estáticos y rotatorios”. La idea principal de este estudio se enmarca dentro de la necesidad de proponer mejoras a la gestión del proyecto y así poder alcanzar los propósitos y objetivos planteados, entregando un servicio de calidad que mantenga satisfecho a los clientes y cumpliendo las metas propuestas por la compañía.

Para ello es necesario reconocer la situación actual en la que se encuentra el proyecto y ver cuáles son los requerimientos necesarios para llegar donde se desea, definiendo los objetivos necesarios y diseñar el camino para poder cumplirlos.

En la primera parte del trabajo se abordará la problemática de dio origen al tema, como también su justificación y alcances. También se plantearán los objetivos a lograr una vez finalizado el estudio y además se hará mención a la metodología de trabajo a realizar para lograr los objetivos planteados.

En la segunda parte se hará una presentación de la empresa a la cual pertenece el proyecto y una descripción del servicio realizado, explicando cuál es el funcionamiento éste, cuáles son sus ítems (proyecto por precio unitario), definición de las tres áreas productivas, la descripción de los cargos, su estructura organizacional y una descripción del proceso productivo. Además se describirá más en detalle cuál es la situación actual del proyecto y un diagnóstico de los problemas que presenta actualmente.

Posteriormente, en el capítulo tres se muestra el marco teórico sobre la gestión de activos, poniendo énfasis en la herramienta de análisis de causa raíz (ACR), describiendo el proceso de aplicación de la metodología, etapas y las principales técnicas para realizar dicho análisis.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta el desarrollo del tema planteado. En este capítulo se identifican los principales problemas del proyecto y se analizan las causas raíces que los originan. En base a esta información se generó un plan de mejora y seguimiento a las causas raíces detectadas y su medida de control mediante indicadores claves de desempeño.

Por último están las conclusiones y recomendaciones generadas de la investigación, culminando con la bibliografía y algunos anexos recabados durante el trabajo investigativo.

ÍNDICE

Título	Pag
CAPITULO 1 GENERALIDADES	6
1.1.- Origen del Tema	6
1.2.- Justificación.	6
1.3.- Objetivos del Estudio	7
1.4.- Alcances y Ámbitos de Estudio	7
1.5.- Metodología Propuesta.....	8
CAPITULO 2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO	9
2.1.- Introducción:	9
2.2.- Descripción de la Empresa	9
2.3.- Descripción del Servicio de Inspección, Monitoreo de Condiciones y Diagnóstico Preliminar de Equipos Estáticos y Rotatorios	11
2.3.1.- Monitoreo de Vibraciones Mecánicas en Equipos Rotatorios	12
2.3.2.- Inspección, Evaluación y Monitoreo de Condiciones en Plantas e Instalaciones Estáticas.....	13
2.3.3.- Accesos y Aislación	18
2.4.- Descripción de cargos	20
2.5.- Dotación Actual del Servicio	22
2.6.- Estructura Organizacional del proyecto	22
2.7.- Descripción del proceso productivo actual	24
2.8.- Situación Actual del proyecto	27
CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO	28
3.1.- Introducción:	28
3.2.- Herramientas para la gestión de activos.....	28
3.3.- El Análisis Causa Raíz (ACR)	30
3.3.1.- Etapas de un análisis de causa raíz.....	32
3.3.2.- Niveles del Análisis de Causa Raíz.....	33

3.3.3.- Técnicas para el análisis de Causa Raíz	34
3.3.4.- Proceso de aplicación de la metodología Análisis de Causa Raíz.....	43
CAPITULO 4 DESARROLLO DEL ANALISIS DE CAUSA RAÍZ.....	48
4.1.- Introducción:	48
4.2.- Aplicación del método de lluvia de ideas para búsqueda de problemas....	48
4.2.1. Identificación de los problemas principales y sus modos de ocurrencia ..	50
4.2.2.- Consideraciones para definición de ocurrencia de un evento	51
4.2.3.- Elaboración del Diagrama de Pareto:	54
4.3.- Proceso de aplicación de la metodología Análisis de Causa Raiz (ACR) mediante un diagrama de causa y efecto.....	55
4.3.1.- Pasos en la construcción de un diagrama de causa y efecto	55
4.3.2.- Resultado del Análisis de Causa Raíz y plan de mejora.....	56
4.4.- Indicadores para la gestión del servicio (KPI's)	71
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1.- Conclusiones:	77
5.2.- Recomendaciones:	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	82
ANEXO 1: Estadísticas de principales problemas.....	83
ANEXO 2: Reporte de mejora continua	87
ANEXO 3: Matriz de control indicadores de gestión del servicio.....	88

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1.- Origen del Tema

SGS Chile S.A., es una empresa dedicada a proporcionar servicios de inspección, verificación, ensayos y certificación, actualmente posee un proyecto o contrato de inspección predictiva / preventiva para las instalaciones de refinería ENAP Bio-Bío, denominado “Servicio de inspección, monitoreo de condiciones y diagnóstico preliminar de equipos estáticos y rotatorios”.

Dicho proyecto ha presentado una serie de problemas tanto técnicos y de calidad de servicio, es por ello que se hace necesario realizar una propuesta de mejora al proyecto, entregando un servicio de calidad, que mantenga satisfecho a nuestro cliente.

1.2.- Justificación.

Realizando un análisis del servicio que se está prestando se observan mucho errores, lo que ha llevado por un lado a deteriorar la relación con el cliente debido a los problemas generados en el proyecto.

Cabe mencionar que el servicio va a ser licitado a fines del próximo año, proceso en el que participarán otras empresas del mismo rubro. Por esta razón es fundamental evaluar el entorno del proyecto para detectar los problemas más importantes y entregar un plan de mejora al servicio. Esto dará una ventaja competitiva con respecto a las otras empresas prestadoras de servicio, y nos permitirá enfrentar de la mejor manera posible la nueva licitación del servicio.

De esta manera, es importante contar con la claridad necesaria para poder administrar de modo eficiente los recursos con que se cuentan actualmente y no seguir con los malos resultados y entregar un buen servicio al cliente.

1.3.- Objetivos del Estudio

1.3.1.- Objetivo General

Establecer una propuesta de mejora a la gestión del servicio que actualmente entrega SGS Chile a Enap Refinería Bio-Bio denominado “Servicio de inspección, monitoreo de condiciones y diagnóstico preliminar de equipos estáticos y rotatorios”.

1.3.2.-Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en que se encuentra el proyecto y cuáles son los principales problemas.
- Identificar las causas raíz que generan los problemas y las no conformidades de la calidad del servicio entregado.
- Realizar las propuestas de mejoras necesarias a partir del análisis realizado en la investigación y proponer un sistema de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de los problemas.
- Crear indicadores claves del desempeño (KPI's), para la evaluación de las mejoras establecidas.

1.4.- Alcances y Ámbitos de Estudio

- El alcance consiste en realizar una evaluación a los problemas actuales que tiene el proyecto y entregar una propuesta para mejorar el servicio que actualmente se le entrega al cliente, mediante herramientas de ingeniería industrial.

- El proyecto de título se llevara a cabo durante el segundo semestre del año 2012
- Se desarrollará tanto en las empresas: Enap Refinería Bio-Bio. y empresa SGS Chile S.A. como en la Universidad del Bio Bio.

1.5.- Metodología Propuesta

- Se realizará un análisis de la situación actual del proyecto, se revisará temas como: el organigrama, procesos productivos, flujo de información, proceso de entrega de informes, indicadores actuales, control de la producción etc. y se propondrán mejoras al servicio.
- Para un buen manejo de la información se realizará un levantamiento y ordenamiento de la información para realizar análisis estadísticos, con el fin de determinar metas que permitan cumplir con los objetivos propuestos.
- Por otro lado también considerará la participación de los trabajadores, supervisores, cliente y administradores, con los cuales se llevaran a cabo encuestas y reuniones, para obtener la información necesaria para el desarrollo de la investigación, las cuales se programaran de acuerdo como el estudio avance y dentro de los plazos disponibles.
- Se consultará bibliografía referente a temas de herramientas de ingeniería industrial para la resolución de problemas, etc., como también apuntes y materias de las asignaturas Gestión Industrial, Gestión de operaciones, etc.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

2.1.- Introducción:

En este capítulo se hará una presentación general de la empresa como también al área de negocios de SGS a la cual pertenece el proyecto. Luego se dará una descripción del servicio, cuáles son los trabajos realizados, definición de que consiste cada uno de ellos y como está definida su estructura organizacional. Además se abordará la problemática que fue el motivo de este estudio, su justificación y su alcance.

2.2.- Descripción de la Empresa

S.G.S. S.A. (Société Générale de Surveillance o Sociedad General de Supervisión), es una empresa creada en 1878 en Ginebra, Suiza que proporciona servicios de inspección, verificación, ensayos y certificación a entidades tanto públicas como privadas. Para Chile sus áreas de negocio son las siguientes:

Agricultura (AGRI): Servicios para la agricultura que incluyen el seguimiento de cosechas, auditorías sobre prácticas agrícolas, ensayos de campo, gestión de la fertilidad del suelo, ensayos de semillas, etc. para compañías de seguros, empresas farmacéuticas y agroquímicas, productores de semillas y granjeros.

Automotriz: Los servicios incluyen el diseño, la construcción y la ejecución de servicios de inspección a vehículos motorizados, como también la administración de plantas de revisión técnica.

Servicios para Productos de Consumo (CTS): Esta división proporciona servicios de calidad, cumplimiento de normativas y seguridad de producto para textiles, aparatos, muebles, alimentación, productos electrónicos, etc.

Medio Ambiente (environmental): Esta división proporciona servicios de evaluación de impacto ambiental, auditorías, ensayos de calidad de agua y aire, servicios frente a cambios climáticos, etc. para el sector público y privado.

Servicios Industriales: Sector que incluye servicios de inspección, monitoreo de equipos y funcionamiento de instalaciones industriales tales como de generación y transmisión de energía, petroquímicas, siderúrgicas, mineras, alimentarias, o cualquier otra perteneciente al sector industrial. El proyecto en estudio pertenece a esta área de negocios de SGS Chile.

Petróleo, Gases y Productos Químicos (OGC): Esta división ofrece servicios para las fases de localización, análisis y extracción de petróleo y gas natural. Asimismo ofrece servicios relacionados con el procesado, almacenaje y transporte del petróleo crudo y gas natural, refinado, su distribución y comercialización.

Minería: La división minería ofrece servicios de ensayos para minerales industriales destinados a su explotación, así como ensayos de viabilidad, producción, comercialización, aplicaciones comerciales, reciclaje y cierre de minas.

Certificación de Sistemas y Servicios (SSC): Ofrece servicios de auditorías, certificación y formación en calidad, medio ambiente, prevención, responsabilidad social, etc. para garantizar el cumplimiento de las normativas tanto locales como internacionales.

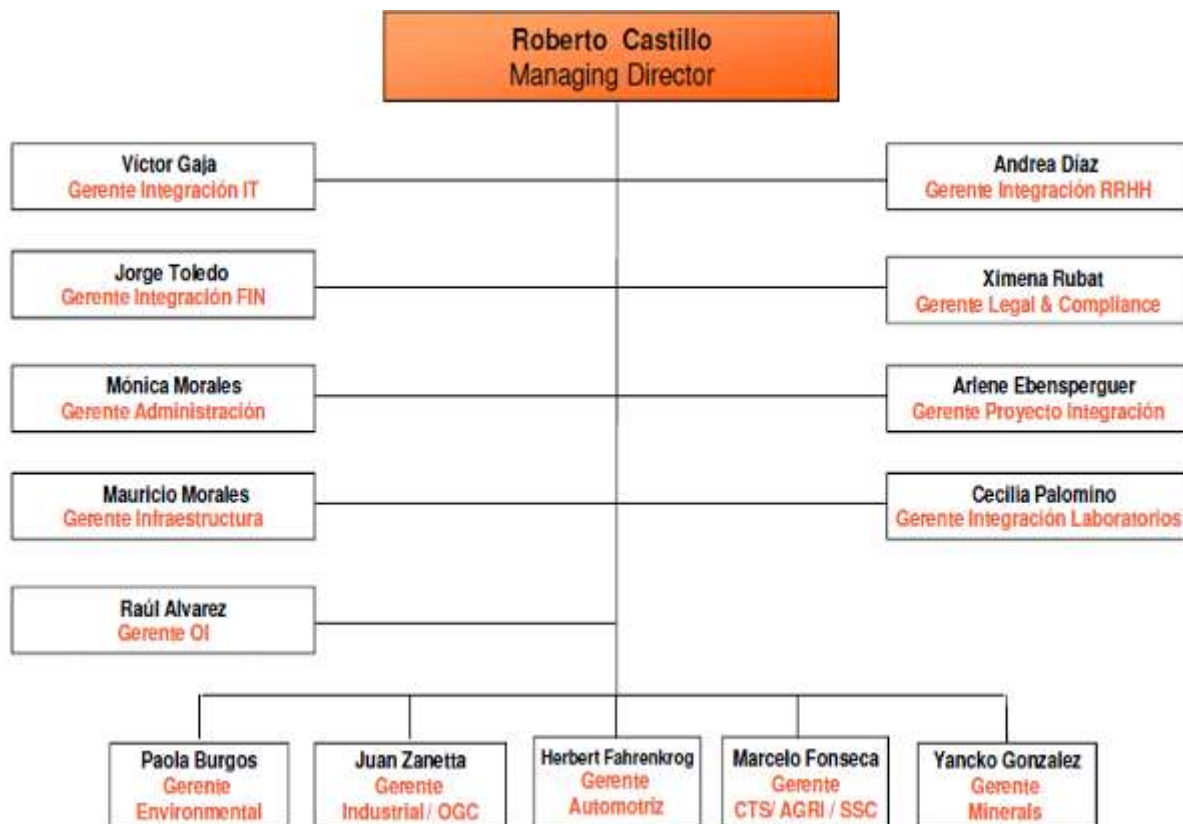


Figura 2.1 Estructura Organizacional de SGS Chile

2.3.- Descripción del Servicio de Inspección, Monitoreo de Condiciones y Diagnóstico Preliminar de Equipos Estáticos y Rotatorios

Con la finalidad de asegurar la integridad mecánica, confiabilidad y disponibilidad de los equipos e instalaciones de Enap Refinería Bío Bío, es necesario realizar inspecciones predictivas y preventivas de manera periódicas con el fin de entregar confiabilidad a los procesos productivos y dar cumplimiento a las leyes y normativas vigentes. Es por esta razón que SGS Chile se adjudicó el proyecto el día 02 de enero de 2011, luego de una licitación pública en la que participaron diversas empresas del rubro industrial. Actualmente el proyecto se encuentra dividido en tres áreas las cuales se describen a continuación.

2.3.1.- Monitoreo de Vibraciones Mecánicas en Equipos Rotatorios

El objeto de estos servicios consiste en realizar la medición, análisis y diagnóstico de vibraciones mecánicas en equipos rotatorios de Enap Bío Bío, (para efectos prácticos, entiéndase como equipo rotatorio al conjunto de elementos mecánicos compuesto por una unidad motriz y otra conducida) los cuales son obtenidos con instrumentos de tecnología digital, basados en puntos ya definidos acordes a la norma ISO 10816-3, estos puntos de medición se efectúan en sentido horizontal, vertical y axial.

Se entiende por vibración mecánica como el movimiento oscilatorio (de un lado hacia otro) de una máquina, de una estructura, o de una parte de ellas, alrededor de su posición original de reposo.

Las mediciones y análisis de vibraciones se realizan sobre los siguientes equipos:

- Motobombas centrifugas
- Turbobombas centrifugas
- Turbocompresores centrífugos
- Turbocompresores de desplazamiento positivo
- Cajas reductoras y amplificadoras
- Aeroenfriadores con sus motores
- Agitadores de estanques
- Etc.

En esta área se trabaja de acuerdo a un programa mensual de medición, el cual cuenta con 72 rutas donde cada una de éstas posee una cantidad determinada de equipos a medir. Una vez finalizada la ruta de inspección el inspector realiza el análisis de los datos capturados en terreno, donde finalmente emite un informe con las observaciones y recomendaciones necesarias. Las solicitudes especiales se atienden diariamente, de acuerdo a los requerimientos del supervisor del área de Inspección predictiva rotatoria de Enap Bío Bío.

Tabla 2.1 ítems de área de monitoreo vibraciones

1	MONITOREO DE VIBRACIONES
1.1	Equipos en ruta con 10 y menos puntos
1.2	Equipos en ruta entre 11 y 25 puntos
1.3	Equipos en ruta con 26 o más puntos
1.4	Equipos fuera de ruta

2.3.2.- Inspección, Evaluación y Monitoreo de Condiciones en Plantas e Instalaciones Estáticas

El objetivo de esta área consiste en la inspección y evaluación de equipos, e instalaciones estáticas y efectuar la medición de espesor, verificación y evaluación de circuitos en cañerías y equipos que permitan realizar un monitoreo del estado de la corrosión en las instalaciones estáticas de Enap Bio Bío. Para efectos prácticos, entiéndase como equipo estático los siguientes:

- Torres de fraccionamiento
- Hornos de proceso
- Intercambiadores de Calor
- Calderas
- Reactores
- Acumuladores
- Estanques de Almacenamiento
- Oleoductos y acueductos
- Piping (cañerías) y sus componentes mecánicos
- Válvulas
- Filtros
- Trampas de Vapor
- Otros

Este servicio se ejecuta en terreno o talleres de acuerdo a un programa de trabajo, previamente revisado y aprobado por la Inspección de Enap Bío Bío. Una vez realizada la inspección se entregan los resultados de las evaluaciones en informes a través de los formatos acordados previamente con la inspección de Enap Bío Bío.

Las solicitudes especiales de trabajo se atienden diariamente, de acuerdo a los requerimientos del supervisor del área de Inspección predictiva estática de Enap Bío Bío. Este servicio se sub divide en inspección visual, control de monitoreo y pruebas y ensayos no destructivos; los cuales se describen a continuación:

2.3.2.1.- Inspección visual integral

Los servicios de inspección visual integral corresponden a todas aquellas inspecciones visuales y dimensionales que se ejecuten, en servicio o en detenciones de planta, a equipos, sistemas de piping, componentes, instalaciones, elementos, estructuras u otro a definir que considere su revisión interior, exterior y de elementos internos, accesorios, componentes, etc.

Tabla 2.2 ítems de área inspección visual

2	INSPECCIÓN VISUAL INTEGRAL
2.1	Inspección Visual Integral de Torres
2.1.1	Interior de torres menores e iguales a 15 m.
2.1.2	Exterior de torres menores e iguales a 15 m.
2.1.3	Interior de torres mayores a 15 m.
2.1.4	Exterior de torres mayores a 15 m.
2.2	Inspección Visual Integral de Reactores
2.2.1	Interior de reactores menores e iguales a 40 m ³ .
2.2.2	Exterior de reactores menores e iguales a 40 m ³ .
2.2.3	Interior de reactores mayores a 40 m ³ .
2.2.4	Exterior de reactores mayores a 40 m ³ .
2.3	Inspección Visual Integral de Acumuladores
2.3.1	Interior de acumuladores menores e iguales a 5 m ³ .
2.3.2	Exterior de acumuladores menores e iguales a 5 m ³ .
2.3.3	Interior de acumuladores mayores a 5 m ³ y menores e iguales a 20 m ³ .
2.3.4	Exterior de acumuladores mayores a 5 m ³ y menores e iguales a 20 m ³ .

