

MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LINDE  
COLOMBIA S.A. PARA LOS EQUIPOS DE OPERACIÓN CILINDROS Y EN  
COMODATO PARA EL SUMINISTRO DE GASES INDUSTRIALES Y  
MEDICINALES

CAMILO ANDRES FALLA ALBARRACIN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015

MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LINDE  
COLOMBIA S.A. PARA LOS EQUIPOS DE OPERACIÓN CILINDROS Y EN  
COMODATO PARA EL SUMINISTRO DE GASES INDUSTRIALES Y  
MEDICINALES

CAMILO ANDRES FALLA ALBARRACIN

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: JOHANY ALEXANDER FALLA  
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme la vida y todas las bendiciones que he recibido.

A Mariana por motivarme a ser un mejor hombre cada día, por cambiar mi mundo y enseñarme que todos los días pasan cosas maravillosas que nos hacen soñar.

A mi familia por su apoyo continuo que me ayudo a enfocarme en mis sueños, son quienes han depositado la confianza en mí, quienes me han empujado a conseguir este logro y con quienes cuento siempre.

A la Universidad Industrial del Santander y Aseduis por sus enseñanzas y disposición hacia la enseñanza, quienes han formado cientos de especialistas comprometidos con el país y la educación.

A Mónica por el ánimo, fuerza, consuelo, buen consejo, el inmenso amor que me das cada día y lo más importante porque junto a mi hija son mi hogar.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>14</b>
<b>1 CONTEXTUALIZACIÓN</b>	<b>16</b>
1.1 RESEÑA HISTORICA	16
1.2 DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LA ORGANIZACIÓN	17
1.2.1 División de Gases	19
1.3 ORGANIGRAMA	23
1.4 RECURSOS HUMANOS, FISICOS, EQUIPOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN	28
1.4.1 Equipos de la compañía	29
1.4.2 Sistemas de Información de la Compañía	30
1.6 CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL	31
1.7 EL PROBLEMA	32
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>35</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL:	35
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	35
<b>3 MARCO TEORICO</b>	<b>36</b>
3.1 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO	36
3.1.1 Historia	36
3.1.2 MANTENIBILIDAD	38
3.1.3 DISPONIBILIDAD	38
3.1.4 ANALISIS DE CRITICIDAD	38

<b>3.2</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Matriz de la Excelencia</b>	<b>41</b>
<b>3.4</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN</b>	<b>50</b>
<b>3.5</b>	<b>INDICADORES DE GESTIÓN</b>	<b>53</b>
3.5.1	Indicadores para medir eficiencia global del departamento	58
3.5.2	Indicadores de uso de recursos y de avance tecnológico	60
3.5.3	Indicadores de costos	61
3.5.4	Indicadores de Desarrollo del personal y de Calidad	62
<b>3.6</b>	<b>GESTIÓN DE REPUESTOS Y MATERIALES</b>	<b>63</b>
3.6.1	Metodologías Gestión de Repuestos	63
3.6.2	Metodología Optimización Costo-Riesgo	65
<b>3.7</b>	<b>GERENCIA ESTRATEGICA DE OPERACIONES</b>	<b>66</b>
<b>4</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>70</b>
<b>4.1</b>	<b>EVALUACIÓN POR TEMA</b>	<b>70</b>
4.1.1	ESTRATEGIA DEL MANTENIMIENTO	70
4.1.2	ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN	72
4.1.3	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	72
4.1.4	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	73
4.1.5	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	74
4.1.6	TÉCNOLOGIAS DE INFORMACIÓN Y SU USO	74
4.1.7	EQUIPOS DE MEJORAMIENTO	75
4.1.8	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	75
4.1.9	ANÁLISIS DE PROCESOS	76
4.1.10	ANÁLISIS DE PROCESOS	77
<b>5</b>	<b>DESARROLLO DE MODELO</b>	<b>78</b>
<b>5.1</b>	<b>PROPUESTA ESTRATEGICA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>78</b>
5.1.1	DEFINICIÓN PRINCIPIOS-MISIÓN-VISIÓN	78
5.1.2	EVALUACIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES.	80
5.1.3	EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y OPORTUNIDADES	81
5.1.4	DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS, OBJETIVOS Y METAS	83
<b>5.2</b>	<b>PLAN DE EJECUCIÓN INTEGRAL ESTRATEGICO A 3 AÑOS</b>	<b>84</b>

5.2.1	Plan de trabajo primer año	84
5.2.2	Plan de trabajo Segundo año	85
5.2.3	Plan de trabajo tercer año	86
5.2.4	Calificación de gestión de mantenimiento acuerdo cronograma	88
<b>5.3</b>	<b>ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO CON CONTRATISTAS</b>	<b>89</b>
5.3.1	Labores a realizar en las instalaciones de los clientes:	89
5.3.2	Labores a realizar en el patio de tanques de ASU Bogotá	90
5.3.3	Equipos definidos para Mantenimiento	91
5.3.4	Mapeo de Equipos a atender en Clientes	91
5.3.5	Estructura de Contratista funcional	92
5.3.6	Gestión activa del mantenimiento por parte del Contratista	96
5.3.7	Expectativas de Funcionamiento con la estructura contratista	97
<b>5.4</b>	<b>INDICADORES DE GESTIÓN</b>	<b>97</b>
<b>5.5</b>	<b>PLAN DE REPUESTOS Y ANALISIS ACUERDO PLANES DE MANTENIMIENTO</b>	<b>100</b>
5.5.1	Definición de repuestos y códigos de material	101
<b>5.6</b>	<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN SOFTWARE MODULO DE MANTENIMIENTO SAP ALONE</b>	<b>104</b>
5.6.1	Diagrama de proceso de la gestión de mantenimiento:	104
<b>5.7</b>	<b>EVALUACIÓN ECONOMICA DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO</b>	<b>114</b>
5.7.1	Evaluación definitiva del proyecto	117
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>119</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>121</b>
	<b>PROCEDIMIENTO PARA VERIFICACIÓN DE VACÍO</b>	<b>185</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Divisiones de Linde Global</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2. Procesos de tratamiento de superficies de vidrio</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3. Proceso de Soldadura TIG</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4. Equipos de Aire Medicinal de Linde</b>	<b>22</b>
<b>Figura 5. Organigrama de Linde a nivel global</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6. Distribución Linde Américas</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7. Linde Región Sur América Norte</b>	<b>25</b>
<b>Figura 8. Estructura Operación Cilindros</b>	<b>26</b>
<b>Figura 9. Estructura de Servicios de Ingeniería en Cliente</b>	<b>27</b>
<b>Figura 10. Indicadores de Gestión de Activos 2014 con IG y HC</b>	<b>32</b>
<b>Figura 11. Matriz de criticidad</b>	<b>39</b>
<b>Figura 12. Ciclo PHVA para la gestión de activos.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 13. Matriz de la excelencia Linde Colombia</b>	<b>41</b>
<b>Figura 14. Niveles de Madurez Matriz de la Excelencia</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15. Gestión de Mantenimiento sin indicadores</b>	<b>54</b>
<b>Figura 16. Gestión de mantenimiento con Indicadores</b>	<b>54</b>
<b>Figura 17. Gráfica análisis de tiempo a reparar y tiempo útil</b>	<b>57</b>
<b>Figura 18. Modelo de costos de Inventarios</b>	<b>65</b>
<b>Figura 19. Calificación de estado mantenimiento Linde Colombia S.A.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 20. Cronograma y plan de acción para el área de mantenimiento</b>	<b>88</b>
<b>Figura 21. Distribución de equipos en Colombia</b>	<b>92</b>
<b>Figura 22. Estructura para Gestión de Mantenimiento</b>	<b>93</b>
<b>Figura 23. Equipo técnico requerido por zonas</b>	<b>95</b>
<b>Figura 24. Estructura de mejoramiento de indicadores de mantenimiento</b>	<b>100</b>
<b>Figura 25. Diagrama de generación de programación de mantenimiento.</b>	<b>105</b>
<b>Figura 26. Diagrama de generación de programación de mantenimiento.</b>	<b>106</b>
<b>Figura 27. Flujo de fondos sin modificar el hoy en mantenimiento</b>	<b>117</b>
<b>Figura 28. Flujo de fondos con los proyectos propuestos</b>	<b>117</b>
<b>Figura 29. Modelo de evaluación de proyecto</b>	<b>118</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro de contratistas modelo actual.	33
Tabla 2. Análisis de costos al 2013	34
Tabla 3 Matriz de la Excelencia Linde	44
Tabla 4. Estrategia de Mantenimiento	45
Tabla 5. Administración y Organización	45
Tabla 6. Planeación y programación	46
Tabla 7. Técnicas de Mantenimiento	46
Tabla 8. Medidas de desempeño	47
Tabla 9. Tecnología de información y su uso	47
Tabla 10. Equipos de Mejoramiento	48
Tabla 11. Análisis de confiabilidad	48
Tabla 12. Análisis de Procesos	49
Tabla 13. Información sobre infraestructura de instalaciones	49
Tabla 14. Calificación por ítem Matriz de la excelencia a 3 años	88
Tabla 15. Indicadores de mantenimiento definidos para el área de mantenimiento de Linde	98
Tabla 16. Códigos de Inventario para el área de mantenimiento	101
Tabla 17. Definición de Stock mínimo de repuestos y su clasificación	102
Tabla 18. Lista de repuestos contra plan de ejecución	103
Tabla 19. Alcance de Software SAP a implementar	112
Tabla 20. Equipos a incluir en el software de mantenimiento	114
Tabla 21. Costos promedio mensuales de operación de mantenimiento	115
Tabla 22. Costos estimados por mes para la evaluación de ofertas.	116

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO A. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo en Instalaciones Criogénicas.</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO B. Procedimiento de Mantenimiento Correctivo en Instalaciones Criogénicas.</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO C. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en Sistemas de Vacío Medicinal en Clientes.</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO D. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en Módulo de Tratamiento de Aire</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO E. Manual de Tanques Criogénicos</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO F. Procedimiento de Limpieza y Pintura de Tanques Criogénicos</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO G. Recuperación y Mejoramiento de Vacío en Tanques</b>	<b>184</b>
<b>ANEXO H. Overhaul de Tanques Criogénicos</b>	<b>190</b>
<b>ANEXO I. Listado de Herramienta y Consumibles</b>	<b>192</b>
<b>ANEXO J. Códigos de Inventario para el Área de Mantenimiento.</b>	<b>194</b>
<b>ANEXO K. Lista de Máximos y Mínimos Críticos del Área de Mantenimiento</b>	<b>198</b>
<b>ANEXO L. Plan de Consumo Forecast del Área de Mantenimiento</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO M. Equipos Definidos a Incluir en el Software</b>	<b>202</b>
<b>ANEXO N. Evaluación Económica del Proyecto</b>	<b>203</b>

## RESUMEN

**TITULO:** MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LINDE COLOMBIA S.A. PARA LOS EQUIPOS DE OPERACIÓN CILINDROS Y EN COMODATO PARA EL SUMINISTRO DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES<sup>\*</sup>

**AUTORES:** CAMILO ANDRÉS FALLA ALBARRACÍN<sup>\*\*</sup>

**PALABRAS CLAVE:** matriz de excelencia, sistema de información, indicadores de gestión, evaluación de proyectos, gerencia estratégica, mantenimiento preventivo.

### DESCRIPCIÓN:

El documento propone una metodología para analizar el estado de avance de un área de mantenimiento bajo el análisis de la matriz de la excelencia, con base en la evaluación se define un estado de inicio, y es ahí donde se plantea un modelo estratégico para mejorar las condiciones del área, desarrollando los puntos más importantes de acuerdo al negocio específico de la compañía Linde Colombia S.A.

Indicadores primarios negativos y un estado de falla de los equipos recurrente, con un control bajo de los costos del proceso de mantenimiento, fueron los puntos que motivaron al desarrollo de un plan estratégico que permitiera alinear los esfuerzos para poder generar un cambio de la forma en como un área de mantenimiento con muchos equipos dispersos por una gran geografía debe afrontar, también la falla del sistema de información y control de activos fue el otro elemento determinante en la necesidad de solucionar y afrontar de una forma diferente los retos que se tiene con los clientes tanto internos como externos de la compañía.

Este modelo requiere seguimiento y validación de la efectividad de lo que se propone, también es un punto de partida el cual debe ser nuevamente definido en tres años, mucho de lo propuesto aplica las mejores prácticas de mantenimiento que usan las mejores empresas ejemplo en mantenimiento en Colombia y el mundo, es un camino largo y de mucho compromiso y esfuerzo, pero es el primer paso para agregar valor y mejorar la evaluación inicial.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González Jaimes.

## ABSTRACT

**TITLE:** MANAGEMENT MODEL FOR MAINTENANCE MANAGEMENT IN LINDE COLOMBIA S.A. FOR EQUIPMENT OF CYLINDER OPERATIONS AND ON LOAN FOR THE SUPPLY OF INDUSTRIAL AND MEDICAL GASES\*

**AUTHORS:** CAMILO ANDRÉS FALLA ALBARRACÍN\*\*

**KEYWORDS:** MATRIX OF EXCELLENCE, INFORMATION SYSTEMS, MANAGEMENT INDICATORS, PROJECT EVALUATION, STRATEGIC MANAGEMENT, PREVENTIVE MAINTENANCE.

### DESCRIPTION:

The paper proposes a methodology to analyze the progress of a maintenance area under the analysis of the matrix of excellence. Based on the assessment, a startup state is defined and this is where a strategic model is proposed to improve conditions of the area, developing the main points according to the specific business of Linde Colombia S.A.

Negative primary indicators and recurring fault status of equipment with low cost control of the maintenance process, are the points that lead to the development of a strategic plan that pretends to align the efforts to make a change in the way that a maintenance area with many scattered equipment operates due to a large geography. Also the failure of the information system and control of assets is the other key factor in the need to address and meet the challenges the company has with customers both internal and external in a different way.

This model requires monitoring and validation of the effectiveness of what is proposed, it is also a starting point which should be redefined in three years, much of the proposed applies the best maintenance practices used by top companies in Colombia and the world. It's a long way full of commitment and effort, but is the first step to add value and improve the initial evaluation.

---

\* Degree Work

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González Jaimes.

## INTRODUCCION

Linde Colombia S.A. está dedicada a la producción, distribución y comercialización de gases medicinales e industriales, prestación de servicios médicos respiratorios especializados, y fabricación de sustancias y productos químicos básicos.

Actualmente, Linde Colombia S.A. cuenta con dos plantas de producción de gases del aire, una planta de recuperación y purificación de CO<sub>2</sub>, cinco regionales, diez puntos de venta y cuatro IPS en el país, así como equipos instalados en clientes en comodato, para el suministro de los gases que se producen; y equipos de generación de aire medicinal y vacío de succión para redes hospitalarias.

Los equipos con los que cuenta Linde Colombia para su operación cuentan con unos planes de mantenimiento basado en el conocimiento de los equipos y el manual del usuario suministrado por el fabricante, la administración de mantenimiento no cuenta con una estrategia bien estructurada que permita tener el control de todos los elementos y tampoco cuenta con una gestión adecuada de indicadores de mantenimiento de los equipos, esto se debe principalmente al bajo nivel de información, una estructura de mantenimiento totalmente tercerizada y enfocada a servicios y cumplimiento de órdenes de trabajo, inadecuado sistema de órdenes de trabajo y falta de indicadores de gestión que permitan efectuar mejoras en el estado de los equipos y procesos.

Para generar un cambio que mejore el panorama y garantice la satisfacción de los clientes se pueden hacer esfuerzos que pueden resultar innecesarios, pérdida de tiempo e inversiones que generen más inconvenientes y la frustración de no poder llevar un área a estados de funcionamiento que correspondan a una multinacional con la proyección de Linde en el mundo.

Se hace un análisis de todas las condiciones iniciales del área de mantenimiento, esta evaluación se hace bajo el marco de comparación con la matriz de la excelencia, la cual permite ubicar todos los componentes de un área de mantenimiento y su nivel de madurez, luego y para no caer en el error de tratar de llevar todas las áreas a clase mundial sin ningún plan o estrategia, se analizan las condiciones del área para definir las restricciones y las oportunidades de crecimiento, definir cuáles son los objetivos o metas que más agregan valor al proceso, y con base en esto si se jerarquiza y se definen los pasos más importantes a tres años, para crecer de manera progresiva y coherente con las condiciones reales del mercado y de la compañía.

Se analiza y desarrolla los puntos más importantes del plan estratégico para mostrar la aplicabilidad y garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos, los cuales son mejorar en gran medida las condiciones del área, y es aquí donde se desarrolla un método el cual debe ser implementado y evaluado para que todos los resultados que se contemplan se cumplan y se lleven a satisfacción, pero es importante tener en cuenta que son inversiones propuestas, y deben ser realizadas por la dirección, ya que el no contar con presupuesto o aprobaciones también pueden cambiar el resultado final del modelo en el intervalo de tiempo contemplado y afectar de manera significativa los objetivos propuestos o el plan de ruta definido.

# 1 CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1 RESEÑA HISTORICA

En Colombia todo comenzó con una idea, se remonta a 1931 cuando la compañía es fundada en Barranquilla como la fábrica nacional de oxígeno y productos metálicos, FANO S.A. por inmigrantes alemanes y colombianos, más adelante los inversionistas alemanes deciden vender la parte que les correspondía a AGA de Suecia y ahí es cuando en 1942 la compañía adquiere el nombre de AGA FANO S.A., tiempo después en 1999 el grupo Linde de Alemania adquiere a AGA y nace “*AGA Member of the LINDE GAS GROUP*” (AGA miembro del grupo del Linde), y en el 2006 Linde adquiere el grupo inglés BOC, igualmente líder en el mercado de Gases, formándose THE LINDE GROUP.

El nombre de Linde Gas tiene su origen en su fundador alemán, llamado Carl Von Linde, quien dedicó gran parte de su vida a los experimentos con tecnología de baja temperatura (refrigeradores).

El 21 de junio de 1879, el empresario e inventor alemán Carl Von Linde fundó la empresa *Gesellschaft fur Linde Eismaschinen Aktiengesellschaft* (Compañía de heladeras de Linde Sociedad Anónima) con el propósito de desarrollar técnicas de refrigeración mecanizada para la conservación de alimentos y producción de bebidas alcohólicas.

Al conseguir éxito en este mercado, Von Linde continuó el desarrollo de sistemas de refrigeración y en 1895 patentó el descubrimiento del ciclo Linde-Hampson para la licuefacción de gases. Una de sus primeras instalaciones para la separación de gases fue establecida en la localidad de Hollriegelskreuth, cerca de Múnich en 1903.

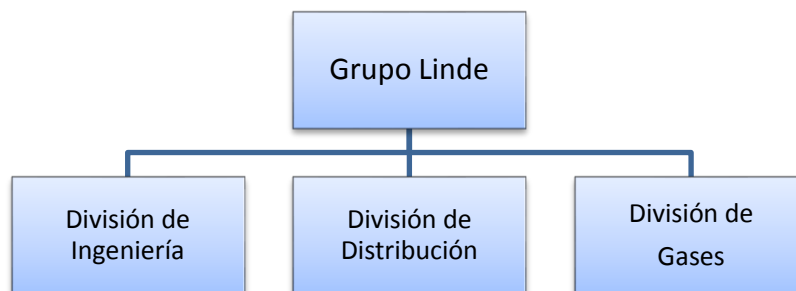
En 1906, los ingenieros de la fábrica de Linde desarrollaron procedimientos para la separación de los constituyentes del gas de agua, dando lugar a la producción de hidrógeno y de óxido de carbono.

Carl Von Linde consiguió el control absoluto de la empresa que fundó y en 1929 empezó el desarrollo y fabricación de motores y tractores. Desde la década de 1950 en adelante, Linde AG comenzó la producción de maquinarias como carretillas elevadoras y cosechadoras y fue en el 2000 al adquirir las compañías especializadas en Gases que retorno a este segmento. A partir de esta fecha la misión de Linde es “ser el grupo líder global en gases e ingeniería, admirado por nuestra gente, que provee soluciones innovadoras que marcan una diferencia en el mundo”<sup>1</sup>

## 1.2 DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LA ORGANIZACIÓN

Linde se gerencia a nivel global por un equipo de personas los cuales tienen a cargo la responsabilidad de hacer de Linde una compañía sostenible para los accionistas y para los empleados, a través de ellos Linde se distribuye en tres divisiones.

Figura 1. Divisiones de Linde Global



<sup>1</sup> Divisions of The Linde Group (2014), THE LINDE GROUP. Revisado el 30 de Octubre de 2014 en [http://www.the-linde-group.com/en/about\\_the\\_linde\\_group/divisions/index.html](http://www.the-linde-group.com/en/about_the_linde_group/divisions/index.html)

- **División de Ingeniería**

La división de Ingeniería es un éxito alrededor del mundo. Se centra en segmentos de mercado prometedores tales como plantas oleofinas, plantas de gas natural y plantas de separación de aire, así como plantas de hidrógeno y de síntesis de gas.

A diferencia de prácticamente todos los competidores, son capaces de llevar por su cuenta la amplia experiencia de ingeniería de procesos en la planificación, desarrollo de proyectos y construcción de plantas industriales llave en mano con el cliente.

Las Plantas de producción de Linde ubicadas en clientes, se utilizan en una amplia variedad de campos: en las industrias petroquímicas y químicas, en refinerías, plantas de fertilizantes y en la industria farmacéutica. Linde también construye plantas para recuperar gases del aire, producen gases de hidrógeno, la síntesis y el tratamiento de gas natural.

- **División de distribución**

Ofrece una gama de soluciones para transformar las cadenas de suministro, una combinación de diseño, configuración, implementación y gestión operativa a través de la oferta de servicios de consultoría de la cadena de distribución, en función de las operaciones actuales de la empresa y los planes futuros.

- **División de Gases**

The Linde Group es un líder mundial en el mercado de gases internacionales, ofrece una amplia gama de gases comprimidos y licuados, así como los productos químicos, lo que los convierte en un socio importante y fiable para una gran variedad de industrias.

Se utilizan los gases, por ejemplo, en el sector de la energía, la producción de acero, procesos químicos, protección del medio ambiente, y la

soldadura, así como en la elaboración de alimentos, fabricación de vidrio y productos electrónicos.

También se invierte en la expansión del negocio de la salud que está en un rápido crecimiento, es decir, gases medicinales, y son un líder mundial en el desarrollo de la tecnología del hidrógeno compatible con el medio ambiente.

Es en este punto en Suramérica es donde se encuentra la organización de mantenimiento en que se enfoca este trabajo.

### **1.2.1 División de Gases**

El área de gases está dividida entre gases para la industria y la división de cuidado de la salud.

#### **1.2.1.1 Gases Industriales**

Gases Industriales de Linde produce y distribuye los gases atmosféricos oxígeno, nitrógeno y argón, todos ellos generados en las plantas de separación de aire que poseen. Adicional a estos gases también manejan un amplio portafolio de gases como hidrogeno, acetileno, monóxido de carbono y dióxido de carbono usados en gases de protección para aplicaciones de soldadura, gases nobles y aplicaciones de alta pureza.

También se desarrolla y distribuye procedimientos y sistemas para aplicaciones con gas para todos los tipos de aplicaciones tecnológicas alrededor del mundo.

Y por último Linde da todo el acompañamiento a los clientes con el servicio de soporte y suministro de equipos especiales haciéndolo el principal proveedor en cuanto a soldadura y seguridad se refiere.

Aplicaciones en:

- Industria
  - Construcción e infraestructura
  - Electrónica
  - Comida y bebidas
  - Laboratorios
  - Siderurgia

**Figura 2. Procesos de tratamiento de superficies de vidrio**



Fuente: THE LINDE GROUP Industrial Gases (2014). Glass.

- Procesos
  - Análisis e instrumentación
  - Control y Modificación de atmosferas
  - Congelamiento y enfriamiento
  - Fumigación
  - Tratamiento de aguas
- Productos y Embalajes
  - Protección de atmosferas
  - Congelamiento comida
  - Empaques Químicos
  - Productos de Soldadura y Seguridad

**Figura 3. Proceso de Soldadura TIG**



Fuente: THE LINDE GROUP Industrial Gases (2014). Welding

### **1.2.1.2 Cuidado para la Salud**

El área de Linde que está dedicada al cuidado de la salud proporciona soluciones farmacéuticas y de gas medicinal para los clientes del sector de la salud, permitiendo a ellos proveer suministros de alta calidad a los pacientes en los centros médicos y hasta en el domicilio.

Esta nueva línea que sigue en constante crecimiento está en más de 70 países, siempre está trabajando en la mejora continua proporcionando servicios de la más alta calidad posible bajo el marco de la legislación que corresponda, con calidad y eficiencia entendiendo cada día los cambios de este sector para ofrecer nuevas y mejores soluciones.

Gases farmacéuticos y medicinales son usados en el diagnóstico o tratamiento de un cierto número de condiciones médicas, además de la oxigenoterapia, la terapia con aerosol y la anestesia, Linde división de cuidado de la salud proporciona soluciones para enfermedad de obstrucción crónica pulmonar, asma, apnea de sueño y dolor.

En el área de cuidados de la salud, los gases medicinales y el negocio de los equipos medicinales, su mantenimiento relacionado, así como en los servicios de asesoría y el aprovisionamiento de servicios médico-clínicos, el Grupo siguió en

un constante crecimiento, alcanzando un incremento en ventas sobre una base comparable de 5.0 por ciento hacia unos 1.189 billones de euros (en 2010: 1.132 billones de euros). La salud, como mega tendencia global, se mantiene intacta. Este mercado promisorio es ampliado por tendencias demográficas y aún mejores opciones de diagnóstico y terapia, especialmente en el caso de enfermedades crónicas respiratorias. Aún, el acceso mejorado de los pacientes a dichas formas de tratamiento tiene un impacto positivo en el negocio del cuidado de la salud.

**Figura 4. Equipos de Aire Medicinal de Linde**



Fuente: THE LINDE GROUP Linde Healthcare QI Services (2014). Supply, install and operate.

Las actividades en cuidado de la salud de Linde cubren el cuidado en hospitales (Hospital Care) y el cuidado en hogares (Homecare). Hospital Care se encarga de ofrecer a hospitales e instituciones de cuidado de la salud una solución de gases medicinales completa – cubriendo el amplio espectro de gases medicinales, servicios relacionados con los mismos, instalaciones, equipos y dispositivos. Homecare se enfoca en el aprovisionamiento de gases medicinales y servicios médicos relacionados con enfermedades respiratorias crónicas en lugares diferentes a los hospitales.

Las ventas de Hospital Care se incrementaron en un 4.7 por ciento a 889 millones de euros (en 2010: 849 millones), reforzando la posición de Linde en mercados

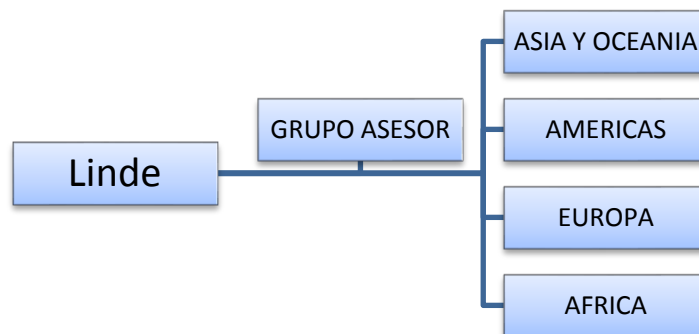
grandes como Asia y Suramérica. En el año financiero de 2011, el Grupo alcanzó un logro importante. La Agencia Medicinal Europea (EMA, European Medicinal Agency) y la Comisión Europea le otorgaron a Linde una nueva indicación para la terapia INO®max, para uso durante cirugías cardíacas, como tratamiento para la hipertensión pulmonar a nivel pre- y post-operativo en niños y adultos de todas las edades.

Las ventas de Homecare aumentaron por un 6.0 por ciento en el año financiero 2011 hacia 300 millones de euros (en 2010: 283 millones de euros). Una creciente proporción de ventas se relaciona al producto REMEO®, un concepto de cuidado para los pacientes que requieren ventilación por largos periodos. Linde también expandió su red de centros de tratamiento para pacientes con apnea del sueño, abriendo su tercer centro de cuidados en Kent Town (Australia), uniéndose al establecimiento de centros similares en 2010 en Sydney y Melbourne. Incluso, empezó a dar bienvenida a pacientes en centros en Portugal, España y Grecia.

### 1.3 ORGANIGRAMA

Linde hace poco fue conformada como una única área en toda América que se gerencia desde Estados Unidos, esta gerencia le reporta directamente al grupo Gerencial Global

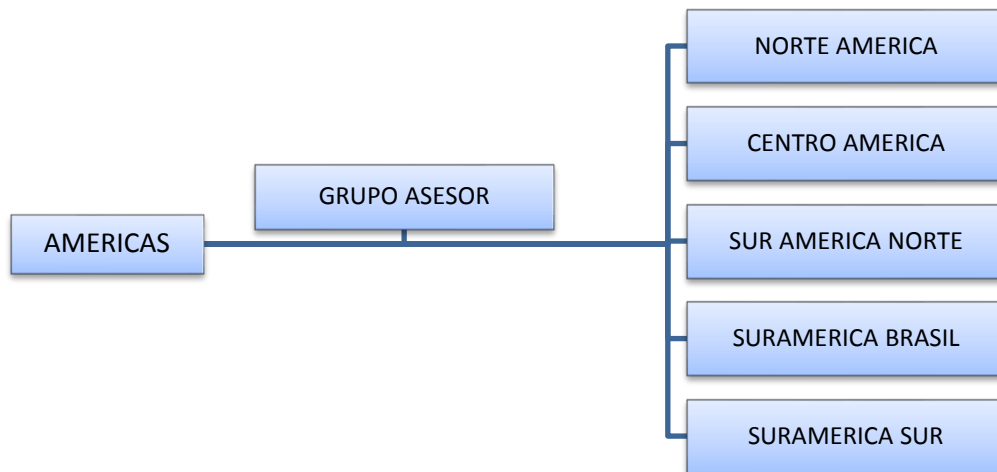
Figura 5. Organigrama de Linde a nivel global



r

Así mismo las Américas está dividido por cinco regiones: región Norte América (Canadá, Alaska y Estados Unidos), Centro América (México Guatemala Honduras, Panamá, Salvador y Puerto Rico), Sur América Norte (Colombia, Ecuador y Venezuela), Sur América Brasil y Sur América Sur (Perú, Chile, Paraguay, Uruguay y Argentina).

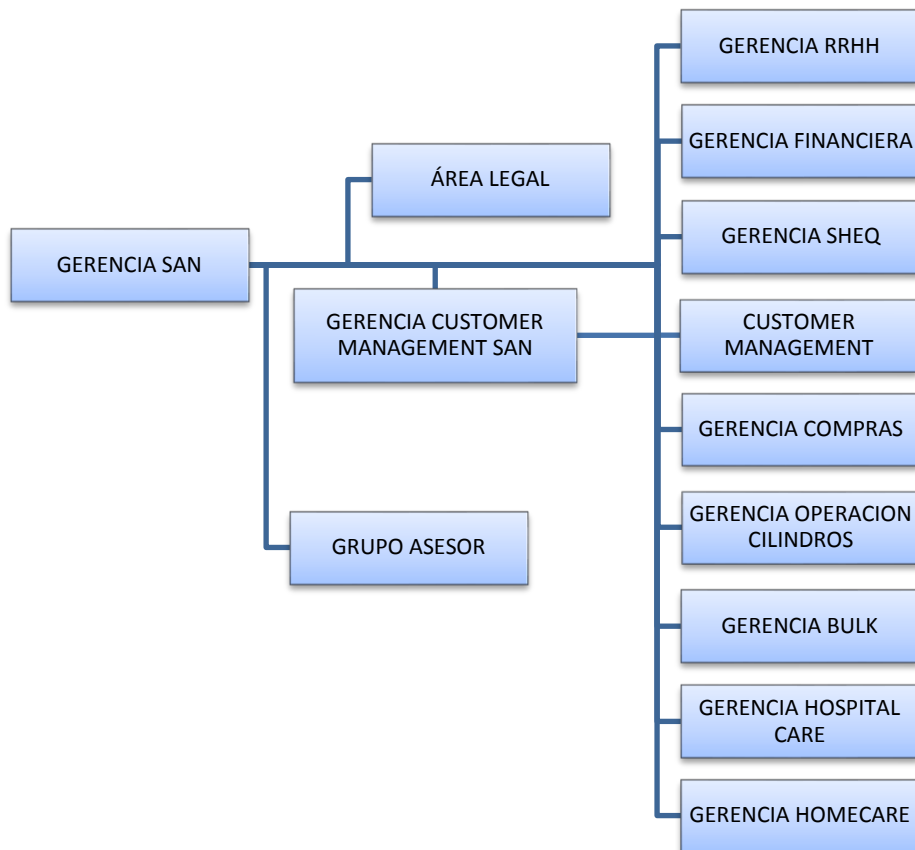
**Figura 6. Distribución Linde Américas**



En Sur América Norte es donde se ubica este proyecto, Linde ha realizado una serie de transformaciones a nivel países, pero a nivel Colombia las estructuras se han mantenido de una forma similar a través de los últimos años.

Sur América Norte es la unión de los países Venezuela, Ecuador y Colombia, las gerencias se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá en Colombia y ellos reportan a las gerencias Américas que se encuentra en los Estados Unidos.

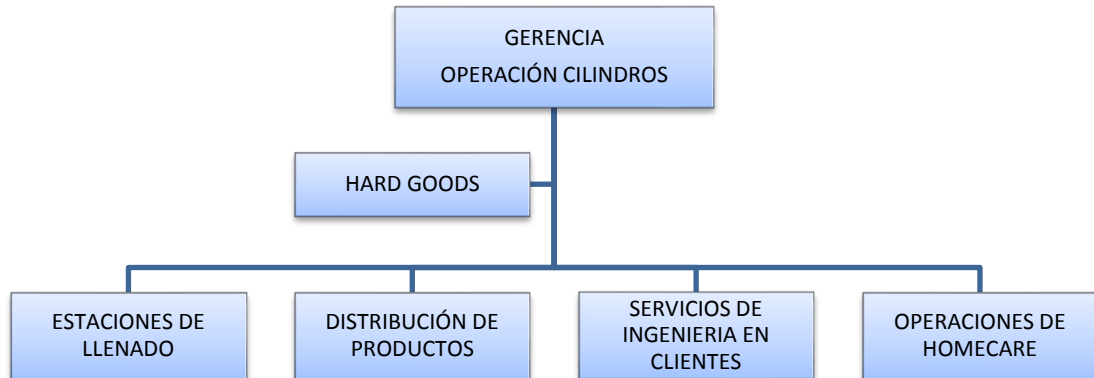
Figura 7. Linde Región Sur América Norte



En el área Operación Cilindros de esta subregión SAN es donde ubicamos este proyecto, ya que en ella opera el área de mantenimiento de la compañía.

El área de gerencia de operación cilindros es la encargada de apoyar todas las operaciones comerciales de la compañía y su misión es garantizar que las ventas realizadas tanto en el negocio industrial como en el negocio medicinal se hagan con calidad y sostenibilidad. Esta área a su vez en línea punteada trabaja para la operación cilindros gerencial desde Estados Unidos a través del grupo asesor, quien apoya y lidera los lineamientos de la compañía apoyando a la gerencias en el cumplimiento de los objetivos.

**Figura 8. Estructura Operación Cilindros**



En estaciones de llenado es donde se hace el llenado de cilindros de todos los gases, sean gases especiales o gases, oxígeno nitrógeno o argón, también es donde se hace el llenado de los cilindros medicinales y los termos y pallet de líquidos criogénicos de oxígeno y nitrógeno.

La legislación para el transporte de los productos es muy estricta tanto interna como externa, y todos los productos que envasa la compañía únicamente deben ser transportados a través del área de distribución de productos quien garantiza que las operaciones se hagan de manera segura y acuerdo estándares, también se encarga de la recolección de los equipos lo cual es otro reto muy interesante.

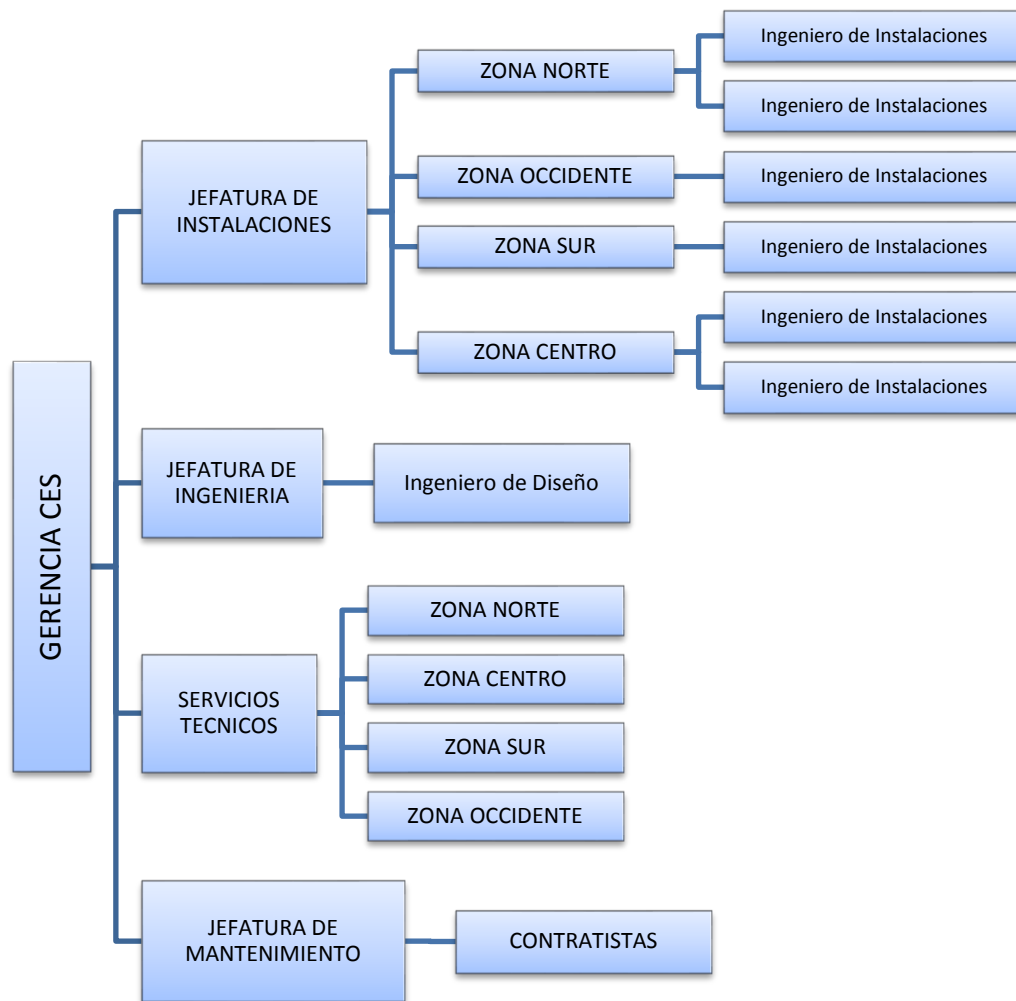
Operaciones de Homecare es la logística para atender a cada uno de los pacientes llevando el producto a sus domicilios o permitiendo la recolección en la empresa, aquí los usuarios son los enviados por las EPS (entidad prestadora de salud) y en total se pueden tener más de 15 millones de clientes lo cual de demanda esfuerzos para poder cumplir con las demandas en menos de 24 horas como exige la ley.

El área de Hardgoods es apoyo para todas las áreas y es quien facilita y gestiona los inventarios para cumplir la operación.

El área de mantenimiento se encuentra ubicada en Servicios de Ingeniería en Clientes (CES), aunque desde allí presta el servicio de mantenimiento a las estaciones de llenado y plantas y a todos los activos instalados en clientes.

En servicios de ingeniería se atienden todos los proyectos nuevos de redes industriales y medicinales, definición de equipos y atención por mantenimiento tanto a los activos de la compañía como a los equipos de clientes que lo requieran.

Figura 9. Estructura de Servicios de Ingeniería en Cliente



## 1.4 RECURSOS HUMANOS, FISICOS, EQUIPOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Actualmente Linde Colombia cuenta con más de 320 empleados directos y 500 colaboradores para sus distintas áreas y líneas de negocio en diferentes zonas del país, comprendidas de la siguiente manera:

- **ZONA NORTE:** ASU Cartagena, Barranquilla, Cartagena, Montería, Sincelejo, Valledupar, Remeo Barranquilla y Remeo Cartagena.
- **ZONA CENTRO:** ASU Bogotá, Barrancabermeja, Bogotá, Bucaramanga, Duitama, LISA Bogotá, Remeo Bogotá y CRC.
- **ZONA OCCIDENTE:** Dos Quebradas, Medellín y Remeo Medellín.
- **ZONA SUR:** Cali, Neiva, Villavicencio y LISA Cali.

Las sucursales denominadas ASU, “air separation unit” por sus siglas en inglés, son plantas separadoras del aire para la producción y comercialización de Oxígeno Medicinal, Nitrógeno y Argón líquidos, además de la recuperación de Dióxido de carbono en estado líquido para la industria alimentaria, la producción y comercialización de gases especiales y mezclas de gases para protección en soldadura. Estas plantas cuentan con certificación vigente en ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007, FSSC 22000 y BPM del INVIMA.

Por otra parte, los REMEO Center, son pequeñas IPS especializadas en el cuidado y rehabilitación de pacientes con ventilación mecánica prolongada que salen de la unidad de terapia intensiva, para que realicen una adecuada transición entre ese momento y el regreso a su hogar. Los servicios ofrecidos van desde la capacitación integral para el cuidado y ayuda con las tareas de rutina, hasta las visitas domiciliarias del personal de REMEO cuando son solicitadas.

El programa LISA, “Leading Independent Sleep Aide” por sus siglas en inglés, se especializa en el tratamiento de trastornos del sueño y trabaja en estrecha colaboración con profesionales de la salud y pacientes. Ofrece una amplia gama de equipos confiables, confortables y fáciles de usar, así como servicios planeados e individuales para dar soporte a los profesionales de la salud en la respuesta y monitoreo de las necesidades terapéuticas de sus pacientes.

Cada una de las demás sucursales Linde cuenta con un patio de llenado de oxígeno para llevar a cabo los despachos a clientes determinados en cada zona. La sucursal Cali, cuenta con una planta de CO2 certificada con ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007 y BPM, que utiliza el dióxido de carbono obtenido como subproducto en la industria química y lo depura para obtener la calidad necesaria en la industria de la alimentación. Las sucursales Bogotá y Barranquilla, cuentan adicionalmente, con una planta productora de Acetileno, en el caso de Bogotá, también se encuentra la planta productora de gases especiales como el Helontix® (mezcla de helio y oxígeno) para el servicio de terapia respiratoria, también certificada con ISO 9001-2008, BPM y CCAA del INVIMA.

El CRC (Centro de Relacionamiento con el cliente) tiene sus instalaciones en la ciudad de Bogotá y cuenta con un equipo de 143 personas, 3 bajo contratación directa, los cuales se encargan de todo lo relacionado con pedidos, cotizaciones, reclamos, sugerencias, consultas, información sobre productos y servicios, visitas de representantes comerciales, material promocional y servicio de mantenimiento.

#### **1.4.1 Equipos de la compañía**

Linde IG (Gases industriales), cuenta con un amplio portafolio que incluye productos bajo sus propias marcas, junto con marcas de fabricantes originales líderes, para suministrar equipos de gas, detección de gases, equipos y

accesorios de arco eléctrico, insumos de soldadura, productos de seguridad, marcas de seguridad y soldadura, herramientas,

Linde Healthcare suministra una amplia gama de equipos y mobiliario cuidadosamente seleccionados para garantizar la calidad y seguridad en las IPS y sus pacientes. El diseño, la producción, entrega, instalación y capacitación son una parte integral de los cilindros, compresores, flujómetros, válvulas, máscaras, filtros y otros equipos esenciales para el suministro de gases medicinales, así como insumos médico-quirúrgicos, equipo secundario, columnas con giro para UCI, paneles pediátricos, neonatales, para hospitalización y demás accesorios.

Los gases se suministran en diversas formas, desde cilindros ya sea como gas altamente presurizado o como un líquido poco presurizado. Los gases licuificados a baja temperatura pueden envasarse en pequeños envases criogénicos o en grandes tanques capaces de albergar varios miles de litros de gas líquido. Linde, también ofrece un sistemas de suministro in situ (ECOVAR) que se construye alrededor de componentes estandarizados para asegurar la máxima eficiencia en cuanto al costo y entregar tanto gases atmosféricos como químicos en las cantidades y calidades demandadas.

#### **1.4.2 Sistemas de Información de la Compañía**

Entre los sistemas de información implementados en Linde Colombia S.A., se encuentran SAP para el área de Recursos Humanos, Solomon para el área financiera y compras, Front Office para el soporte de informática, un software interno LCS (Liquid Control System) para el control de flota, otro para el manejo de ventas y control de remisiones en línea.

## 1.5 CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL

El “Espíritu Linde”<sup>2</sup> define la cultura organizacional. Su visión, acompañada de sus valores y principios, la disposición mental enfocada en el desempeño y el desarrollo personal están fuertemente ligados a la cultura, que se adhiere al código de ética y cumplimiento de la compañía.

Linde trata a sus colegas y al medio ambiente con integridad y respeto. Por ende, la seguridad y el desarrollo sostenible son una prioridad fundamental, ya que no se quiere dañar a las personas ni al medio ambiente para estar a la altura de su responsabilidad corporativa.

### Valores:

<b>Pasión por la excelencia</b>	Tenemos el compromiso y el impulso para buscar estándares de excelencia cada vez más exigentes y celebramos el éxito.
<b>Innovación para los clientes</b>	Buscamos incansablemente formas de agregar valor para nuestros clientes externos.
<b>Motivar a la gente</b>	Las personas tienen un espacio para contribuir y crecer.
<b>Éxito en la diversidad</b>	La diversidad brinda una colaboración más rica y mejores soluciones.

### Principios:

<b>Seguridad</b>	No queremos dañar a las personas.
<b>Integridad</b>	Nuestras acciones son honestas, justas y éticas.
<b>Desarrollo sostenible</b>	Estamos preocupados por el éxito de hoy, pero aceptamos nuestra responsabilidad con las generaciones futuras.
<b>Respeto</b>	Cada ser humano merece ser tratado con respeto.

<sup>2</sup> El Espíritu Linde (2014), THE LINDE GROUP. Linde Colombia S.A. Revisado el 30 de Octubre de 2014 en [http://www.linde.co/es/about\\_the\\_linde\\_group/the\\_linde\\_spirit/index.html](http://www.linde.co/es/about_the_linde_group/the_linde_spirit/index.html)

## 1.6 EL PROBLEMA

La competencia presentada por las otras dos grandes empresas proveedoras de servicios de gases industriales y medicinales, las restricciones de todas las compañías que se han enfocado en buscar ahorros y reducir al mínimo necesario los insumos y el gasto para generar el mismo bien, y las exigencias gubernamentales como la inclusión de BPM para las revisiones del INVIMA, ha obligado que cada día se haga una mejor gestión sobre los activos instalados en clientes, ofreciendo más servicios con cada visita, manteniendo los equipos confiables para garantizar el suministro, cumpliendo registros documentales que sean avalados en las auditorías y con unos tiempos de respuesta adecuados que permitan la satisfacción de los clientes tanto internos como externos.

Adicional a ello, para garantizar la rentabilidad del negocio en el último año, la compañía decidió hacer un recorte presupuestal del 20% en todas las cuentas disponibles en el área operativa para mantener la operación. Esto lastimosamente, como se evidencia en la siguiente figura, no ha permitido mantener un buen cumplimiento y ha castigado fuertemente el número de atenciones por emergencia y los gastos no planeados, dado que se ha reducido de manera constante el número de intervenciones planeadas en clientes y los equipos han empezado a presentar más fallas correctivas.

Figura 10. Indicadores de Gestión de Activos 2014 con IG y HC

THE LINDE GROUP		Service Level Agreement between Health Care (HC), Industrial Gases and Customer Engineering Services (CES) Colombia								
		Objetivo 2014								
Objective	Planned Activity	KPI	KPI Target	AÑO 2012	2013	Q1 2014	Q2 2014	Q3 2014		
4	Continuous improvement of Maintenance cost Tanks, AMS, VMS – Linde Equipment	Budget Accuracy	Deviation from Budget (%) Based on defined maintenance plan and number of assets.	Maintenance Cost ≤ Budget	Tanks	112%	94%	102%	117%	120%
					AMS/ VMS	65%	88%	134%	89%	88%
5	Planning Precision	Improve equipment availability	% Accomplishment of AMS, VMS, tanks Maintenance plan	≥95%	Tanks	98%	97%	95%	98%	76%
					AMS/ VMS	89%	97%	99%	98%	82%

En consecuencia con la política de ahorro, la gestión de mantenimiento no posee un contrato estructurado de mantenimiento sino la posibilidad de tener un servicio técnico de mantenimiento con alguna firma contratista, en total se cuenta con 8 firmas contratistas alrededor de toda Colombia, y sus contratistas suman en promedio 26 técnicos disponibles, estos técnicos han sido entrenados por las mismas compañías y en la medida que se ha ido evaluando el desempeño de los contratistas se encuentran serias deficiencias en la uniformidad de conocimientos, en la no aplicación de procedimientos los cuales no existen y los pocos que se tienen no han sido transmitidos de manera correcta hacia el personal operativo. Adicional al ser firmas contratistas y contratos de solicitud de servicio puntual en muchos casos no se cuenta con la disponibilidad del personal y por tal motivo los indicadores de cumplimiento son muy bajos o muy difíciles de sostener, además esta información al ser demasiada y no contar con supervisión y planeación no puede ser revisada y se omiten muchas tareas críticas por falta de tiempo en la revisión.

**Tabla 1. Cuadro de contratistas modelo actual.**

		Mecánico Criogénico	Ayudante	Mecánico Electromecánico	Total
ZONA CENTRO	TECNICRYO	1	1	0	2
	SERVITECH	2	0	1	3
ZONA NORTE	D.V.C	3	1	0	4
	INSERMEC	2	1	0	3
ZONA OCCIDENTE	MANF	1	1	0	2
	GME	1	1	0	2
ZONA SUR	DYM	3	2	0	5
	SERVITECH	1	0	0	1
ASU BOGOTA	ELECTROINDUSTRIALES	1	0	0	1
	TECNICRYO	2	1	0	3
<b>TOTAL</b>		<b>16</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

Al ser acuerdo de servicios, presenta otro inconveniente y es el alto costo de las tareas sin la posibilidad de hacer ahorros de negociación ya que son las condiciones contractuales definidas, al hacer una gestión organizada de las labores esto incrementa de manera proporcional los costos afectando de manera notoria el presupuesto y haciendo pensar que el no hacer es el mejor camino para mantener.

**Tabla 2. Análisis de costos al 2013**

Cuenta Local	Nombre Cuenta Local		DB11-080		DH10-081		TAREAS			
			Q4 2013		Q4 2013		IG		HC	
7345150100	Mantenimiento Preventivo Tanques	416.298.795	221.804.489	62%	194.494.306	74%	135	36%	171	51%
7345150105	Mantenimiento Correctivo Mtanques	110.334.195	76.492.498	22%	33.841.697	13%	217	57%	154	46%
7345150700	Mantenimiento Pintura y Lavado Tanques	92.884.458	57.205.471	16%	35.678.987	14%	27	7%	12	4%
<b>TOTAL TAREAS EN CLIENTES</b>		<b>619.517.448</b>	<b>355.502.458</b>	<b>100%</b>	<b>264.014.990</b>	<b>100%</b>	379	100%	337	100%
7345150700	Mantenimiento Pintura Tanques Taller d	152.123.593	123.944.551	35%	28.179.042	58%	25		3	
7345150103	Alistamiento de Equipos Overhaul y Ref	253.329.517	233.287.570	65%	20.041.947	42%	70		4	
<b>TOTAL TAREAS PATIO DE TANQUES</b>		<b>405.453.110</b>	<b>357.232.121</b>	<b>100%</b>	<b>48.220.989</b>	<b>100%</b>	95		7	
<b>TOTAL</b>		<b>1.024.970.558</b>	<b>712.734.579</b>	<b>192</b>	<b>312.235.979</b>	<b>200</b>				

## **2 OBJETIVOS**

Evidenciando la necesidad de una reestructuración de la gestión de mantenimiento en los activos, con una reducción de contratistas preferiblemente a un único proveedor a nivel nacional y viendo que se debe mejorar el cumplimiento de las tareas y estandarizar procesos, garantizando el cumplimiento del presupuesto. Se definen los siguientes objetivos que van a permitir ayudar a solucionar de manera adecuada los problemas presentados y marcar un camino para contar con un área de mantenimiento de clase mundial para Linde

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar un modelo gerencial para la gestión de mantenimiento en Linde Colombia S.A. para los equipos de operación cilindros y en comodato para el suministro de gases industriales y medicinales que permita mejorar las condiciones de los equipos, mejorar la confiabilidad y aumento en la eficiencia de los procesos, sin incrementar los costos de mantenimiento.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento de Linde Colombia S.A. aplicado a cada segmento de negocio.
- Establecer la mejor estrategia de mantenimiento para la estructura empresarial.
- Crear el plan estratégico para el departamento de mantenimiento.
- Revisar y proponer los indicadores de gestión que permitan medir, de la mejor manera, la gestión de mantenimiento.
- Diseñar y estructurar el plan de inventarios, software, y organigrama de mantenimiento.