2.3.5	Interior de acumuladores mayores a 20 m ³ y menores e iguales a 40 m ³ .
2.3.6	Exterior de acumuladores mayores a 20 m ³ y menores e iguales a 40 m ³ .
2.3.7	Interior de acumuladores mayores a 40 m ³ .
2.3.8	Exterior de acumuladores mayores a 40 m ³ .
2.4	Inspección Visual Integral de Intercambiadores
2.4.1	Exterior de tipo horquilla.
2.4.2	Interior de intercambiador tubo carcaza menor e igual a 1000 tubos.
2.4.3	Exterior de intercambiador tubo carcaza menor e igual a 1000 tubos.
2.4.4	Interior de intercambiador tubo carcaza mayor a 1000 tubos.
2.4.5	Exterior de intercambiador tubo carcaza mayor a 1000 tubos.
2.4.6	Exterior de Aerorefrigerantes.
2.5	Inspección Visual Integral de Hornos
2.5.1	Interior de horno menores e iguales a 50 tubos.
2.5.2	Exterior de horno menores e iguales a 50 tubos.
2.5.3	Interior de horno mayor a 50 tubos.
2.5.4	Exterior de horno mayor a 50 tubos.
2.6	Inspección Visual Integral de Calderas
2.6.1	Interior de caldera.
2.6.2	Exterior de caldera.
2.7	Inspección Visual Integral de Válvulas
2.8	Inspección Visual Piping
2.8.1	Piping menor o igual a 10 m
2.8.2	Piping mayor a 10m y menor e igual a 50m
2.8.3	Piping mayor a 50m y menor e igual a 100m
2.8.4	Piping mayor a 100m
2.9	Inspección Visual Elemento o Pieza
2.9.1	Elemento o pieza de superficie menor e igual a 1 m ²
2.9.2	Elemento o pieza de superficie mayor a 1 m ² y menor e igual a 5 m ² .
2.9.3	Elemento o pieza de superficie mayor a 5 m ² .
2.10	Inspección Visual de Oleoducto y Acueducto

2.3.2.2.- Control de Monitoreo y Pruebas

Servicio que contempla la ejecución de diversos controles, monitoreos y pruebas que se realizan a solicitud de Enap Bio Bío, previendo el cumplimiento a los estándares y normas que aplican.

Tabla 2.3 Ítems de área control de monitoreo y pruebas

3	CONTROLES, MONITOREOS Y PRUEBAS
3.1	Control de Protección Catódica
3.1.1	Oleoductos y Acueductos Terrestres
3.1.2	Sistema de Refrigeración
3.1.3	Red contra incendio ERB
3.2	Monitoreo de Trampas de Vapor
3.2.1	Monitoreo de Trampas de Vapor
3.2.2	Monitoreo de Trampas de Vapor por Planta
3.3	Verificación de Fugas con Ultrasonido
3.3.1	Fuga en válvulas y flanges
3.3.2	Fuga en equipos
3.3.3	Detección de fugas en partida de unidades
3.4	Verificación de PSV
3.4.1	Verificación de PSV
3.4.2	Verificación de PSV por Planta

2.3.2.3.- Ensayos no destructivos (END)

Servicio que contempla la ejecución de diversos ensayos no destructivos en equipos e instalaciones de Enap Bío Bío. Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de nondestructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada. Este servicio contempla los siguientes ensayos descritos a continuación:

Líquidos penetrantes: es un tipo de ensayo no destructivo que consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo se elimina el exceso de líquido y se aplica un

revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Partículas magnéticas: el principio de este método consiste en que cuando se induce un campo magnético en un material ferromagnético, se forman distorsiones en este campo si el material presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnetizables, por lo que éstas se deforman o se producen polos. Estas distorsiones o polos atraen a las partículas magnetizables que son aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie a examinar y por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de forma directa o empleando luz ultravioleta.

Ultrasonido (para medición de espesor y B-Scan): Este tipo de ensayo consiste en ondas ultrasónicas que son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico denominado transductor y que tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente el transductor vibra a altas frecuencias generando ultrasonido. Las vibraciones generadas son recibidas por el material que se va a inspeccionar y durante el trayecto la intensidad de la energía sónica se atenúa exponencialmente con la distancia del recorrido. Al alcanzar la frontera del material, el haz sónico es reflejado, y se recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos.

Tabla 2.4 ítems de área ensayos no destructivos (NDT)

4	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
4.1	Líquidos Penetrantes
4.1.1	Ensayo por metro lineal menor o igual a 1 m.
4.1.2	Ensayo por metro lineal mayor a 1 m.
4.1.3	Ensayo por superficie menor o igual a 1/2 m2.
4.1.4	Ensayo por superficie mayor a 1/2 m2.
4.2	Partículas Magnéticas
4.2.1	Ensayo por metro lineal menor o igual a 1 m.
4.2.2	Ensayo por metro lineal mayor a 1 m.
4.2.3	Ensayo por superficie menor o igual a 1/2 m2.

4.2.4	Ensayo por superficie mayor a 1/2 m2.
4.3	Medición de Espesor por Punto
4.3.1	Frío o bajo 70°
4.3.2	Mayor que 70° y menor e igual a 250°
4.3.3	Menor a 250° y mayor que
4.4	B-Scan o Medición de Espesor Lineal

2.3.3.- Accesos y Aislación

Servicio de apoyo a los trabajos de inspección, que contempla la habilitación de diferentes accesos para llegar a los puntos de inspección que se encuentren con acceso restringido o zonas cubiertas con aislación térmica. Este servicio se sub divide en retiro y reposición de aislación y habilitación de accesos, los cuales se describen a continuación

2.3.3.1.- Retiro y Reposición de Aislación

Servicio que contempla todo el retiro y reposición de aislación, en los equipos, circuitos y piping de la refinería, necesario para ejecutar las inspecciones. El trabajo también contempla el retirar y trasladar diariamente desde las plantas los desechos de materiales aislantes en bolsas y llevarlos al área de manejo de residuos sólidos.

Todos los equipos y circuitos de la refinería que trabajen a una temperatura mayor a la temperatura ambiente están aislados con silicato de calcio o lana mineral en espesores que van desde 1" ½ a 4" ½, cubiertos por una lámina de aluminio atornillada y sellada con silicona.

Tabla 2.5 ítems de Retiro y Reposición de Aislación

5	RETIRO Y REPOSICIÓN DE AISLACIÓN
5.1	Cañerías de 1/2" a 2"
5.2	Cañerías de 3" a 4"
5.3	Cañerías de 6" a 8"
5.4	Cañerías de 10" a 12"
5.5	Cañerías de 14" a 16"
5.6	Cañerías de 18" a 20"

5.7	Cañerías de 24" a Mayores
5.8	Codos de 1/2" a 2"
5.9	Codos de 3" a 4"
5.10	Codos de 6" a 8"
5.11	Codos de 10" a 12"
5.12	Codos de 14" a 16"
5.13	Codos de 18" a 20"
5.14	Codos de 24" a Mayores
5.15	Tee de 1/2" a 2"
5.16	Tee de 3" a 4"
5.17	Tee de 6" a 8"
5.18	Tee de 10" a 12"
5.19	Tee de 14" a 16"
5.20	Tee de 18" a 20"
5.21	Tee de 24" a Mayores
5.22	Cap de 1/2" a 2"
5.23	Cap de 3" a 4"
5.24	Cap de 6" a 8"
5.25	Cap de 10" a 12"
5.26	Cap de 14" a 16"
5.27	Cap de 18" a 20"
5.28	Cap de 24" a Mayores
5.29	Reducción de 3/4" a 2 1/2"
5.30	Reducción de 3" a 4"
5.31	Reducción de 6" a 8"
5.32	Reducción de 10 a 12"
5.33	Reducción de 14 a 16"
5.34	Reducción de 18 a 20"
5.35	Reducción de 22" a Mayores
5.36	Retiro y Reposición de Fireproofing
5.37	Aislación Equipos

2.3.3.2.- Habilitación de Accesos

En este servicio se proporcionan los accesos para todas las inspecciones que se deben realizar, mediante el armado y desarme de andamios tipo layher, uso de manlift (alza hombre) y eventualmente el uso de grúa para acceder a lugares de difícil acceso. Este servicio también contempla la realización de calicatas, que son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala o retroexcavadora para realizar inspección en equipos o circuitos que se encuentren

enterrados. En Enap Bío Bío se utilizan principalmente para evaluar el anillo perimetral de los tanques de almacenamiento y líneas enterradas

Tabla 2.6 Ítems de habilitación accesos

6	ACCESOS
6.1	Grúa (pago hora reloj)
6.2	Andamio destinado a inspección
6.3	Manlift destinado a inspección
6.4	Calicatas

2.4.- Descripción de cargos

A continuación se dará a conocer una breve descripción de los diferentes cargos en orden jerárquico:

Administrador de Contrato: Profesional a tiempo completo, interlocutor entre la empresa contratista e inspección de Enap Bío Bío. Responsable de resolver cualquier problema administrativo que se presente durante la operación del servicio.

Planificador de Operaciones: Profesional a tiempo completo, responsable de planificar de forma eficiente y efectiva todas las actividades realizadas en el proyecto.

Coordinador: Profesional a tiempo completo, responsable de coordinar de forma eficiente y efectiva todas las actividades a realizar en el proyecto.

Prevencionista de Riesgos: Profesional experto en Prevención de Riesgos responsable de asesorar, planificar, ejecutar, supervisar y promover acciones permanentes para evitar accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

Supervisor: Personal encargado de supervisar, revisar, validar e informar de forma global el trabajo de inspecciones, incluidos la habilitación de accesos, retiro de aislación, limpieza, inspección y normalización.

Inspector de Equipos Rotatorios: Personal encargado de realizar inspecciones, captura y análisis de datos, diagnóstico preliminar, presenciar y certificar pruebas, confeccionar hojas de vida e informes de los equipos rotatorios que inspeccione. También debe efectuar captura de imágenes térmicas de éstos.

Inspector de Equipos Estáticos: Personal encargado de realizar inspecciones, captura y análisis de datos, diagnóstico preliminar, presenciar y certificar pruebas, confeccionar hojas de vida e informes de los equipos estáticos que inspeccione.

Asistente de Inspección: Personal encargado de realizar tareas de apoyo para la ejecución de las distintas inspecciones y/o mediciones de espesores.

Asistente de Administrativo: Personal encargado de brindar apoyo y asistencia en recursos humanos a personal interno y apoyo administrativo para el funcionamiento operativo del proyecto.

Asistente de Control de Materiales: Encargado de llevar el control de todos los materiales asignados al proyecto (equipos, instrumentos y equipamiento en general) con la finalidad de optimizar su ocupación, evitar daños y/o pérdidas y dar operatividad al servicio, priorizando aspectos de seguridad y servicio al cliente.

Capataz: Personal encargado de recibir y ejecutar los trabajos en terreno del área aislación y andamios, de acuerdo a instrucción de supervisor de área, y guiar al personal del área aislación y accesos en las tareas a desempeñar.

Personal Aislación y accesos: Personal que realiza los trabajos de armado y desarme de andamios y/o retiro y reposición de aislación de acuerdo a instrucción de supervisor de área y/o Capataz.

Conductor: Responsable de trasladar al personal conduciendo los vehículos asignados al proyecto, para facilitar el desarrollo adecuado de las actividades de inspección, planificación y control de inspecciones.

2.5.- Dotación Actual del Servicio

Actualmente el proyecto cuenta con 42 personas que se distribuyen en diferentes cargos de acuerdo a la siguiente tabla:

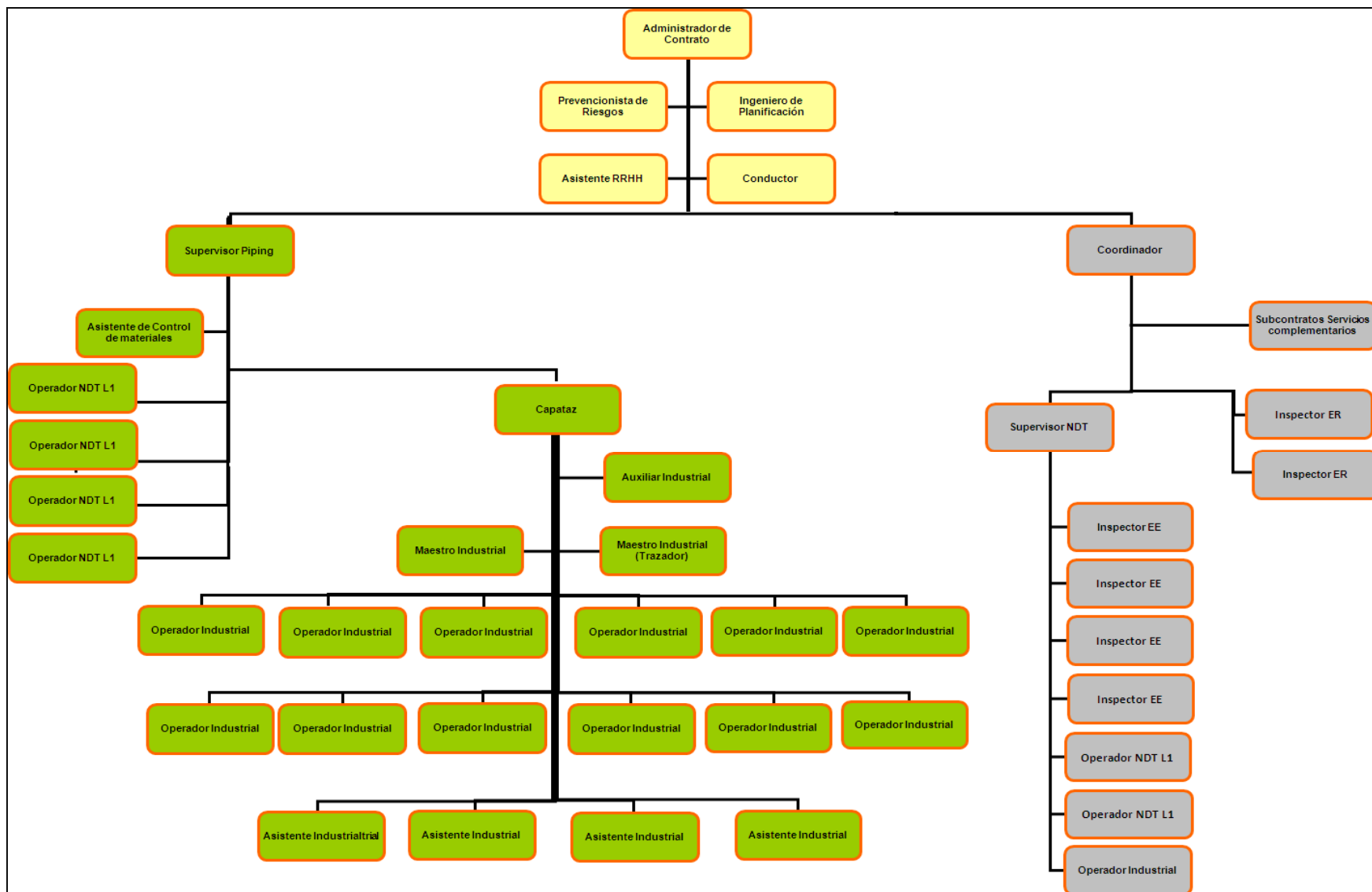
Tabla 2.7 matriz de cargos y cantidad de personas

Nº	Cargo	Cantidad
1	Administrador de Contrato	1
2	Planificador	1
3	Coordinador	1
4	Prevencionista de riesgos	1
5	Supervisor	2
6	Inspector equipos rotatorios	2
7	Inspector equipos estáticos	4
8	Asistentes de Inspección	6
9	Asistente de recursos humanos	1
10	Asistente control de materiales	1
11	Capataz	1
12	Personal Aislación y accesos	20
13	Conductor	1
	Total	42

2.6.- Estructura Organizacional del proyecto

Actualmente el proyecto se encuentra en un esquema funcional, dentro del tipo de estructura jerarquizada y posee un organigrama de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 2.2 Estructura Organizacional Contrato Enap Refinería BIO-BIO



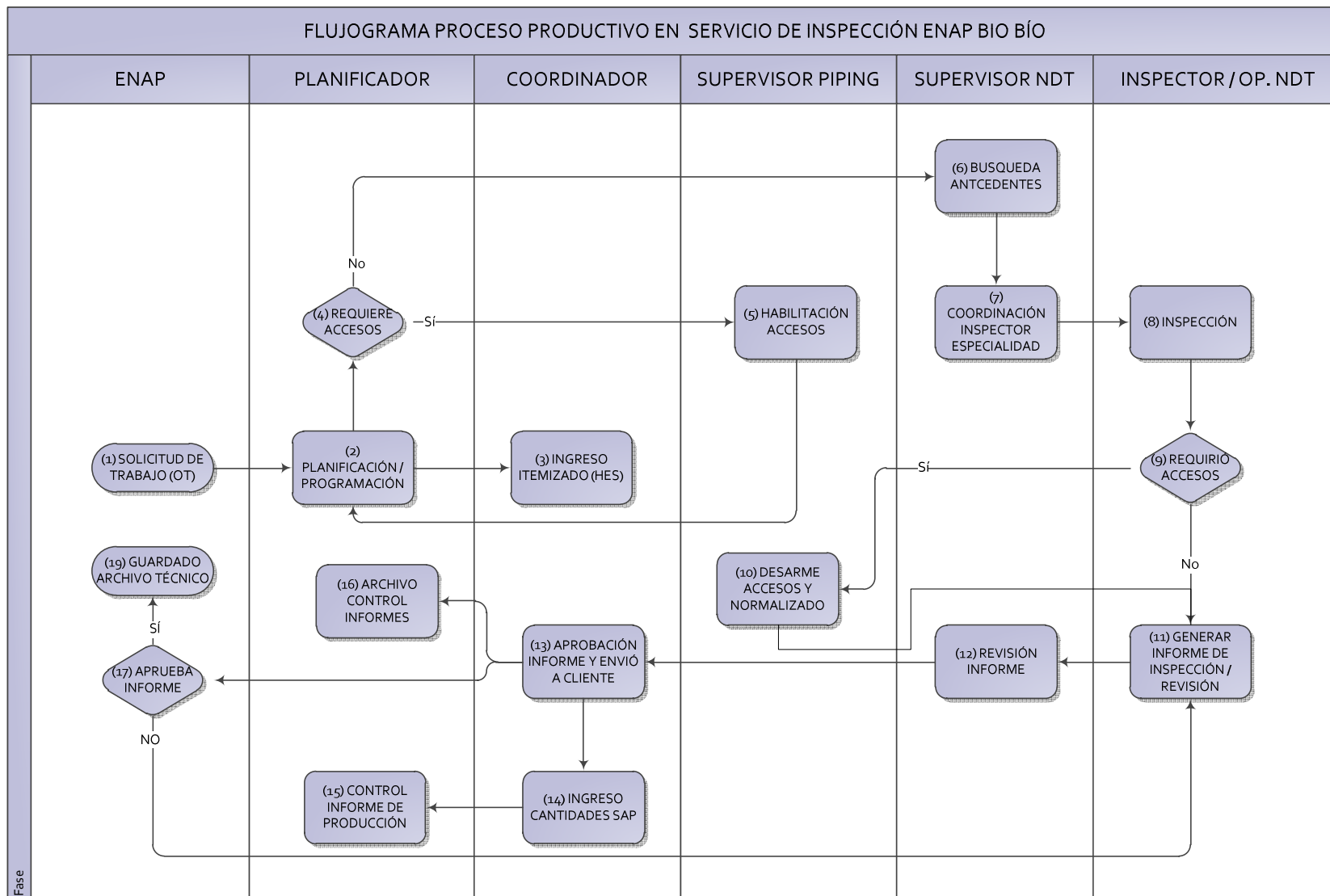
2.7.- Descripción del proceso productivo actual

Para describir de forma general el proceso productivo de inspección realizado en el proyecto se tiene una serie de tareas, flujos y responsables, los cuales se describen a continuación:

1. El cliente (Enap Bío-Bío) entrega la carga de trabajo o la solicitud de inspección (en caso de un trabajo no programado) con su(s) respectiva(s) orden(es) de trabajo (OT).
2. La carga de trabajo es recibida por el planificador de operaciones, quien define los recursos, fechas y tiempos necesarios para realizar el trabajo. Esta carga es reflejada en un programa de trabajo o carta Gantt.
3. El planificador entrega al coordinador la OT y los ítems a utilizar en la inspección, los cuales son ingresados en la hoja de entrada de servicios (HES) para el posterior cobro del trabajo.
4. El este punto se define si el trabajo requiere habilitación de accesos o algún otro trabajo extra para realizar la inspección.
5. Si se requieren accesos, se le entregan los alcances al supervisor piping, quién habilitará los accesos necesarios para la ejecución de la inspección.
6. En caso contrario se entregan los alcances de la inspección al supervisor NDT quien realiza la búsqueda de antecedentes previos para la inspección.
7. Supervisor NDT define con el inspector de la especialidad los alcances de la inspección.
8. Una vez definido los alcances el inspector designado realiza la inspección del equipo o circuito.
9. Dependiendo de lo definido en el punto 4, se ve si la inspección requirió accesos o algún otro trabajo extra.
10. Si se requirió algún acceso, el supervisor de piping se encarga del normalizado del área de trabajo.
11. Luego de finalizado el trabajo, el inspector generará el respectivo informe de inspección, con las recomendaciones necesarias.

12. El supervisor NDT revisa este informe y lo envía al coordinador para su revisión final.
13. El coordinador da el V^B°y envía el informe al cliente
14. Luego de esto se ingresa la hoja de entrada se servicio (HES) en SAP para el cobro respectivo. Aquí se consideran todos los ítems utilizados para realizar el trabajo.
15. La información ingresada en SAP por el coordinador es enviada al planificador de operaciones, quien completa el informe de producción y lleva el control mensual de lo producido.
16. El informe enviado al cliente también es recibido por el planificador de operación quien completa el archivo de control de informes para indicadores y rendimientos.
17. Cuando el cliente recibe el informe, éste lo revisa para su aprobación final.
18. Si el informe es rechazado, el cliente devuelve el informe con las observaciones encontradas y se repiten los pasos descritos en los puntos 11 al 17.
19. Finalmente, cuando el informe es aprobado por el cliente éste lo archiva y lo difunde dentro de su organización para realizar las reparaciones necesarias.

Figura 2.3 Diagrama de Flujo del Proceso Productivo



2.8.- Situación Actual del proyecto

El proyecto tiene variados problemas de calidad, por otro lado esta “operatoria deficiente” ha llevado a un deterioro de la relación comercial y de servicio con el cliente a un punto bastante crítico. Las principales razones que fueron detectadas a simple vista son las siguientes:

- Una mala planificación y coordinación de los trabajos realizados
- Falta de comunicación y fluidez de la información entre las distintas áreas del proyecto y también entre la empresa y el cliente.
- Existe un considerable tiempo de respuesta de informes, lo que en algunos casos puede sobrepasar los 5 días de espera. (según las bases técnicas este tiempo no debe sobrepasar las 24 hrs luego de finalizar el servicio).
- El personal muchas veces no cumple con las competencias técnicas necesarias para la labor que desempeña, lo que conlleva a que algunos trabajos sean de una calidad de deficiente y por lo tanto se deban repetir. Esto ha llevado a una desconfianza por parte del cliente de los servicios realizados por la empresa.
- No existe un control y seguimiento de las no conformidades detectadas tanto internas como externas.
- No existe definición clara de los cargos y responsabilidades de cada uno, de los involucrados del proyecto, llevando muchas veces a una dualidad de funciones.
- Con respecto a disminuir las brechas existentes, se cuenta con un programa de capacitación que a la fecha no se ha aprobado por parte de la gerencia.

CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO

3.1.- Introducción:

Para poder introducir este tema, se debe tener una base teórica de lo que es la gestión del mantenimiento y la herramienta de análisis de causa raíz (ACR), de modo de lograr identificar las herramientas necesarias para entregar de mejor forma el servicio y así estructurar de manera lógica las tareas a realizar: En este capítulo, se da a conocer de forma general, el tipo de información y la utilidad que proporciona, de modo de proponer un sistema que cumpla con el objetivo identificar los problemas del proyecto y entregar soluciones tendientes a mejorar la calidad del servicio.

3.2.- Herramientas para la gestión de activos

La “gestión de activos” se define como el juego de disciplinas, procedimientos y herramientas esenciales para optimizar el impacto total de los costos, exposición al riesgo y desempeño humano en la Vida del Negocio, asociado con la confiabilidad, disponibilidad, usabilidad, mantención, longevidad, eficiencia y regulaciones de cumplimiento de la seguridad y el medio ambiente, de los activos totales de la compañía.

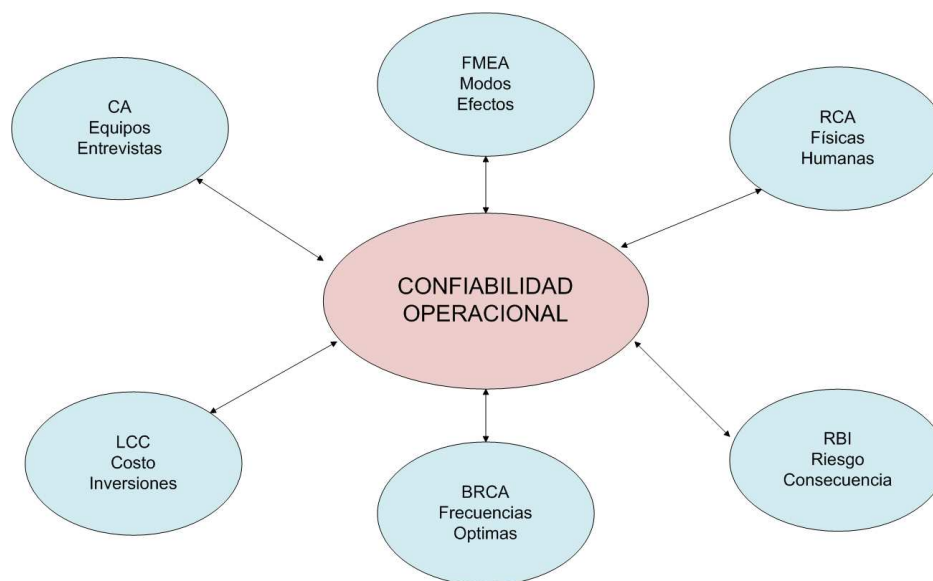
El proceso de optimización de los activos implica adquirir todos los recursos materiales esenciales para ejecutar las estrategias establecidas. Se deben definir las máquinas, los equipos e instrumental, con los repuestos necesarios para ejecutar las tareas. La ingeniería de la confiabilidad se destaca como el marco en el cual conviven las metodologías necesarias para la optimización de los activos.

Dentro de la optimización de los activos físicos de la empresa se debe considerar lo siguiente:

- Definir las máquinas y las herramientas
- Adquirir repuestos y materiales esenciales
- Determinar criticidad, accesibilidad, usabilidad, tiempo de reposición, costo y demanda
- Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCS)
- Índices de rotación de repuestos estratégicos
- Aprovisionamiento Económico Óptimo

Son múltiples las herramientas que usa la gestión de activos para alcanzar la excelencia. Las seis que son las más usadas para generar estrategias vitales en el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional, se muestran en la Figura 3.1, y se definen a continuación:

Figura 3.1: Diagrama de herramientas de Gestión de Activos



- 1. El Análisis de Criticidad (CA):** es una técnica que permite jerarquizar instalaciones, sistemas y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

2. **El Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA):** es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.
3. **La Inspección Basada en Riesgos (RBI):** es la técnica que permite definir la probabilidad de falla de un sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el proceso y el entorno.
4. **El Análisis Costo - Riesgo - Beneficio (BRCA):** es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de realizar una actividad y los beneficios generados, con base en el valor del riesgo que involucra la realización, o no, de tal acción.
5. **El Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCC):** es una técnica que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de mejora de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.
6. **El Análisis Causa Raíz (ACR):** es un procedimiento sistemático que se aplica con el objetivo de precisar las causas que originan las fallas, sus impactos y sus frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

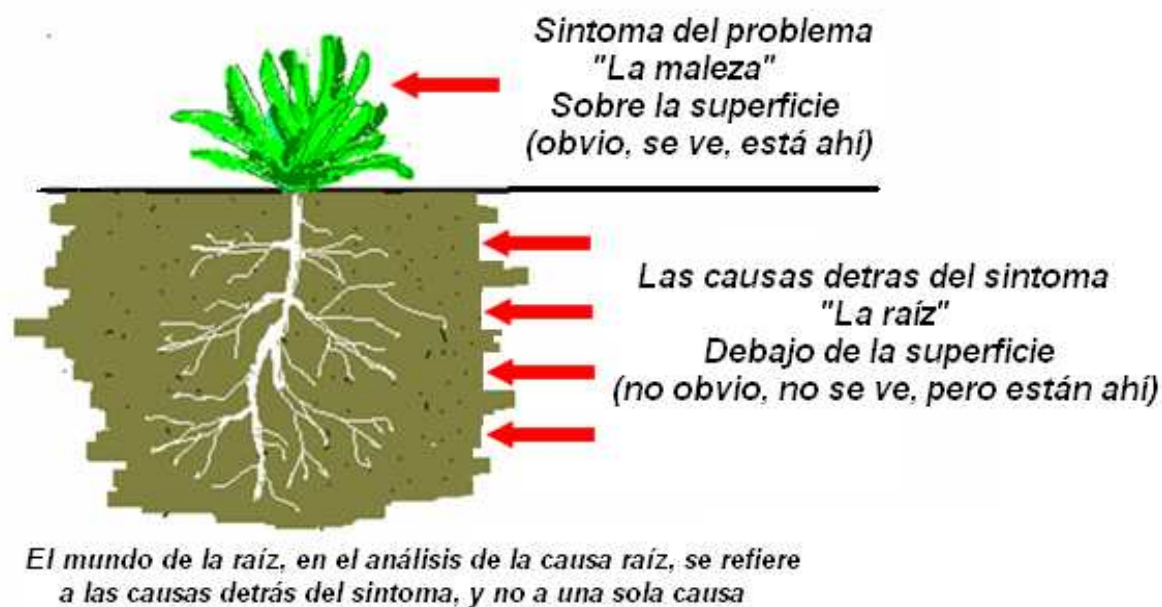
3.3.- El Análisis Causa Raíz (ACR)

El análisis de causa raíz (ACR) es un método de análisis de falla que utiliza la lógica sistemática para lograr identificar las causas responsables de una falla. También permite identificar la mejor solución para corregir la causa identificada y como realizar su seguimiento. La deducción y verificación de los hechos para encontrar el origen de una falla, permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

Por su estructura, el ACR es un proceso que consume recursos y una gran cantidad de tiempo por lo tanto se debe establecer desde un principio si el problema requiere realizar o no un estudio de ACR. Con el fin de saber si una falla requiere de un ACR, se debe evaluar basado en sus consecuencias, por ejemplo: fallas que involucren la integridad de las personas, las inversiones o infraestructura, los equipos o la combinación de varias o todas las anteriores. El objetivo es determinar el origen de las causas físicas, humanas y latentes de un problema o falla, la frecuencia con que apareció y el impacto que genera, por medio de un estudio minucioso de los factores, circunstancias y diferentes elementos que podrían mitigar o eliminar por completo la falla una vez tomadas las acciones correctivas que sugiera el análisis mejorando la seguridad, confiabilidad, mantenimiento y disponibilidad de los equipos de la organización.

Para hacer un buen análisis de causa raíz, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y analizar las acciones humanas que desataron la cadena de causa-efecto que llevo a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron esto, si se debió a procedimientos incorrectos, especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita nuevamente.

Figura 3.2: Base del Análisis de Causa Raíz (ACR)



3.3.1.- Etapas de un análisis de causa raíz.

En la aplicación del análisis de causa raíz consta de cuatro etapas básicas que se definirán a continuación.

1. **Definición del problema:** Esta etapa consiste en identificar cual es el problema o situación que se desea solucionar, en este punto se decide la aplicación de la herramienta ACR en busca de mejoras para el funcionamiento de los equipos o erradicar problemas complejos
2. **Análisis del problema:** Consta del análisis preliminar y el desarrollo en pleno de la herramienta y definición de los pasos para la aplicación del ACR, los cuales son:
 - Recolectar datos de la falla
 - Ordenar el análisis (equipo multidisciplinario)

- Analizar los datos (El equipo toma cada pieza del rompecabeza y la pone en su lugar)
- 3. Identificar soluciones efectivas:** Esta etapa está ligada a los hallazgos y conclusiones obtenidas a lo largo de la aplicación del análisis causa raíz al problema estudiado, donde ya localizadas las causas de fondo se identifican las correcciones que se deberían realizar para asegurar la no ocurrencia del fallo.
- 4. Implementar soluciones:** Cuando se realizan las correcciones propuestas a eliminar la falla, basadas en el plan de seguimiento propuesto a las recomendaciones emitidas en el informe ACR.

3.3.2.- Niveles del Análisis de Causa Raíz.

Para solucionar definitivamente un problema se debe llegar a la verdadera causa que lo está generando; es por esto que el análisis de causa tiene tres niveles de posibles causas.

- **Causa Raíz Física:** Reúne todas las situaciones o manifestaciones de origen físico que afectan directamente la continuidad operativa de los equipos o planta. En este nivel no se encontrara la causa raíz de la falla, sino un punto de partida para localizarla.
- **Causa Raíz Humanas:** Aquí se encuentran todos los errores cometidos por el factor humano y que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia de la falla, esta es una de las categorías en la que se podía encontrar la causa raíz.
- **Causa Raíz Latente:** Todos aquellos problemas que aunque nunca hayan ocurrido son factibles su ocurrencia, entre ellos: falta de procedimiento para

arranque o fuera de servicio, personal de mantenimiento sin capacitación, inapropiados procedimientos de operación entre otros.

3.3.3.- Técnicas para el análisis de Causa Raíz

Existen varias técnicas comúnmente utilizadas en el medio para el análisis y solución de problemas. Pero en resumen, todas tienen el mismo fin, que consiste en Eliminar la causa real o potencial que provocó o puede provocar una no conformidad o problema.

1) Análisis del árbol lógico de fallas:

El árbol lógico de fallas es considerado una herramienta que permite representar gráficamente las relaciones de causa y efecto que nos conduce a descubrir el evento indeseable y cuál fue la causa raíz del problema. En la práctica el personal que realiza el ACR es quién colocan los datos de una falla en forma lógica y comprensible, mostrando en un diagrama la toma de decisiones verificadas a través de preguntas que ayudan a guiar al grupo en busca de la respuesta correcta.

La construcción del árbol lógico de fallas en un proceso de ACR consta de los siguientes pasos que son descritos a continuación:

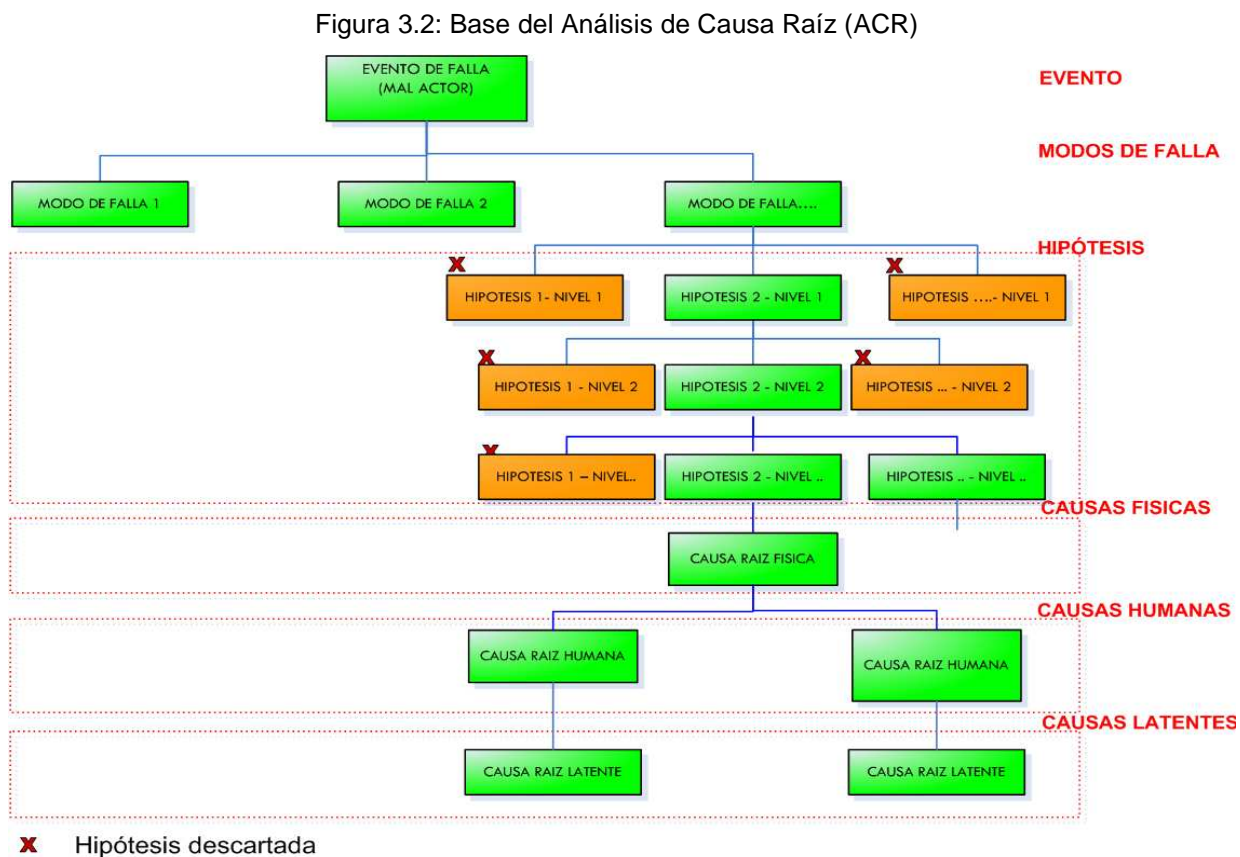
- **Evento (mal actor):** En este paso se realiza la descripción del mal actor o falla repetitiva que se encuentra ocasionando problemas y pérdida en la función de una pieza o proceso, el análisis de estos problemas debe basarse en hechos verificables que permitan iniciar el proceso de análisis de la falla.
- **Modos de falla:** Los modos de falla son una descripción más detallada de cómo ocurrió el evento en el pasado, estos deberán estar basados en hechos. En este

paso el análisis del mal actor son las diferentes fallas que originaron el problema principal y su función es dividir el problema central en cuadros más pequeños para hacerlo más manejable.

- **Hipótesis:** las hipótesis son suposiciones que se hacen respecto a la pregunta de cómo pudo suceder determinado modo de falla, estas pueden tener varios niveles de verificación dependiendo de la acertibilidad requerida.
- **Verificación de hipótesis:** En la verificación de hipótesis se recurren a diversos métodos de validación con los cuales se aprueba la hipótesis propuesta como un hecho con los cuales se clarifica aún más el problema.
- **Causas físicas:** Este nivel reúne todas las causas de origen físico que pudieron dar origen a la falla, es la causa tangible. En este nivel no se encontrara la causa de la falla si no un punto de partida para resolver el problema, por lo que se deberá seguir con el análisis de falla.
- **Causas humanas:** Errores cometidos por el factor humano que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia de la falla, estos pueden originarse por la falta de conocimiento en procesos y la toma de decisiones erradas que generalmente dan como resultados errores de omisión.
- **Causas latentes:** Son todos aquellos problemas que aunque no hayan ocurrido son factibles de que ocurran. También pueden ser considerados como los sistemas de organización que las personas utilizan para tomar decisiones, cuando estas son deficientes se traducen en errores de decisión que pueden ocasionar dificultades en el funcionamiento adecuado de los equipos, algunos ejemplos de estas causas pueden ser: falta de procedimientos, capacitación inadecuada del equipo de trabajo y problemas de comunicación.