## **3 MARCO TEORICO**

### **3.1 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1.1 Historia**

El mantenimiento de los equipos ha sido una preocupación constante del hombre. Los abusos de las máquinas y objetos son el principal factor de fallas en los mismos, siendo ésta una situación que se remonta a los inicios de la vida humana cuando se empleaban rudimentarias herramientas para facilitar la supervivencia.

Inicialmente, el concepto de mantenimiento que el hombre aplicaba era el "Mantenimiento de Ruptura o Reactivo" que se realizaba cuando ya era imposible seguir usando el equipo. La práctica de seguir las recomendaciones de los fabricantes, ocurrió solo hasta 1950 cuando un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento: "Mantenimiento Preventivo". Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones clave para prevenir daños al equipo.

Aun cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, el Mantenimiento Preventivo era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de labor innecesariamente.

Los tiempos y necesidades cambiaron, en 1960 nuevos conceptos se establecieron, "Mantenimiento Productivo" fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de "Ingeniería de la Planta" en vez

de "Mantenimiento", las tareas a realizar incluían un más alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo. Primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

Esta era una filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propia esencia. Implica un mejoramiento continuo en todos los aspectos y se le denominó TPM.

Tal como lo vimos en la definición, TPM son las siglas en inglés de "Mantenimiento Productivo Total", también se puede considerar como "Mantenimiento de Participación Total" o "Mantenimiento Total de la Productividad".

El propósito es transformar la actitud de todos los miembros de la comunidad industrial. Toda clase y nivel de trabajadores, operadores, supervisores, ingenieros, administradores, quedan incluidos en esta gran responsabilidad. La "Implementación de TPM" es un objetivo que todos compartimos. También genera beneficios para todos. Mediante este esfuerzo, todos se adquiere una responsabilidad de la conservación del equipo, el cual se vuelve más productivo, seguro y fácil de operar, aún su aspecto es mucho mejor. La participación de gente que no está familiarizada con el equipo enriquece los resultados pues en

muchos casos ellos ven detalles que pasan desapercibidos para quienes vivimos con el equipo todos los días.

### **3.1.2 MANTENIBILIDAD**

La mantenibilidad se define como la capacidad que se tenga para poner un equipo en condiciones operacionales después de presentarse una falla.

La mantenibilidad es responsabilidad de mantenimiento ya que los factores a tener en cuenta son; tiempo oportuno para inicio de reparación, tiempo final de reparación, número total de reparaciones relacionadas con el total horas de reparación y el tiempo previsto para la reparación.

### **3.1.3 DISPONIBILIDAD**

La disponibilidad es la probabilidad de que un equipo cumpla su función satisfactoriamente en el momento requerido, en otras palabras que el equipo esté listo para operar después de algún mantenimiento realizado.

Existen varias definiciones de disponibilidad y se pueden aplicar dependiendo del grado de profundización al que se quiera llegar, entre ellas se encuentra la disponibilidad genérica, inherente, alcanzada y operacional.

### **3.1.4 ANALISIS DE CRITICIDAD**

El análisis de criticidad es una herramienta que permite conocer e identificar los equipos con alto potencial e influencia en la operación relacionados directamente con la producción. Con esto se puede trabajar para minimizar las pérdidas de producción enfocando el recurso humano y económico y así garantizar una confiabilidad operacional.

Figura 11. Matriz de criticidad

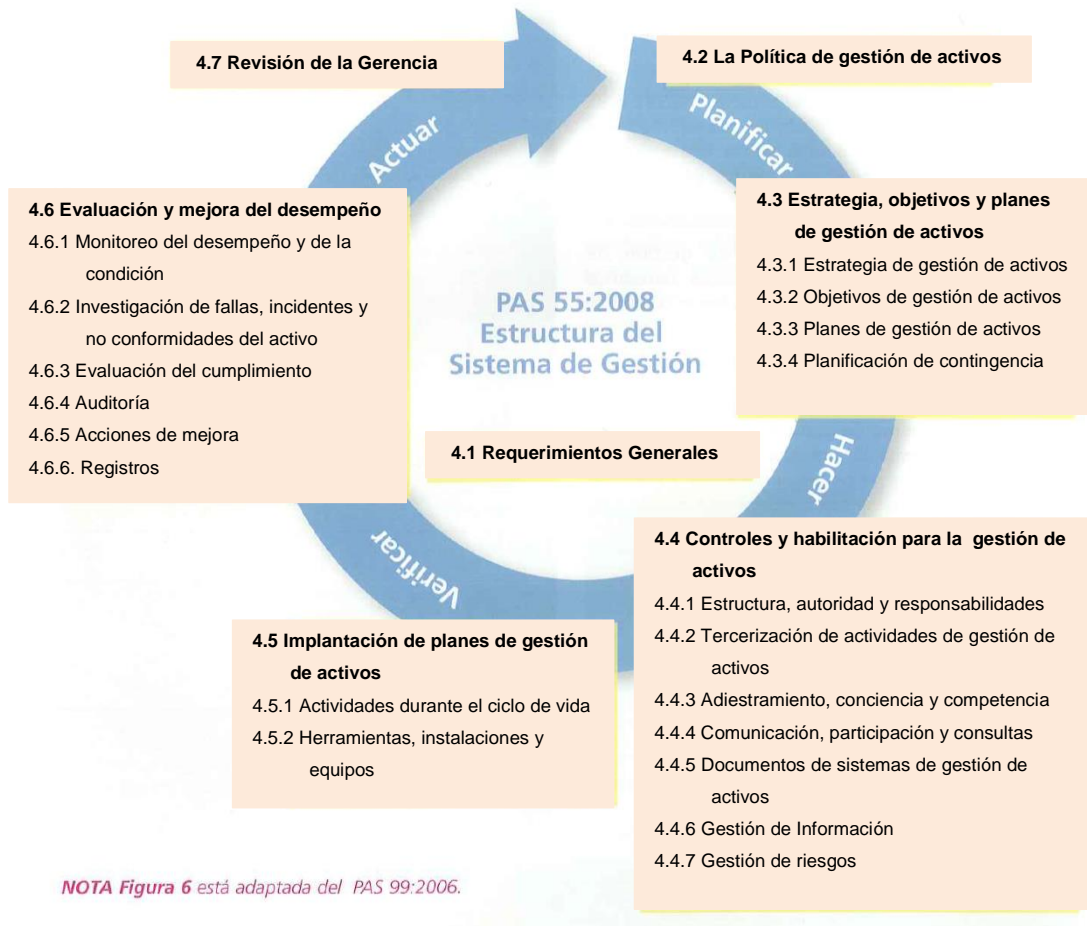
E C O N O M I C I D A D	5	M	A	MA	MA	MA
	4	M	M	A	A	MA
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	B	M	A
	1	B	B	B	B	M
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Frecuencia de fallas**

### 3.2 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Un modelo para optimización de la gestión de Mantenimiento debe iniciar con la identificación del estado actual de la organización de mantenimiento, con el fin de definir los logros alcanzados y sus retos a corto y mediano plazo. Esto se realiza mediante la ejecución de una evaluación de la gestión de mantenimiento de la organización, utilizando las herramientas disponibles para este propósito figura 12.

**Figura 12. Ciclo PHVA para la gestión de activos.**



Fuente: PAS 55:2008 Estructura del Sistema de Gestión.

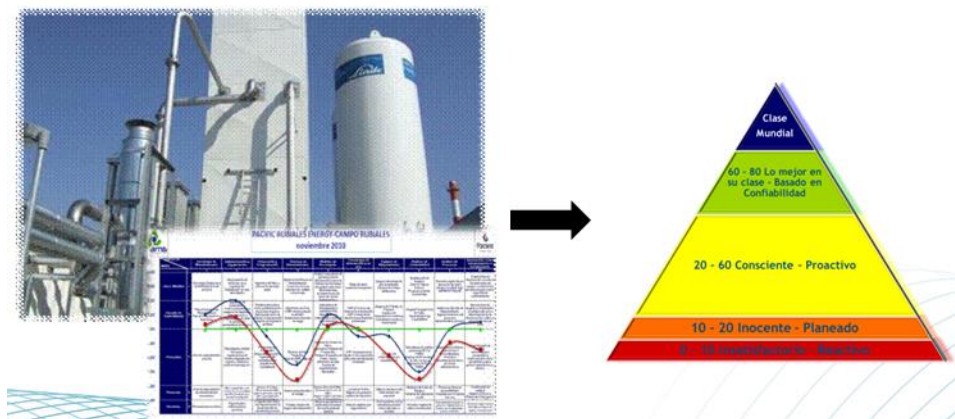
El procedimiento es comparar sus elementos contra los de una organización moderna de mantenimiento y como es su interacción con:

- Operaciones
- Ingeniería & Proyectos
- Salud, seguridad y medio ambiente.
- Sistemas de información.
- Proveedores/Contratistas
- Materiales, compras y logística.
- Instalaciones.

### 3.3 Matriz de la Excelencia

La mejor forma de evaluar las condiciones es a través de la matriz de la excelencia del mantenimiento, la cual es una de las herramientas más utilizadas a nivel mundial y muestra de manera gráfica y cuantitativa el estado de las organizaciones de mantenimiento en diferentes aspectos evaluados, así como su interacción con las demás áreas funcionales de la organización.

Figura 13. Matriz de la excelencia Linde Colombia



En la Matriz de la Excelencia se procede a evaluar:

1. Estrategia de Mantenimiento
2. Administración y Organización
3. Planeación y Programación
4. Técnicas de Mantenimiento
5. Medidas de Desempeño
6. Tecnología de Información y su uso.
7. Equipos de Mejoramiento
8. Análisis de Confiabilidad
9. Análisis de Procesos
10. Información sobre infraestructura e instalaciones.

Figura 14. Niveles de Madurez Matriz de la Excelencia



i. Primer Nivel (0-10)

En éste el mantenimiento reactivo, se hace programación diaria de trabajos, paradas de planta no planeadas para inspección, no cuenta con sistemas de información y las bases de datos está incompleta.

ii. Segundo Nivel (10-20)

Es un mantenimiento organizado como respuesta a la necesidad operativa, se hace una programación semanal, las inspecciones se basan en el tiempo transcurrido, se toman registros de fallas y se hace una identificación de los equipos críticos.

iii. Tercer Nivel (20-60)

Se cuenta con un plan de mejoramiento de procesos de 1 a 3 años, la planeación de mantenimiento está realizada en un lapso de 1 a 3 años, se tiene programa de mantenimiento formal basado en tiempo de ejecución, hay aplicación de técnicas predictivas de mantenimiento, se aplican metodologías de confiabilidad como análisis causa raíz, análisis de modos y efectos de falla, centrando el mantenimiento hacia la confiabilidad de los equipos.

iv. Cuarto Nivel (60-80)

En este nivel se cuenta con un plan de mejoramiento de procesos de mantenimiento de 3 a 5 años, la planeación de mantenimiento está realizada en un lapso de 3 a 5 años, mantenimiento es basado en condición y monitoreo en línea, se posee modelamientos y simulación de confiabilidad.

v. Quinto Nivel (80-100 Clase Mundial)

Se cuenta con una estrategia corporativa de gestión de activos (PAS 55), planeación de mantenimiento de 5 a 10 años, *balance scorecard*, y se cuenta con un análisis de ciclo de vida para los activos.

**Tabla 3 Matriz de la Excelencia Linde**

ITEM	Estrategia de Mantenimiento	Administración y Organización	Planeación y Programación	Técnicas de Mantenimiento	Medidas de Desempeño	Tecnología de información y uso	Equipos de Mejoramiento	Análisis de confiabilidad	Análisis de Procesos	Info. Infraestructura de Instalaciones
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.0	Mantenimiento CLASE MUNDIAL	Mejoramiento de procesos en la organización. Organización de alto desempeño	Ingeniería de Mantenimiento y planeación a largo plazo	Optimización planes de Mantenimiento. Todas las técnicas derivadas de análisis estructurado	Análisis indicadores de operación de planta (Balnced Scorecard). Cálculo de efectividad de equipos y de planta. Benchmarking y excelente bases de datos de costos implementados	Base de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo de alto desempeño. Equipos de trabajo Autonomos	Optimización de Equipos. Ciclo de vida de Activos. Programa total de confiabilidad.	Revisión regular de los procesos de costo tiempo y calidad bajo norma PASS-55	Fuente única de información con toda la infraestructura de equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento.
9.0										
8.0	Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD	Desarrollo de Contratistas. Políticas de Inventario y compras de repuestos. Administración y organización de mantenimiento integrada con proveedores de bienes y servicios.	Planificación rutinas mantenimiento y administración de paradas mayores. Buena planificación de trabajos, programación y soporte de ingeniería de mantenimiento.	Monitoreo en línea, CBM formal y dando resultados, inspecciones basadas en riesgo.	Indicadores de Mantenimiento MTBF, MTRR, disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento disponibles	SAP y Sistemas de Manejo de Información SAP convencional ligado al área financiera y de materiales	Equipos de trabajo por proceso. Equipos de Mejoramiento Continuo formalmente creados y funcionando	Análisis Probabilístico de fallas, Modelamiento de confiabilidad	Auditorías Gestión de Mantenimiento. Algunas revisiones de procesos administrativos de mantenimiento.	Infraestructura de equipos y componentes estandarizadas en las diferentes bases de datos con los cuales se realiza la gestión de mantenimiento.
7.0										
6.0	Mantenimiento PROACTIVO	Plan Maestro GSMS Estructura Organizacional de mantenimiento integrada con logística, financiera, recursos humanos etc.	Priorización de actividades, Grupo de planeación e inegeniería de mantenimiento establecidos formalmente.	Técnicas de mantenimiento predictivo, algo de CBM, algo NOT	Reporte de Costos de Mantenimiento, Reporte de Pérdidas de Producción. Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla. Costos de mantenimiento disponibles	SAP convencional no ligado a otros paquetes operando y produciendo resultados	Comités de mejoramiento por requerimiento	Herramienta de análisis problemas RCA y FMCA, buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMCA	Revisiones Periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos	Especificación de equipos, infraestructura jerarquizadas clasificadas de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica.
5.0										
4.0	Mantenimiento PLANEADO	Mantenimiento organizado como respuesta a la necesidad operativa de un proceso productivo principal	Ordenes de trabajo, plan semanal de mantenimiento, Soporte para detección de fallas y programación elemental	Inspecciones Basadas en el tiempo	Reporte Mensual de Mantenimiento, Estructura de Costos de Mantenimiento, Algunos registros de falla y costos de mantenimiento	Listado de Partes, Algunos programas y registros de equipos	Algunas Reuniones de Mejoramiento en seguridad	Historicos de Falla de equipos. Registro de fallas poco usado	Procesos técnicos (Revisados por lo menos una vez)	Codificación de Equipos, Equipos Críticos y Planes de Contingencia
3.0										
2.0	Mantenimiento REACTIVO	Organización y Administración Funcional	Programación Diaria, No hay planeación, la programación es elemental y no existe seguimiento	Paradas Anuales de Inspección Únicamente	Ninguna aproximación sistemática de costos de mantenimiento y falla de equipos	Manual y Registro por requerimiento	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales	No existe registro de fallas estructuradas	Procedimientos técnicos y procesos adminstrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes
1.0										

- ELEMENTO 1 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 4. Estrategia de Mantenimiento**

Estrategia de Mantenimiento	
1	
Mantenimiento CLASE MUNDIAL	Estrategia Corporativa de O&M (Gestión de Activos)
Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD	Plan Estratégico de Mantenimiento. Plan de mejoramiento a largo plazo
Mantenimiento PROACTIVO	Plan de Mantenimiento a un año
Mantenimiento PLANEADO	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos
Mantenimiento REACTIVO	Mantenimiento Reactivo

- ELEMENTO 2 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 5. Administración y Organización**

Administración y Organización	
2	
Mantenimiento CLASE MUNDIAL	Mejoramiento de procesos en la organización. Organización de alto desempeño
Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD	Desarrollo de Contratistas. Políticas de Inventario y compras de repuestos. Administración y organización de mantenimiento integrada con proveedores de bienes y servicios.
Mantenimiento PROACTIVO	Plan Maestro GSMS Estructura Organizacional de mantenimiento integrada con logística, financiera, recursos humanos etc.
Mantenimiento PLANEADO	Mantenimiento organizado como respuesta a la necesidad operativa de un proceso productivo principal
Mantenimiento REACTIVO	Organización y Administración Funcional

- ELEMENTO 3 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 6. Planeación y programación**

	Planeación y Programación
	3
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Ingeniería de Mantenimiento y planeación a largo plazo
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	Planificación rutinas mantenimiento y administración de paradas mayores. Buena planificación de trabajos, programación y soporte de ingeniería de mantenimiento.
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	Priorización de actividades, Grupo de planeación e ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente.
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Ordenes de trabajo, plan semanal de mantenimiento, Soporte para detección de fallas y programación elemental
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	Programación Diaria, No hay planeación, la programación es elemental y no existe seguimiento

- ELEMENTO 4 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 7. Técnicas de Mantenimiento**

	Técnicas de Mantenimiento
	4
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Optimización planes de Mantenimiento. Todas las técnicas derivadas de análisis estructurado
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	Monitoreo en línea, CBM formal y dando resultados, inspecciones basadas en riesgo.
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	Técnicas de mantenimiento predictivo, algo de CBM, algo NOT
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Inspecciones Basadas en el tiempo
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	Paradas Anuales de Inspección Únicamente

- ELEMENTO 5 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

Tabla 8. Medidas de desempeño

	Medidas de Desempeño
	5
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Análisis indicadores de operación de planta (Balnced Scorecard). Cálculo de efectividad de equipos y de planta. Benchmarking y excelente bases de datos de costos implementados
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	Indicadores de Mantenimiento MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad, costos de mantenimiento disponibles
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	Reporte de Costos de Mantenimiento, Reporte de Pérdidas de Producción. Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla. Costos de mantenimiento disponibles
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Reporte Mensual de Mantenimiento, Estructura de Costos de Mantenimiento, Algunos registros de falla y costos de mantenimiento
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	Ninguna aproximación sistemática de costos de mantenimiento y falla de equipos

- ELEMENTO 6 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

Tabla 9. Tecnología de información y su uso

	Tecnología de información y su uso
	6
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Base de datos totalmente integradas
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	SAP y Sistemas de Manejo de Información SAP convencional ligado al área financiera y de materiales
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	SAP convencional no ligado a otros paquetes operando y produciendo resultados
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Listado de Partes, Algunos programas y registros de equipos
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	Manual y Registro por requerimiento

- ELEMENTO 7 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 10. Equipos de Mejoramiento**

	Equipos de Mejoramiento
	7
Mantenimiento CLASE MUNDIAL	Equipos de trabajo de alto desempeño. Equipos de trabajo Autonomos
Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD	Equipos de trabajo por proceso. Equipos de Mejoramiento Continuo formalmente creados y funcionando
Mantenimiento PROACTIVO	Comités de mejoramiento por requerimiento
Mantenimiento PLANEADO	Algunas Reuniones de Mejoramiento en seguridad
Mantenimiento REACTIVO	Solo reuniones con el personal para tocar temas laborales o sociales

- ELEMENTO 8 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 11. Análisis de confiabilidad**

	Análisis de confiabilidad
	8
Mantenimiento CLASE MUNDIAL	Optimización de Equipos. Ciclo de vida de Activos. Programa total de confiabilidad.
Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD	Análisis Probabilístico de fallas, Modelamiento de confiabilidad
Mantenimiento PROACTIVO	Herramienta de análisis problemas RCA y FMCA, buenas bases de datos de falla en uso y utilización de RCA y FMCA
Mantenimiento PLANEADO	Historicos de Falla de equipos. Registro de fallas poco usado
Mantenimiento REACTIVO	No existe registro de fallas estructuradas

- ELEMENTO 9 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 12. Análisis de Procesos**

	Análisis de Procesos
	9
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Revisión regular de los procesos de costo tiempo y calidad bajo norma PASS-55
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	Auditorías Gestión de Mantenimiento. Algunas revisiones de procesos administrativos de mantenimiento.
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	Revisiones Periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Procesos técnicos (Revisados por lo menos una vez)
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	Procedimientos técnicos y procesos administrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados

- ELEMENTO 10 MATRIZ DE MANTENIMIENTO

**Tabla 13. Información sobre infraestructura de instalaciones**

	Información Sobre Infraestructura de Instalaciones
	10
<b>Mantenimiento CLASE MUNDIAL</b>	Fuente única de información con toda la infraestructura de equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento.
<b>Mantenimiento BASADO EN CONFIABILIDAD</b>	Infraestructura de equipos y componentes estandarizadas en las diferentes bases de datos con los cuales se realiza la gestión de mantenimiento.
<b>Mantenimiento PROACTIVO</b>	Especificación de equipos, infraestructura jerarquizadas clasificadas de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica.
<b>Mantenimiento PLANEADO</b>	Codificación de Equipos, Equipos Críticos y Planes de Contingencia
<b>Mantenimiento REACTIVO</b>	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes

### **3.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Los sistemas computarizados de administración de mantenimiento (CMMS, por sus siglas en inglés) tienen como objetivo convertir operaciones de mantenimiento en una unidad gestionable, haciendo eficientes las actividades de mantenimiento, maximizando la productividad, reduciendo costos apoyando la rentabilidad de las empresas.

Los beneficios de un sistema de información son múltiples, para empezar es pasar las órdenes de trabajo en papel, ordenes electrónicas, con esto se facilita el archivo y la programación para la implementación de mantenimiento preventivo; mejor manejo de los activos y una gestión de los repuestos para poder prever materiales que pueden dar disponibilidad para ejecutar las tareas y tener una planeación de costos requeridos para hacer un presupuesto.

Un sistema es un conjunto de elementos ordenados que relacionadas entre sí contribuyen a un objetivo. Un sistema de información comprende todos los procesos, procedimientos y recursos para mantener una organización de tal forma que tenga unas entradas y salidas funcionales que permitan aportar al proceso.

Los componentes de un sistema de información son, los procesos y procedimientos, formatos, sistemas de control, datos, servidores o comunicaciones y responsables con un nivel de decisión que alimenten el sistema.

Los sistemas de mantenimiento se usan para:

- Rastreo de reparaciones y servicios
- Necesidad de desarrollar informes
- Rastreo de costos por todo concepto
- Evaluación de la relación preventivo contra correctivo
- Evaluación de indicadores claves de desempeño
- Requerimientos de calidad
- Tareas de predicción de fallas

Las variables a tener en cuenta de fallas inmediatas para la gestión de activos y a tener en cuenta para el manejo del software de mantenimiento la ISO14224 tipifica las causas de falla inmediata de la siguiente manera:

- Mecánicas
  - Fuga
  - Vibración
  - Des-alineamiento
  - Deformación
  - Suelto
  - Pegado
- Material
  - Cavitación
  - Corrosión
  - Erosión
  - Desgaste
  - Fractura
  - Fatiga
  - Sobrecalentamiento
  - Quemado
- Instrumentos
  - Control
  - No señal /ind / alarma
  - Señal / Ind /alarma incorrecta
  - Desajustado
  - Software
  - Falla común (falla redundante)
- Eléctricas
  - Corto circuito
  - Circuito abierto

- Sin / bajo energía / voltaje
- Falla de energía / Voltaje
- Falla tierra / aislamiento
- Influencia externa
  - Bloqueado / Taponado
  - Contaminación
- Misceláneos
  - Misceláneo
  - Desconocido

Las tareas de mantenimiento a realizar se tienen contempladas de la siguiente forma:

- Reemplazar
- Reparar
- Modificar
- Ajustar
- Pulir
- Resetear
- Servicio
- Prueba
- Inspección
- Overhaul
- Combinación
- Otros

Con base la ISO 14224 se han definido las siguientes fallas básicas:

- Diseño
  - Capacidad Inadecuada
  - Material Inadecuado

- Diseño Inadecuado
- Fabricación / Instalación
  - Error de fabricación
  - Error de Instalación
- Operación / Mantenimiento
  - Error de Operación
  - Error de Mantenimiento
  - Equipo fuera de diseño
  - Falla prevista o rotura esperada
- Administración
  - Error de documentación
  - Error administrativo

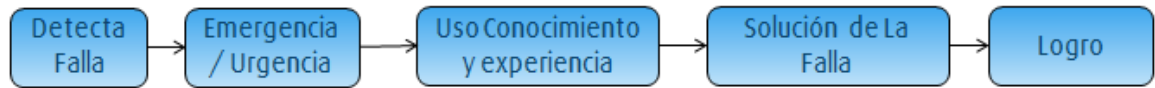
Se definieron los siguientes métodos de detección:

- Métodos de detección
  - Mantenimiento preventivo
  - Prueba funcional
  - Inspección
  - Monitoreo de condiciones periódico
  - Mantenimiento correctivo
  - Observación
  - Combinación
  - Interferencia con la producción
  - Otra

### **3.5 INDICADORES DE GESTIÓN**

Una gestión sin indicadores es una gestión que no se tiene claro hacia dónde está avanzando y no permite evaluar el proceso para mejorar la eficiencia de la labor de mantenimiento.

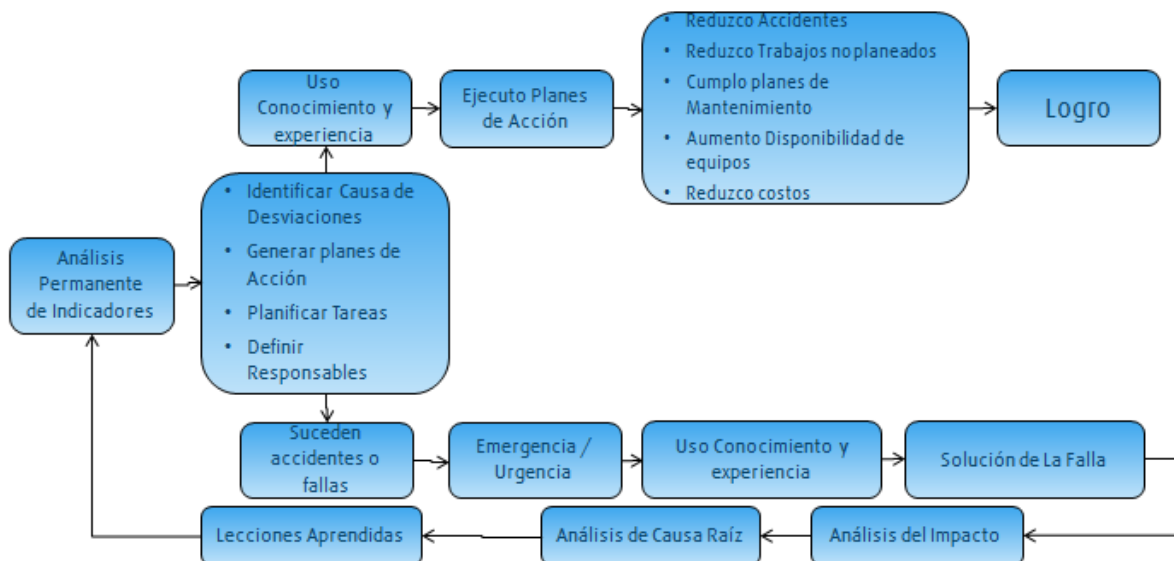
**Figura 15. Gestión de Mantenimiento sin indicadores**



En cambio una gestión con indicadores permite medir el grado de madurez alcanzado y brindara las herramientas necesarias para avanzar y controlar la operación de tal forma que se pueda mejorar la gestión de mantenimiento en:

- ✓ Seguridad
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Costos
- ✓ Eficiencia en la mano de obra
- ✓ Eficiencia en los procesos

**Figura 16. Gestión de mantenimiento con Indicadores**



Para la definición de los indicadores de mantenimiento existe la opción de definirlos con base en los recursos tales como horas hombre, costo, materiales, equipos, de tal forma que indiquen gestión sobre los recursos, o existe la opción de asociar los indicadores a presupuestos, programas o planes que indique o se puede hacer gestión sobre las desviaciones de los cumplimientos reales o los esperados por las compañías.