En la elaboración del árbol lógico de falla se debe efectuar mediante un proceso ordenado, donde las diferentes etapas que lo componen guiaran al grupo de

análisis del ACR a encontrar la causa raíz que está originando el problema, la estructura para el análisis de los elementos encontrados en cada una de las etapas genera un análisis combinatorio o ramificado llamado árbol lógico de falla cuya estructura conceptual es la siguiente:



2) Lluvia de Ideas (Brainstorming)

Es una técnica de grupo para concebir ideas originales en un ambiente creativo, que propicia más y mejores ideas que las que un individuo podría generar trabajando de manera independiente. Su objetivo principal es identificar las causas de un problema, generar soluciones creativas para el mismo, o proponer acciones de mejora, por medio de la expresión de un número extenso de ideas que sean aportadas por todos los integrantes de un grupo, en un ambiente relajado. Debe ser utilizada cuando existe la necesidad de:

- Generar un número extenso de ideas.
- Propiciar y liberar la creatividad de las personas.
- Involucrar a todos en el proceso.
- Identificar áreas de oportunidad para propiciar la mejora continua.

Principales ventajas del método:

- Estimula creatividad y ayuda al surgimiento de ideas originales, permitiendo el cambio de perspectivas o enfoques.
- La creatividad puede ayudar a la mejor solución de los problemas y a la identificación de la verdadera causa de los mismos.
- Facilita la participación de todos.
- En un breve lapso se generan muchas ideas que pueden ser valiosas.

3) Los 5 porqués (Five whys):

Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la etapa de análisis de problemas para encontrar las causas posibles de un problema. Su objetivo principal es analizar sistemáticamente las posibles causas de un problema, a través de preguntarse al menos cinco veces: “por qué”. Se considera que al no encontrar una nueva respuesta, después de varias veces, es lo que permite identificar la verdadera causa - raíz del problema. Los pasos a seguir para utilizar esta técnica son los siguientes:

1. Se enuncia el problema en forma clara y objetiva.
2. Una vez que las causas probables han sido identificadas, iniciar el proceso preguntándose “¿por qué?”

3. Continuar preguntando “por qué” al menos cinco veces. Este ejercicio reta a los miembros del equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya probadas y ciertas. Una vez que sea difícil al equipo responder al “por qué”, la causa probable ha sido identificada.
4. Existirán casos donde se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando “por qué” para encontrar las causas principales.
5. Durante el proceso tener mucho cuidado de NO empezar a preguntar “quién”. Recordar que el equipo debe siempre estar interesado en el proceso y no en las personas involucradas.
6. Se anotan las causas principales.
7. Se establecen las acciones correctivas.

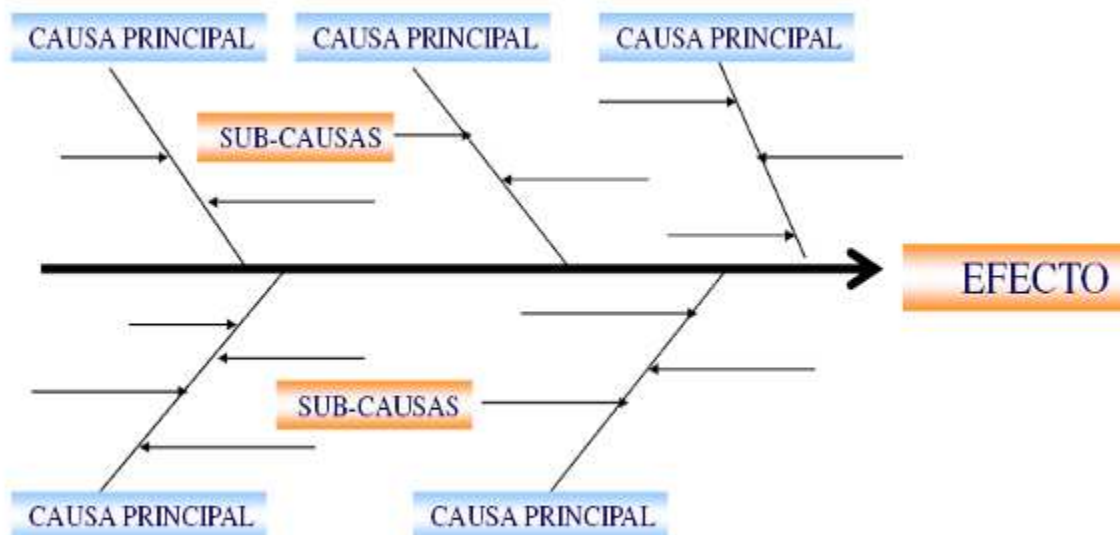
4) Diagrama de Causa – Efecto (Ishikawa o diagrama de espina de pescado):

El diagrama de causa-efecto, también llamado diagrama de Ishikawa o diagrama causal, es un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o inputs, el proceso, y las salidas o outputs de un sistema

(causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (feedback) para el subsistema de control.

Figura 3.3: Esquema genérico de diagrama de causa y efecto



Su objetivo es expresar en forma gráfica el conjunto de factores causales que intervienen para que se produzca un producto o servicio no conforme (problema) y comprender la forma en que aquellos se interrelacionan.

Ilustrar gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado. Los pasos a seguir para utilizar esta técnica son los siguientes:

- 1.- Identificar el problema (efecto), y registrarlo en la parte extrema derecha enmarcado en un recuadro que en ocasiones se define como la cabeza de pescado y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda.
- 2.- Dibujar las espinas principales; éstas representan las entradas al proceso, recursos o factores causales.

3.- Anotar todas las posibles causas (lluvia de ideas). Una forma común, es identificar los factores causales de acuerdo a la categoría a la que pertenecen (cinco Ms):

- Mano de Obra
- Materiales
- Máquinas
- Métodos
- Medio Ambiente

En las cinco “Ms” podemos encontrar las posibles causas por las que los servicios no cumplen con los requisitos especificados.

- **Mano de Obra:** Las distintas habilidades de los empleados así como la falta de capacitación y actualización continua pueden influir grandemente en la calidad del servicio proporcionado. O bien, problemas de actitudes, falta de colaboración, desmotivación, etc.
- **Materias Primas:** Son los insumos necesarios para producir el servicio, pueden ser datos, información, solicitudes, documentos, etc. Al faltar alguno de ellos o contener errores se puede producir un servicio no conforme.
- **Maquinarias y equipos:** Identificar los recursos necesarios para producir el servicio, ya sea que el equipo no funcione en forma óptima o que el software no sea el adecuado, el resultado podrá producir algún problema de calidad.
- **Método de Trabajo:** Los métodos de trabajo pueden no estar establecidos, o ser demasiado complicados o procedimientos incompletos, etc.

- **Medio Ambiente:** Este puede ser una causa importante que influya en la calidad del servicio, especialmente el clima laboral.

4.- Una vez que se han identificado y clasificado todos los factores que intervienen en una característica de calidad o en la desviación de la misma, se selecciona aquella de mayor importancia con el fin de establecer la medida correctiva apropiada (por consenso, votación, o con datos existentes).

Principales ventajas del método:

- Al utilizar un enfoque estructurado, permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema, ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.
- Es útil para aplicarse en problemas reales o potenciales, y para identificar oportunidades de mejora.

Para iniciar la búsqueda de la solución de un problema en general, y para obtener la información para construir un diagrama de causa - efecto en particular, a menudo se utiliza una sesión de lluvia de ideas.

5) Análisis de Pareto:

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución C-A-B, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

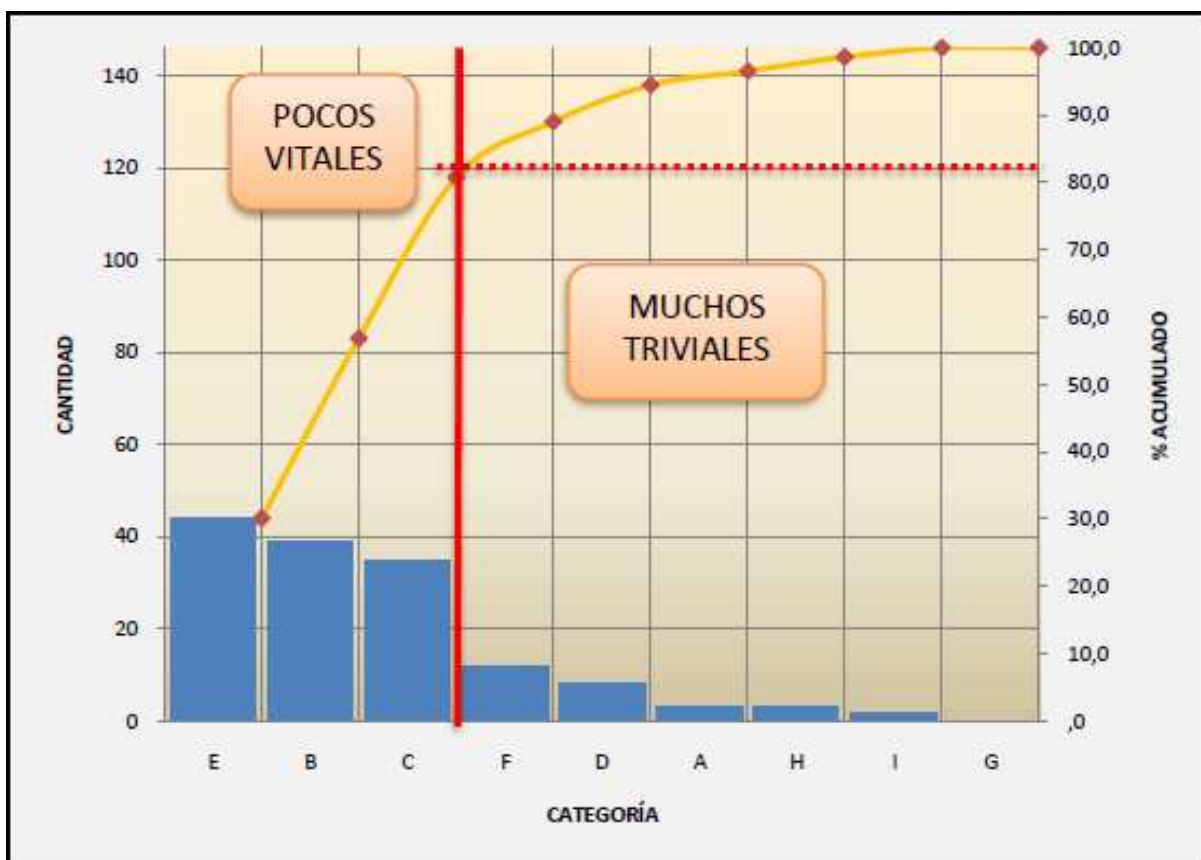
El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarlas.

Figura 3.4: Ejemplo de diagrama de pareto



3.3.4.- Proceso de aplicación de la metodología Análisis de Causa Raíz

3.3.4.1.- Diseño y Tipo de Investigación

El diseño de la investigación se refiere a la estrategia que selecciona el investigador con el fin de recopilar la información relacionada con el tema de estudio, mientras que el tipo de investigación hace referencia al nivel de profundidad que se desea llegar.

El tipo de estudio realizado puede definirse como una investigación de tipo descriptiva, ya que a través de la misma se hizo factible la identificación de las causas que están directamente relacionadas con los problemas de calidad del servicio entregado al cliente.

Según la estrategia, esta investigación es de tipo "In-situ", ya que se obtuvieron los datos de una manera precisa y directa, en el sitio donde se realizó la investigación, es decir dentro del proyecto mismo.

Por otra parte el nivel de conocimiento es de tipo proyectiva, ya que se propone mejorar la gestión del servicio de inspección de equipos estáticos y rotatorios, basado en una serie de metodologías como el análisis de causa raíz, elaborando una evaluación estadística de los problemas de calidad, lo cual amerita soluciones a problemas prácticos que se presentan y así ofrecer propuestas y recomendaciones para lograr un mejor servicio.

3.3.4.2.- Técnicas de Recolección de Datos

Para realizar la recopilación de la información requerida y alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación, se aplicaran distintas técnicas de medición como son las siguientes:

- **Búsqueda de información:** Dado que no existen datos históricos para cuantificar los principales problemas del servicio y el número de veces que se produjeron, se trabajó en un levantamiento de la información histórica disponible tanto en correos electrónicos, programas de trabajo, no conformidades, Libro de Obra digital, etc. para lograr saber con mayor exactitud cuántos de estos problemas se generaron y con qué frecuencia ocurrieron.
- **Revisión de documentos:** Se realizó una revisión de los procedimientos, instructivos y protocolos de trabajo de la compañía; como también en bibliografía técnica especializada referentes al análisis causa raíz, herramientas de calidad, etc.
- **Observación directa:** Dado que esta investigación es de tipo “In-situ” (el equipo multidisciplinario de trabajo se encuentra inserto en el proyecto) se puede tener una idea en forma directa, de los principales problemas de calidad de entrega del servicio. De esta forma se logra ver las falencias en los procesos internos, cuellos de botella, tiempos de espera, etc. que afectan a la calidad del servicio entregado al cliente.
- **Entrevistas y reuniones de trabajo:** Se realizaron entrevistas tanto formales como informales a personal clave del proyecto, para conocer su opinión y recomendaciones. Estas entrevistas se realizaron a través de preguntas abiertas utilizándose como instrumentos guías de entrevistas. Mediante reuniones tipo “lluvia de ideas”, con el personal clave del proyecto se dieron a conocer los principales problemas que afectan al servicio, sus posibles causas y se analizaron posibles soluciones.
- **Encuestas al cliente:** Se emplearon encuesta, utilizando formatos de elaboración propia para aplicar entrevistas estructuradas al personal técnico e ingenieros de nuestro cliente, con el fin de conocer su apreciación sobre los

problemas que ellos creen son más relevantes en el proyecto y que afectan directamente la calidad del servicio entregado.

3.3.4.3.- Técnicas de Análisis

- **Análisis Gráfico e Histogramas:** Permitió visualizar y jerarquizar el número de problemas presentados por el proyecto.
- **Diagrama de Pareto:** Se utilizó para representar y jerarquizar de forma gráfica el mayor porcentaje (%), en cuanto a los problemas principales y a los impactos producidos por éstas.
- **Análisis Causa Raíz (ACR):** Es una metodología que permitió mediante un razonamiento lógico la comprensión de los principales problema hasta llegar a la posible causa de origen, es decir, permitió realizar un estudio de lo general a los específico, utilizando como herramienta principal un diagrama de causa y efecto para definir la causa raíz de los problemas del servicio entregado al cliente.
- **Análisis de Tablas y Resultados:** Una vez organizada y jerarquizada toda la información obtenida, se procedió a analizarla, con el objetivo de establecer finalmente las mejoras y validar la situación general del sistema en estudio, realizando conclusiones y recomendaciones basadas en este análisis.

3.3.4.4.- Procedimiento de trabajo

A continuación se mencionan los objetivos planteados en la investigación, así como las técnicas de investigación que se utilizaron para la consecución de dichos objetivos:

- **Realizar un diagnóstico de la situación actual en que se encuentra el proyecto y cuáles son los principales problemas**

Para el logro de este objetivo se realizaron reuniones y entrevistas tanto con personal de SGS Chile como con personal de Enap Bio – Bío. Mediante reuniones tipo lluvia de ideas con personal clave del proyecto y entrevistas y encuestas al cliente se definieron los principales problemas del proyecto y se analizaron sus posibles mejoras. Una vez obtenidos y definidos cuáles eran los principales problemas que aquejaban a la calidad del servicio se realizó un levantamiento de la información histórica para determinar la frecuencia de ocurrencia de estos eventos.

Finalmente se realizó un diagrama de Pareto para jerarquizar los problemas principales que afectan al proyecto.

- **Identificar las causas raíz que generan los problemas y las no conformidades de la calidad del servicio entregado**

Se determinó el origen de los problemas que afectan directamente la calidad del servicio entregado a Enap Bio Bio a través del análisis de causa raíz, técnica que permitió identificar las causas que originan los problemas recurrentes. Para su realización se aplicó la técnica del árbol lógico de fallas, esto para elevar el nivel de comprensión del problema estudiado, determinándose así las posibles causas físicas, humanas y latentes, con la finalidad de atacar la raíz y no la consecuencia del problema.

- **Realizar las propuestas de mejoras necesarias a partir del análisis realizado en la investigación y proponer un sistema de seguimiento a las recomendaciones emitidas para la eliminación de los problemas**

Basándose en los resultados del análisis de causa raíz se elaboraron propuestas de mejoras tendientes a mejorar de forma objetiva y eficiente la calidad del servicio entregado actualmente al cliente. En este punto se identificó:

- Recomendación: Según el análisis de causa raíz
 - Responsables: El o los responsables de hacer cumplir dicha recomendación
 - Fecha de inicio: Fecha de implementación del plan de mejora
 - % Avance: Ver el avance en porcentaje del plan de mejora
-
- **Crear indicadores claves del desempeño (KPI's), para la evaluación de las mejoras establecidas**

Con base a los resultados obtenidos a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, se plantearon y confeccionaron indicadores claves del desempeño (KPI) para evaluar la gestión del servicio, la cual permitirá llevar un control y un seguimiento de las mejoras aplicadas al proyecto.

CAPITULO 4 DESARROLLO DEL ANALISIS DE CAUSA RAÍZ

4.1.- Introducción:

En el presente capítulo se dará una solución a los objetivos planteados al inicio de esta investigación. Este capítulo está orientado a buscar los principales problemas que presenta el proyecto y encontrar sus causas raíces mediante un análisis de causa y efecto mediante diagrama de Ishikawa, para luego entregar un plan de mejora a los problemas encontrados y un plan de control y seguimiento mediante indicadores de desempeño (KPI's).

4.2.- Aplicación del método de lluvia de ideas para búsqueda de problemas

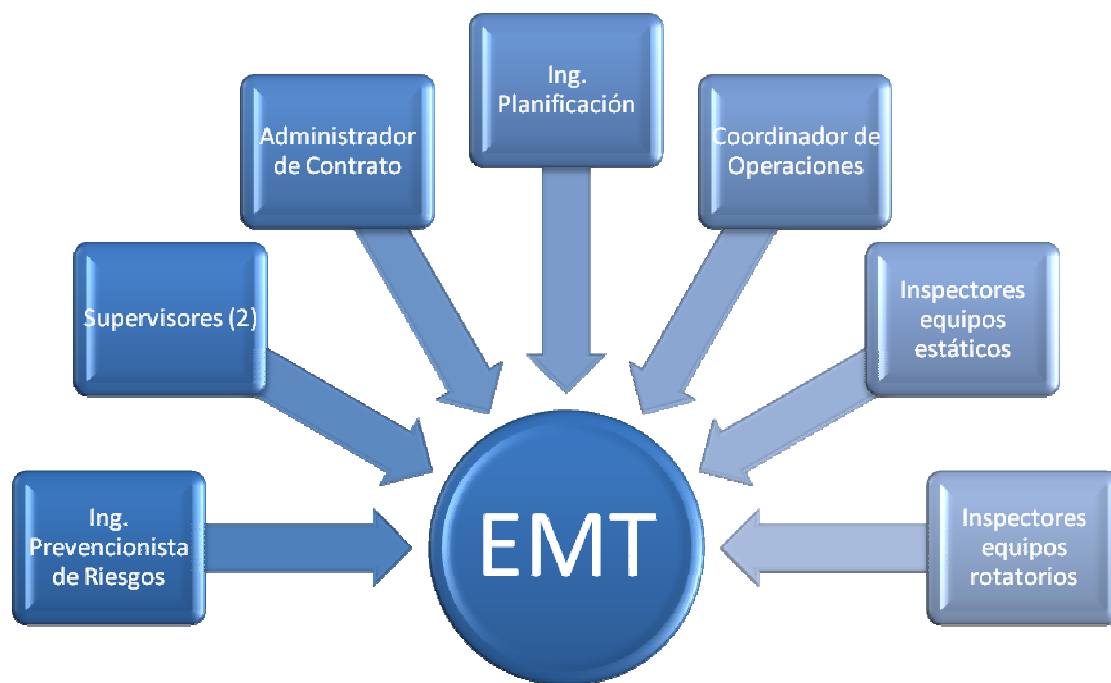
Se conformó un equipo multidisciplinario de trabajo (EMT), de 12 personas todas pertenecientes al proyecto, donde se generaron lluvia de ideas para la búsqueda de los principales problemas. La idea principal de la conformación de este equipo multidisciplinario de trabajo fue involucrar al mayor número de personas en el análisis con el objetivo de obtener varios puntos de vista, evitando de esta manera resultados parciales. Esto permitió que el personal involucrado nivelara conocimientos y aceptara con mayor facilidad los resultados dado que su opinión fue tomada en cuenta.