Los indicadores que se pueden manejar los hay de muchas formas y maneras por tal motivo lo importante es determinar y gestionar aquellos que específicamente la compañía este esperando del área de mantenimiento, estos indicadores deben mostrar las mejoras que se quiere implementar y se deben poder calcular de manera sencilla por todas las personas que están en el área.

Cuando se va a usar indicadores deben ir alineados con los clientes internos para que ellos puedan medir y validar que las mejoras y la gestión sobre los procesos va dirigido a la satisfacción de sus necesidades, es recomendable usar uno, o algunos indicadores que demuestren las mejoras en el tiempo o la disminución de los impactos que los tiempos del área de mantenimiento afecte sobre otros procesos y áreas, utilizando estrictamente los necesarios usando máximo 8 indicadores de tal forma que se pueda alinear todas las personas del área al cumplimiento de los objetivos definidos en los indicadores.

Como dice el autor del libro “*Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*”<sup>3</sup> que si se tiene control sobre los procesos de mantenimiento se puede contestar favorablemente a las siguientes frases, o a una mayoría de ellas:

- ✓ Sabe cada operación preventiva sistemática, porque está establecida, qué cuesta hacerla y qué ocurre si se deja de hacer.
- ✓ Se tiene un claro detalle y conocimiento del equilibrio en que se encuentra entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. Los costes que

---

<sup>3</sup> GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión, FC editorial 2004

se invierte en cada uno de ellos y como varían la fiabilidad y disponibilidad si se aumenta o disminuye el esfuerzo dedicado en ellos.

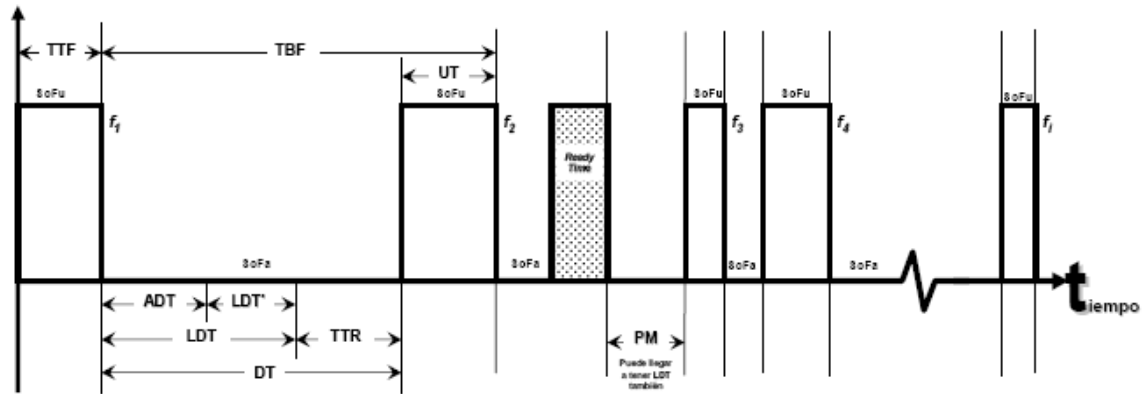
- ✓ Las operaciones preventivas que se llevan a cabo no pueden sustituirse por operaciones predictivas basadas en análisis de variables. Las que sí se han podido hacer ya están implantadas.
- ✓ Sabe el costo de forma desglosada y acumulada, cada revisión o reparación que se hace.
- ✓ Conoce fehacientemente el grado de saturación teórica y real de las plantillas directas e indirectas.
- ✓ Puede prescindir de cualquier proveedor o contratista cuando sea requerido, se cuenta muy bien documentado los procesos, las instalaciones y los repuestos.
- ✓ Cuando se propone una modificación en un sistema o instalación se justifica rigurosamente el cambio desde el punto de vista técnico y de su rentabilidad económica.
- ✓ Se tiene total seguridad de que se cumple con la reglamentación vigente en todas las operaciones y periodicidades; y que las instalaciones, sistemas y flotas están dentro de las prescripciones legislativas vigentes.

Para hacer control de mantenimiento existen 3 indicadores que no pueden faltar en la gestión: confiabilidad, disponibilidad y costos. Sin ellos seguramente no se podrá hacer una medida inicial del proceso, mientras que correctamente gestionados, estos indicadores establecen el nivel de confianza que garantiza que el área se está desempeñando de manera adecuada.

La confiabilidad es la probabilidad de que una máquina o sistema cumpla la función requerida bajo condiciones bien definidas durante cierto periodo de tiempo (t) definido. Para calcularla, se determina en el equipo los tiempos en que éste cumplió con la función definida o 'tiempo útil del equipo' y se procede a determinar el total ( $\sum UT$ ), realizando la sumatoria de los tiempos útiles de Operación.

MTBF: *Mean Time Between Failures*: Promedio de los Intervalos entre fallas durante un cierto periodo de tiempo, si la falla puede resolverse por medio de mantenimiento. (Medida de la confiabilidad)

Figura 17. Gráfica análisis de tiempo a reparar y tiempo útil



Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo.

**Ecuación 1. Tiempo medio entre fallas**

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$$

Donde;

TBF: Time Before Failure (Tiempo antes de falla)

n: Es el número de eventos con falla.

La disponibilidad D es el porcentaje de tiempo que el sistema o equipo está útil para producción:

MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo medio entre reparaciones)

**Ecuación 2. Tiempo medio entre reparaciones**

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

Donde;

TTR: Tiempo a reparar en cada evento.

Entonces la disponibilidad queda definida como:

**Ecuación 3. Ecuación de disponibilidad**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Y el último indicador básico que se debe tener en cuenta es el de costos, para entender cuanto es el gasto en cada operación, para entender como es el esfuerzo económico y poder tener la capacidad de saber si debe aumentar o disminuir dependiendo de los efectos que se deseen lograr en el proceso.

Teniendo los tres primeros indicadores controlados, se cuenta con las bases para introducirse a otros indicadores que interactúan con los 3 indicadores básicos pero que pueden potenciar de manera más rápida los cambios de la compañía.

Los indicadores se han distribuido según el aspecto que se valora.

- Indicadores para medir eficiencia global del departamento
- Indicadores de avance tecnológico y utilización de recursos
- Indicadores para la gestión de costo
- Indicadores para la gestión del recurso humano

**3.5.1 Indicadores para medir eficiencia global del departamento**

- ✓ Número de fallos de un tipo con respecto a los fallos totales A1

Este indicador ayuda a evaluar la calidad de los trabajos del personal de mantenimiento y el nivel de profundización que el personal ha hecho sobre la comunicación una anomalía.

**Ecuación 4. Indicador A1**

$$(A1) = \frac{\text{Número de Averías repetitivas}}{\text{Número de averías totales}}$$

- ✓ Número de fallas ocultas con respecto a las fallas totales. A2

**Ecuación 5. Indicador A2**

$$(A2) = \frac{\text{Número de fallas ocultas}}{\text{Número de averías totales}}$$

- ✓ Impacto de la falla contra producción A3

**Ecuación 6. Indicador A3**

$$(A3) = \frac{\text{Paradas de producción por averías}}{\text{Horas teóricas de producción}}$$

- ✓ Número de fallas provenientes del mantenimiento con respecto a las fallas totales A4

**Ecuación 7. Indicador A4**

$$(A4) = \frac{\text{Número de Averías tras mantenimientos preventivos}}{\text{Número de averías totales}}$$

### 3.5.2 Indicadores de uso de recursos y de avance tecnológico

- ✓ Porcentaje de horas de mantenimiento contra horas productivas B1

**Ecuación 8. Indicador B1**

$$(B1) = \frac{\textit{Paradas de producción por preventivo}}{\textit{Horas teóricas de producción}}$$

- ✓ Relación de tareas ejecutadas de tipo preventivo contra correctivo B2

**Ecuación 9. Indicador B2**

$$(B2) = \frac{\textit{Horas empleadas en preventivos}}{\textit{Horas empleadas en correctivo}}$$

- ✓ Relación de mantenimiento predictivo contra mantenimiento tradicional B3

**Ecuación 10. Indicador B3**

$$(B3) = \frac{\textit{Horas empleadas en preventivo – predictivo}}{\textit{Horas empleadas en preventivo sistemático}}$$

- ✓ Carga real de trabajo del personal técnico B4

**Ecuación 11. Indicador B4**

$$(B4) = \frac{\textit{Horas justificadas, en órdenes, en preventivo y correctivo}}{\textit{Horas de presencia total del personal}}$$

### 3.5.3 Indicadores de costos

- ✓ Indicador de inversión en mantenimiento contra ventas o producción C1

#### Ecuación 12. Indicador C1

$$(C1) = \frac{\text{Costos operativos totales del Área de Mantenimiento}}{\text{Producción en Costos}}$$

- ✓ Costo ejecutado contra presupuesto asignado C2

#### Ecuación 13. Indicador C2

$$(C2) = \frac{\text{Costos acumulados por actividades – secciones – instalaciones}}{\text{Costos presupuestados en dichos conceptos}}$$

- ✓ Costo total de no producción contra capacidad operativa C3

#### Ecuación 14. Indicador C3

$$(C3) = \frac{\text{Costos operativos más costos de paradas en producción}}{\text{Producción valorada a costos industriales}}$$

- ✓ Uso real del personal contratista contra el personal tercerizado de mantenimiento C4

#### Ecuación 15. Indicador C4

$$(C4) = \frac{\text{Costos de personal indirecto, propio e imputado}}{\text{Costos del personal operativo de Mantenimiento}}$$

### 3.5.4 Indicadores de Desarrollo del personal y de Calidad

- ✓ Nivel de reclamación contra tareas de mantenimiento D1

#### Ecuación 16. Indicador D1

$$(D1) = \frac{\text{Quejas de producción}}{\text{Número de operaciones preventivas y correctivas}}$$

- ✓ Indicador de acercamiento del tiempo de reparación al tiempo de parada de producción D2

#### Ecuación 17. Indicador D2

$$(D2) = \frac{\text{Tiempo medio de reparación efectiva}}{\text{Tiempo medio de paradas de producción}}$$

- ✓ Tiempo Efectivo de entrenamiento D3

#### Ecuación 18. Indicador D3

$$(D3) = \frac{\text{Horas de formación impartidas}}{\text{Horas de formación planeadas}}$$

- ✓ Nivel de recambio de repuestos y piezas D4

#### Ecuación 19. Indicador D4

$$(D4) = \frac{\text{Número de piezas defectuosas (reparadas o nuevas)}}{\text{Número de piezas utilizadas}}$$

### **3.6 GESTIÓN DE REPUESTOS Y MATERIALES**

Se ha identificado alrededor del mundo que el manejo de inventarios para mantenimiento no cuenta con el recurso humano calificado, también se identifica una mala clasificación de materiales, codificación deficiente de materiales sin articulación con otros subsistemas tales como equipos, plantas, ensamblaje, contabilidad y documentación técnica, con una dinámica de uso con baja rotación de inventarios, alto valor de los inventarios, pocos artículos con gran valor de inventario y bajo consumo anual, alto porcentaje de artículos sin movimientos, alto porcentaje de stock sin rotación, bajo nivel de servicio, es decir, que no se atiende una proporción importante de solicitudes de materiales de almacén, tiempos lentos de reposición especialmente en artículos de importación, desconocimiento del costo de comprar y mantener, compras de artículos basados en criterios de lotes no económicos originando exceso de coste administrativo al producir material más allá del necesario, niveles de servicio con fijación de mínimos y máximos sin criterios técnicos apropiados generando pedidos antes de tiempo y sin tomar en cuenta la dinámica operativa de los equipos dificultades en la asignación de factores de servicio apropiados a la criticidad de cada artículo, control de inventarios registros atrasados y limitada correspondencia entre los inventarios reales y libros, igual tratamiento para cada artículo sin tomar en consideración la importancia de cada una de las operaciones, generación de información indiscriminada dificultando su análisis, material obsoleto no dado de baja, dificultad en el manejo de material excedente de proyectos ya culminados.

#### **3.6.1 Metodologías Gestión de Repuestos**

El objetivo final de cualquier modelo de inventarios es el de dar respuesta a preguntas

- ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse?

La respuesta siempre se expresa en términos de lo que se llama cantidad de pedido, esta representa la cantidad óptima que debe ordenarse cada vez que

se haga un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere.

- ¿Cuándo deben pedirse?

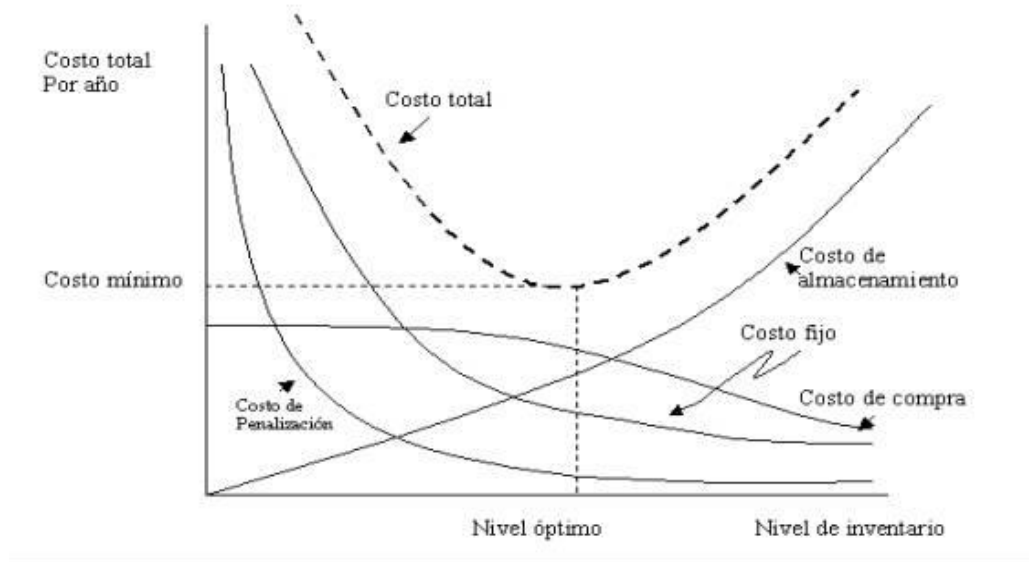
La respuesta siempre se expresa en términos de lo que se llama cantidad de pedido, esta representa la cantidad óptima que debe ordenarse cada vez que se haga un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere, la respuesta a este interrogante depende del tipo de sistema de inventarios, si el sistema requiere revisión periódica en intervalos de tiempo iguales (por ejemplo, cada semana o cada mes), el tiempo para adquirir un nuevo pedido suele coincidir con el inicio de cada intervalo de tiempo, en cambio si el sistema es del tipo de revisión continua, el nivel de inventario en el cual debe colocarse un nuevo pedido suele especificar un punto para un nuevo pedido.

El costo de compra se vuelve un factor importante cuando el precio de la unidad de mercancía depende del tamaño pedido, esta situación se expresa normalmente en términos de un descuento por la cantidad a comprar o por una reducción del precio general de la compra, es aquí donde el precio unitario del artículo disminuye con el incremento de la cantidad ordenada, también se debe tener en cuenta el costo de mantenimiento, que representa los costos de almacenamiento de productos en bodega incluyendo costos de almacenaje y depreciación de los artículos en bodega el cual, generalmente es directamente proporcional nivel de inventario y el último punto que se maneja en el costo es el del costo de oportunidad el cual mide el costo de no proporcionar un artículo en bodega en el momento adecuado.

En la gráfica siguiente se ilustra la variación de los cuatro componentes del costo del modelo de inventario general como una función del nivel de inventario, el nivel de inventario óptimo corresponde al costo total mínimo de las cuatro componentes, sin embargo, para hacer un modelo de inventarios no se necesita incluir los cuatro tipos de costos debido a que alguna de las variables puede llegar a ser despreciable o

porque incluir a todas las variables puede hacer demasiado complejo el análisis matemático, teniendo como criterio la supresión de una variable se puede hacer, si su efecto en el modelo de costo total es insignificante.

Figura 18. Modelo de costos de Inventarios



Fuente: MORA GUTIERRÉZ, Alberto. (2014) Pronósticos de Demanda e Inventarios.

### 3.6.2 Metodología Optimización Costo-Riesgo

La metodología de Optimización Costo-Riesgo (OCR) es un camino altamente efectivo y eficiente para ejecutar estudios en un tiempo relativamente rápido con resultados de gran impacto en la confiabilidad operacional del proceso, las técnicas de OCR ayudan a modelar y analizar distintos escenarios, con el fin de poder determinar el momento oportuno de realizar una actividad de mantenimiento, inspección, conocer la viabilidad económica de algún proyecto, determinar el número óptimo de repuestos o identificación del ciclo óptimo de vida útil, estos resultados permitirán optimizar el proceso de toma de decisiones de los diferentes procesos de gestión de la confiabilidad operacional.

Hay Software como el *APT Spare/ Stock*, que permite definir estrategias de repuestos y materiales, niveles mínimos y máximos de inventarios, cuantificación de órdenes, comparación de proveedores y opciones de inventario, este software pertenece al grupo de herramientas que usan *Optimización Costo-Riesgo (OCR)*.

Este sistema considera las mismas variables de costos, tasas de falla, tiempos de reposición y reparación y permite realizar análisis de sensibilidad entre estas variables a través del manejo de escenarios, haciendo modelos matemáticos de múltiples variables, almacena y luego compara dichos escenarios, lo cual facilita la selección de la mejor alternativa.

### **3.7 GERENCIA ESTRATEGICA DE OPERACIONES**

Gerencia estratégica de operaciones, es formular las acciones, hacer seguimiento en la ejecución y evaluar acciones que le permitan a la organización el cumplimiento de los objetivos. Para poder saber qué acciones tomar, es muy importante hacer una evaluación de las condiciones actuales que le permitan identificar las debilidades y las fortalezas internas, así como las oportunidades y amenazas que se encuentran en el medio en el que se encuentra la organización, habiendo definido estos elementos el siguiente paso es establecer la misión y la visión de la organización para poder dar a conocer a sus integrantes el derrotero a seguir, con base en estos ellos mismos y la dirección podrán definir metas medibles y alcanzables que le harán definir unos objetivos que permitan alcanzar las acciones formuladas.

Con base en la definición de la misión y la visión de la compañía y la definición de los objetivos, la gerencia entrega de manera clara las políticas y las acciones a medir para que la organización pueda ser administrada de acuerdo las mejores prácticas que permitan conocer que recursos debe incluir, que restricciones se tienen que deben ser atendidas, controladas o aceptadas para el cumplimiento de los objetivos.

Cuando se desea implementar una gerencia estratégica se busca definir las siguientes etapas de la administración tradicional

- Establecer la misión, definir objetivos y formular la estrategia.
- Hacer una revisión externa para identificar amenazas y oportunidades
- Hacer una investigación interna para encontrar las fortalezas e identificar las debilidades
- Fijar y definir metas
- Dar a conocer las políticas fijadas que correspondan a las estrategias definidas
- Definir y asignar recursos.
- Con base en lo resultados hacer mediciones que permitan tomara las acciones necesarias para corregir y tomar acciones correctivas y también permita fortalecer lo que se está haciendo correctamente.

Para llevar a cabo una gerencia estratégica se deben seguir los siguientes pasos.

## 1 Formular las estrategias

Luego de haber definido la misión conociendo las debilidades y fortalezas, así como las amenazas y las oportunidades, las estrategias formuladas deben aprovechar las fortalezas encontradas, afrontando las debilidades y validando las amenazas se toma provecho de las oportunidades encontradas. Las estrategias seleccionadas deben aprovechar de forma efectiva las fortalezas de una industria, tratando de vencer sus debilidades, sacando provecho de sus oportunidades externas claras y evitando las amenazas externas.

La investigación debe ser interna como externa, el mecanismo a usar, puede ser desarrollar encuestas y administrarlas de tal forma que permita encontrar y evidenciar todo lo necesario.

## 2 Ejecutar la Estrategia

Es aquí donde se integra a la dirección y la parte operativa a cumplir lo definido, para este paso es que se definen políticas y metas que estén alineadas con los objetivos planteados, aquí la organización presenta el reto de asignar recursos y creer en la posibilidad de cambio, motivar a las personas de la organización a que continúen trabajando en pro de la misión, se requiere a los líderes dar ejemplo y disciplina de todo el grupo.

## 3 Evaluar la estrategia

Aquí se debe cuestionar si las debilidades y fortalezas son las mismas luego del cambio; si las oportunidades vistas siguen estando ahí, o si la amenaza ha cambiado.

Es importante comparar los planes definidos contra la realidad de lo que esté pasando para verificar que los esfuerzos de la organización son efectivos o es necesario cambiar la ruta o plan de trabajo. Siempre se tendrá desviaciones y lo importante es que estos sean de bajo impacto para la organización.

Los beneficios de usar gerencia estratégica son variados pero los más importantes que justifican el tiempo y proceso de elegir este camino es:

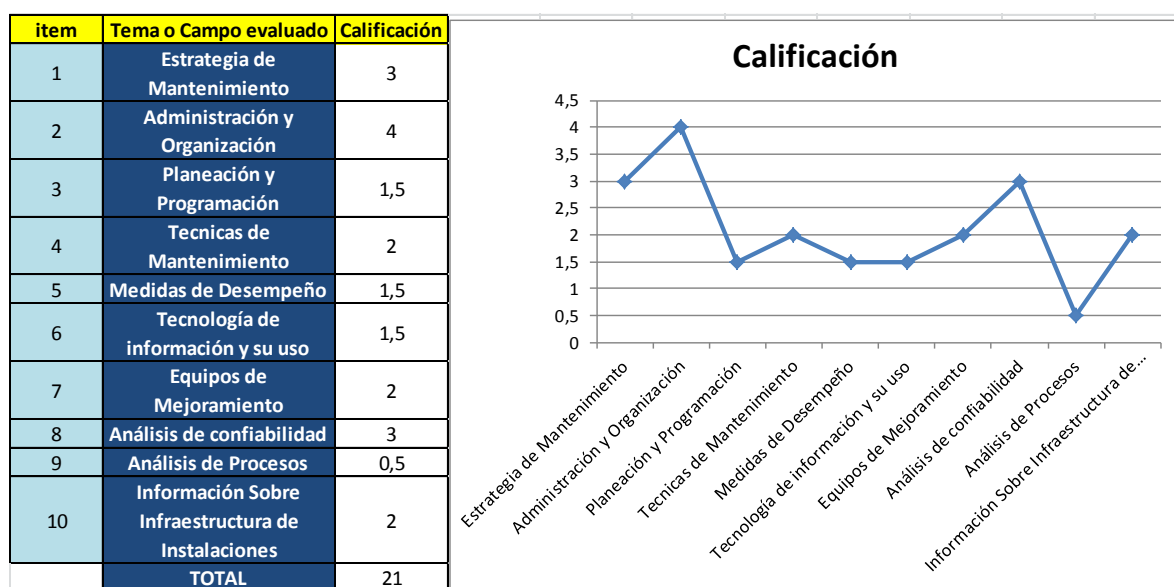
- Permite que una organización esté en capacidad de influir en su medio, en vez de reaccionar a él, ejerciendo de este modo algún control sobre su destino.
- Los conceptos de gerencia estratégica dan una base objetiva para la asignación de recursos y la reducción de conflictos internos que pudieren surgir cuando es solamente la subjetividad la base para decisiones importantes.

- Permiten a una organización aprovechar oportunidades claves en el medio ambiente, minimizar el impacto de las amenazas externas, utilizar las fortalezas internas y vencer las amenazas internas.
- Las organizaciones que llevan a cabo la gerencia estratégica son más rentables y exitosas que aquellas que no los usan.
- Evitan las disminuciones en ingresos y utilidades y aún las quiebras.
- Evitan la quiebra de una empresa, incluye una mayor conciencia de las amenazas ambientales, mayor comprensión de las estrategias de los competidores, mayor productividad del personal, menor resistencia al cambio y una visión más clara de las relaciones desempeño /recompensa.
- La gerencia estratégica incluye una mayor conciencia de las amenazas ambientales, mayor comprensión de las capacidades de una empresa en cuanto a prevención de problemas, debido a que ellas enfatizan la interacción entre los gerentes de la industria a todos los niveles.
- Llevan orden y disciplina a toda la empresa. Es el comienzo de un sistema de gerencia eficiente y efectivo.

## 4 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Al realizar la evaluación por proceso y consolidar, se encuentra que la organización de mantenimiento está en 21 puntos de 100 posibles ubicándola apenas en los inicios del mantenimiento planeado.

Figura 19. Calificación de estado mantenimiento Linde Colombia S.A.



A continuación se indica la evaluación por cada tema, de donde se tendrá el punto de salida para la propuesta del modelo de mantenimiento.

### 4.1 EVALUACIÓN POR TEMA

#### 4.1.1 ESTRATEGIA DEL MANTENIMIENTO

- Se evidencia un plan anual de mantenimiento con algunos problemas de ejecución sin indicadores de medición, el software usado lo tiene pero no se

sabe usar. Las actualizaciones al plan son dinámicas, no hay una revisión estructurada.

- No hay metodologías de criticidad, se tienen definidos algunos equipos críticos pero de manera subjetiva, por los problemas que generan, ni existen planes concretos que apunten a la mejora de la disponibilidad de la planta.
- No existen reportes formales de ejecuciones, pero la información queda registrada en la OT, físicamente.
- Las tareas realizadas por los operadores están restringidas a sus responsabilidades en operación para los equipos que se encuentran en la compañía. Los equipos instalados en clientes su operación es autónoma y no existe personal que realice ninguna labor de operación y mantenimiento. Cualquier actividad que implique el cambio de algún elemento o el chequeo de la condición del equipo no forma parte de sus labores diarias, ni está estipulado por la organización que quienes operan los equipos realicen labores específicas referentes a mantenimiento.
- No existe una persona asignada a administrar el sistema CMMS tiempo completo, al menos localmente y esto hace que los cambios mejoras y retroalimentación no se haga de manera inmediata.
- Se tiene plan anual de mantenimiento, definido con base en la estrategia corporativa para estas unidades de proceso, con muchos problemas de ejecución cuyo único indicador se refiere al cumplimiento de ejecución. Las actualizaciones al plan son dinámicas y no de forma estructurada.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento proactivo con 3 unidades sobre 10.

#### **4.1.2 ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN**

- Existe una política de tercerizar las actividades de mantenimiento, se cuenta con políticas de compras y contratación bien definidas, se evidencia una gestión de compras integradas a los procesos de operación y mantenimiento, con plan implementado de evaluación a contratistas definiendo los contratos críticos para la operación y sobre ellos se hacen auditorías directas, sobre los menos críticos se hace auditoría por parte de una empresa tercerizada.
- Hay reuniones semanales entre la parte operativa y mantenimiento pero se manejan de manera informal entre la jefatura de mantenimiento y el personal contratista, mes a mes si se lleva una reunión formal entre contratistas pero sin tener indicadores de seguridad.
- Los inventarios con los que se soporta la operación (Repuestos y Consumibles...) no cuentan con un programa de reposición, compra o control adecuado, no se evidencia definición de elementos en stock, y modelos para contar con los inventarios cuando sean requeridos.
- Hay participación del área de mantenimiento en la compra de activos.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento proactivo con 4 unidades sobre 10.

#### **4.1.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN**

- Se encuentran fuertes deficiencias en la gestión de registro de los trabajos, tanto en la generación de órdenes de trabajo en el sistema de información para los trabajos como en la calidad de la documentación de las ejecuciones, estos reportes diligenciados de manera adecuada son prioritarios para la construcción de una base de datos sólida y confiable de la información de confiabilidad de las instalaciones y del proceso.

- No hay claridad en los roles, responsabilidades, flujo de trabajo e información y canales de comunicación en el proceso de planeación y seguimiento.
- Los indicadores que se manejan son cumplimiento y preventivo vs correctivo.
- No existe una metodología para priorizar los trabajos a ejecutar, se define la prioridad de manera subjetiva y con base en la experiencia de falla de los activos y las restricciones que existen en la operación.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 1,5 unidades sobre 10.

#### **4.1.4 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO**

- El plan de mantenimiento no contempla tareas predictivas ni que tengan enfoque al mantenimiento basado en condición.
- El plan maestro de mantenimiento requiere un análisis para generar un plan que incluya elementos que dirijan a inspecciones y tareas bajo condición
- La información de los reportes no está enfocada a suministrar información que permita conocer el estado de los equipos y no existe un plan ni procedimiento para que lo que se evalúe o se requiera luego de las inspecciones realizadas, quede tipificado en nuevas tareas de mantenimiento.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 2 unidades sobre 10.

#### **4.1.5 MEDIDAS DE DESEMPEÑO**

- Existe una herramienta para recopilar los históricos de falla, no se cuenta con toda la información ni una metodología para el manejo de la información.
- No existe un procedimiento, documentos, rutinas y formatos formales para la recolección y consolidación de la información de confiabilidad.
- El costo de mantenimiento se lleva en forma global y se entrega mensualmente. Para este solo existe un seguimiento mensual de todos los costos facturados por todos los contratistas y los movimiento adicionales, este reporte solo se tiene 20 días después del cierre de mes.
- No se cuenta con seguimiento a indicadores de falla e indicadores de costos.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 1,5 unidades sobre 10.

#### **4.1.6 TÉCNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y SU USO**

- La compañía cuenta con una plataforma CMMS para administrar los trabajos de mantenimiento, sin embargo actualmente se encuentra subutilizada y requiere de una estructura funcional a tiempo completo que permita el resguardo de la data histórica y garantizar localidad de la data que será utilizada en la creación de los indicadores y del seguimiento a la efectividad de las estrategias de mantenimiento.
- Existe una brecha de utilización del actual software MP2 y la utilización potencial del mismo si se hace la parametrización adecuada de la información, es evidente que hoy no está generando los resultados esperados en la gestión de mantenimiento.
- No se tiene personal exclusivo para el manejo del software y no hay personal capacitado para la utilización del mismo.

- El sistema no tiene parametrizado los costos ni los recursos para realizar las labores, no funciona para generar una estimación de costos.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 1,5 unidades sobre 10.

#### **4.1.7 EQUIPOS DE MEJORAMIENTO**

- Existe capacitación al personal sobre temas sin un plan de entrenamiento, depende de las necesidades para que sean programados.
- Hay análisis de mejora de equipos por demanda cuando suceden eventos que afectan la operación y la seguridad, estos análisis son puntuales y con poca profundidad.
- No hay evidencia de un procedimiento para abordar las fallas correctivas o preventivas sin evidenciar una base de datos que almacene y gestione esta información.
- No existe un plan para de entrenamiento en temas de mantenimiento que permitan alcanzar conocimientos que permitan la mejora de la gestión.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 2 unidades sobre 10.

#### **4.1.8 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD**

- Se tiene implementada la metodología RCFA como análisis de las fallas con impactos mayores y generación de lecciones compartidas entre todas las unidades del negocio. No se evidencia como es el alcance de esta metodología de para fallas de menor impacto para el negocio e iniciar a desarrollarse formalmente.

- No se evidencia reportes de falla en gran cantidad (menos de 3 reportes por año), no permite hacer un análisis profundo de las fallas y tomar de estos eventos opciones de mejora para los procesos.
- No se evidencia un desarrollo maduro en la aplicación de la metodología RCA y FMEA en la compañía.
- No hay ninguna evidencia de la implementación de estudios de confiabilidad en proyectos, así como tampoco hay evidencia de análisis tipo simulación o modelamientos.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento proactivo con 3 unidades sobre 10.

#### **4.1.9 ANÁLISIS DE PROCESOS**

- No existe información sobre los paso a paso de los mantenimientos a realizar, más allá de la información que suministra las órdenes de trabajo.
- No se evidencia documentos que muestren como es la relación de las diferentes áreas con el área de mantenimiento de manera oficial y divulgada.
- No existe plan de documentación para tener en un procedimiento técnico de mantenimiento.
- Hay una lista de trabajo asociado a las actividades de mantenimiento preventivo en el software CMMS, sin embargo no existe un procedimiento definido para hacer la revisión de manera periódica.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento reactivo con 0,5 unidades sobre 10.

#### **4.1.10 ANÁLISIS DE PROCESOS**

- No existe taxonomía, sólo un listado de equipos creados en el software de mantenimiento, por tal motivo no hay una definición clara de criticidad de los equipos luego de un análisis.
- No se evidencia TAGS en los equipos para hacer seguimiento y control de activos.
- Hay un control metrológico de los equipos, la compañía posee enfoque en BPM's por tal motivo hay un control minucioso de los equipos para la operación.
- No hay evidencia de un procedimiento definido por la compañía para realizar el registro de los eventos de mantenimiento.
- Se cuenta con la información técnica de un grupo importante de activos evidenciando el listado de partes y la ficha técnica, esta información no se encuentra disponible en el software sino en archivos físicos y carpetas digitales sin ninguna estructura o modelo.

La calificación para este ítem ubica la organización en mantenimiento planeado con 2 unidades sobre 10.

## 5 DESARROLLO DE MODELO

### 5.1 PROPUESTA ESTRATEGICA DE MANTENIMIENTO

Para la compañía como se mencionó en el primer capítulo se definieron algunos principios y valores que muestran como es la cultura organizacional, para el área de mantenimiento este es el primer alcance realizado el cual sin duda generara los resultados esperados y manteniendo la alineación global de la compañía.

#### 5.1.1 DEFINICIÓN PRINCIPIOS-MISIÓN-VISIÓN

Para la definición de los principios se retomarán los principios globales de la compañía vistos en el capítulo 1.5 se revisará si es necesario incluir algún otro aspecto importante para el área de mantenimiento.

- Seguridad: No queremos dañar a las personas.
- Integridad: Nuestras acciones son honestas, justas y éticas.
- Desarrollo sostenible: Estamos preocupados por el éxito de hoy, pero aceptamos nuestra responsabilidad con las generaciones futuras.
- Respeto: Cada ser humano merece ser tratado con respeto.

Para el área de mantenimiento se alinearán estos principios y se hará énfasis en dos principios adicionales.

- Productividad: Cada día haremos mejor nuestro trabajo para ayudar a nuestros clientes a ser mejores.
- Competitividad: Seremos los mejores en nuestro negocio garantizando la mejora continua en todos los procesos.

La misión responde a definir en qué negocio estamos y para esto debe responder.

- ¿Cuál es el negocio?

- ¿Para que existe la empresa?
- ¿Cuáles son los elementos diferenciadores?
- ¿Quiénes son nuestros clientes?
- ¿Cuáles son los productos o servicios?
- ¿Cuáles son los mercados presentes y futuros?

La misión quedaría definida así: “El área de mantenimiento de Linde Colombia S.A. está encargada de garantizar que los activos de la compañía para el suministro de gases medicinales e industriales tanto en las plantas como en clientes se encuentren en el mejor estado operacional de tal forma que apoyen a la compañía a cumplir las metas de producción y a los clientes proveer productos de alta calidad garantizando el cumplimiento de la normatividad colombiana siempre enfocados en tener equipos de trabajo de clase mundial”.

Para la definición de la visión es un conjunto de ideas generales, algunas de ellas abstractas, lo que se busca es tener un marco de referencia de lo que espera la compañía a futuro llegar a ser, es el camino que permitirá a la compañía avanzar en un tiempo específico, llena de positivismo y frases alentadoras que motiven a las personas de la organización a alcanzar las metas.

La visión quedaría definida así: “El área de mantenimiento de Linde Colombia S.A. para el 2019 será en una organización robusta, estructurada y funcional, siendo el área ejemplo para la compañía, ofreciendo nuevos servicios que permitan tener más clientes y todos atendidos bajo los estándares de clase mundial para la compañía, generando ahorros y siendo auto sostenible por los negocios nuevos desarrollados”.

### **5.1.2 EVALUACIÓN DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES.**

Para la identificación de las fortalezas y debilidades en el área de mantenimiento se procede a hacer una revisión en los cinco frentes de la organización a evaluar y así poder ver la totalidad de las áreas donde se es fuerte y donde se es débil y minimizar la posibilidad de sesgar la información.

- ✓ Capacidad directiva
- ✓ Capacidad competitiva
- ✓ Capacidad Financiera
- ✓ Capacidad tecnológica
- ✓ Capacidad del talento humano

Encontrando como fortalezas los siguientes puntos.

- Comunicación y control gerencial.
- Habilidad para responder a la tecnología cambiante.
- Fuerza de producto, calidad, exclusividad.
- Participación del mercado.
- Acceso a organismos privados o públicos.
- Elasticidad de la demanda con respecto a los precios.
- Habilidad técnica y de manufactura.
- Nivel académico del talento humano.
- Experiencia técnica.
- Rotación del personal.

Las debilidades encontradas en el área de mantenimiento son las siguientes

- La orientación empresarial es deficiente.
- La satisfacción de los clientes hoy es muy baja.
- La disponibilidad de insumos es baja y siempre hay muchas demoras logísticas.
- La gestión sobre los clientes tiene muchas quejas.

- Los programas postventa requiere mayor trabajo, los clientes son los que buscan a la compañía para buscar servicios y no hay un acompañamiento real.
- Rentabilidad y el proceso de facturación hace que el retorno sea superior a 120 días.
- Todos los pagos de la compañía son a 90 días, lo cual dificulta la consecución y el valor de los insumos, así como el poco atractivo de los proveedores hacia Linde.
- Poco valor agregado de los servicios de mantenimiento hacia los clientes en cada servicio suministrado.
- Ausencia de indicadores de desempeño que permitan potenciar la organización.

### **5.1.3 EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y OPORTUNIDADES**

De manera parecida a la definición de las fortalezas y debilidades del área de mantenimiento, para la definición de las oportunidades y amenazas se tienen en cuenta los siguientes factores.

- ✓ Factores económicos.
- ✓ Factores políticos.
- ✓ Factores sociales.
- ✓ Factores tecnológicos.
- ✓ Factores geográficos.

Encontrando las siguientes oportunidades:

- Acuerdos de libre comercio que permiten desarrollar nuevos negocios con los más altos estándares.
- Política laboral del estado que ayuda a las grandes compañías a seguir creciendo de manera sostenible.

- Linde y el área de mantenimiento pertenecen a una multinacional con capacidad de inversión y desarrollo superior a pequeñas y medianas empresas.
- Las telecomunicaciones permiten el desarrollo de nuevos negocios e inclusión de mejoras en los procesos.
- Facilidad de implementación de nuevos desarrollos.
- Acceso a nuevos conocimientos que permitan hacer seguir creciendo el área de mantenimiento.

Las amenazas vistas son las siguientes:

- La tasa de cambio es muy cambiante y afecta la rentabilidad de los negocios haciendo perder estabilidad del presupuesto en los negocios.
- La recesión económica afecta la posibilidad de inversión de los clientes.
- Inestabilidad del sector industrial que incrementa las exigencias del cliente, sin incrementar la rentabilidad del negocio, lo cual hace evaluar de manera crítica las labores del área de mantenimiento, esto puede ser visto como una oportunidad pero dado el poco tiempo de reacción y va directamente en la satisfacción de las necesidades del cliente coloca en riesgo las cuentas y la oportunidad de seguir trabajando para los clientes.
- Incentivos a la pequeña y mediana empresa pueden hacer que aparezcan más competidores en especial en zonas remotas y de bajo acceso para la compañía.
- La violencia del país aún no tiene un panorama claro de solución lo cual hace inestable cualquier proyección.
- Nuevas tecnologías si el área no se prepara se pueden volver amenazas al negocio y la sostenibilidad de la compañía.
- La resistencia al cambio tecnológico puede hacer lenta a la organización hacia las nuevas tendencias y aquí es un punto importante la facilidad de aprobaciones y hacer entender a las gerencias de la compañía la ruta de negocio sea flexible.

- Dificultad de costos de desplazamiento y demoras en vías tanto logística aérea como facilidad de transporte por tierra pueden hacer perder negocios o hacer tareas poco rentables para la compañía.
- Dificultad de ingreso a los clientes dificulta los tiempos de respuesta y puede generar amenazas al negocio.

#### **5.1.4 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS, OBJETIVOS Y METAS**

Acuerdo el análisis DOFA desarrollado se evidencia, para lograr la visión propuesta a 2019 se definen las siguientes estrategias.

##### **5.1.4.1 Estrategias de Integración**

Al ver unos contratistas débiles y distribuidos en muchas zonas sin un control de los indicadores y con muchos problemas de calidad, se ve como la solución inicial a estructurar para hacer las bases para el desarrollo de toda la estrategia de mantenimiento.

##### **5.1.4.2 Estrategias Intensivas**

Con una estructura de mantenimiento y un software que permita mantener las operaciones de mantenimiento la mejora en los procesos se hará evidente y se podrán ofrecer servicios de mantenimiento a los activos de propiedad del cliente lo cual ayudará a hacer rentable y económicamente sostenible al área.

##### **5.1.4.3 Estrategias Defensivas**

Protección del conocimiento adquirido y permitir profesionalizar y especializar al personal técnico del área de mantenimiento, lo cual hará difícil la inclusión de nuevo competidores y la posibilidad de filtración de los conocimientos al tener una estructura de funcionamiento sólida y con un único proveedor.

## **5.2 PLAN DE EJECUCIÓN INTEGRAL ESTRATEGICO A 3 AÑOS**

Después de haber realizado el análisis estratégico en el área de mantenimiento y habiendo definido la misión y la visión se entiende que el plan al año 2017 es tener totalmente establecido el mantenimiento proactivo, con bases fuertes que permitan estar en confiabilidad y al 2020 tener una organización de clase mundial, se define el siguiente plan de tareas por año que permitirán alcanzar el objetivo.

### **5.2.1 Plan de trabajo primer año**

- Información de Infraestructura de Instalaciones
  - Levantamiento físico de equipos
  - Generación de Hojas de datos de Equipos
- Análisis de Criticidad
  - Definición de Matriz de criticidad para el proceso
  - Realización de talleres de Criticidad
- Desarrollo de la estrategia de mantenimiento
  - Levantamiento de estrategia vigente de MVP y MPD
  - Balanceo de cargas por especialidad y tipo de Equipo
- Implementación de la gestión de materiales
  - Levantamiento de listado de partes de equipos
  - Identificación de demanda planeada según estrategia
- Análisis de Procesos
  - Actualización de listado de trabajos con lista de chequeo
  - Actualización de listas de chequeo
  - Actualización de procedimientos técnicos de mantenimiento
- Optimización del proceso P&S
  - Revisión y validación del flujo de los trabajos de mantenimiento
  - Revisión y validación y responsabilidades dentro del proceso
  - Presentación de indicadores P&S
- Gestión y análisis de la información de confiabilidad (RIM)

- Actualización del procedimiento RIM (Documentos formatos y KPI's)
- Revisión procedimiento, análisis y seguimiento del proceso RCA
- Programa de capacitaciones al personal en RCA
- Implementación de medidas de desempeño
  - Indicadores de seguimiento presupuestal
  - Indicadores de confiabilidad de equipos (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad)
- Equipos de mejoramiento
  - Estructuración del área de mantenimiento
  - Plan de entrenamiento al personal de mantenimiento

### **5.2.2 Plan de trabajo Segundo año**

- Información de Infraestructura de Instalaciones
  - Desarrollo de taxonomía ISO 14224
  - Actualización P&ID
  - Identificación Física de Equipos e Instrumentos (TAG)
- Análisis de Criticidad
  - Realización de talleres de Criticidad
  - Definición de Equipos críticos
- Desarrollo de la estrategia de mantenimiento
  - Definición de plantilla base y preparación de la información
  - Ejecución de talleres de optimización del mantenimiento planeado
  - Consolidación de tareas optimizadas
- Implementación de la gestión de materiales
  - Caracterización de stock mínimo de materiales
  - Definición de materiales de reposición
- Optimización del proceso P&S
  - Actualización del procedimiento P&S (Documentos, formatos y KPI's)
  - Revisión de prácticas de programa semanal de mantenimiento

- Presentación de indicadores P&S
- Implementación de metodología parada de plantas
- Implementación metodología priorización de órdenes de trabajo
- Gestión y análisis de la información de confiabilidad (RIM)
  - Actualización del procedimiento RIM (Documentos formatos y KPI's)
  - Revisión procedimiento, análisis y seguimiento del proceso RCA
  - Programa de capacitaciones al personal en RCA
  - Indicadores del proceso RCA realizados
  - Implementación de los análisis de los históricos de falla de equipos críticos
- Implementación de medidas de desempeño
  - Eficiencia Global de Equipos (OEE) y ciclo de vida de activos
- Programa de Mantenimiento predictivo
  - Matriz de equipos, técnicas y frecuencias del programa PdM
  - Plan de implementación de control de ventanas operacionales
- Tecnología de la información y su uso
  - Migración a software SAP Stand alone
  - Análisis de Proceso
  - Validación de entradas y salidas
- Equipos de mejoramiento
  - Desarrollo de evaluación de competencias al personal de mantenimiento

### **5.2.3 Plan de trabajo tercer año**

- Información de Infraestructura de Instalaciones
  - Generación de Modos y Códigos de Falla
  - Actualización de la información en el CMMS
- Análisis de Criticidad

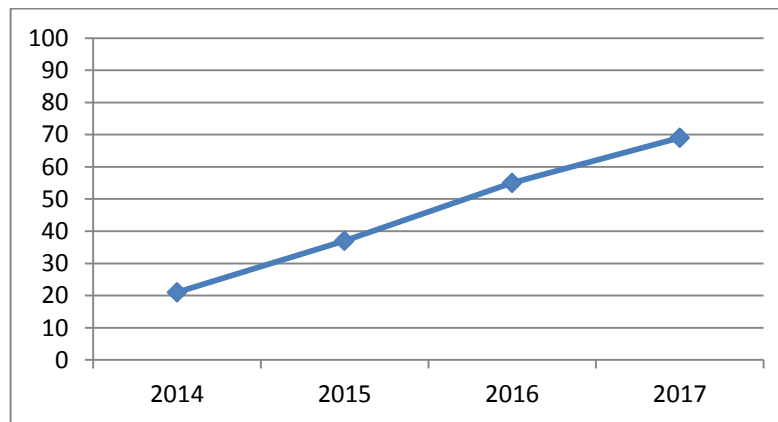
- Definición de metas de disponibilidad y confiabilidad para equipos críticos
- Desarrollo de la estrategia de mantenimiento
  - Actualización de información en el CMMS
  - Sincronización de la estrategia de mantenimiento
- Implementación de la gestión de materiales
  - Desarrollar la integración de la gestión de materiales EAM-ERP
- Optimización del proceso P&S
  - Depuración de órdenes de trabajo en el CMMS
- Gestión y análisis de la información de confiabilidad (RIM)
  - Formalización de alcance, objeto y desarrollo de FMEA
  - Desarrollo del modelo de análisis estadístico de fallas
- Implementación de medidas de desempeño
  - Eficiencia Global de Equipos (OEE) y ciclo de vida de activos
- Programa de Mantenimiento predictivo
  - Definición de listado de ventanas operacionales de equipos críticos con sus rangos permisibles
  - Entrenamiento al personal en control de ventanas operacionales
  - Implementación de análisis de tendencias operacionales de equipos críticos
- Tecnología de la información y su uso
  - Comunicación con finanzas
  - Comunicación con compras

## 5.2.4 Calificación de gestión de mantenimiento acuerdo cronograma

Tabla 14. Calificación por ítem Matriz de la excelencia a 3 años

		2014	2015	2016	2017
ítem	Tema o Campo evaluado	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación
1	Estrategia de Mantenimiento	3	5	7	8
2	Administración y Organización	4	6	7	8
3	Planeación y Programación	1,5	4	6	8
4	Técnicas de Mantenimiento	2	3	5	6
5	Medidas de Desempeño	1,5	4	7	8
6	Tecnología de información y su uso	1,5	2	4	6
7	Equipos de Mejoramiento	2	3	4	5
8	Análisis de confiabilidad	3	5	7	9
9	Análisis de Procesos	0,5	2	4	6
10	Información Sobre Infraestructura de Instalaciones	2	3	4	5
	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>37</b>	<b>55</b>	<b>69</b>

Figura 20. Cronograma y plan de acción para el área de mantenimiento



### **5.3 ESTRUCTURA DE MANTENIMIENTO CON CONTRATISTAS**

Los mantenimientos sobre los cuales se hará una figura integral de mantenimiento son:

- Mecánico.
- Eléctrico.
- Instrumentación.
- Lavado y pintura de tanques en altura.

La firma contratista seleccionada deberá realizar los mantenimientos de forma preventiva y correctiva tanto a los equipos que ingresen a patio de mantenimiento en ASU Bogotá y a los equipos ubicados en clientes a nivel nacional.

#### **5.3.1 Labores a realizar en las instalaciones de los clientes:**

- Mantenimiento preventivo y correctivo / Mecánico y eléctrico de los equipos que Linde designe en estas instalaciones de acuerdo a los siguientes anexos:
  - Anexo A “Procedimiento de mantenimiento preventivo en instalaciones criogénicas”
  - Anexo B “Procedimiento de mantenimiento correctivo en instalaciones criogénicas”
  - Anexo C “Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo en sistemas de vacío medicinal en clientes”
  - Anexo D “Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo en módulo de tratamiento de aire”
- Mantenimiento preventivo en instrumentación hace referencia al mantenimiento de indicadores de nivel tanto análogos como digitales, verificación de alimentación de equipos, manómetros, reguladores de incremento / economización y revisión de set de disparo de válvulas de

seguridad. Según el Anexo 1 “Procedimiento de mantenimiento preventivo en instalaciones criogénicas”

### **5.3.2 Labores a realizar en el patio de tanques de ASU Bogotá**

- Actividades de inspección de equipos que ingresan a patio:  
Revisión de vacío en tanques criogénicos.
  - Revisión del estado de pintura en tanques criogénicos.
  - Revisión de conexiones mecánicas en tanques criogénicos.
  - Revisión del estado de los accesorios de los tanques criogénicos (Válvulas, indicadores de nivel, válvulas tres vías, vaporizador).
  - Verificación del montaje actual del tanque con respecto a los estándares definidos. (Ver anexo E “manual de tanques criogénicos”)
  - Inspección general mecánica y eléctrica de equipos de aplicaciones criogénicas (Túneles de congelamiento, bombas centrífugas, mezcladores y membranas).
  - Revisión del estado de los equipos de aire o vacío.
  
- Alistamiento de tanques criogénicos:
  - Limpieza y pintura de tanques criogénicos (Trabajo en alturas). Esto según anexo F “Procedimiento de limpieza y pintura de tanques criogénicos”.
  - Recuperación y mejoramiento de vacío. Según anexo G “Recuperación y mejoramiento de vacío en tanques”.
  - Alistamiento general del tanque. Según anexo H “Overhaul de tanques criogénicos”
  
- Actividades de mantenimiento correctivo y de alistamiento en sistemas de vacío y aire.
  