El personal elegido para conformar el EMT estuvo formado por el siguiente personal:

- Administrador de Contrato
- Ingeniero de Planificación
- Ingeniero Coordinador de Operaciones
- Ingeniero prevencionista de riesgos
- Supervisores (2)

- Inspectores equipos estáticos (4)
- Inspectores equipos rotatorios (2)

Figura 4.1: Esquema de conformación del Equipo Multi-Disciplinario



El Ingeniero de Planificación es el personal más importante en el proceso de revisión del ACR. Su labor consistió en fijar reuniones, coordinarlas y verificar que el trabajo del equipo se adaptó a la metodología del ACR.

Los distintos especialistas aportaron conocimientos, causas, efectos, consecuencias de los problemas y la manera de evitarlas.

Una vez finalizada la reunión con el EMT y ya definidos cuáles son los principales problemas que afectan al proyecto, el ingeniero de planificación realizó una reunión con personal de Enap Bio Bio para ponerlos en conocimiento de los alcances logrados de dicha reunión y ver según el punto de vista de cliente cuáles eran los principales problemas que según ellos ven en el contrato, para finalmente

llegar a un consenso. El equipo de trabajo de dicha reunión con el cliente estuvo conformado según la siguiente estructura:

- Ingeniero de planificación de SGS Chile
- Ingeniero de mantención equipos estáticos
- Ingeniero de mantención equipos rotatorios
- Técnicos equipos estáticos (3)
- Técnicos equipos rotatorios (2)

4.2.1. Identificación de los problemas principales y sus modos de ocurrencia

Una vez conformado el equipo multidisciplinario de trabajo, se procedió a identificar los principales problemas, los cuales se describen a continuación:

- Desviaciones en el programa de trabajo
- Mal diagnóstico de equipos rotatorios
- Mala medición de equipos rotatorios
- Considerable cantidad de informes devueltos
- Baja efectividad de detección de fallas en equipos rotatorios
- Disponibilidad del servicio
- Alta cantidad de servicios repetidos en terreno
- Alta cantidad de informes retrasados
- Alto tiempo de respuestas ante emergencias
- Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios

4.2.2.- Consideraciones para definición de ocurrencia de un evento

Una vez detectados los principales problemas de calidad de proyecto, se realizó un levantamiento de la información para poder cuantificar el número de veces que ocurrió cada uno de los problemas. Para ello se realizó una búsqueda histórica de la información por diversos medios (correos electrónicos, report's, programas de trabajo, etc), considerándose para ello un muestreo desde el 01 de Septiembre de 2012 al 31 de diciembre de 2012. La tabla con los resultados de dicho levantamiento se define a continuación:

Tabla 4.1: Principales problemas detectados y número de ocurrencia por evento

N°	Problema detectado	Abreviatura	Ocurrencia del Evento	Ocurrencia promedio mensual
1	Desviaciones en el programa de trabajo	DPT	22	5,5
2	Mal diagnostico de equipos rotatorios	MDER	9	2,25
3	Mala medición de equipos rotatorios	MMER	16	4
4	Considerable cantidad de informes devueltos	CID	27	6,75
5	Baja efectividad de detección de fallas en equipos rotatorios	BEDFER	5	1,25
6	Disponibilidad del servicio	DS	1	0,25
7	Alta cantidad de servicios repetidos en terreno	CSR	19	4,75
8	Alta cantidad de informes retrasados	CIR	77	19,25
9	Alto tiempo de respuestas ante emergencias	TRI	5	1,25
10	Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios	FMER	43	10,75
Total			224	---

El criterio para definir la ocurrencia de un evento para cada uno de los problemas detectados se define a continuación:

Desviaciones en el programa de trabajo: N° de veces que no se realizó algún trabajo en los plazos establecidos de acuerdo al programa semanal de trabajo.

Mal diagnostico de equipos rotatorios: N° de veces que un equipos rotatorio fue mal diagnosticado.

Mala medición de equipos rotatorios: N° de veces que un equipos rotatorios fue mal medidos en terreno (mala captura de datos).

Considerable cantidad de informes devueltos: N° de veces que se devolvió un informe por parte del cliente.

Baja efectividad de detección de fallas en equipos rotatorios: N° de veces que un equipo rotatorio fue medido y diagnosticado sin detectar indicaciones y posteriormente falló.

Alta cantidad de servicios repetidos en terreno: N° de veces que los servicios prestados fueron repetidos en terreno.

Disponibilidad del servicio: N° de veces en que el servicio solicitado no fue prestado.

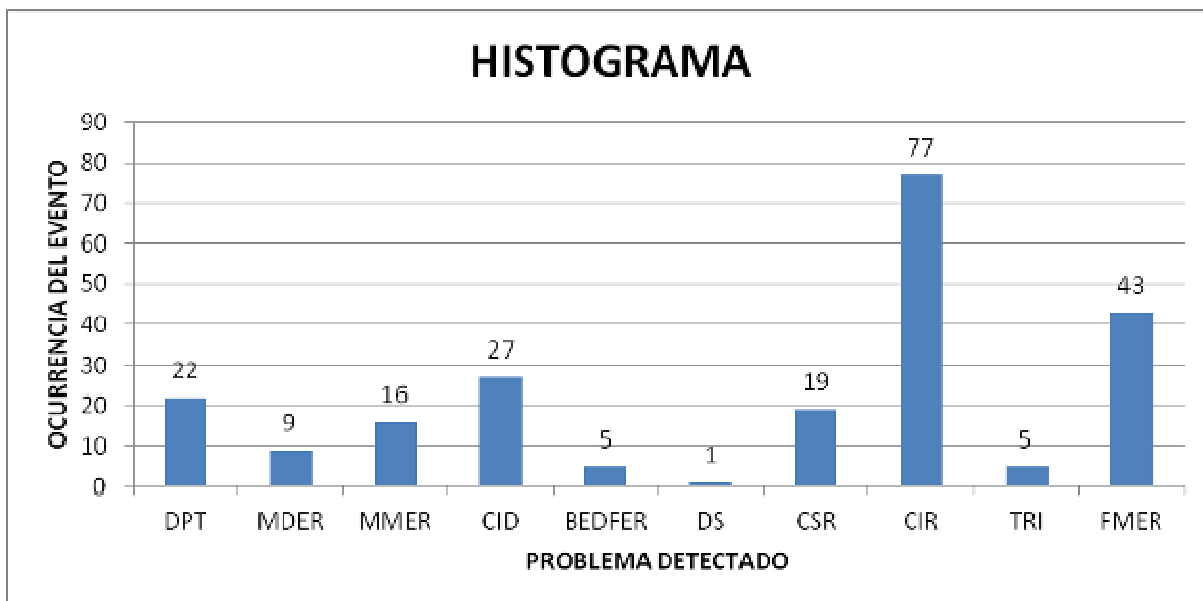
Alta cantidad de informes retrasados: Cantidad de informes con un atraso mayor a 24 hrs. luego de finalizado el trabajo en terreno.

Alto tiempo de respuesta ante solicitudes de trabajo: N° de veces en que la respuesta a solicitudes de trabajo fue superior al tiempo definido a continuación

- Normal: Programable a partir de 24 horas desde emitida la solicitud.
- Urgencia: 6 horas desde emitida la solicitud.
- Emergencia: 1 hora desde emitida la solicitud.

Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios: N° de veces en que la cantidad de equipos medidos de manera diaria fue inferior a la mínima requerida por el cliente (30 equipos diarios).

Figura 4.2: Histograma de ocurrencia de problemas



La tabla con la información ordenada de ocurrencia para cada una de los eventos más la ocurrencia acumulada y el gráfico de Pareto describen a continuación:

Tabla 4.2: Problemas detectados ordenados de ocurrencia mayor a menor

N°	Problema detectado	Abreviatura	Ocurrencia del Evento	Ocurrencia acumulada	% Acumulado
1	Alta cantidad de informes retrasados	CIR	77	77	34,4%
2	Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios	FMER	43	120	53,6%
3	Considerable cantidad de informes devueltos	CID	27	147	65,6%
4	Desviaciones en el programa de trabajo	DPT	22	169	75,4%
5	Alta cantidad de servicios repetidos en terreno	CSR	19	188	83,9%
6	Mala medición de equipos rotatorios	MMER	16	204	91,1%
7	Mal diagnóstico de equipos rotatorios	MDER	9	213	95,1%
8	Baja efectividad de detección de fallas en equipos rotatorios	BEDFER	5	218	97,3%
9	Alto tiempo de respuestas ante emergencias	TRI	5	223	99,6%
10	Disponibilidad del servicio	DS	1	224	100,0%

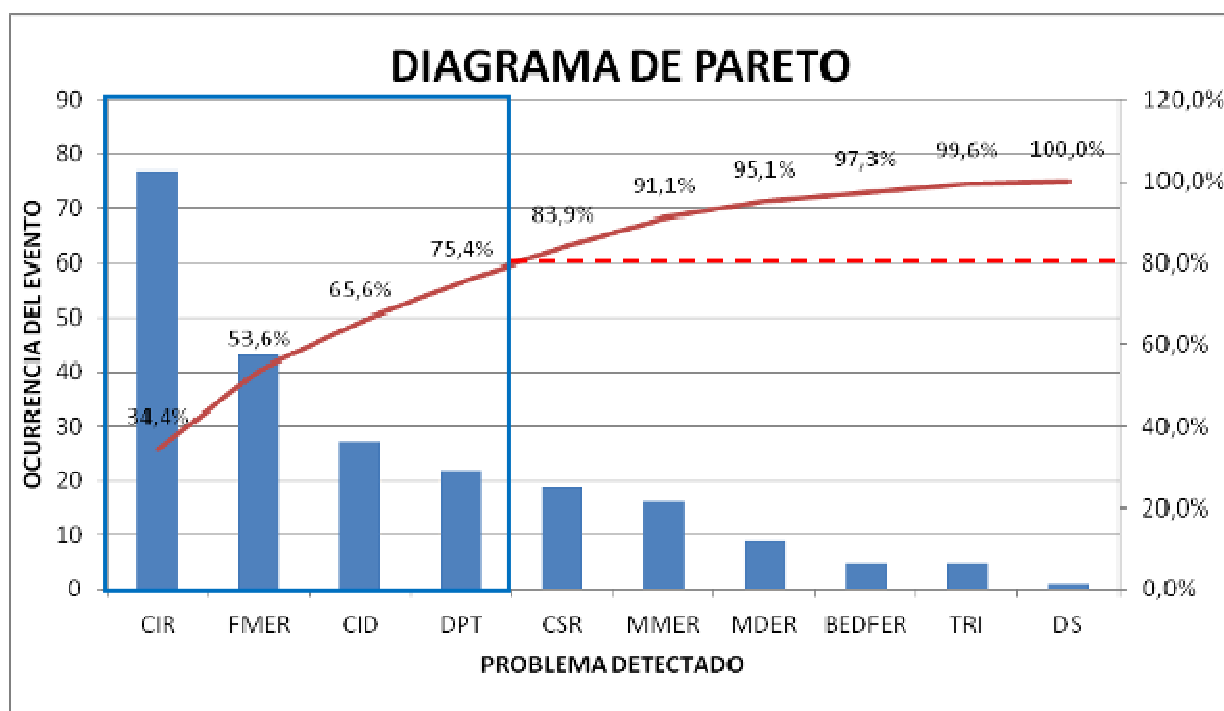
4.2.3.- Elaboración del Diagrama de Pareto:

Con la información de los eventos registrados para cada uno de los problemas detectados por el EMT, se procede a la elaboración del diagrama de Pareto. El teorema de Pareto sostiene que el 80% de los efectos es provocado por el 20% de las causas.

Para la realización del diagrama de Pareto se utilizaron los valores de la tabla 4.2. Una vez graficado el diagrama se trazó una línea horizontal por el punto correspondiente al 80% del porcentaje acumulado de ocurrencias y una vertical por el punto que toca a la curva, el punto así obtenido indica que los equipos que se encuentran al lado izquierdo representan al 80% de los problemas críticos del servicio.

La utilización de esta herramienta permitió obtener el orden de prioridades en que deberán ser atacados estos problemas, para así mejorar la calidad del servicio entregado actualmente.

Figura 4.3: Diagrama de Pareto sobre los problemas del proyecto



Los resultados obtenidos a través del gráfico 4.2, indican que el 80% de las deficiencias en la calidad del servicio entregado por SGS Chile a Enap Bio Bio son presentadas por los siguientes problemas:

1. Alta cantidad de informes retrasados
2. Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios
3. Alta cantidad de informes rechazados
4. Desviaciones en el programa de trabajo

Finalmente obtenida esta información se procederá a realizar el análisis de causa raíz de estos cuatro problemas. El resto de los problemas detectados son importantes pero en menor proporción por lo que sólo se crearán indicadores de gestión para su evaluación y control.

4.3.- Proceso de aplicación de la metodología Análisis de Causa Raíz (ACR) mediante un diagrama de causa y efecto

4.3.1.- Pasos en la construcción de un diagrama de causa y efecto

1. Elegir el aspecto de calidad que se quiere mejorar, lo cual se puede hacer con la ayuda de un diagrama de pareto, un histograma o alguna acción preventiva/correctiva que deba realizarse.
2. Escribir de manera clara y concreta el aspecto de calidad a la derecha del diagrama y trazar una flecha ancha de izquierda a derecha.
3. Buscar todas las causas probables, lo más concretas posibles, que pueden afectar a la característica de calidad. Generalmente esto se hace a través de una lluvia de ideas.

4. Representar en el diagrama de causa y efecto las ideas obtenidas y, analizando el diagrama, preguntarse si faltan algunas otras causas aún no consideradas.; si existen entonces agregarlas.
5. Decidir cuáles son las causas más importantes, a través de un consenso o votación, o bien si se tienen disponibles empleando datos.
6. Decidir sobre cuáles causas se va a actuar. Para ello se toma en consideración el punto anterior y lo factible que resulta corregir cada una de las causas.
7. Preparar un plan de acción para cada una de las causas a ser investigadas o corregidas.

4.3.2.- Resultado del Análisis de Causa Raíz y plan de mejora

A continuación se presentan los diagramas de causa y efecto con sus respectivos planes de mejora para los cuatro principales problemas que afectan al proyecto según el diagrama de pareto. Los diagramas de causa y efecto realizados fueron para los siguientes problemas:

1. Alta cantidad de informes retrasados
2. Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios
3. Alta cantidad de informes rechazados
4. Desviaciones en el programa de trabajo

PROBLEMA 1: ALTA CANTIDAD DE INFORMES RETRASADOS

Figura 4.4: Diagrama de causa y efecto para problema 1

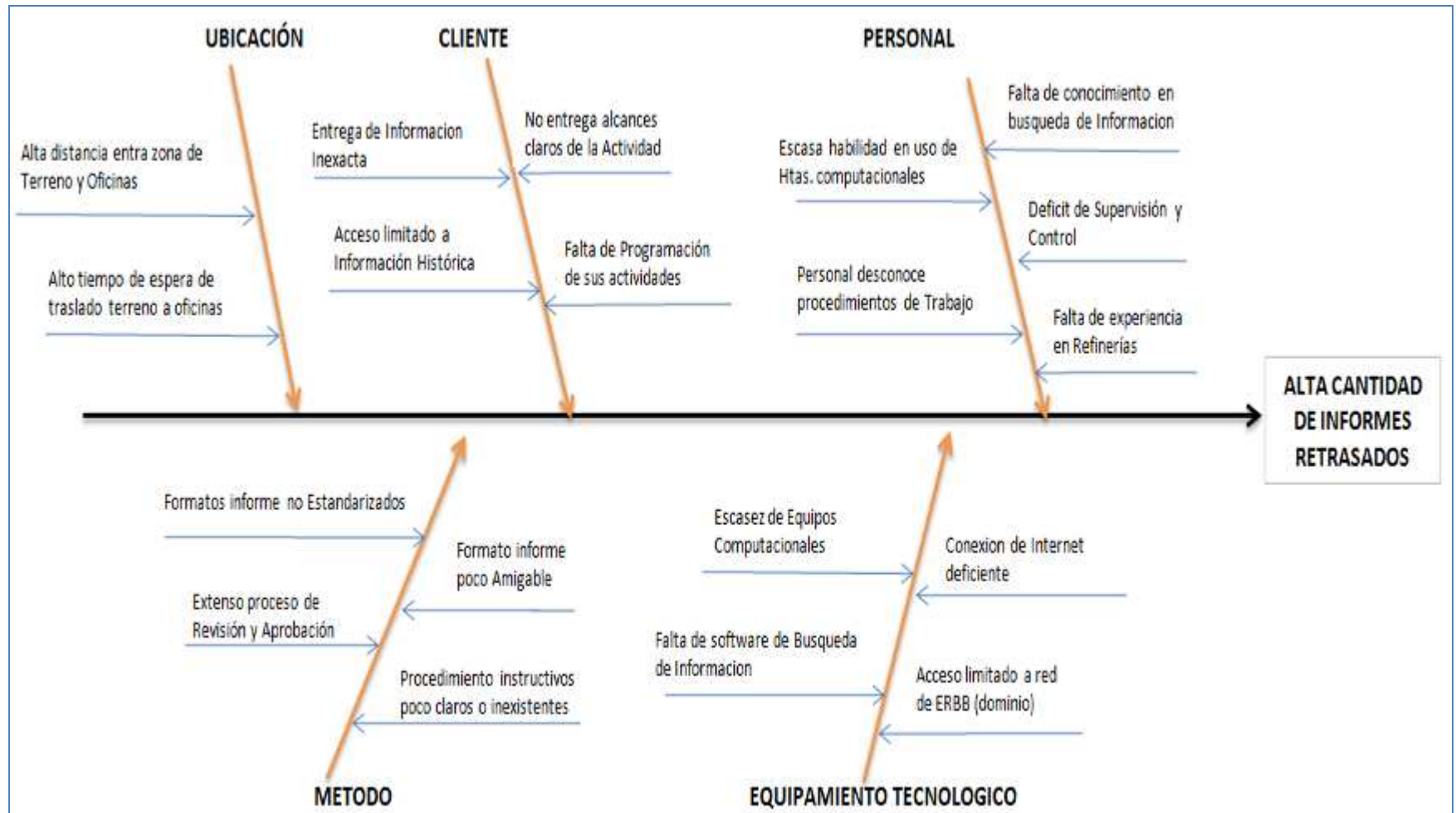


Tabla 4.3: Plan de mejora para solución de problema alta cant. Informes retrasados

N°	Problema detectado	Solución (es)	Responsable	Fecha Inicio	% Avance
1	PERSONAL				
1.1	Poca habilidad en uso de herramientas computacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Generar plan de capacitación sobre el uso de herramientas computacionales (Word, Excel, Outlook, Internet, etc.) Para el personal, previa evaluación de cada uno. • Se trabajará en una prueba de conocimientos para saber el nivel de conocimiento de cada uno de ellos. 	Planificador Coordinador	15-04-2013	0%
1.2	Personal no conoce procedimientos de trabajo existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Programar reunión para dar a conocer los procedimientos e instructivos de trabajo a los inspectores. • Entregar procedimientos e instructivos (Formato digital e impreso) al personal, para su revisión cuando lo requiera. 	Coordinador Supervisores	01-04-2013	0%
1.3	Falta conocimiento para búsqueda de información	<ul style="list-style-type: none"> • Crear instructivo para la búsqueda de información técnica (tanto formato digital e impreso) • Personal con más experiencia deberá instruir durante unas semanas a los inspectores para la búsqueda eficiente de la información 	Coordinador	08-04-2013	0%
1.4	Falta de supervisión y control	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor compromiso de los supervisores en la supervisión de la elaboración del informe técnico, para aclarar dudas y compartir opiniones en conjunto supervisor - inspector. 	Supervisores Inspectores	Inmediato	0%
1.5	Personal con poca experiencia en refinerías	<ul style="list-style-type: none"> • Inspectores con más experiencia deberá instruir durante unas semanas a los inspectores con menor experiencia. • Generar plan de Capacitación a personal con poca experiencia en refinería sobre equipos, plantas, mecanismos de falla más comunes, etc. 	Coordinador Supervisores Inspectores	Inmediato	0%
2	EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO				