- Mantenimiento preventivo en instrumentación hace referencia al mantenimiento de indicadores de nivel tanto análogos como digitales,

verificación de alimentación de equipos, manómetros, reguladores de incremento / economización y revisión de set de disparo de válvulas de seguridad. Según el Anexo A “Procedimiento de mantenimiento preventivo en instalaciones criogénicas”

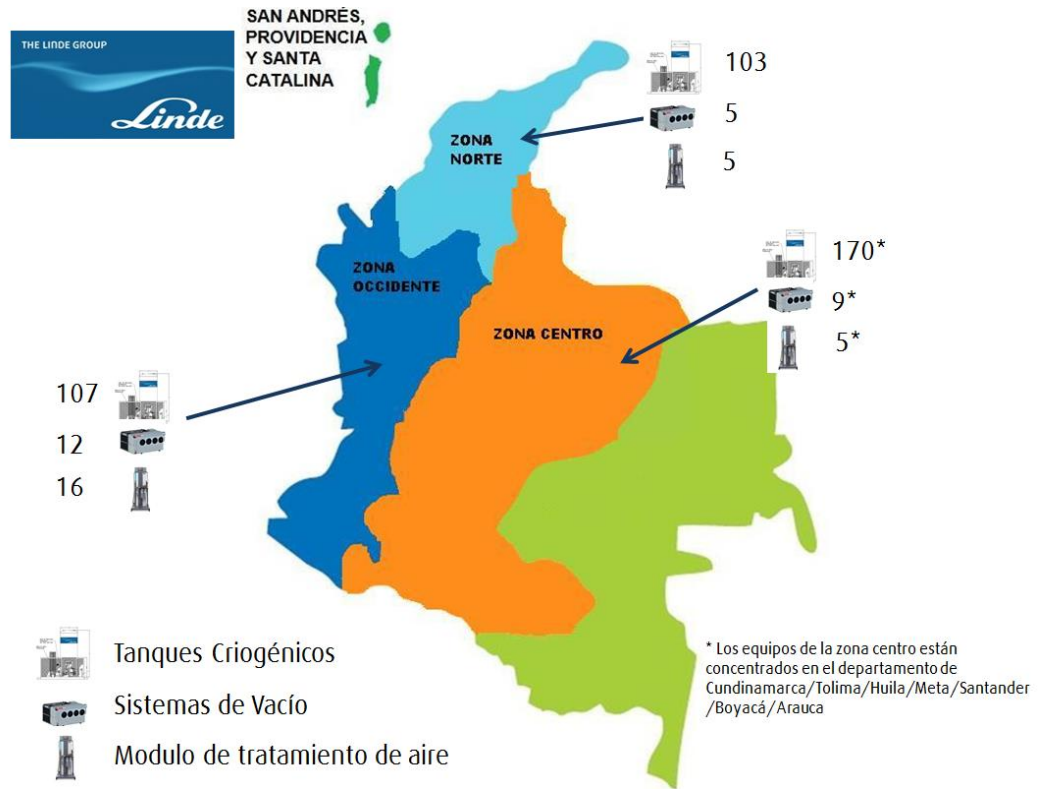
### **5.3.3 Equipos definidos para Mantenimiento**

- Tanques criogénicos marca Aga Cryo, Linde, VRV, MVE, Taylor Wharton, Chart ...
- Capacidades desde 3.000 hasta 80.000 Litros de capacidad aislados al vacío.
- Sistemas de vacío medicinal: Gardner Denver, Busch, PVR. Equipos de 50 KW hasta 500 KW.
- Módulos de tratamiento de aire del sistema de aire medicinal marca Linde.
- Túneles de congelamiento, bombas centrifugas de transferencia de producto, membranas y mezcladores.

### **5.3.4 Mapeo de Equipos a atender en Clientes**

Colombia se distribuye en tres zonas, denominadas zona Norte, Zona Occidente y Zona Centro, los clientes de Linde en la mayoría de los casos se encuentra en zonas de perímetro urbano y de fácil acceso para el personal, lo cual ayuda para poder hacer la distribución propuesta, hay una concentración de los equipos en las ciudades principales de Colombia como Bogotá, Barranquilla, Medellín, Cartagena y Cali, lo importante es distribuir de esta forma para maximizar la ocupación de los técnicos y así minimizar los tiempos muertos que se llegasen a presentar, en las islas no hay equipos, más allá de Florencia y en los llanos la ocupación es mínima.

Figura 21. Distribución de equipos en Colombia



### 5.3.5 Estructura de Contratista funcional

El modelo por contratistas como tal lo que busca es entender como la firma contratista puede prestar un servicio de manera autónoma y no que sea tomado como una contratación de personal a través de una empresa tercera, lo cual va en contravía de la legislación colombiana y las políticas de recursos humanos de la compañía, este modelo si se gestiona a través de indicadores de mantenimiento es funcional y efectivo para responder al primer paso de mantenimiento que se busca conseguir de acuerdo al plan de mejoramiento en el área de mantenimiento que es tener una estructura funcional e independiente que pueda responder a mejorar las condiciones de los equipos, personal competente y comprometido sobre el cual se puede hacer un plan de entrenamiento y una especialización para ir en la ruta mejora de equipos, es importante tener en cuenta que esta propuesta

es la recomendación pero aquí es importante acordar una negociación con la firma que asuma el contrato porque es posible que se incluya o se disminuya personal y esto puede afectar el precio del contrato.

Figura 22. Estructura para Gestión de Mantenimiento



Los cargos y perfiles con los que se contempla funcionar la estructura de contratistas al menos debe cumplir con los siguientes requisitos de perfil, lo cual es lo mínimo esperado para funcionar.


- **Coordinador de contrato:**  
Persona administrativa quien será el contacto entre el administrador de contrato de la compañía y la empresa contratista, es quien recibirá las

comunicaciones y quien hará entrega de los indicadores y el modo en que se están desarrollando.

- Supervisor (Responsable SHEQ):  
Encargado de supervisar las labores de los técnicos, recibe el plan de mantenimiento y las tareas correctivas y garantiza la ejecución de ellos con calidad y seguridad. Perfil: técnico mecánico o electricista con más de cinco años de experiencia, o ingeniero mecánico con un año de experiencia, en gestión de mantenimiento, seguridad y salud ocupacional.
- Programador:  
Generara los planes de mantenimiento, revisa la creación de nuevas tareas correctivas y hará el registro y manejo de los indicadores de tal forma que permitan ser analizados. Perfil: tecnólogo industrial/administrativo con un año de experiencia en tareas afines, conocimientos sólidos en Office y Software.
- Técnico Mecánico (Criogénico):  
Encargado de realizar las labores de mantenimiento. Perfil: técnico en mecánica o afín con experiencia mayor a cuatro años en criogenia, con conocimientos en máquinas motrices, bombas, compresores, válvulas, refrigeración e interpretación de planos.
- Técnico Electromecánico:  
Encargado de realizar las tareas de apoyo eléctrico y de montaje de equipos rotodinámicos. Perfil: técnico en electricidad y/o mecánica con experiencia mayor a cuatro años en trabajos que requieran combinar mecánica y electricidad, con conocimiento en máquinas motrices, bombas, compresores, válvulas, refrigeración e interpretación de planos.
- Ayudante técnico:  
Apoyo a todas las tareas de mantenimiento, se requiere bachiller técnico con experiencia en pintura, albañinería y limpieza de equipos entre otros, es necesario contar con pase de cuarta categoría y experiencia de más de un año en conducción.

- Carro taller:  
Este vehículo será el medio para transportar al personal y las herramientas para las tareas de mantenimiento en clientes para lo cual se requiere vehículo utilitario modelo 2011 (para la finalización del contrato estipulado a 3 años ningún vehículo podrá tener una edad superior a 5 años) con gabinete de herramientas de trabajo, prensa, equipo de soldadura de plata y TIG, portacilindros de acuerdo norma e identificación para transporte de productos de acuerdo a la legislación vigente.

Figura 23. Equipo técnico requerido por zonas

Equipo Técnico del servicio propuesto por Zonas					
	Electro - Mecánico	Mecánico Criogénico	Ayudante	Carro Taller	Total
<b>ASU BOGOTA</b>					
PATIO DE TANQUES	1	1	1	No Aplica	3
<b>ASU CARTAGENA</b>					
PATIO DE TRAILERS	1	1	0	No Aplica	2
<b>INSTALACION CALIMA (Yumbo Valle)</b>					
PATIO DE TRAILERS	0	1	0	No Aplica	1
<b>Zona Centro</b>					
CLIENTES	0	1	1	1	2 + Carro Taller
<b>Zona Norte</b>					
CLIENTES	0	1	1	1	2 + Carro Taller
<b>Zona Occidente</b>					
CLIENTES	0	1	1	1	2 + Carro Taller
	2	6	4	3	12 + 3 Carro Taller

Los equipos técnicos como mínimo deberán contar con el listado de herramientas y consumibles incluidos en el anexo I “Listado de herramientas y consumibles”.

### **5.3.6 Gestión activa del mantenimiento por parte del Contratista**

El contratista deberá incluir dentro del servicio de la programación, la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo y correctivo para los activos de Linde en clientes y en el Taller de Mantenimiento de Tanques de ASU Bogotá (Tocancipá)

- Creación de Ordenes de Trabajo para Mantenimiento Preventivo y correctivo utilizando el recurso técnico del contratista.
- Recibir y validar la documentación generada por el supervisor del contratista con el fin de generar el cierre de las Órdenes de Trabajo.
- Organización administrativa de la documentación de activos y mantenimiento.
- Verificación de cantidades de inventario en las bodegas y en equipos de mantenimiento.

Para la supervisión se entiende como La coordinación y supervisión de la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos definidos tanto en clientes como en ASU Bogotá.

- Supervisión de Mantenimiento de Tanques en Taller de Mantenimiento de ASU Bogotá (Tocancipá), con generación de informes de gestión de los trabajos realizados.
- Gestión administrativa de Seguridad en Taller de Mantenimiento de ASU Bogotá (Liderar proceso ROADMAP HSE-Q de la compañía)
- Coordinación y supervisión de Mantenimientos preventivos-correctivos y gestión de cumplimiento de Indicadores de Gestión.
- Solicitud de repuestos de acuerdo con el Plan de Mantenimiento.
- Procedimentar las tareas del área de mantenimiento

Todas las actividades realizadas deberán seguir los lineamientos de HSE-Q, estándares de ingeniería, normas y procedimientos aprobados por la compañía, con el fin de garantizar la calidad del servicio prestado y el cumplimiento de los Indicadores de gestión de mantenimiento.

### **5.3.7 Expectativas de Funcionamiento con la estructura contratista**

- Estudiar la eficiencia de la ejecución, proveer soluciones de mejoras, presentar los índices de Manutención y emplear técnicas de RCA.
- Los resultados obtenidos durante el periodo y planes a ejecutar, Indicadores de la Gestión de Mantenimiento y mejoras en el proceso.
- Tiempos de respuesta mínima y Horarios de atención, de lunes a sábado 8 AM a 5 PM y disponibilidad en caso de emergencia.

### **5.4 INDICADORES DE GESTIÓN**

La implementación de indicadores en el área de mantenimiento es baja y se requiere implementar el indicador de confiabilidad y disponibilidad de los equipos que están en servicio y funcionales para la operación, esto con el fin de validar si la estrategia de mantenimiento es la adecuada para los activos con que se cuenta, también se hace necesario implementar indicadores que permitan hacer crecer a la compañía prestadora de servicios de mantenimiento que debe asumir la nueva figura o estructura de mantenimiento.

Actualmente el área cuenta con dos indicadores, estos indicadores son números de mantenimientos preventivos ejecutados contra el numero de mantenimientos preventivos planeados, se miden mes a mes de acuerdo al plan anual de mantenimiento que se tiene contemplado y lo que mide es el compromiso del personal contratista de llevar a cabo las tareas asignadas, bajo la figura de varias compañías prestadoras de servicio y definido como servicio este indicador es indispensable para asegurar que el personal realice la orden de trabajo asignada pero es corto para medir la calidad de los trabajo ejecutados.

El segundo indicador de mantenimiento con que actualmente cuenta el área es el de desviación de los gastos ejecutados contra presupuesto asignado, con este indicador se busca garantizar que el gasto no sobrepase los costos que estimó la compañía para el área y así no ir a afectar la rentabilidad del negocio por costos

descontrolados contras las ventas que normalmente son del tipo estable, el inconveniente es que no analiza si el presupuesto es el ideal y por tal motivo se pierde el enfoque del área de mantenimiento, el cual es asegurar el estado de los activos.

Como el enfoque actual es el de mejorar el estado de los equipos garantizando la funcionalidad total de los activos sin incrementar costos y dando sostenibilidad al área se definen los siguientes indicadores mantenimiento.

**Tabla 15. Indicadores de mantenimiento definidos para el área de mantenimiento de Linde**

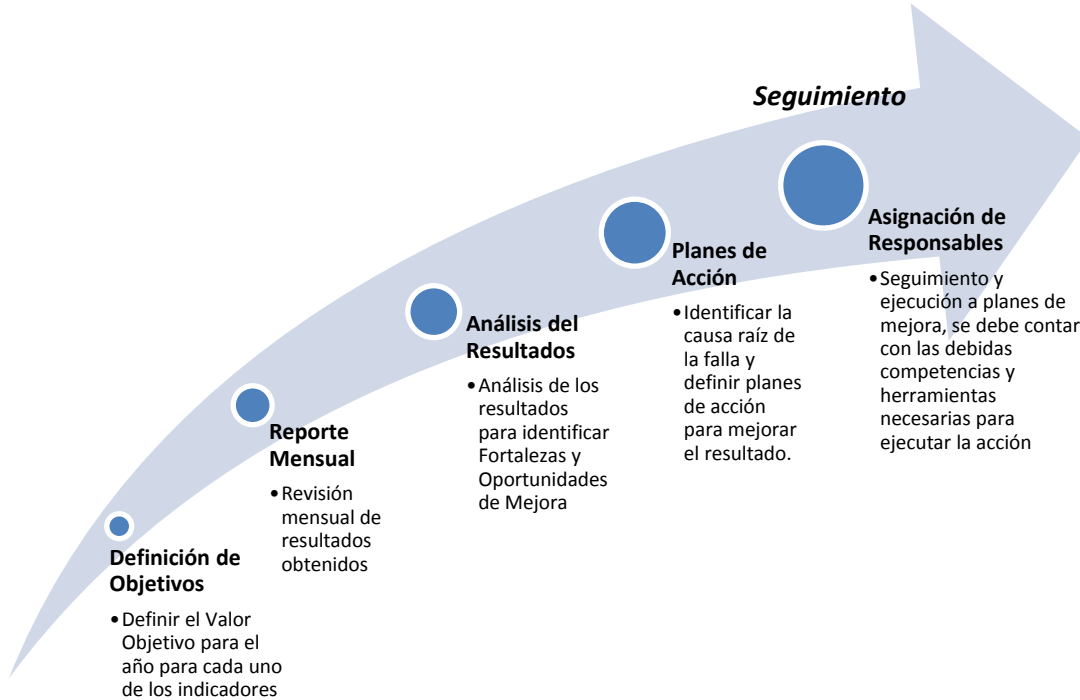
INDICADOR	NOMBRE	UNIDAD	Descripción	FORMULA	OBJETIVO
DCM	Desviación costos de Mantenimiento	%	Es el costo ejecutado contra el presupuesto asignado y se mide mes a mes	$DCM = \frac{CMM}{BDM}$ , donde CMM es el costo de mantenimiento mensual y BDM presupuesto mensual.	<100%
ECM	Ejecución de Mantenimiento Mensual	%	Es la ejecución mensual de los mantenimientos preventivos contra lo planeado	$ECM = \frac{MPem}{MPPM}$ , donde MPem es el mantenimiento preventivo mensual ejecutado en el mes y MPPM es el mantenimiento preventivo planeado mensual	>95%
MTBF	Confiabilidad General calculada	%	Confiabilidad de los Activos	$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$	>80%
DISP	Disponibilidad General Calculada	%	Disponibilidad de los Activos	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	>75%
RMCP	Relación Órdenes Mantenimiento Correctivo VS Órdenes Preventivo	%	Relaciona cuantas órdenes se dan para ejecutar tareas correctivas contra órdenes de tareas preventivas	$RMCP = \frac{OTC}{OTP}$ , donde OTC son las órdenes correctivas mensual y OTP son las órdenes de trabajo preventivas mensual	<50%

HMCP	Horas Mantenimiento Correctivo VS Horas Mantenimiento Preventivo	%	Relaciona cuántas horas se labora en Correctivo contra las horas laboradas realizando tareas preventivas	$HMCP = \frac{\text{Horas correctivo}}{\text{Horas Preventivo}}$	<50%
LTIR	Incidentes incapacitantes horas hombre laboradas	Unid/hr	Relaciona el número de Incidentes Incapacitantes contra el total de horas laboradas en la compañía	$LTIR = \frac{\#Inciden Incapacita}{\text{Horas laboradas}}$	<0,01%
PCAAR	Incidentes en automóviles kilómetros recorridos	Unid/Km	Relaciona el número de Incidentes en automóvil reportados contra los kilómetros recorridos. Se deben evaluar todos los vehículos	$PCAAR = \frac{\#Incident Vehicul}{\text{Km Recorridos}}$	<0,01%
CPE	Cumplimiento plan de entrenamiento	%	Evidencia el entrenamiento impartido al personal	$CPE = \frac{\text{Entre Eje}}{\text{Entre Planeados}}$	>80%
RACI	Reporte actos condiciones Inseguras	Unid/Persona	Reporte de condiciones inseguras en los sitios de trabajo contra el número de personas de la compañía.	$RACI = \frac{\#Actos Inseg Report}{\text{Personas Compañía}}$	>1
SCI	Solución condiciones inseguras	%	Es la ejecución mensual de corrección condiciones contra lo planeado	$SCI = \frac{\text{Correcc Ejec MeS}}{\text{Correc PPlan Mes}}$	>30%
CACP	Cierre acciones correctivas y preventivas	%	Revisa el Nivel de avance de las acciones solucionadas con respecto a las acciones vigentes	$CACP = \frac{\text{Tareas correct Cerr}}{\text{Correct videntes}}$	>95%

Ya teniendo los indicadores definidos, para garantizar el éxito del seguimiento y gestión se propone la siguiente metodología para mes a mes, ir logrando los objetivos definidos.

Para la implementación de los nuevos indicadores y con base en hacer efectivo el plan se debe seguir la siguiente metodología para el desarrollo de indicadores.

Figura 24. Estructura de mejoramiento de indicadores de mantenimiento



Así anualmente los objetivos podrán ser nuevamente evaluados y redefinidos.

## 5.5 PLAN DE REPUESTOS Y ANALISIS ACUERDO PLANES DE MANTENIMIENTO

Para la implementación de un plan de repuestos con el software planteado y con base en el seguimiento de inventarios se procede primero a revisar los equipos de la compañía para determinar una lista de especificaciones de equipo y de acuerdo al sistema de almacenaje de la compañía, se crean los códigos y los proveedores necesarios para recompra.

Linde maneja una política que no permite hacer el cambio de proveedor de elementos a menos que se haga un estudio técnico de factibilidad, que la opción de cambio plantee un beneficio muy superior al proveedor original y cuente con las aprobaciones del caso, esto simplifica la selección de proveedores y hace aún

más sencillo el proceso de recompra de elementos o la búsqueda de negociaciones efectivas con los proveedores.

### 5.5.1 Definición de repuestos y códigos de material

Con base en los activos que se tienen se hace una revisión junto con el área técnica y se define todos los elementos que poseen los tanques, así como los códigos a usar al momento de hacer órdenes de compra para reposición, la lista general se incluye en el anexo J “Códigos de Inventarios para el área de mantenimiento”.

**Tabla 16. Códigos de Inventario para el área de mantenimiento**

CODIGC	NOMBRE	ESPECIFICACION	ULTIMA RCP	PROVEEDOR	CODIGO PROVEEDOR 1
510020813	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 33VC P/N 26805	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 400 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026411-0. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901101
510020814	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 60VC P/N 26807	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026429-0. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901102
510020815	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 110VC P/N 2680	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026431-0. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901103
510020816	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 204VC P/N 2681	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026433-0. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901105
510020817	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 275VC P/N 2681				
510020818	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 285VC P/N 2681				
510020819	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 405 VC P/N 2681				
510020831	INDICADOR DE CONTENIDO TANQUE 117VC	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600047364-0. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901104
510094165	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-600 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED6600MBC
510094378	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1000 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED61000MBC
510094379	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1600 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED61600MBC
510020811	INDICADOR NIVEL 0-200* H2O	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, exenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala 0 - 200* H2O. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED52901106

Con base en el listado de repuestos a usar se hace la definición del stock mínimo de emergencia que puede necesitar, para definir el nivel de orden de compra mínimo, como la mayoría de las compras son del exterior se define un nivel mínimo el estimado que pueda cubrir la demanda de 3 meses pero para garantizar que no se incremente el costo por stock mínimo se incluye el valor para stock mínimo en caso de emergencia anexo K “Lista de Máximos y Mínimos críticos del área de mantenimiento”.

**Tabla 17. Definición de Stock mínimo de repuestos y su clasificación**

PRODUCTO	NOMBRE_PRODUCTO	CLASE	Negocio	Familia	Safety Stock
202252920	DRIVE COUPLING INSERT SPIDERV50 75 731583 RIETSCHL	A	CES MTTO	VMS	4
202252923	OIL SEP. FILTER P/N731630 PLANO 44 BOMBAS 202/303	A	CES MTTO	VMS	45
202252917	RETAINING C -CLIP PART # 622007 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	72
202252901	O RING FOR PANEL #76 PART# 706471 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	6
202252902	GAS BALLAST FILTER ELEMENT PART # 730503 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	18
202252904	EXHAUST FILTER PART # 731401 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	63
202252905	GAS BALLAST FILTER DISC PART # 513258 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	36
202252907	EXHAUST FILTER PART # 731468 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	36
202252913	DRIVE COUPLING ELASTOMER PART # 510699 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	18
202252918	O-RING FOR PANEL No 54 PART # 706467 RIETSCHLE	A	CES MTTO	VMS	18

Aquí se define otro criterio de decisión determinante y este lo que busca es la reducción de costos, se define si el artículo tiene una rotación en el año o posiblemente se debe almacenar para estar ante una eventualidad y tan pronto baje el nivel mínimo de stock, generar re-orden de compra. A este tipo de repuestos o inventario se les definirá con la letra “C” y solo serán tenidos en cuenta al momento en que el stock mínimo baje un 20%; no se debe permitir tener un alto nivel de stock para evitar la subida de costos de almacenaje y mantenimiento.

Por otro lado, están los otros repuestos que tienen plan de consumo mucho más alto en el año y a los cuales se les puede estimar a futuro de acuerdo a los planes



## **5.6 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN SOFTWARE MODULO DE MANTENIMIENTO SAP ALONE**

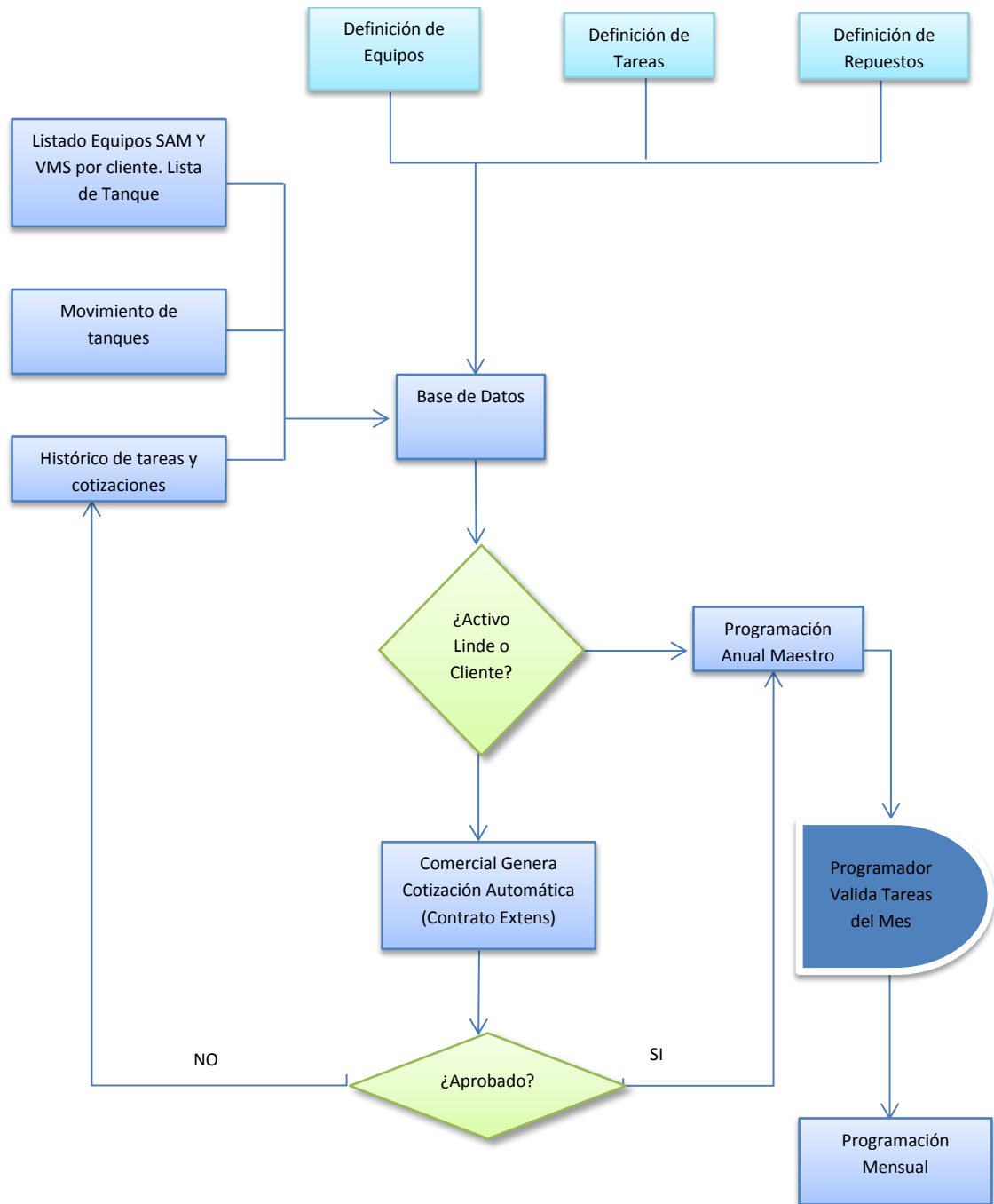
En Diciembre de 2013 el software MP2 presentó falla completa, este software fue adquirido hace más de 20 años a una compañía que en su momento se llamaba DATASTREAM, MP2 inicialmente fue hecho para Windows 95, se instaló en Windows XP aunque no funcionan todas las opciones especialmente lo que refiere a impresión de reportes de mantenimiento, pero ahora las condiciones de fallo del equipo obligan de manera rápida a implementar un nuevo software.

Para implementar un software se hace una revisión del proceso y diagrama de flujo para entender las variables a controlar y las mejores opciones de implementación, por eso se definen unas entradas, que son la rotación de equipos, el listado actualizado de los equipos que posee la compañía, la definición de equipos, definición de tareas y definición de repuestos, para hacer relaciones en cadena para jerarquizar las funciones y también para concatenar los repuestos y elementos a los equipos y ayudar a que la programación salga de manera autónoma, es necesario también contar con el registro histórico de tareas y fallas en los equipos para poder conocer y alimentar el software para que de acuerdo a las tareas planeadas programe la rutina de acuerdo a lo requerido.

### **5.6.1 Diagrama de proceso de la gestión de mantenimiento:**

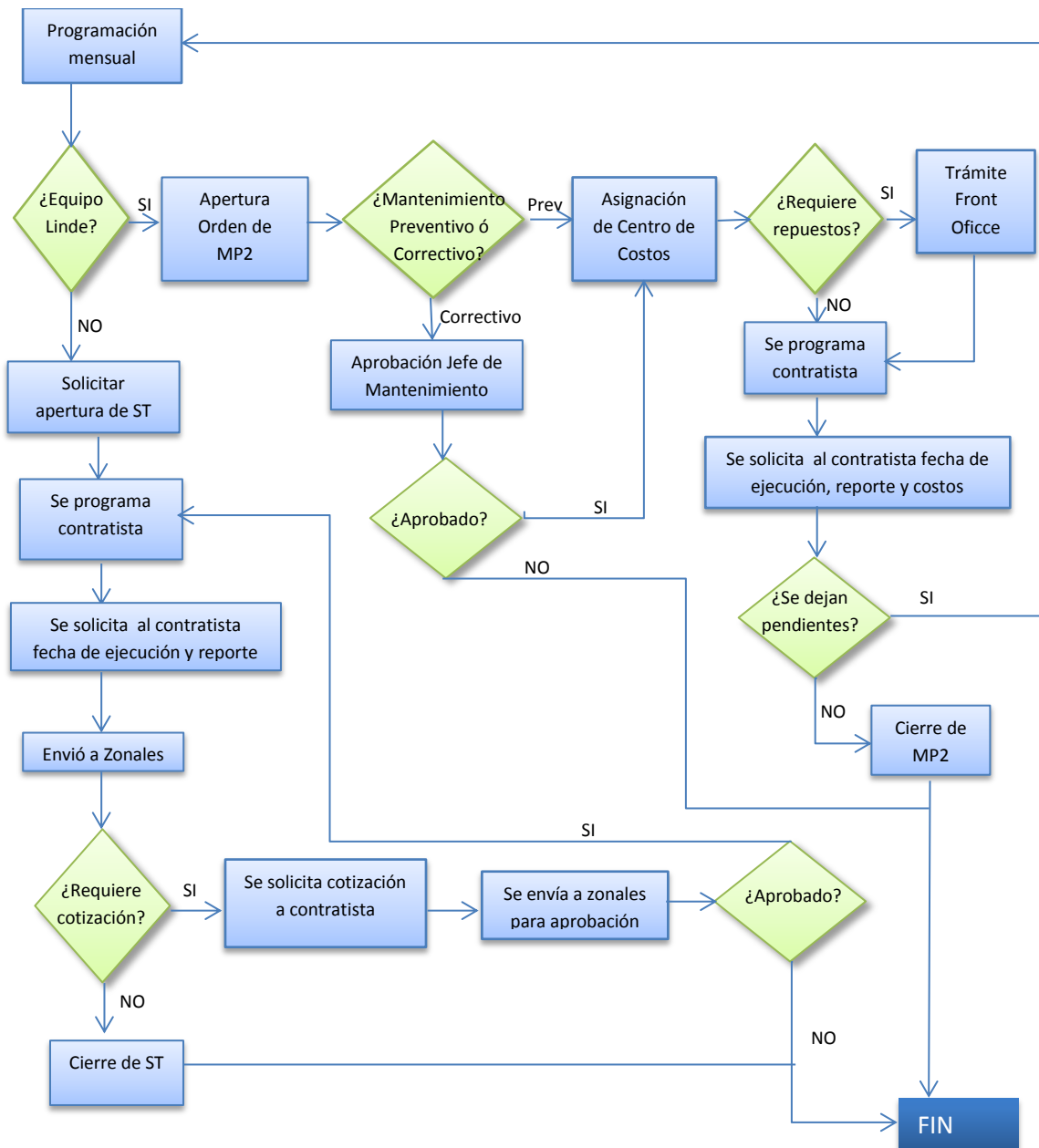
El diagrama que se presenta a continuación indica las entradas del proceso que son, definición de equipos, definición de tareas, definición de repuestos, listado de equipos tanto para los tanques criogénicos como los equipos de aplicaciones en clientes y la rotación de los activos que está rondando en un 25% de los activos al año, lo cual es un número a tener en cuenta y mantener controlado.

Figura 25. Diagrama de generación de programación de mantenimiento.



A continuación se indica la continuación del proceso donde se analizan las salidas y como se retroalimenta para atender tanto las necesidades de los activos propios como los activos de clientes a cargo de la compañía.

Figura 26. Diagrama de generación de programación de mantenimiento.



Las tareas a realizar se diferencian del lugar de trabajo, como se definió en el modelo integral con contratistas.

- Labores a realizar en las instalaciones de los clientes

- Labores a realizar en el patio de tanques de ASU Bogotá

Los equipos a atender son los definidos en el alcance definido de estructura de mantenimiento con contratistas.

Los lugares de los equipos es la definida en el mapeo de equipos a atender en la estructura de mantenimiento con contratistas.

Acuerdo los perfiles de cargo definidos en el apartado de estructura de mantenimiento con contratistas es necesario definir alcance de los usuarios a usar en el software.

#### **1. Alcance Administrador- coordinador de mantenimiento**

- Ingreso a Reportes
- Control de las operaciones de los contratistas de acuerdo a la programación
- Contar con todos los atributos de accesos
- Hace el mantenimiento de la base de datos de contratistas, clientes, movimientos de activos e indicadores de gestión, realiza los informes gerenciales y de análisis de datos.
- Se encarga de hacer seguimiento al panorama de programación global de tal manera que los trabajos se encuentren en su totalidad programados desde los contratos de mantenimiento.
- Creación de contratos de mantenimiento y genera los reportes a las áreas comerciales acerca de la configuración del contrato.
- Asigna a las órdenes de trabajo el cierre para afectar las diferentes cuentas contables donde se cargan los gastos asociados

#### **2. Alcance Programador – 1 persona –Programador.**

- Generación de órdenes de trabajo desde las solicitudes generadas por el call center.
- Revisión de planeación contratista y valida la información de las cotizaciones a partir de la información del contratista
- En la etapa de cotización cambia la cotización a estado margen rentabilidad y las asigna a quien corresponda.
- Verifica los trabajos aprobados , los archivos adjuntos y los confirma en la OT
- Cambia de estado la orden ejecutada para que pase a análisis por operaciones comerciales.
- Genera las requisiciones de repuestos vinculadas al inventario para que sean aprobadas por el administrador.
- Se encarga del control de las órdenes abiertas que no pueden exceder a un plazo mayor a 30 días luego de la asignación.
- Realizan la asignación de los contratistas desde la programación de servicios, teniendo presente los contratos de mantenimiento vigentes. (programación mensual proyectada)
- Confirmación de la requisición generada para que sea cargados los elementos en la orden de trabajo.
- Poder convertir requisiciones en órdenes de compra

### **3. Alcance contratista y Supervisor Nacional (5 firmas contratistas)**

- Consulta en línea las Ots asignadas por el programador Genera la planeación de recursos iniciales a la OT, (mano de obra, gastos no locales y repuestos) y las órdenes de compra adicionales en caso de ampliarse la planeación inicial.
- Realiza el seguimiento de las aprobaciones de sus órdenes de compra
- Cargue de archivos asociados al servicio
- Realiza el reporte técnico del servicio
- Realiza el seguimiento a los documentos generados en la aplicación

- Realiza la facturación de los servicios de acuerdo a los ciclos cerrados en el software de mantenimiento y que se envían a operaciones comerciales.

#### **4. Alcance almacenista**

- Actualización de la balanza de repuestos con los costos, existencias y referencias
- El almacenista podrá acceder a la plataforma y confirmar la entrega de las requisiciones

#### **5. Alcance parametrización comercial**

- Asignación de clientes con asesores comerciales

#### **6. Alcance comerciales (25 Personas)**

- Verificación de las hojas de vida, rutinas de mantenimiento, estado de órdenes y detalle de las mismas, al igual que el listado de sus equipos.
- Verificación de fechas de intervenciones futuras

Para cumplir con los perfiles y el diagrama de flujo se definieron las siguientes especificaciones técnicas punto a punto con lo cual se espera que el próximo software a implementar cumpla con:

- 1 Manejar varios talleres o unidades de Mantenimiento dentro de una misma compañía. Debe ser parametrizable de tal forma que permita crear nuevos talleres en caso de requerirse. Esto se puede hacer por medio de parametrización de tipos de órdenes de trabajo, la planilla de técnicos es compartida
- 2 Registrar la información de los equipos y su despiece.
- 3 Permitir traslados o movimientos de los equipos entre talleres y entre clientes.
- 4 Control sobre la gestión de los activos, inventarios, compras, información técnica y costos de la gestión de mantenimiento.

- 5 Permitir parametrizar las variables a almacenar de cada uno de los equipos, las cuales serán actualizadas por quien realice la labor o ingrese los datos.
- 6 Obtener los históricos por equipos. Conocer en cualquier momento los mantenimientos realizados por empleado, tiempo, cantidad de veces que se presenta el fallo, etc.
- 7 Permitir la generación de listados de Chequeo por máquina con el objetivo de realizar revisiones, el mantenedor debe ingresar los resultados del chequeo.
- 8 Automatización del plan de mantenimiento, la obtención de costos, la elaboración de presupuestos y estandarización de procedimientos.
- 9 Las labores de mantenimiento se deben configurar por catálogo de trabajos, permitiendo la estandarización de labores y la generación de estadísticas.
- 10 Permitir parametrizar eventos para el análisis de averías, síntomas y causas (Análisis de fallas). Se puede tipificar la falla por el momento, es decir avería
- 11 Permitir la generación de informes para el análisis de causas de fallas en los equipos.: Análisis de efectos y modo de falla FMEA. Genera el indicador de tiempo medio entre fallas
- 12 Tener informes e indicadores de gestión de mantenimiento y también informes gráficos: Indicador de disponibilidad de mano de obra (se debe calcular tomando las horas disponibles del personal de mantenimiento: cantidad de mantenedores por horas de trabajo, sobre las horas programadas en el plan de mantenimiento), con esto se visualizará si los recursos disponibles alcanzan para cumplir con los requerimientos. No se encuentra en la base estándar, se debería construir. Indicadores de disponibilidad de máquinas, tiempos de paro de máquina, confiabilidad (opcional), utilización (mano de obra, máquina), tiempo medio entre fallas tiempo medio para reparar. Estos informes deben ser exportables a Excel.

- 13 Conocer el consumo de piezas y partes.
- 14 Permitir obtener informes, reportes gráficos y de resumen para un análisis más profundo de la gestión de mantenimiento.
- 15 Permitir enviar informes y reportes por correo electrónico, adicional, permite exportarlos a varios formatos (Excel, PDF, etc.)
- 16 Determinar los costos de las órdenes de trabajo de mantenimiento en el consumo de insumos y repuestos (se traerán desde el Sistema Integral de Inventarios Excel el cual permitirá ser cargado de manera masiva), mano de obra directa (se cargara de manera masiva) y de servicios de contratistas (esta información se cargara de manera masiva)
- 17 Proyección de materiales y servicios.
- 18 Obtener información base para el presupuesto anual de la compañía. Conocer las necesidades de recursos para la ejecución del plan general de mantenimiento del año siguiente, detallado por máquina, repuesto, mano de obra y servicios de terceros valorizado. Esta información se tomará como base para el presupuesto anual de mantenimiento de la fábrica y logística.
- 19 Registrar los trabajos realizados, por el personal de mantenimiento, en los edificios y periféricos (Terminales, Talleres, etc.). Los trabajos que se registrarán son las intervenciones menores que realiza el personal de mantenimiento, no se tendrán las obras civiles.
- 20 Permitir la administración de proyectos, elaborando una orden de trabajo que permita agrupar varias asociadas al mismo proyecto, que me permita ver el presupuesto y avance de este.
- 21 Administrar el préstamo de las herramientas y la documentación técnica. Este módulo sólo se utilizará para la administración de herramientas que pertenezcan al área y estén en los talleres de mantenimiento.
- 22 Permitir importar información desde archivos de Excel.
- 23 Conectividad con el Sistema Integral de Inventarios de manera que permita cargar de manera manual el costo de los elementos en inventario,

permita ingresar códigos nuevos y permita cargar los repuestos en almacén todo esto mediante un archivo .xlsx

Es importante entender que el mejor camino de ruta para llegar a ser de clase mundial en el área de mantenimiento es la implementación de software SAP, por tal motivo se deja el camino para la implementación de este Software y no otro, a mediano plazo y acuerdo los lineamientos globales la compañía migrara en todas las áreas a SAP lo cual permitirá hacer una integración entre almacenaje, compras y finanzas.

La primera definición que se debe lograr es la del alcance esperado con esto se evalúa lo que se espera del software como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 19. Alcance de Software SAP a implementar**

Análisis del alcance completo		SAN
Actualmente con que se cuenta		CES
Master Data	Material Master	
Master Data	Equipos	X
Master Data	Locaciones Funcionales	X
Master Data	Centros de Trabajo	X
Master Data	Plan de Mantenimiento (Qué, Cuando, Como)	X
Process	Control de Repuestos	
Process	Notificación de tareas	
Process	Orden de trabajo de Mantenimiento	X
Process	Mantenimiento Preventivo/Predictivo	X
Process	Mantenimiento Correctivo	X
Process	Instalación/Proyecto/ Servicios	X
Process	Control de costos por orden	
Process	Reporte Automático Ejecutado VS Planeado	
<b>Número Total de Equipos a ser incluidos</b>		
	Equipos	2200
<b>Expectativas Mínimas</b>		Al menos se cuente con lo que hacia el anterior software

Luego de definir el alcance del software, el sistema de mantenimiento que va reemplazar MP2 requiere una actualización y revisión de los datos técnicos de

equipos a ingresar definiendo que lo más aconsejable es utilizar los siguientes criterios que fueron definidos para la implementación de SAP.

- Definir y cargar los equipos que serán incluidos en SAP, esto es definiéndolos de acuerdo a la taxonomía ya establecida que ya estén creados o continuar la creación hecha en el anterior software.
- Identificar y definir las "locations" (locaciones de los Clientes) en donde se tiene algún equipo instalado.
- Los "Process Owner" globales de mantenimiento planeado de la compañía, definieron cuales son los equipos y sus características ("atributos") que deben ser controlados en un programa de mantenimiento por tal motivo solo se debe hacer una adaptación a como es Colombia, para los equipos instalados en cliente se definieron 31 tipos de equipos, es necesario cruzar con los equipos que se tienen en Colombia para simplificar el proceso de cargar datos.
- Solo se incluirán los equipos definidos en el alcance por contratista y sobre cual el área de mantenimiento de equipos es responsable por el mantenimiento.

Es posible que no se tengan algunos datos y que sea difícil obtenerlos, en estos casos se puede agregar este equipo como parte de otro como componente o sub-equipo y ampliar la rutina de mantenimiento definida para ese equipo. Como por ejemplo el indicador de nivel de un tanque, normalmente se puede hacer su mantenimiento en el mismo momento en que se realiza inspección en el tanque, de ser así así, se puede considerar uno solo equipo en SAP e incluir la inspección del medidor de nivel en la rutina del tanque, el inconveniente se presenta si hay requerimientos o periodicidad distintos y en ese caso se debe registrar como equipos separados en SAP. Se muestra como anexo M "Equipos a incluir en el software de mantenimiento".

**Tabla 20. Equipos a incluir en el software de mantenimiento**

Equipment Types	Mfc	Mfc ref	serial No	Build date	Capacity	Build code	Voltage	Prdct	MAWP	WP	Orientation	Set points	Material	Design
Alarms	x	x	x	x	x		x	x				x		
Analysers	x	x	x				x	x				x		
Buffer reciever vessels	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Burners	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x
Compressor	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Cryogenic vessels	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Dryers	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Ecovar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Freezing equipment	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Fridge plant	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Gas gen	x	x	x	x	x		x	x	x	x				
Panels	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Liquid cylinder	x	x	x	x	x	x		x	x	x				x
Low temp cut out units	x	x	x	x			x	x	x	x		x		x
Manifolds	x	x	x	x	x			x	x	x				x
Medical panels	x	x	x	x	x			x	x	x				
Membrane	x	x	x	x	x			x	x	x				
Meters	x	x	x	x	x			x	x	x				
Mixing panels	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		
Pipework								x	x	x			x	x
Pressure regulators	x	x	x		x			x	x	x				x
Pump gas booster	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		
Pump reciprocating	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		
Pump Vacuum	x	x	x	x	x		x		x	x				
Pump rotary	x	x	x	x	x		x	x	x	x				
Tanks	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x
Timed change over units	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	
Vaporisers	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Weigh scales	x	x	x	x	x		x	x						
Telemetry	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Fluid Temperature Control	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		

## 5.7 EVALUACIÓN ECONOMICA DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

Para la evaluación económica del modelo de mantenimiento se tendrá en cuenta los costos asociados a la inversión de la nueva estructura de mantenimiento y los costos asociados a la inversión del nuevo software, causados en el periodo que se incurrirá y contra los costos actuales del mantenimiento de los activos.

Los costos a hoy y hasta que no haya una modificación de la estructura de mantenimiento ni una inversión en un software de mantenimiento son los que se deducen de lo que todos los contratistas cobran por las tareas de mantenimiento, alistamiento de equipos, pintura de equipos, y luego de revisión se ha encontrado una relación que es 70% mano de obra y 30% materiales, esta relación solo es

aplicable para las labores en Linde Colombia S.A., este valor depende del tipo de negocio y la industria y como tal no se puede generalizar sino hacer siempre una revisión para entender que presupuesto se va a tener.

Es importante aclarar que a futuro el negocio debe ser rentable pero hoy se tiene el objetivo de minimizar el costo integral de mantenimiento por activo, esto se va a hacer no reduciendo los costos que se ejecutan mes a mes, sino haciendo una mayor eficiencia de las labores programadas y como tal ejecutando más tareas y acciones de mejora en más equipos de tal forma que el costo por equipo disminuya.

**Tabla 21. Costos promedio mensuales de operación de mantenimiento de septiembre de 2012 a agosto de 2014**

Nombre de Cuenta	TOTAL MES MANO DE OBRA
Mantenimiento Preventivo Maquinaria	9.866.776
Mantenimiento Maquinaria overhaul refurbishment	7.429.417
Mantenimiento Correctivo Maquinaria	12.828.772
Mantenimiento Pintura Tanques	18.631.863
<b>Total Mantenimiento Tanques</b>	<b>48.756.828</b>

Para el modelamiento se estimara un incremento cada 12 meses del IPC estimado en un 3% para cada año y sostenible por los 3 años del modelo.

Se estimará para la negociación del contrato unas 16 horas por mes del personal que interfiere en el proceso licitatorio, lo cual estimado es costos salarial \$35.000.000 por mes de todo el personal involucrado, personal de apoyo gerencial de compras ,gerente de área, comprador, jefe de mantenimiento, lo cual para las 16 horas da un monto de \$3.500.000 por mes, estos costos se estimarán por un

tiempo de 8 meses lo cual para el modelo económico serán 8 periodos, de manera similar se estima un costo \$3.500.000 para las negociaciones de software pero en este caso el tiempo que se contempla es de 3 meses y será a partir de 6 meses que el presupuesto para la inversión de este software sea contemplado.

El software a instalar no se cuenta con unos valores estimados de costo para la versión SAP stand alone pero para otros software ya se hizo el estudio económico y tiene un estimado de 55.000.000 estimados con un estimado de 3 meses de implementación a partir de la apertura de negociación.

**Tabla 22. Costos estimados por mes para la evaluación de ofertas.**

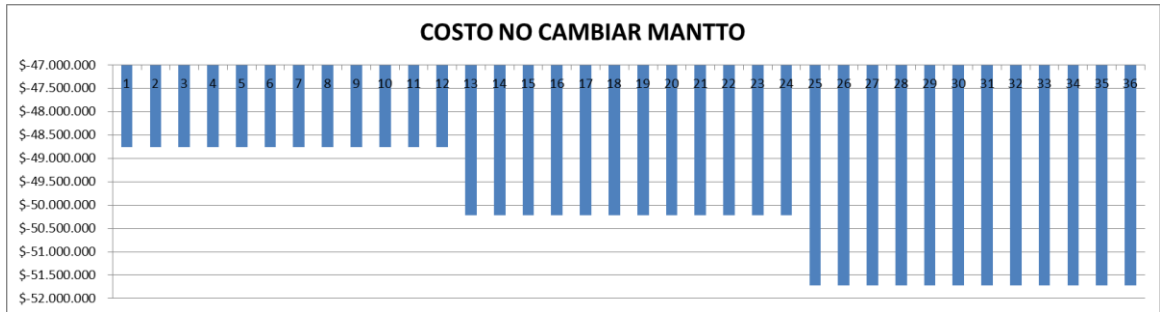
Salarios	
Gerente de Compras	\$ 12.000.000,00
Gerente de área	\$ 11.000.000,00
Comprador	\$ 6.000.000,00
Jefe de Mantenimientp	\$ 6.000.000,00
Total	\$ 35.000.000,00
Dias laborables	20,00
Costo por dia	\$ 1.750.000,00
Costo por 2 dias	\$ 3.500.000,00

A partir del momento en que se hace la implementación se incluirá el costo del jefe de mantenimiento exclusivo por 3 meses, para la migración de los datos al nuevo software, se tiene estimado tener unos costos por la nueva figura de mantenimiento en \$42.539.604 con un crecimiento del IPC al final de cada periodo, este estudio se presenta en el anexo N “Evaluación económica del proyecto”.

Teniendo el siguiente análisis:

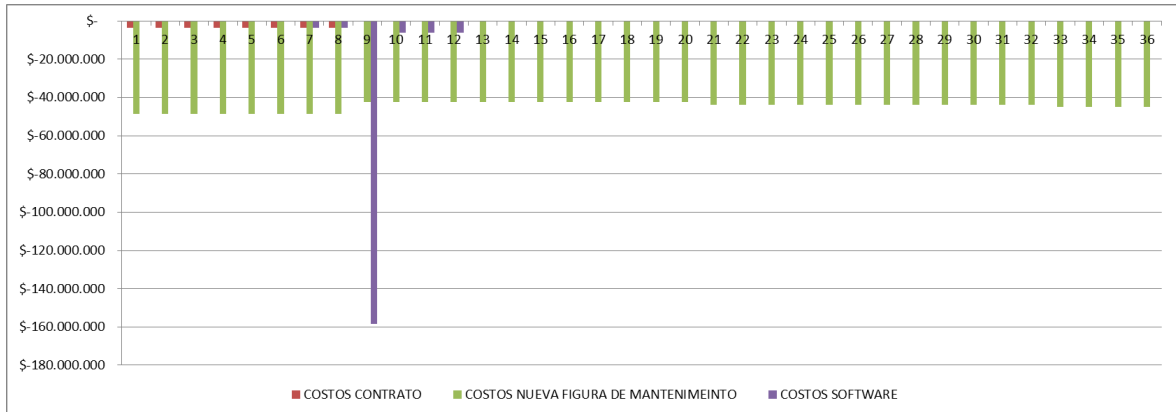
A. Costos de no hacer nada:

Figura 27. Flujo de fondos sin modificar el hoy en mantenimiento



B. Implementar los costos de la nueva figura de mantenimiento y software

Figura 28. Flujo de fondos con los proyectos propuestos



### 5.7.1 Evaluación definitiva del proyecto

La tasa de descuento que maneja la compañía para Colombia está estimada en un 11% para el 2014 en teoría ningún proyecto que este por debajo de este valor

es viable, pero en este caso dado que las mejoras son en proceso y operación y que se garantiza que el proyecto por el mismo proyecto no da pérdidas, se aceptará desde el punto de vista que sea positivo entendiendo que la optimización de las negociaciones estimadas deben acercarse a un mejor valor.

**Figura 29. Modelo de evaluación de proyecto**



Para este modelo, la tasa interna de retorno del proyecto se estima en un 4,55% lo cual es positivo, inferior al 11%, pero dada las mejoras que se contemplan se califica como viable.

## 6 CONCLUSIONES

La investigación generada en este documento revela la importancia de implementar un plan estratégico de mantenimiento que enfoque los esfuerzos del área hacia el cumplimiento de una misión clara y definida que permita involucrar acciones conjuntas con todas las áreas de la compañía y generar mejoras en la forma en que se mantienen los activos. Estas mejoras se harán en la medida en que, como lo plantea el modelo las necesidades o procesos involucrados, fluyan de tal forma que se entienda y conozca cómo funciona un activo y lleve trabajar en el enfoque de ciclo de vida de ellos.

Estructurar un área que permita tener un personal idóneo para las necesidades del negocio además de brindar soluciones inmediatas en las necesidades iniciales de falencias encontradas, supone que aun generando una reducción del personal involucrado en la parte operativa y con un buen plan de entrenamiento, se debe generar un crecimiento profesional del personal, que irá llevando paso a paso a la mejora continua de los procesos haciendo que las mismas tareas se hagan con mejor calidad y capacidad técnica.

Los indicadores definidos deben ser revisados y gestionados para identificar cuáles de ellos agregan más valor al proceso de tal forma que se puedan reducir al menor número posible, por ejemplo en el caso de la disponibilidad al ser equipos médicos o redundantes muy posiblemente este indicador no arroje un resultado evidente que pueda ayudar a mejoras en la forma en que funciona el área, en cambio el indicador de relación horas invertidas en mantenimiento correctivo contra horas de mantenimiento preventivo, puede ayudar a analizar el número de fallas y el tiempo que realmente se está asignando a los técnicos para garantizar la funcionalidad total de los equipos.

Al iniciar el documento se esperaba que el plan estratégico para llegar a clase mundial fuera a tres años, pero la experiencia de este estudio concluye que a

menos que se haga un gran esfuerzo tanto económico como de tiempo de todo el personal directivo, este proceso puede tardar de cinco a siete años, ya que son muchas las variables a tener en cuenta y la única forma que garantiza su éxito es poder evidenciar crecimiento en todas las áreas. Por ejemplo se puede tener un buen análisis de falla y gestionar administrativamente al personal, pero no contar con sistema de información que integre las áreas, hará que se tengan muchos reprocesos y errores al no contar con alarmas preventivas, por ejemplo en el faltante de repuestos o en el alistamiento de tareas importantes de mantenimiento.

Por último al ver satisfactoriamente que se cumplieron a cabalidad los objetivos propuestos para esta investigación, se abre la posibilidad de aplicar este estudio en las áreas de mantenimiento de otras compañías, lo más importante es conocer qué variables hacen diferente a una compañía de otra y una vez identificadas, se puede llevar a cabo este estudio de manera sistemática.

## BIBLIOGRAFIA

ALBARRACIN AGUILLON, Pedro Ramón. Tribología y Lubricación. Bucaramanga: Litochoa, 1993. 980 p.

ARCINIEGAS, Álvarez Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Mecánica.

BANOS BARON, Joel Enrique. Implementación 5's en el manejo de las materias primas, repuestos y herramientas de mantenimiento de la planta de Agua Brisa. Bucaramanga, 2000, 140 p. Trabajo de grado (Especialista en gerencia de la producción y mejoramiento continuo). Universidad Industrial de Santander.