N°	Problema detectado	Solución (es)	Responsable	Fecha Inicio	% Avance
2.1	Escasez de equipos computacionales	<ul style="list-style-type: none"> Considerar la adquisición de equipos computacionales para la totalidad de los inspectores y así evitar tiempos muertos por esperas. 	Administrador de Contrato	01-04-2013	0%
2.2	Conexión a internet deficiente	<ul style="list-style-type: none"> Levantar inquietud al cliente sobre la necesidad de mejorar la conexión a internet existente. Solicitar un técnico en redes de ERBB para ver la causa del problema de conexión. 	Administrador de Contrato	Inmediato	0%
2.3	Falta de software propiedad del cliente para búsqueda de información técnica	<ul style="list-style-type: none"> Levantar inquietud al cliente sobre la necesidad de contar con ciertos software, propiedad del cliente para búsqueda de planos, especificaciones, informes históricos, etc. 	Administrador de Contrato	Inmediato	0%
3	CLIENTE				
3.1	Entrega Información Inexacta	<ul style="list-style-type: none"> Revisar previamente la información entregada por el cliente antes de iniciar cualquier trabajo. Encargar a asistente técnico la búsqueda de la información correcta. 	Coordinador	Antes de cada actividad	0%
3.2	Alcances de la actividad a realizar poco claros	<ul style="list-style-type: none"> Conversar y definir alcances previos con el cliente sobre el trabajo a realizar. 	Coordinador	Antes de cada actividad	0%
3.3	Falta programación de sus actividades	<ul style="list-style-type: none"> Verificar previamente en terreno que los trabajos programados están en condiciones de realizarse sin problemas 	Supervisores	Antes de cada actividad	0%
4	MÉTODO				
4.1	Formato informe no estandarizado y poco amigable	<ul style="list-style-type: none"> Trabajar en un informe tipo, estandarizado y de fácil manejo para la realización rápida y efectiva del informe técnico 	Coordinador Supervisores	Inmediato	0%
4.2	Procedimientos e instructivos de trabajo poco claros e inexistentes	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un levantamiento de los procedimientos existentes y ver cuál de estos aplica Realizar una revisión para cada procedimiento y realizar las correcciones necesarias Confeccionar procedimientos inexistentes y darlos a conocer al personal una vez finalizados 	Planificador Coordinador Supervisores	08-04-2013	0%
4.3	Extenso proceso de revisión y aprobación de informes	<ul style="list-style-type: none"> Estandarizar tiempos de elaboración, revisión y aprobación. Considerar un plazo no mayor a 8 horas en este proceso. 	Coordinador Supervisores	01-04-2013	0%

N°	Problema detectado	Solución (es)	Responsable	Fecha Inicio	% Avance
4.4	Poco control del estatus de envío del informe	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar un registro en digital de los informes realizados y los plazos de entrega. • Considerar estadísticas para plazo de entrega de informes y el tiempo de entrega promedio. 	Planificador	01-04-2013	0%
5	UBICACIÓN				
5.1	Considerable tiempos muertos por traslado de oficina a terreno y viceversa	<ul style="list-style-type: none"> • Habilitar estación de trabajo en instalaciones del cliente (que se encuentran cercano a las plantas) 	Administrador Cliente	08-04-2013	0%
5.2	Distancia considerable entre terreno y oficinas				

PROBLEMA 2: BAJA FRECUENCIA DE MEDICIÓN EN EQUIPOS ROTATORIOS

Figura 4.5: Diagrama de causa y efecto para problema 2

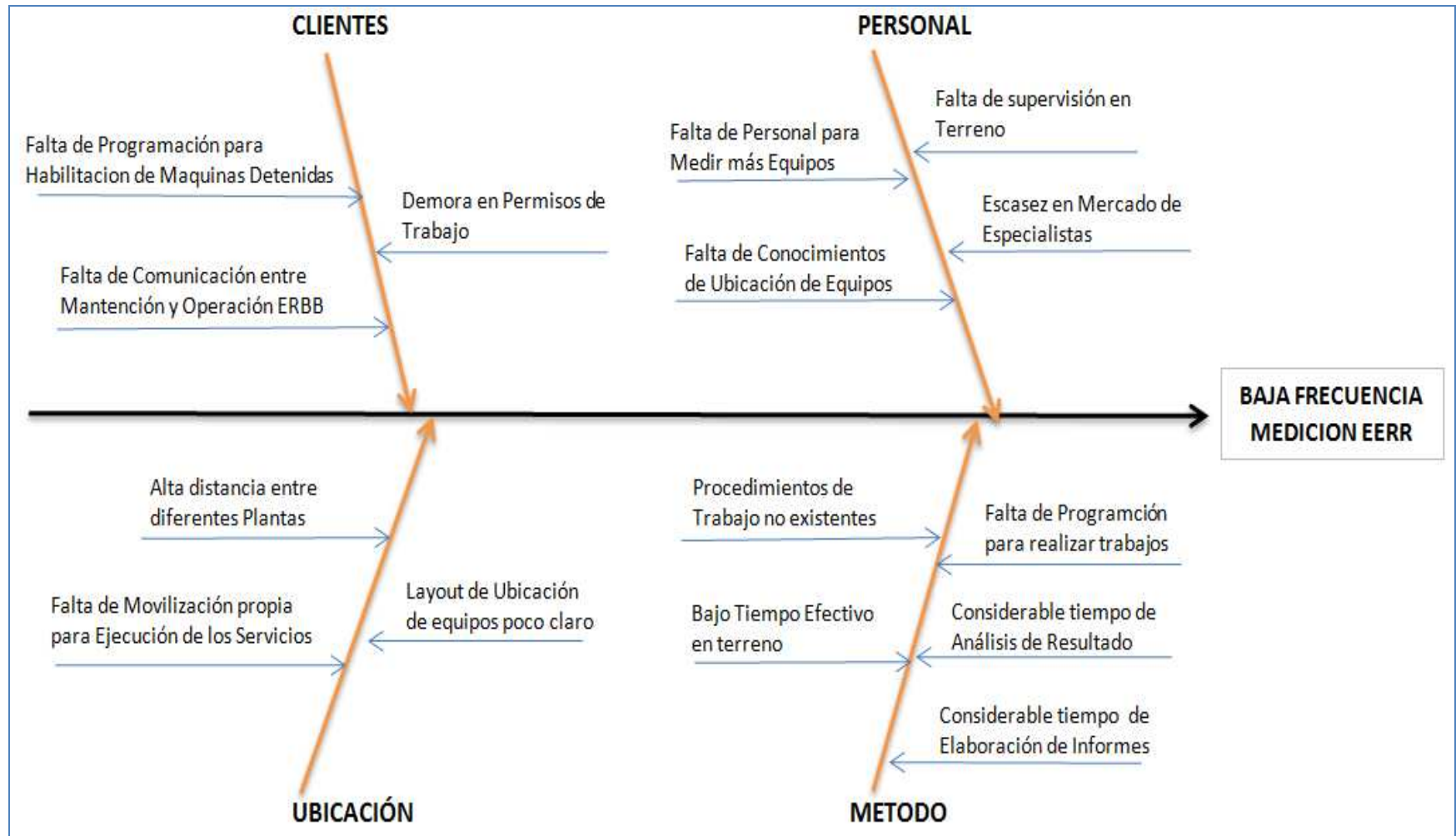


Tabla 4.4: Plan de mejora para solución de problema baja frecuencia medición equipos rotatorios

N°	Problema detectado	Solución (es)	Responsable	Fecha Inicio	% Avance
1	PERSONAL				
1.1	Falta de supervisión en terreno	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la supervisión en terreno para velar por la medición mínima requerida diaria 	Supervisor	Inmediato	0%
1.2	Número de inspectores insuficientes para realizar mayor cantidad de mediciones	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar proceso de contratación del al menos un inspector de vibraciones adicional Publicar llamado a concurso en el diario, considerando las competencias mínimas exigidas por el cliente 	Administrador de Contrato	01-04-2013	0%
1.3	Escasez en el mercado de especialistas	<ul style="list-style-type: none"> Analizar posibilidad de capacitar a personal del contrato con niveles en vibraciones 	Administrador de Contrato	15-04-2013	0%
1.4	Falta conocimiento ubicación de los equipos	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar al cliente y dar a conocer plano general de la refinería con ubicación de todos los equipos rotatorios 	Coordinador Supervisor	08-04-2013	0%
2	MÉTODO				
2.1	Procedimiento de trabajo inexistente	<ul style="list-style-type: none"> Generar procedimientos de medición de vibraciones y diagnóstico para equipos rotatorios 	Coordinador	01-04-2013	0%
2.2	Falta de programación para realizar los trabajos	<ul style="list-style-type: none"> Generar planilla con el total de equipos rotatorios de la planta y su inspector rotatorio responsable de su medición Realizar programa semanal con las rutas a realizar por cada inspector rotatorio 	Planificador	01-04-2013	0%
2.3	Considerable tiempo de análisis de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Velar por realizar un análisis de resultados efectivo y en el tiempo que corresponda 	Supervisor	Inmediato	0%
2.4	Bajo tiempo efectivo en terreno	<ul style="list-style-type: none"> Maximizar el tiempo de los inspectores rotatorios en terreno 	Supervisor	Inmediato	0%
2.5	Considerable tiempo de elaboración de informes	<ul style="list-style-type: none"> Trabajar un informe tipo, estandarizado y de fácil manejo para la realización rápida y efectiva del informe técnico 	Coordinador Supervisor	Inmediato	0%
3	CLIENTE				

N°	Problema detectado	Solución (es)	Responsable	Fecha Inicio	% Avance
3.1	Falta programación para habilitación de equipos detenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Generar programa de trabajo que considere dos rondas de medición por ruta. La primera para medir equipos en servicio y la segunda para medir equipos detenidos • Finalizada la ronda de medición de equipos en servicio, se enviará un listado de los equipos no medidos a las plantas con su respectivo programa de medición 	Planificador	01-04-2013	0%
3.2	Demora en obtención de permisos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a inspector ERBB la obtención del permiso de trabajo escrito a primera hora en la mañana 	Supervisor	Diario	0%
4	UBICACIÓN				
4.1	Considerable distancia entre diferentes plantas	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar posibilidad de considerar vehículo propio para el área, con un chofer responsable (que puede ser el supervisor o algunos de los inspectores) o en su defecto ver la posibilidad de adquirir bicicletas con canastillo para el transporte de los inspectores y equipos de medición 	Administrador de Contrato	15-04-2013	0%
4.2	Falta de movilización propia para ejecución de los servicios				

PROBLEMA 3: ALTA CANTIDAD DE INFORMES RECHAZADOS

Figura 4.6: Diagrama de causa y efecto para problema 3

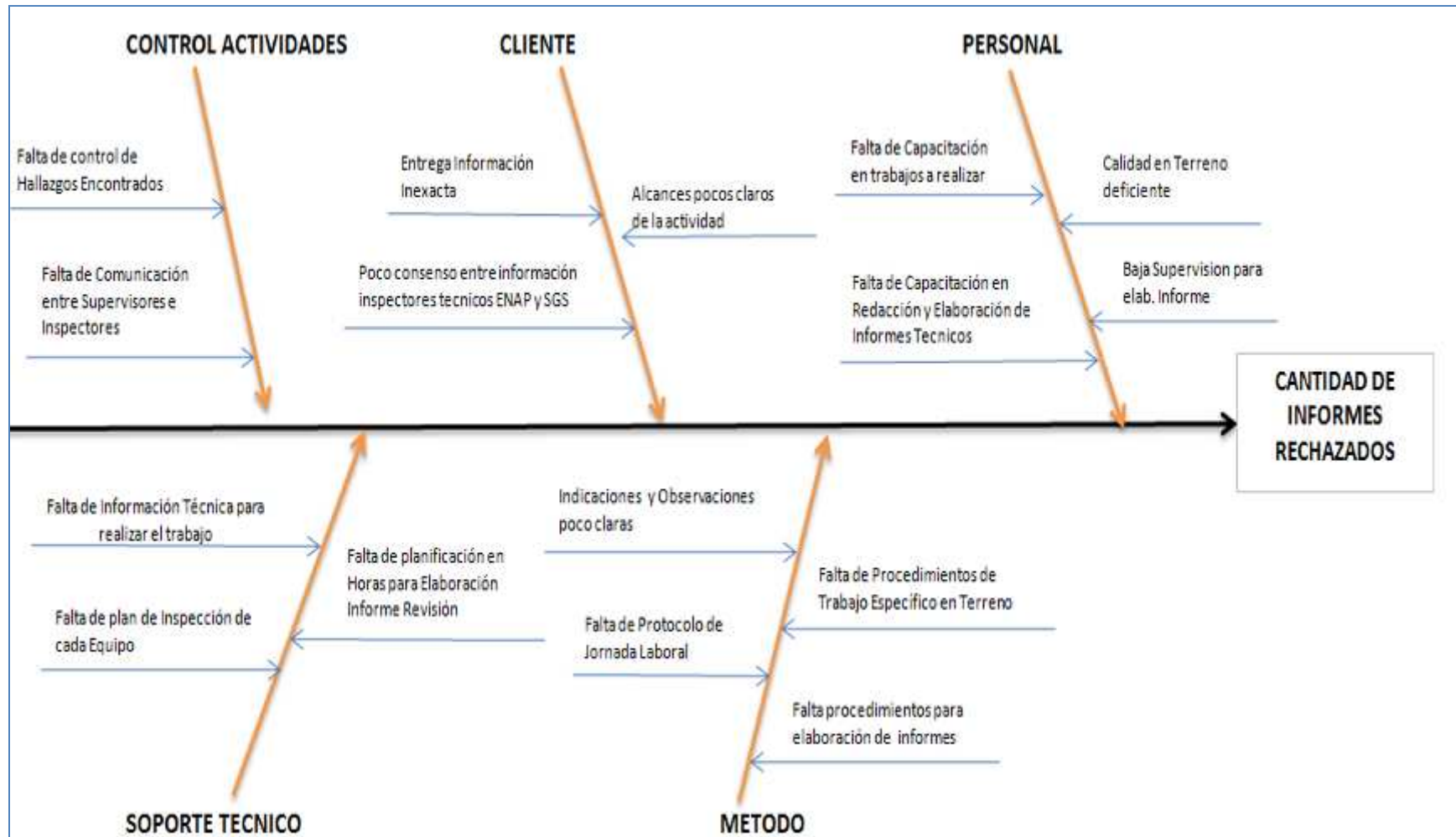


Tabla 4.5: Plan de mejora para solución de problema alta cantidad de informes rechazados

N°	Problema detectado	Solución(es)	Responsable(s)	Fecha Inicio	% Avance
1	PERSONAL				
1.1	Calidad en terreno de trabajo deficiente	<ul style="list-style-type: none"> Mayor supervisión efectiva en terreno de los supervisores. 	Supervisores	Inmediato	0%
1.2	Elaboración y redacción informe técnico deficiente	<ul style="list-style-type: none"> Generar plan de capacitación sobre el uso de herramientas computacionales (Word, Excel, Outlook, Internet, etc.) Para el personal, previa evaluación de cada uno. Generar procedimiento de elaboración y redacción de informe técnico. Solicitar al centro de competencias de SGS formatos específicos y procedimientos de trabajo para los servicios realizados. 	Planificador Coordinador	15-04-2013	0%
1.3	Baja supervisión para la elaboración del informe	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de informe en conjunto supervisor e inspector, aportando cada uno ideas y sugerencias. 	Supervisores Inspectores	Inmediato	0%
1.4	Poca experiencia en trabajo a realizar	<ul style="list-style-type: none"> Inspectores con más experiencia deberá instruir durante unas semanas a los inspectores con menor experiencia. Generar plan de capacitación a personal con poca experiencia en refinería sobre equipos, plantas, mecanismos de falla más comunes, etc. 	Coordinador	Inmediato	0%
2	MÉTODO				
2.1	Instrucciones y alcances poco claros	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reunión diaria de trabajo entre supervisores e inspectores para definir alcances y aclarar dudas de los trabajos a realizar. Reunión debe ser realizara todos los días de 08:05 a 08:20. 	Supervisores Inspectores	Inmediato	0%
2.2	Falta de procedimientos de trabajo específico en terreno	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un levantamiento de los procedimientos existentes y ver cuál de estos aplica. Realizar una revisión para cada procedimiento y realizar las correcciones necesarias. Confeccionar procedimientos inexistentes y darlos a conocer al personal una vez finalizados. 	Planificador Coordinador Supervisores	01-04-2013	0%

N°	Problema detectado	Solución(es)	Responsable(s)	Fecha Inicio	% Avance
2.3	Falta procedimiento para elaboración de informe técnico	<ul style="list-style-type: none"> • Conversar y definir alcances previos con el cliente sobre el trabajo a realizar. 	Supervisores	Antes de cada actividad	0%
3	CLIENTE				
3.1	Entrega información Inexacta	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar previamente la información entregada por el cliente antes de iniciar cualquier trabajo. • Encargar a asistente técnico la veracidad de la información entregada 	Supervisores	Antes de cada actividad	0%
3.2	Alcances de la actividad no definidos	<ul style="list-style-type: none"> • Conversar y definir alcances previos con el cliente sobre el trabajo a realizar antes de realizar la inspección. 	Supervisores	Antes de cada actividad	0%
3.3	Poco consenso entre inspectores Enap y SGS	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar reuniones planificadas entre inspección Enap e Inspección SGS para definir alcances e llegar a un consenso por actividad. 	Inspectores	Antes de cada actividad	0%
4	SOPORTE TÉCNICO				
4.1	Falta de Información técnica para realizar el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Asistente de inspección deberán ser responsables de entregar la información necesaria para la inspección (datos, técnicos, planos, informes anteriores) • Asistente de inspección será responsable de revisar el programa semanal de trabajo para buscar la información con antelación. 	Asistente de inspección	Antes de cada actividad	0%
4.2	No existen hojas de inspección en terreno para los equipos de la refinería	<ul style="list-style-type: none"> • Generar hojas de inspección en terreno por equipo (horno, intercambiador, piping, etc), mencionando sus principales elementos y piezas a inspeccionar. • Levantar la posibilidad de generar la hoja de vida para todos los equipos de la refinería. Realizando un levantamiento de la información histórica de mantenimiento de cada uno de los equipos. Considerar personal de apoyo adicional. 	Administrador Coordinador	22-04-2013	0%
5	CONTROL ACTIVIDAD				

N°	Problema detectado	Solución(es)	Responsable(s)	Fecha Inicio	% Avance
5.1	Falta de control en hallazgos encontrados en terreno	<ul style="list-style-type: none"> Se deberá enviar a diario un resumen de los trabajos realizados durante el día y los posibles hallazgos encontrados. Este resumen se deberá enviar junto con el programa de actividades diarias. 	Planificador	01-04-2013	0%
5.2	Poca comunicación entre supervisores e inspectores	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reunión diaria de trabajo entre supervisores e inspectores para definir alcances y aclarar dudas de los trabajos a realizar. Reunión debe ser realizara todos los días de 08:05 a 08:20. 	Supervisores Inspectores	Inmediato	0%

PROBLEMA 4: DESVIACIONES EN EL PROGRAMA DE TRABAJO

Figura 4.7: Diagrama de causa y efecto para problema 4

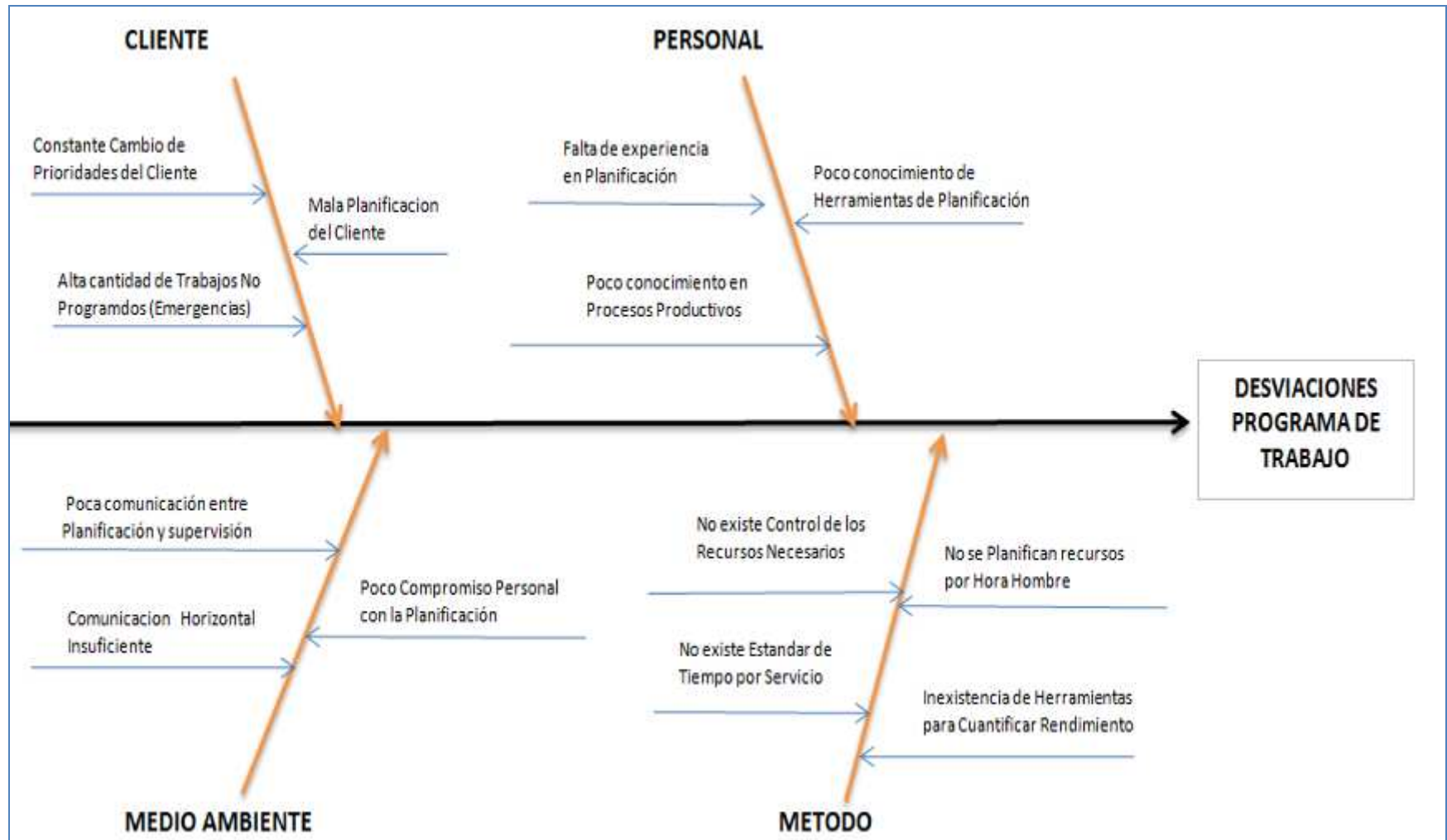


Tabla 4.6: Plan de mejora para solución de problema desviaciones en el programa de trabajo

N°	Problema detectado	Solución(es)	Responsable(s)	Fecha Inicio	% Avance
1	PERSONAL				
1.1	Falta de experiencia en planificación de proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Generar entrenamiento (coaching) en técnicas de planificación y control eficientes con personal con experiencia en el tema. • Búsqueda de literatura relacionada con la administración y gestión de proyectos. 	Administrador de Contrato Planificador	22-04-2013	0%
1.2	Poco conocimiento en herramientas de planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Ver factibilidad de realizar curso de software en administración de proyectos (Microsoft Project, Project Primavera, PH Projekt, etc). • Realizar Capacitación en PMBOK (Project Management Body of Knowledge). 	Administrador de Contrato	22-04-2013	0%
1.3	Poco conocimiento del proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Fijar programa de visita a terreno por cada uno de los trabajos a realizar y ver cada uno de los procesos de trabajo. • Considerar visitas periódicas a terreno para ver rendimientos y posibles mejoras. 	Planificador	01-04-2013	0%
2	METODO				
2.1	No existe control de los recursos necesarios	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un levantamiento de los recursos necesarios y el costo de utilización de cada uno. • Estimar recursos a utilizar mediante herramientas descritas en el PMBOK. 	Planificador	08-04-2013	0%
2.2	Las tareas se planifica por actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los programas de trabajo por HH, considerando una cantidad fija de HH a la semana y realizar una utilización en HH por trabajo. 	Planificador	01-04-2013	0%
2.3	No existe estándar de tiempo por servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar duración de las actividades a realizar mediante herramientas descritas en el PMBOK. • Realizar visitas periódicas a terreno para ver tiempos y rendimientos. • Estandarizar tiempos de ejecución del cada uno de los ítems por unidad realizada. 	Planificador	08-04-2013	0%

N°	Problema detectado	Solución(es)	Responsable(s)	Fecha Inicio	% Avance
2.4	Inexistencia de herramientas para cuantificar rendimientos	<ul style="list-style-type: none"> Implementar report de trabajo por trabajador o cuadrilla de trabajo, el cual cada supervisor debe ser responsable de su llenado y entrega al final de la jornada. 	Planificador Supervisores	01-04-2013	0%
3	CLIENTE				
3.1	Cambio constante en las prioridades del cliente	<ul style="list-style-type: none"> Levantar la inquietud al cliente de informar con una antelación de mínima 24 hrs para poder reubicar los recursos y realizar la nueva prioridad impuesta por el cliente. 	Planificador	Inmediato	0%
3.2	Mala planificación de los trabajos por parte del cliente	<ul style="list-style-type: none"> Realizar análisis de trabajos programados efectivamente realizados versus solicitudes diarias, considerando el total HH utilizadas en cada una de ellas. De esto sacar un promedio semanal Según la información obtenida anteriormente programar el porcentaje de HH efectivamente destinadas para trabajos programados efectivamente realizados. 	Planificador	08-04-2013	0%
3.3	Alta cantidad de trabajos no programados	<ul style="list-style-type: none"> Considerar un grupo de trabajo (Supervisor, inspector, cuadrillas de aislación y andamios, etc) exclusivo para atender sólo solicitudes diarias de trabajo y no considerar las HH de este grupo en los programas de trabajo. 	Planificador	08-04-2013	0%
4	MEDIO AMBIENTE				
4.1	Poca comunicación entre planificación y supervisión	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reunión diaria de planificación entre planificador, coordinador y supervisores, para definir forma de abordar los trabajos programados para el día siguiente y ver los avances y hallazgos encontrados en el día. Reunión debe ser realizara todos los días de 17:00 a 17:45 hrs. Habilitar Oficina para realizar dicha reunión 	Planificador Coordinador Supervisores	Inmediato	0%
4.2	Poco compromiso del personal con la planificación	<ul style="list-style-type: none"> Comunicar al personal a cargo la necesidad de cumplir con los plazos establecidos en los programadas de trabajo o en su defecto informar las posibles razones de las desviaciones. 	Planificador Supervisores	Inmediato	0%

4.4.- Indicadores para la gestión del servicio (KPI's)

Los indicadores de gestión, son parámetros numéricos que a partir de datos previamente definidos y organizados, permiten tener una idea del cumplimiento de los planes establecidos, además de la toma de decisiones para corregir desviaciones.

Cuando se definen estos indicadores (KPI's) se suele aplicar el acrónimo SMART, ya que éstos tienen que ser:

- **e**Specificos (Specific)
- **M**edibles (Measurable)
- **A**lcanzables (Achievable)
- **R**elevantes (Relevant)
- **a** Tiempo (Timely)

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de gestión, es siempre con la mirada puesta en lo que se desea alcanzar. Entre sus principales características destacan las siguientes:

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión
- Claros de entender y calcular
- Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué

Es por ello que los índices deben:

- Identificar los factores claves y su grado de incidencia directa en la producción y calidad
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico

Los indicadores que se proponen en este capítulo, pretenden controlar los problemas que se identificaron en la sección 4.2.1, según la primera reunión con el equipo multidisciplinario (EMT), los cuales son los siguientes:

- Alta cantidad de informes retrasados
- Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios
- Alta cantidad de servicios repetidos en terreno
- Desviaciones en el programa de trabajo
- Considerable cantidad de informes devueltos
- Mala medición de equipos rotatorios
- Mal diagnóstico de equipos rotatorios
- Baja efectividad de detección de fallas en equipos rotatorios
- Alto tiempo de respuestas ante emergencias
- Disponibilidad del servicio

Se considera además indicadores de prevención de riesgos, este aunque no es un problema recurrente, es recomendable controlarlos de manera diaria.

- **Problema:** Alta cantidad de informes retrasados
- **Objetivo KPI:** Controlar el cumplimiento de los tiempos de confección de informes de inspección, de acuerdo a lo establecido en las bases técnica, que es de 24 horas como máximo, desde el cierre del permiso de trabajo escrito (P.T.E.) generado para esta inspección.
- **Indicador 1:** Índice tiempo respuesta de Informes (ITRI)

$$ITRI = \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ de Informes Fuera de Plazo}}{N^{\circ} \text{ Total de Informes}} \right) \times 100\%$$

- Meta: \geq a 90%
- Frecuencia de medición: Semanal
- Responsable: Coordinador

- **Indicador 2:** Índice días de retraso por informe (IDRI)

$$IDRI = \frac{N^{\circ} \text{ días de retraso}}{\text{Total de Informes retrasados}}$$

- Meta: <= a 1
 - Frecuencia de medición: Semanal
 - Responsable: Coordinador
- **Problema:** Baja frecuencia de medición en equipos rotatorios
 - **Objetivo KPI:** Controlar la cantidad mínima de equipos rotatorios medidos durante el mes.
 - **Indicador:** Frecuencia medición equipos rotatorios (FMER)

$$FMER = \left(\frac{N^{\circ} \text{ Equipos medidos en el mes}}{\text{Total equipos de la refinería}} \right) \times 100\%$$

- Meta: >= a 60%
 - Frecuencia de medición: Mensual
 - Responsable: Supervisor equipos rotatorios
- **Problema:** Alta cantidad de servicios repetidos en terreno
 - **Objetivo KPI:** Controlar la calidad del trabajo en terreno
 - **Indicador:** Índice calidad de trabajo en terreno (ICTT)

$$ICTT = \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ Servicios repetidos}}{\text{Total de servicios realizados}} \right) \times 100\%$$

- Meta: >= a 90%
- Frecuencia de medición: Semanal
- Responsable: Supervisor / Coordinador

- **Problema: Desviaciones en el programa de trabajo**
- **Objetivo KPI:** Controlar que los trabajos se cumplan de acuerdo al programa de trabajo previamente establecido. Se considerará un servicio como “fuera de tiempo”, cuando no se cumpla con la fecha de inicio o cuando se extienda por más tiempo que el programado.
- **Indicador:** Cumplimiento del programa de trabajo (CPT)

$$CPT = \left(1 - \frac{\text{Total servicios programados ejecutados fuera de tiempo}}{\text{total servicios programadas}} \right) \times 100\%$$

- Meta: \geq a 90%
 - Frecuencia de medición: Semanal
 - Responsable: Planificador
- **Problema:** Considerable cantidad de informes devueltos
 - **Objetivo KPI:** Controlar la calidad de los informes de inspección realizados cumplan con los parámetros de calidad establecidos.
 - **Indicador:** Índice de calidad de informes (ICI)

$$ICI = \left(1 - \frac{\text{Informes devueltos}}{\text{Total Informes Emitidos}} \right) \times 100\%$$

- Meta: \geq a 90%
 - Frecuencia de medición: Semanal
 - Responsable: Coordinador
- **Problema:** Mala medición de equipos rotatorios
 - **Objetivo KPI:** Controlar la calidad de la medición registrada en terreno de los equipos rotatorios
 - **Indicador:** Calidad medición equipos rotatorio (CMER)

$$CMER = \left(1 - \frac{\text{Equipos medidos erroneamente}}{\text{Total equipos medidos}} \right) \times 100\%$$

- Meta: \geq a 90%
- Frecuencia de medición: Semanal
- Responsable: Supervisor equipos rotatorios

- **Problema:** Mal diagnóstico de equipos rotatorios
- **Objetivo KPI:** Controlar la efectividad del diagnóstico de fallas en equipos rotatorios
- **Indicador:** Calidad de diagnóstico equipos rotatorio (CDER)

$$CDER = \left(1 - \frac{\text{Equipos diagnosticados erróneamente}}{\text{Total equipos diagnosticados}} \right) \times 100\%$$

- Meta: \geq a 90%
- Frecuencia de medición: Semanal
- Responsable: Supervisor equipos rotatorios

- **Problema:** Alto tiempo de respuestas ante emergencias
- **Objetivo KPI:** Controlar el cumplimiento de los tiempos de respuestas ante solicitudes de trabajo en situaciones de urgencia y emergencia
- **Indicador:** Índice tiempo de respuesta (ITR)

$$ITR = \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ Respuesta Fuera de Plazo}}{N^{\circ} \text{ Total de Solicitudes}} \right) \times 100\%$$

- Meta: = 90%
- Frecuencia de medición: Mensual
- Responsable: Planificador

- **Problema:** Disponibilidad del servicio
- **Objetivo KPI:** Medir el porcentaje de días que los servicios ofrecidos por SGS se encuentran disponibles para uso de Enap.
- **Indicador:** Índice de disponibilidad (ID)

$$\text{Indice Disponibilidad} = \left(1 - \frac{\text{Días no disponibles}}{\text{Días contratados}} \right) \times 100\%$$

- Meta: = 90%
 - Frecuencia de medición: Mensual
 - Responsable: Planificador
- **Problema:** Prevención de Riesgos
 - **Objetivo KPI:** Controlar la cantidad de accidentes con tiempo perdido que ocurrieron a personal del proyecto, durante el desarrollo de sus actividades al interior de instalaciones de ENAP.
 - **Indicador:** Índice de frecuencia (IF)

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ Accidentes Incapacitante}}{\text{Total Horas Hombre Trabajadas}}$$

- Meta: = 0
 - Frecuencia de medición: Mensual
 - Responsable: Prevencionista de Riesgos
- **Indicador:** Tasa de siniestrabilidad (TS)

$$TS = \frac{N^{\circ} \text{ de días Perdidos}}{\text{Promedio de Trabajadores en Faena}} \times 100\%$$

- Meta: = 0%
- Frecuencia de medición: Mensual
- Responsable: Prevencionista de Riesgos

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones:

La implementación del análisis de causa raíz pretende generar una mejora a la gestión del servicio entregado al cliente, ya que busca identificar el porqué de los problemas del proyecto. También permite analizar eventos adversos de manera objetiva, evitando la culpabilidad de las personas.

El desarrollo adecuado del proceso de aplicación de la metodología de análisis causa raíz (ACR), permite integrar conocimientos teóricos y prácticos que fundamentan la construcción de estrategias adecuadas para la eliminación de problemas o fallas repetitivas.

La implementación de un proceso adecuado de la metodología de análisis de causa raíz, requiere del compromiso de todas las personas que se encuentran involucradas directa o indirectamente con el mantenimiento de los equipos.

Durante el proceso de aplicación del ACR, es importante dejar a un lado los dogmas y paradigmas existentes, ya que, estos pueden afectar el desarrollo adecuado de la metodología y obtener soluciones erradas del problema.

La inclusión de técnicas cualitativas como el diálogo con informantes claves, la observación participante y el diálogo semi – estructurado con el personal de operación y mantenimiento, permitirán alimentar y sustentar con hechos las fallas repetitivas presentadas en los equipos; haciendo que el proceso de ACR sea más fluido y eficiente.

Luego de finalizar la investigación se pudo identificar cuáles eran los principales problemas de calidad que afectan al proyecto mediante reuniones tipo “lluvia de ideas”, tanto con personal del proyecto como con el cliente, esto permitió:

- Unir criterios y buscar soluciones en conjunto, logrando una participación y un compromiso real del equipo de trabajo.
- Generar soluciones creativas para el mismo y proponer acciones de mejora.
- Propiciar y liberar la creatividad del personal participante.
- Mejorar la relación con el cliente, ya que percibió por parte de ellos un compromiso de mejorar los problemas del proyecto
- Sirvió para adquirir compromisos en pos de mejora del servicio entre el cliente y S.G.S. Chile.
- Se pudo apreciar que muchas de las causas específicas generan más de un problema, por lo que estos problemas requieren una acción de eliminación más rápida.

Para el proceso de aplicación de la herramienta de análisis de causa raíz se utilizó un análisis de pareto para ver cuál de todos los problemas generados en la lluvia de ideas, son los responsables de los principales inconvenientes en la calidad del servicio. Esta herramienta permitió realizar un análisis cuantitativo de identificación de problemas que a través de los registros históricos, permitiendo mostrar el 80% de las no conformidades del servicio, los cuales fueron: cantidad de informes retrasados, frecuencia de medición en equipos rotatorios, cantidad de informes rechazados y desviaciones en el programa de trabajo. Para el análisis de causa raíz se utilizó un diagrama de causa y efecto, utilizando el método de las cinco “Ms” donde se pudo encontrar las posibles causas por las que los servicios no cumplen con los requisitos especificados.

5.2.- Recomendaciones:

Una vez finalizada la investigación y teniendo una visión más clara de los problemas de calidad que posee el servicio se recomienda:

- Realizar un análisis de causa raíz a los demás problemas detectados, utilizando herramientas similares a las utilizadas en esta investigación.
- Se recomienda programar una evaluación de competencias y creación de plan capacitación para el personal clave del proyecto.
- Implementar proceso de mejora continua, solicitado apoyo al área de seguridad calidad y medio ambiente para la implementación y ejecución de esta herramienta.
- Supervisores y coordinador deberán realizar como mínimo una inspección semanal según el reporte de mejora continua del Anexo 2. La generación de los planes de mejora (según lo definido en las inspecciones de calidad) serán responsabilidad del planificador y administrador del contrato.
- Se recomienda anexar al plan de acción y seguimiento a las opciones de mejora con los indicadores de gestión.
- Programar reuniones periódicas (mínimo una vez por semana) con el personal del proyecto y cliente para ver el estado del plan de mejora y posibles desviaciones de éste.
- Revisar de manera diaria los indicadores de desempeño (KPI) y programar una reunión semanal con el cliente para analizar estos indicadores.
- Es necesario un compromiso real de la gerencia y la administración de la compañía para implementar y desarrollar el plan de mejora definido en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- David J. Sumanth Administración para la productividad total, Editorial Continental S.A., 1ª edición
- Gutierrez P., Humberto Calidad total y productividad, Editorial McGraw-Hill

Memorias de Título:

- Martínez C., Adolfo Propuesta para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos, basado en un Análisis de Causa Raíz. Universidad de Oriente, España
- Gutiérrez L. Alejandro Propuesta de optimización del proceso productivo de muebles en la empresa AHCORP, mediante la metodología DMAIC. Universidad Bolivariana de Venezuela
- Vera M., Hernán Aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz (RCA), para la eliminación de un mal actor en equipo crítico. Universidad de Santander, Colombia
- Alarcón F., Maritza
- Hernández D., Cristian Proposición de mejoras a la gestión de mantenimiento para el Departamento Mantenimiento Mecánica, Molycop Chile S.A. Universidad del Bío.Bío, Chile.

Páginas WEB:

- [http://ing.utralca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20\(RCA\)](http://ing.utralca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20(RCA))
- <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/causaraizaltmann.pdf>
- <http://www.calidad.uady.mx/resources/nosotros/presentaciones/T%C3%A9cnicas%20para%20identificar%20la%20Causa-Ra%C3%ADz.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos87/causa-raiz/causa-raiz.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos11/contrest/contrest.shtml>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Siete_herramientas_b%C3%A1sicas_de_calidad

Otros:

- Apuntes de la asignatura Gestión de Operaciones, Universidad del Bío Bío, dictada 2° semestre año 2011
- Bases técnicas Contrato BB-31056782
- Procedimientos de mejora continua área calidad, seguridad y medio ambiente SGS S.A.

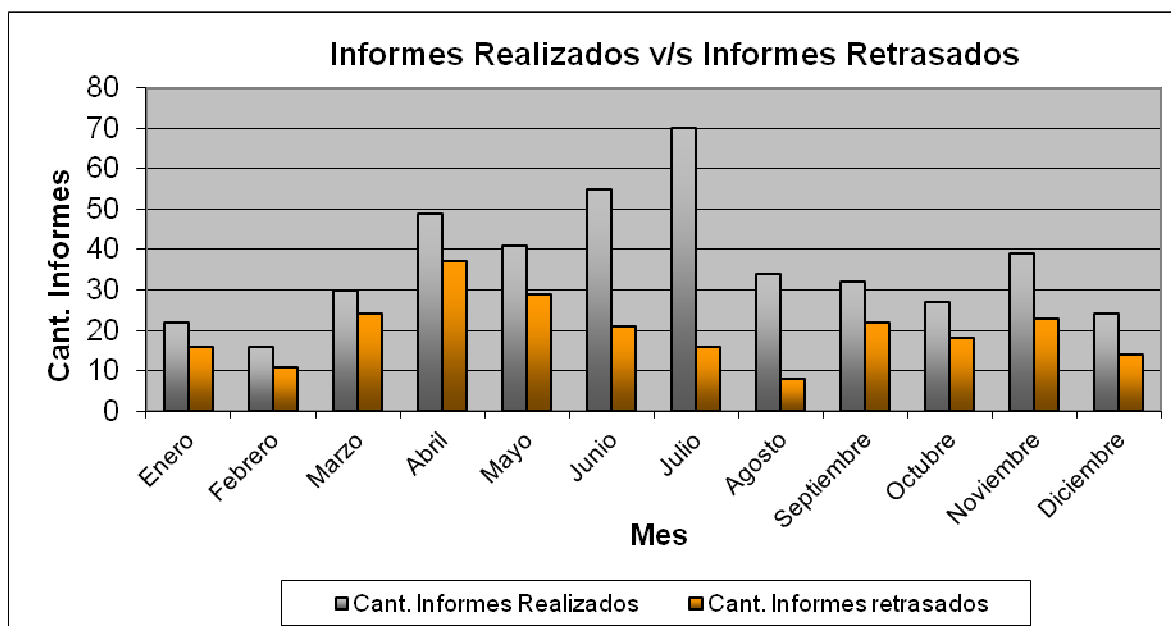
ANEXOS

ANEXO 1: Estadísticas de principales problemas

Año 2012

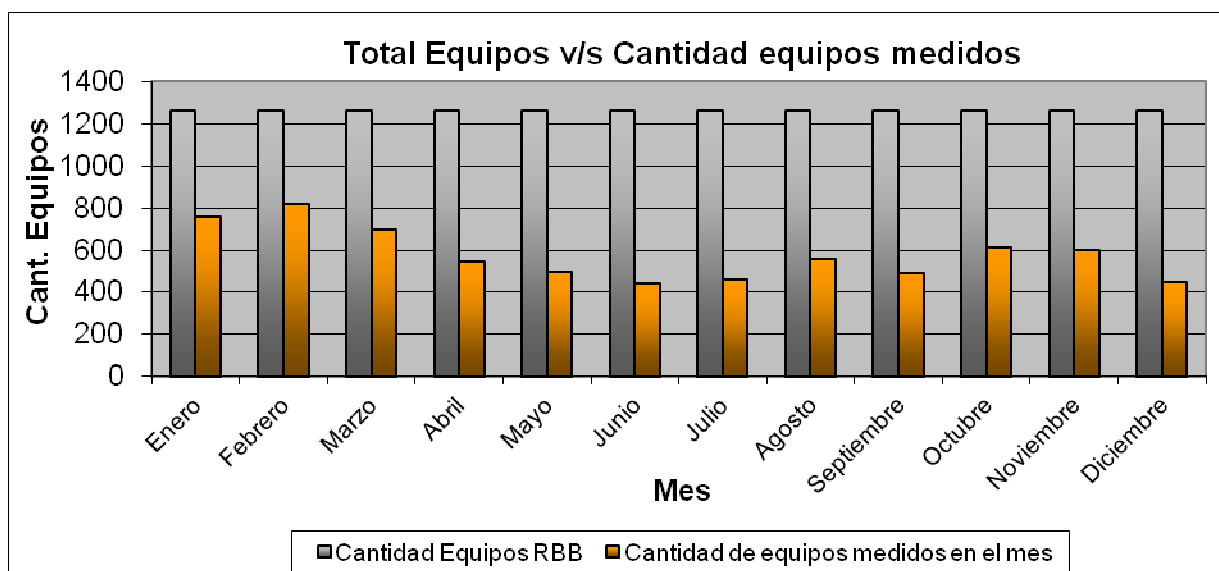
Cantidad de informes retrasados:

Mes	Cant. Informes realizados	Cant. Informes retrasados	% Informes retrasados
Enero	22	16	72,73%
Febrero	16	11	68,75%
Marzo	30	24	80,00%
Abril	49	37	75,51%
Mayo	41	29	70,73%
Junio	55	21	38,18%
Julio	70	16	22,86%
Agosto	34	8	23,53%
Septiembre	32	22	68,75%
Octubre	27	18	66,67%
Noviembre	39	23	58,97%
Diciembre	24	14	58,33%



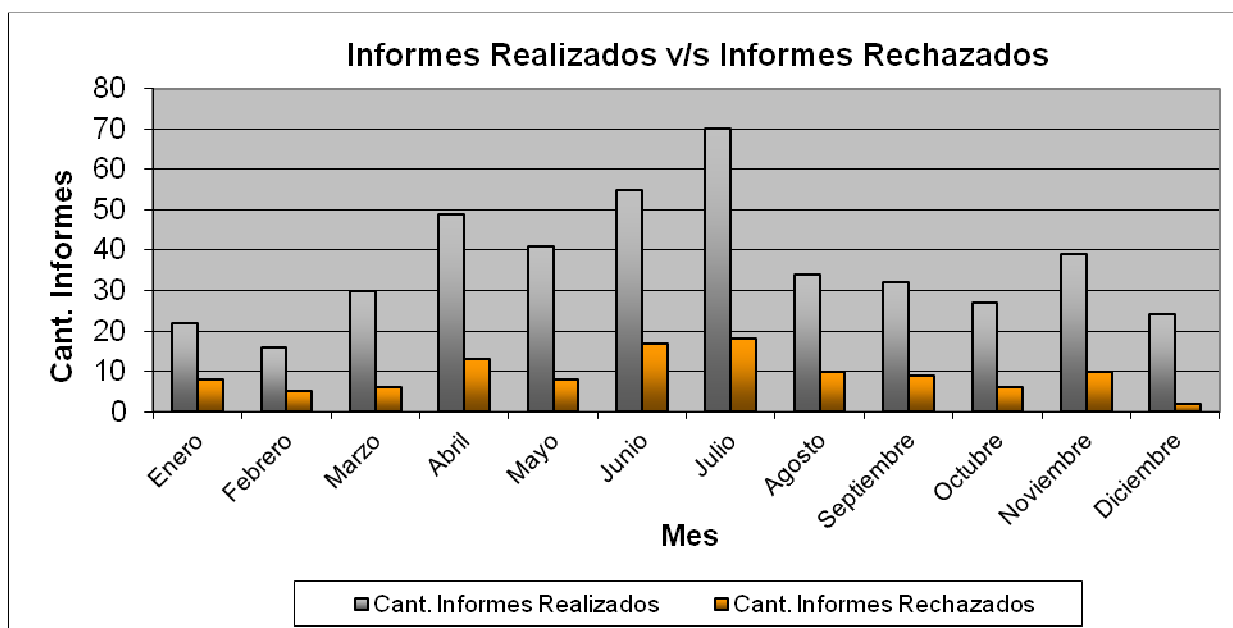
Frecuencia medición equipos rotatorios:

Mes	Cantidad Equipos RBB	Cantidad de equipos medidos en el mes	% de Cumplimiento	Cumplimiento Mensual
Enero	1260	758	60,2%	Cumple
Febrero	1260	821	65,2%	Cumple
Marzo	1260	699	55,5%	No Cumple
Abril	1260	548	43,5%	No Cumple
Mayo	1260	498	39,5%	No Cumple
Junio	1260	445	35,3%	No Cumple
Julio	1260	461	36,6%	No Cumple
Agosto	1260	559	44,4%	No Cumple
Septiembre	1260	491	39,0%	No Cumple
Octubre	1260	612	48,6%	No Cumple
Noviembre	1260	601	47,7%	No Cumple
Diciembre	1260	448	35,6%	No Cumple



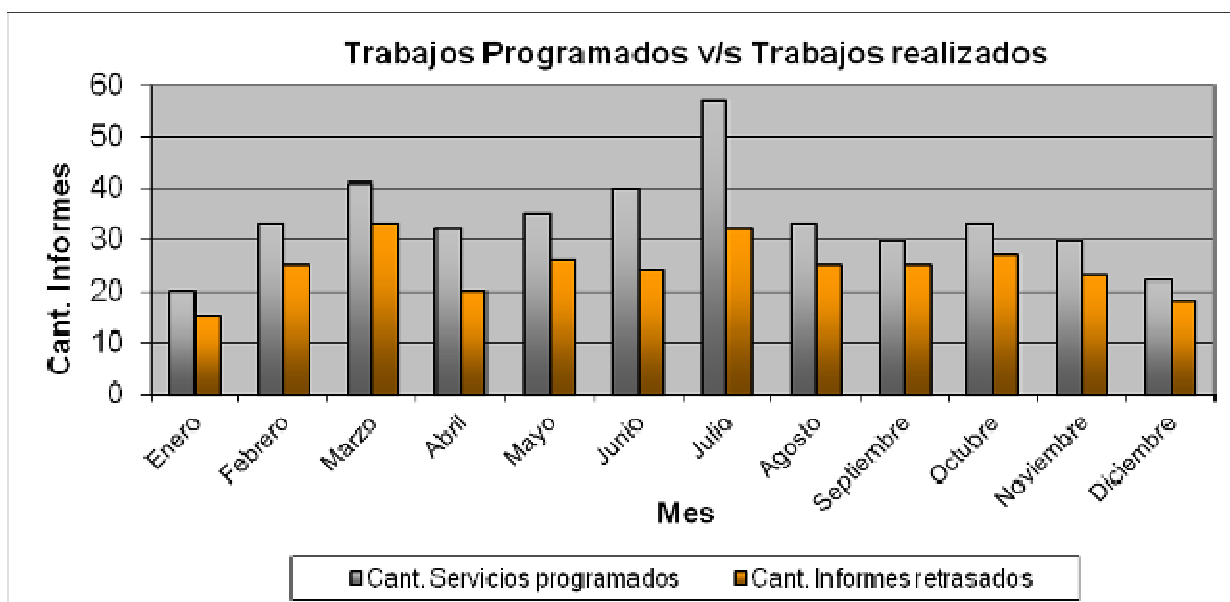
Cantidad de informes rechazados:

Mes	Cant. Informes Realizados	Cant. Informes Rechazados	% Informes rechazados
Enero	22	8	36,36%
Febrero	16	5	31,25%
Marzo	30	6	20,00%
Abril	49	13	26,53%
Mayo	41	8	19,51%
Junio	55	17	30,91%
Julio	70	18	25,71%
Agosto	34	10	29,41%
Septiembre	32	9	28,13%
Octubre	27	6	22,22%
Noviembre	39	10	25,64%
Diciembre	24	2	8,33%
Total	439	112	



Desviación del programa semanal de trabajo:

Mes	Cant. Servicios programados	Cant. Informes retrasados	% Informes retrasados
Enero	20	15	75,00%
Febrero	33	25	75,76%
Marzo	41	33	80,49%
Abril	32	20	62,50%
Mayo	35	26	74,29%
Junio	40	24	60,00%
Julio	57	32	56,14%
Agosto	33	25	75,76%
Septiembre	30	25	83,33%
Octubre	33	27	81,82%
Noviembre	30	23	76,67%
Diciembre	22	18	81,82%



ANEXO 2: Reporte de mejora continua

	SECTOR CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Código	R1-P-SGI-003	
	REPORTE DE MEJORA CONTINUA	Revisión	06	
		Fecha	05/12	
		Autor	P. Paredes	
		Aprobador	G. Aguilar	

1	Empresa Sector Area Nº Correlativo	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	Emitido Por Fecha de Emisión	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
		<input type="checkbox"/> Acción Correctiva	<input type="checkbox"/> Acción Preventiva	

2	AMBITO CALIDAD	<input type="checkbox"/>	SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	MEDIO AMBIENTE	<input type="checkbox"/>
----------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------------	----------------	--------------------------

3	CLASIFICACION DE POTENCIAL O REAL NO CONFORMIDAD					
	1-Proceso / Sistema	<input type="checkbox"/>	5-Auditoría clientes/Otros	<input type="checkbox"/>	9- Daño Ambiental	<input type="checkbox"/>
	2-Auditoria Certificación	<input type="checkbox"/>	6-Reclamos	<input type="checkbox"/>	10-Daño a la propiedad	<input type="checkbox"/>
	3-Auditoria Acreditación	<input type="checkbox"/>	7-Incidente	<input type="checkbox"/>	11- Fiscalizaciones PRT	<input type="checkbox"/>
	4- Auditoria Interna	<input type="checkbox"/>	8-Obs. Seguridad	<input type="checkbox"/>	12- Otros**	<input type="checkbox"/>
	13.- Control de trabajo de ensayo no conforme:		<input type="checkbox"/>			
	**Especificar: _____					

4	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO/ OPORTUNIDAD DE MEJORA/ POTENCIAL NO CONFORMIDAD:

5	ACCIONES INMEDIATAS

6	INVESTIGACION DE CAUSAS

7	ACCIONES CORRECTIVAS O PREVENTIVAS PROPUESTAS			
		Responsable	Fecha Prog	Fecha Real
	¿REQUIERE MODIFICAR MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS?			
	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
	<i>Nota: agregar tantas filas como sea necesario</i>			

8	VERIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ACCIÓN CORRECTIVA			
	Nombre	Fecha	IMPLEMENTACIÓN SI/NO	
			Si	No
			Si	No

9	VERIFICACION EFICACIA			
	Nombre	Fecha Prog.	Fecha Real	¿EFECTIVIDAD SATISFACTORIA? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NºCorrelativo <input style="width: 40px;" type="text"/>
	Firma			

10	CONCLUSIONES

11	VERIFICACION DE LAS ACCIONES CERRADAS E IMPLEMENTADAS	
	Auditor:	Fecha de revision:
	Comentarios:	

ANEXO 3: Matriz de control indicadores de gestión del servicio

	INDICE DISPONIBILIDAD			INDICE TIEMPO DE RESPUESTA	INDICE TIEMPO RESPUESTA INFORMES					
KPI	DISPONIBILIDAD			TIEMPO DE RESPUESTA	DÍAS DE RETRASO POR INFORME			TIEMPO DE RESPUESTA DE INFORMES		
	Meta: 90% mensual			Meta: 0 mensual	Meta: < 1 mensual			Meta: 90% mensual		
	$ID = \left(1 - \frac{\text{Días no disponibles}}{\text{Días contratados}} \right) \times 100\%$			$ITR = N^{\circ} \text{ Situaciones urgencia o emergencia ejecutadas fuera plazo}$	$IDRI = \frac{N^{\circ} \text{ días de retraso}}{\text{Total de Informes retrasados}}$			$ITRI = \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ de Informes Fuera de Plazo}}{N^{\circ} \text{ Total de Informes}} \right) \times 100\%$		
Mes	N°Días Contratados	N°Días no Disponibles	ID	ITR	N°Total Informes Retrasados	N°Días de Retraso	IDRI	N°Total de Informes	N°Informes Fuera de Plazo	ITRI
Enero										
Febrero										
Marzo										
Abril										
Mayo										
Junio										
Julio										
Agosto										
Septiembre										
Octubre										
Noviembre										
Diciembre										
Anual	0	0		0	0	0		0	0	

INDICE CUMPLIMIENTO PROG. TRABAJO			INDICE DE CALIDAD									
KPI	CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE TRABAJO			CALIDAD DE INFORMES			CALIDAD DE TRABAJO EN TERRENO			FRECUENCIA MEDICIÓN EQUIPOS ROTATORIOS		
	Meta:	90%	semanal	Meta:	90%	mensual	Meta:	90%	mensual	Meta:	60%	mensual
	$ITR = \frac{N^{\circ} \text{ Situaciones urgencia o emergencia ejecutadas fuera plazo}}{100\%}$			$ICI = \left(1 - \frac{\text{Informes devueltos}}{\text{Total Informes Emitidos}}\right) \times 100\%$			$ICTT = \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ Servicios repetidos}}{\text{Total de servicios realizados}}\right) \times 100\%$			$FMER = \left(\frac{N^{\circ} \text{ Equipos medidos en el mes}}{\text{Total equipos de la refinería}}\right) \times 100\%$		
Mes	N°Total de Servicios Programados	N°Servicios Programados ejecutados fuera de plazo	CPT	N°Total Informes Emitidos	N°Infomes Devueltos	ICI	N°Total Servicios realizados	N° Servicios Repetidos	ICTT	N°Equipos Medidos en el Mes	Total Equipos ERBB	FMER
Enero												
Febrero												
Marzo												
Abril												
Mayo												
Junio												
Julio												
Agosto												
Septiembre												
Octubre												
Noviembre												
Diciembre												
Anual	0	0		0	0		0	0		0	0	

		INDICE DE CALIDAD					ÍNDICE DE PREVENCIÓN DE RIESGOS					
KPI	CALIDAD DIAGNÓSTICO EQUIPOS ROTATORIO			CALIDAD MEDICIÓN EQUIPOS ROTATORIO			INDICE DE FRECUENCIA			TASA DE SINIESTRALIDAD		
	Meta: 90% mensual			Meta: 90% mensual			Meta: 0 mensual			Meta: 0 mensual		
	$CDER = \left(1 - \frac{\text{Equipos diagnosticados erroneamente}}{\text{Total equipos diagnosticados}} \right) \times 100\%$			$CMER = \left(1 - \frac{\text{Equipos medidos erroneamente}}{\text{Total equipos medidos}} \right) \times 100\%$			$IF = \frac{\text{N}^\circ \text{ Accidentes incapacitantes} \times 100000}{\text{Total Horas Hombre Trabajadas}}$			$TS = \frac{\text{N}^\circ \text{ días Perdidos}}{\text{Promedio de Trabajadores en Faena}} \times 100\%$		
Mes	Nº Equipos diagnosticados erroneamente	Total Equipos diagnosticados	CDER	Nº Equipos medidos erroneamente	Total Equipos medidos	CMER	Total HH Trabajadas	Nº Accidentes CTP	IF	Nº Trabajadores	Nº Días Perdidos	TS
Enero												
Febrero												
Marzo												
Abril												
Mayo												
Junio												
Julio												
Agosto												
Septiembre												
Octubre												
Noviembre												
Diciembre												
Anual	0	0		0	0		0	0		0	0	