BERNAL MUÑOZ, Edgar. Mantenimiento y mecánica. En: MANTENIMIENTO PREDICTIVO. Vol 3, No. 12 (Jun. 2002); 80 p. p.63 – 69

CONSEJO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIA LABORAL DE MÉXICO. Análisis ocupacional del mantenimiento industrial. México: Limusa, 2001. 112 p.

DUELL, Michael y BECK, Richard. Enterprise asset performance management improves plant maintenance. Oil & Gas Journal, may 19<sup>th</sup> 2003. T101. No. 20. p. 52-61. Available from Internet: <http://proquest.umi.com/pgdweb>

Especificación BSI PAS 55, Versión 2008 (Publicly Available Specification – Especificación Disponible al Público), publicada el 15 de Septiembre de 2008.

GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 44p

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión, FC editorial 2004.

IMAI, Masaki. Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo. Bogotá: Mcgraw-Hill Interamericana, 2005.

MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales o de servicios. Medellín, Colombia. AMG. 2005.

MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. COLDI LTDA. Colombia 2009

MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Pronósticos de Demanda e Inventarios. Medellín, Colombia AMG. 2014.

NAKAJIMA, Seiichi. Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total. Madrid: Productivity Press, 1991. 629 p.

NAKANO, Kinjiro. Planned Maintenance: Keikaku Hozen. Tokio: Japan Institute of Plant Maintenance, 2003.

ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD\_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PINILLA, Pablo. Sistemas de información. Bucaramanga. [CD\_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PULIDO, Luis. Herramientas de Mantenimiento predictivo útil para equipo eléctrico. Jun 2002. No. 9. Available from Internet: <http://www.mantenimientomundial.com/articulos/9herram.asp>

ROBAYO, Jenny y SARMIENTO, Jaime. Reingeniería de los procesos de mantenimiento en torres enfriadoras. Proyecto de grado (Especialista en gerencia de mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería mecánica. Bucaramanga, 1992. 123 p.

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.

IRON & STEEL. Technology Maintenance at Minimills effective but also efficient. Indianapolis: Aistech, 2007.

SEVERINO, Alfonso. Modelo para utilizar SAP como herramienta para operar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad. Monografía: Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2009. 120 p.

SHINOTSUKA, Shinitshi. PM system Corporation. [Enlinea]. Disponible en internet: <http://www.tpm-us.com/>

SHIROSE, Kunio. TPM Para mandos intermedios de fábrica. 2 ed. Madrid: Tgm-Hoshin, 2000.

SUZUKI, Tokutaru. TPM en industrias de proceso. Madrid: Tgp-Hoshin, 1995

## **ANEXO A. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo en Instalaciones Criogénicas.**

### **1. Objetivos**

Establecer las tareas a desarrollar para realizar el mantenimiento preventivo de verificación de los indicadores de nivel de los tanques criogénicos con el fin de asegurar su confiabilidad y disponibilidad

### **2. Alcance**

Mantenimiento preventivo de tanques criogénicos que sean:

- Propiedad de Linde
- Propiedad del cliente y mantenidos por CES bajo contrato establecido






### **3. Descripción del Proceso**





#### **3.1 Elemento de Protección personal necesarios para la tarea.**


<b>EPP</b>
Protector auditivo
Lentes de seguridad ANSI Z89
Calzado de seguridad anti-deslizante y resistentes a aceites
Casco de seguridad VIGENTE
Guantes de protección
Guantes Criogénicos
Braga Nomex IIIA
Braga de algodón
Ropa de trabajo de seguridad Logo Linde
Chaqueta térmica Logo LINDE
Arnés con Slinga y amortiguador de caída*

### 3.2 Recursos Necesarios para Mantenimiento

Preparar y alistar los siguientes equipos y elementos para realizar el mantenimiento:

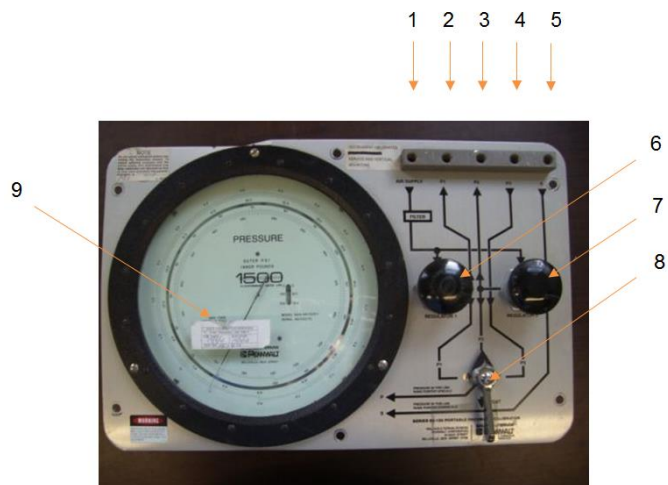
Item	ELEMENTO	
1	<p><b>Pulmón:</b> Es un recipiente en acero inoxidable usado para verificación de manómetros, válvulas de seguridad. Este equipo debe ser diseñado y verificado en prueba hidrostática a 3000psi. Los accesorios como uniones y válvulas del pulmón también deben ser diseñados para 3000 psi.</p>	
2	<p><b>Manómetro Patrón:</b> Instrumento empleado para la verificación del manómetro y válvulas de seguridad del tanque. Este equipo debe estar calibrado con una frecuencia de un año.</p>	
3	<p><b>Manómetro patrón de presión diferencial:</b> Equipo empleado para la verificación de indicadores de nivel. Este equipo debe estar calibrado con una frecuencia de un año.</p>	
4	<p><b>Regulador alta presión entrada, alta presión salida:</b> Equipo empleado para regular la presión de salida del cilindro utilizado para la verificación de instrumentación.</p>	
5	<p><b>Manguera de alta presión:</b> elemento empleado para alimentar la presión de prueba del cilindro al equipo pulmón.</p>	
6	<p><b>Cilindro de nitrógeno:</b> Equipo de almacenamiento de nitrógeno empleado para la verificación de instrumentación.</p>	

7	<p><b>Herramientas de mano:</b> Elementos necesarios para la operación manual del mantenimiento. Dentro de las herramientas usadas se tiene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave expansiva 12", 18" y 24"</li> <li>• Juego de Llaves</li> <li>• Destornillador estrella y pala</li> </ul>	
8	Banco de trabajo y Prensa	
9	Equipo de soldadura autógena	
10	Equipo de soldadura eléctrica	
11	Taladro percutor	

12	Extensión eléctrica de 110v	
13	<p><b>Kit de Repuestos:</b> Este kit es para cambiar aquellos elementos de la instalación del cliente que durante el mantenimiento se identifique requieren el cambio. Dentro del kit se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manómetros de 4" de 0 a 25 bar.</li> <li>Manómetros de 2,5" de 400psi</li> <li>Regulador PER</li> <li>Válvulas de seguridad de 15 bar</li> <li>Válvulas de seguridad de 18 bar</li> <li>Válvulas de seguridad para CO2 a 350 psi</li> <li>Identificación de seguridad de tanque</li> <li>Toma de llenado de nitrógeno, argón y oxígeno</li> <li>Tapa para nitrógeno, argón y oxígeno</li> <li>Válvula de globo DN25</li> <li>Válvula de corte DN40</li> <li>Tubería de cobre</li> <li>Accesorios de bronce</li> <li>Aluminio</li> <li>Abrazaderas</li> <li>Empaque Garlok compatible con oxígeno</li> <li>Identificación de válvulas de tanque</li> </ul>	



### 3.3 Verificación de Indicador de Nivel del Tanque

Partes del equipo patrón utilizado para verificación de indicador de nivel



1. **Alimentación:** Entrada del gas de presurización. Se recomienda utilizar Nitrógeno. No se recomienda Aire ya que éste contiene humedad que puede deteriorar el mecanismo del equipo.
2. **P1:** Salida regulada número 1.
3. **P2:** Salida regulada número 2.
4. **P3:** Salida regulada número 3.
5. **S:** Salida de venteo del equipo.
6. **Regulador 1 (R1):** Regula la presión de salida P1.
7. **Regulador 2 (R2):** Regula la presión de salida P2.
8. **Válvula direccional:** Permite direccionar las salidas P1, P2 y P3.
9. **Manómetro de escala graduada:** Permite visualizar la presión de salida de los reguladores 1 y 2. Maneja 2 escalas, pulgadas de agua (In H2O) y PSI.

Para realizar la verificación del indicador de nivel es necesario seguir los siguientes pasos:

<p><b>A</b></p>	<p>Instalar regulador de alta baja a cilindro de nitrógeno</p>	
<p><b>B</b></p>	<p>Ubicar y asegurar el cilindro de nitrógeno junto al tanque criogénico.</p>	
<p><b>C</b></p>	<p>Posicionar el Manómetro patrón de presión diferencial junto al tanque.</p>	
<p><b>D</b></p>	<p>Desconectar línea de líquido del indicador de nivel</p>	
<p><b>E</b></p>	<p>Desconectar línea de gas del indicador de nivel</p>	

**Alimentación:** La alimentación al equipo debe hacerse con un cilindro de nitrógeno gaseoso, empleando un regulador Alta – Baja presión a una presión regulada de 35 psi.

## **INSTRUCCIONES DE VERIFICACION:**

1. Alimentar el equipo con nitrógeno a una presión de 35 psi.
2. Conectar la salida P1 a la conexión del indicador señal por alta (+) o (HI) o (HP), de acuerdo con la marca de cada indicador.
3. Conectar la salida P2 a la conexión del indicador señal por baja (-) o (LO) o (LP), de acuerdo con la marca de cada indicador.
4. Realizar las conversiones de unidades, si es necesario, entre el 100% del indicador de nivel y del equipo patrón para poder hacer las comparaciones.
5. Con posición de la válvula direccional en P1, incrementar presión con R1 hasta llegar al valor del 100% del indicador de nivel; en ese momento las agujas del indicador y del equipo patrón ascenderán. Realizar los ajustes necesarios en el indicador de nivel hasta que las lecturas de las 2 escalas sean iguales. Dejar presurizada al 100% de la escala del indicador durante 10 minutos, con el fin de verificar estanqueidad en el equipo. Si se presentan caídas de presión identifique la fuga y corríjala. Repita este paso hasta lograr estanqueidad.
6. Girar la válvula direccional a la posición P2. La aguja del equipo patrón regresará a cero pero la del indicador no ya que esta cámara queda presurizada. Empezar a incrementar presión con R2. La aguja del indicador llegará a cero cuando el equipo patrón haya incrementado la presión que corresponde al 100% de la escala del indicador.
7. Si el indicador de nivel está bien calibrado la aguja quedará exactamente en el cero. De lo contrario ajustar el cero con el tornillo definido para este fin y retroceder en el siguiente orden: despresurizar primero la cámara de baja sacando el tornillo de regulación del regulador R2; la aguja del equipo patrón llegará a cero y la del indicador de nivel al 100%. Haga el cambio con la válvula direccional de P2 a P1. La aguja del equipo patrón se irá hasta el 100% de la escala. Despresurice la cámara de alta sacando el tornillo de regulación del regulador R1. Las agujas del indicador y del equipo patrón llegarán a cero. Repita los pasos 5, 6 y 7 hasta que logre una óptimo ajuste del cero y del 100%.
8. Si durante los pasos 5,6 y 7 se observa que la aguja del indicador no asciendo o no desciende suavemente (se presentan saltos entre un punto y otro o la aguja se queda pegada en un punto), el Indicador de Nivel tiene problemas en su mecanismo y debe ser reemplazado por uno mantenido y calibrado.
9. Desconectar la salida P2 de la conexión del indicador señal por baja y del equipo patrón.
10. Realice las conversiones de unidades necesarias para comparar el indicador de nivel con el equipo patrón para valores de referencia del 0%, 25%, 50%,

- 75% y 100%. Registre estos valores de referencia en el campo presión nominal, del formato *Protocolo de Verificación de Instrumentos en Tanques*.
11. Con posición de la válvula direccional en P1, incrementar presión con R1 hasta llegar al valor del 25% del indicador de nivel; en ese momento las agujas del indicador y del equipo patrón ascenderán. Registrar la lectura obtenida del equipo patrón en el formato *Protocolo de Verificación de Instrumentos en Tanques* en el campo 25%/antes.
  12. Incrementar presión con R1 hasta llegar a los valores de 50%, 75% y 100% del indicador de nivel. Registrar la lectura obtenida del equipo patrón en el formato *Protocolo de Verificación de Instrumentos en Tanques* en cada uno de los campos 50%/antes, 75%/antes Y 100%/antes.
  13. Realizar los ajustes necesarios en el indicador de nivel hasta que las lecturas de las 2 escalas sean iguales en todos los puntos de referencia (0%, 25%, 50%, 75% y 100%). Repetir los pasos 11 y 12 hasta que logre un óptimo ajuste de todos los valores. Registrar los valores obtenidos en el formato *Protocolo de Verificación de Instrumentos en Tanques* en cada uno de los campos 0%/después, 25%/después, 50%/después, 75%/después y 100%/después.
  14. Instalar precintos de seguridad al indicador de nivel.
  15. Si después de realizar los pasos 11 al 13 la diferencia obtenida entre el indicador de nivel y el equipo patrón es mayor al 1%, el indicador debe ser reemplazado por uno calibrado.

### **3.3 Verificación Válvulas de Instrumentación**

Verifique el funcionamiento de las válvulas de instrumentación. Estas deben abrir y cerrar suavemente y debe contar con los volates en forma operativa. Para realizarlo se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Cerrar la válvula de líquido del indicador de nivel
- b) Abrir la válvula igualadora de presión de indicador de nivel
- c) Cerrar la válvula de gas del indicador de nivel.

Luego se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Abrir la válvula de gas del indicador de nivel
- b) Cerrar la válvula igualadora de presión del indicador de nivel
- c) Abrir la válvula de gas del indicador de nivel.

En los siguientes casos se debe reemplazar la válvula:

- Volante fracturado
- Sin volante
- Bloqueos en la operación normal de la válvula



Tener en cuenta que para reemplazar estas válvulas es necesario vaciar el tanque. Durante la ejecución del mantenimiento se debe registrar en las observaciones del check list el problema encontrado para que el supervisor de Linde programe la posterior ejecución del cambio de válvulas necesario.

### **3.5 Verificación Hermeticidad de Líneas de conducción y válvulas al indicador de nivel**

Verificar la hermeticidad de las líneas de conducción y válvulas al indicador de nivel. Realice prueba de fugas con agua jabonosa. Si se identifican fugas en uniones roscadas corríjalas apretándolas. Si no es posible corregir inmediatamente (fuga en soldaduras, cuerpos de válvulas etc) repórtelo en la orden de trabajo e infórmelo a Supervisor de Linde para reprogramar el correctivo necesario.

### **3.6 Verificación funcionamiento regulador de incremento de presión (solo para tanques Americanos)**

Abrir la válvula de venteo hasta que la presión del tanque descienda 1 bar por debajo de la presión normal de operación del tanque.

Verificar que el vaporizador del incremento de presión se comienza a congelar, lo cual evidencia que el regulador de incremento se abrió, permitiendo el paso de gas para incrementar la presión del tanque

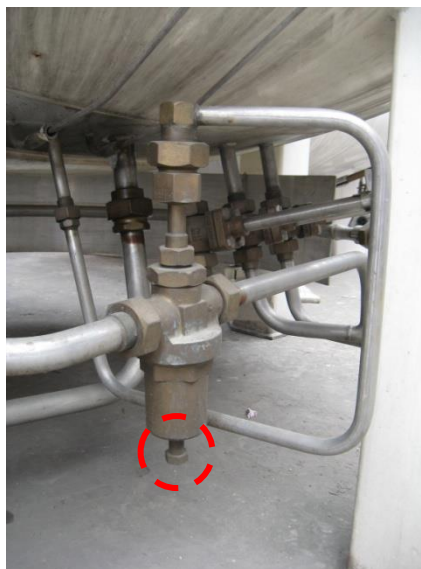


Verificar en el manómetro de presión del tanque el incremento de presión; la presión debe llegar al set de trabajo y debe detenerse en ese punto. Se pueden presentar las siguientes 3 situaciones:

1. Situación normal: la presión regresa al set de trabajo del tanque. Para esto se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.



2. La presión no regresa al set normal de trabajo del tanque: Esto evidencia que el set de regulador de incremento está por debajo del set nominal del tanque; en estos casos es necesario subir el set de presión del regulador, moviendo el tornillo de regulación en el sentido de las manecillas del reloj. Se debe mover en intervalos de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y ver si incrementa la presión del tanque.
  - a. Si la presión regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
  - b. Si la presión no regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que no se encuentra en buen estado. Se debe proceder a cambiar el regulador de incremento de presión de la siguiente forma
    - i. Cierre las válvulas de corte del sistema de incremento (Líquido y gas).
    - ii. Desmontar el regulador y reemplazarlo inmediatamente. Por ninguna razón se debe operar el equipo. Confirmar que el regulador de incremento ha ser instalado esta con fecha vigente de calibración (1año).
    - iii. Repetir todos los pasos desde la sección 4.2.6.
3. Si la presión se incrementa por encima de set normal de trabajo: Realizar los pasos definidos i, ii, iii.



### 3.7 Verificación Funcionamiento de regulador economizador (solo para tanques Americanos)

Verificar que el economizador se pueda desmontar, si esta soldado al sistema no es posible realizar ninguna verificación. Registrar en orden de trabajo.

Si es posible desmontar el economizador realice los siguientes pasos:

- Cerrar las líneas del sistema de economización.
- Suelte las dos conexiones del economizador asegurándose que una de ellas dos quede totalmente suelta.
- Usando una llave boca fija suelta la conexión y luego manualmente retire en sentido horario.
- Asegurar el cilindro de nitrógeno a las  $\frac{3}{4}$  parte de su altura para prevenir su caída accidental.
- Instalar el regulador alta presión entrada – alta presión salida a cilindro de nitrógeno.
- Conectar un extremo de la manguera de alta presión al regulador de alta y el otro extremo al pulmón.
- Montar el economizador en el pulmón teniendo en cuenta la conexión que esté marcada con “IN”.
- Incrementar la presión del sistema hasta que el economizador permita el paso de gas. Esta presión debe ser igual a la registrada en la plaqueta del economizador. Normalmente el set del economizador es 1bar (14,5psi) por encima del set del regulador de incremento. Para evidenciar la apertura del economizador agregar agua jabonoso a la salida “out”. Se pueden presentar las siguientes situaciones:
  - o La apertura se da por debajo del set del economizador:
    - a) Apretar el tornillo de ajuste de economizador en el sentido de las manecillas del reloj.
    - b) Incrementar la presión del sistema hasta conseguir paso de gas.
    - c) Verificar si este valor se encuentra en el set de apertura, en caso contrario repita los pasos a y b hasta llegar al set de apertura.
  - o La apertura se da por encima del set del economizador:
    - a) Despresurizar el sistema por medio de la válvula de venteo del pulmón hasta el set del economizador y luego girar el

tornillo de ajuste en el sentido contrario de las manecillas del reloj hasta conseguir paso de gas.

- b) Despresurizar completamente el sistema y presurizar nuevamente hasta el nivel del set del economizador. Verificar que hay paso de gas en este punto.

### **3.8 Verificación Funcionamiento del PER (solo para tanques Europeos)**

Abrir la válvula de venteo hasta que la presión del tanque descienda 1bar por debajo de la presión normal de operación del tanque.

Verificar que el vaporizador del incremento de presión se comienza a congelar. Lo cual evidencia que el regulador de incremento se abrió permitiendo el paso de gas para incrementar la presión del tanque

Verificar en el manómetro de presión del tanque el incremento de presión; la presión debe llegar al set de trabajo y debe detenerse en ese punto. Se pueden presentar las siguientes 3 situaciones:

- Situación normal: la presión regresa al set de trabajo del tanque. Para esto se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
- La presión no regresa al set normal de trabajo del tanque: Esto evidencia que el set del regulador PER esta por debajo del set nominal del tanque; en estos casos es necesario subir el set de presión del regulador, moviendo el tornillo de regulación en el sentido de las manecillas del reloj. Se debe mover en intervalos de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y ver si incrementa la presión del tanque.
- Si la presión regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
- Si la presión no regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que no se encuentra en buen estado. Se debe proceder a cambiar el regulador PER de la siguiente forma
  - i. Cierre las válvulas de corte del sistema de incremento (Líquido y gas).

- ii. Desmontar el regulador y reemplazarlo inmediatamente. Por ninguna razón se debe operar el equipo. Confirmar que el regulador de incremento ha ser instalado esta con fecha vigente de calibración (1año).
- iii. Repetir todos los pasos desde la sección 4.2.8.
- Si la presión se incrementa por encima de set normal de trabajo: Realizar los pasos definidos i, ii, iii.

### **3.9 Válvulas del tanque**

Realizar las siguientes actividades en todas las válvulas del tanque:

- Realizar prueba de fugas con agua jabonosa a todas las válvulas del tanque. Si se presentan fugas o anomalías que no puedan ser corregidas inmediatamente debe reportarse al supervisor de CES y dejar relaciona en el checklist. Tipo de fugas que no se pueden corregir (Por soldaduras, por fracturas en el cuerpo de la válvula, por las uniones universales o roscadas entre la válvula y la tubería).
- Ajustar prensaestopa: con una llave fija apretar la tuerca de la presaestopa de cada válvula para dar ajuste y eliminar posibles fugas en este punto.
- Cambiar prensaestopa: Si la fuga no es corregida con el paso anterior, se debe cambiar el prensaestopa, de la siguiente forma:
  - a. Cerrar la válvula.
  - b. Soltar la tuerca del prensaestopa.
  - c. Retirar el soporte del prensaestopa
  - d. Retirar el cordón del prensaestopa.
  - e. Reemplazar por un cordón nuevo.
  - f. Colocar el soporte del prensaestopa
  - g. Apretar la tuerca del prensaestopa.
- Verificar la identificación de las válvulas: Revisar que cada válvula cuente con su identificación; para aquellas válvulas que no cuenten con la identificación se debe instalar.
- Verificar volantes: Identificar si falta algún volante o está roto, de ser asi reemplazar de la siguiente forma:
  - a. Soltar la tuerca del volante.

- b. Retirar volante deteriorado o roto
- c. Instalar nuevo volante
- d. Asegurar tuerca de volante

## **4 Verificación de la Instalación Criogénica**

### **4.1 Verificación de Señales y las etiquetas de la lista de Verificación**

- ¿Está el vaso etiquetado correctamente?
- ¿Es el logotipo de Linde el diseño actual?
- ¿Está el sistema de avisos de seguridad colocado y legible correctamente?

### **4.2 Inspección de la Fundación del tanque**

- ¿Es el tanque instalado sobre el suelo?
- ¿Está el tanque instalado correctamente acuerdo los estándares de Linde?
- ¿Las distancias mínimas acuerdo la normatividad NFPA 50 se mantienen y son las correctas?
- Compruebe que no hay cables eléctricos instalados en el sistema.
- ¿Es la atmósfera alrededor del tanque libre de materiales corrosivos?
- No debe haber ningún producto químico corrosivo almacenado o utilizado en los alrededores, como el cloro.
- ¿Son los materiales de cimentación de la placa correctos?
- ¿El espacio para el semitrailer es el adecuado?
- Validar que no hay materiales en la placa orgánicos que puedan generar una emergencia.
- Verifique que todos los empaques usados sean compatibles con el oxígeno
- ¿Se mantienen libres en todo momento de la basura, papel, cajas de cartón, trapos, las malas hierbas, etc la placa donde está ubicado el tanque?
- Es la base libre de signos de levantamiento de material por congelamiento y libre de grietas, aparte de daños superficiales?
- El tanque esta atornillado a la base?
- ¿La estación tiene el nivel adecuado de seguridad? y en su caso: ¿El estado cerca es adecuada? ¿Están bloqueadas las puertas? ¿En caso de encontrarse, está el alambre de púas, o equivalente, en su lugar?
- ¿Existe un acceso adecuado para el mantenimiento?

- ¿Es la iluminación adecuada para entregas nocturnas y de mantenimiento?
- ¿Está la conexión de llenado de fácil acceso?
- ¿En caso de tener una extensión de llenado cumple los requisitos de Linde?
- ¿La conexión de llenado centrada en la plataforma derrame?

### **4.3 Estado de Integridad del tanque**

- ¿Es la placa de datos de tanque correcta y legible?
  - Compruebe que no hay ningún daño aparente en los soportes del recipiente.
  - Compruebe que no hay acumulación de hielo en el vaso apoya.
  - Compruebe que no hay ningún daño aparente en la cubierta exterior.
- ¿Es la chaqueta libre de los parches de heladas y la condensación?
  - No debe haber indicios de que el dispositivo de alivio cubierta exterior ha operado.
- ¿Está la pintura en condiciones adecuadas?

## ANEXO B. Procedimiento de Mantenimiento Correctivo en Instalaciones Criogénicas.

### 1.1 Verificación Válvulas de Instrumentación

Verifique el funcionamiento de las válvulas de instrumentación. Estas deben abrir y cerrar suavemente y debe contar con los volates en forma operativa. Para realizarlo se deben seguir los siguientes pasos:

- d) Cerrar la válvula de líquido del indicador de nivel
- e) Abrir la válvula igualadora de presión de indicador de nivel
- f) Cerrar la válvula de gas del indicador de nivel.

Luego se deben seguir los siguientes pasos:

- d) Abrir la válvula de gas del indicador de nivel
- e) Cerrar la válvula igualadora de presión del indicador de nivel
- f) Abrir la válvula de gas del indicador de nivel.

En los siguientes casos se debe reemplazar la válvula:

- Volante fracturado
- Sin volante
- Bloqueos en la operación normal de la válvula



Tener en cuenta que para reemplazar estas válvulas es necesario vaciar el tanque. Durante la ejecución del mantenimiento se debe registrar en las observaciones del check list el problema encontrado para que el supervisor de Linde programe la posterior ejecución del cambio de válvulas necesario.

## **1.2 Verificación Hermeticidad de Líneas de conducción y válvulas al indicador de nivel**

Verificar la hermeticidad de las líneas de conducción y válvulas al indicador de nivel. Realice prueba de fugas con agua jabonosa. Si se identifican fugas en uniones roscadas corríjalas apretándolas. Si no es posible corregir inmediatamente (fuga en soldaduras, cuerpos de válvulas etc) repórtelo en la orden de trabajo e infórmelo a Supervisor de Linde para reprogramar el correctivo necesario.

## **1.3 Verificación funcionamiento regulador de incremento de presión (solo para tanques Americanos)**

Abrir la válvula de venteo hasta que la presión del tanque descienda 1 bar por debajo de la presión normal de operación del tanque.

Verificar que el vaporizador del incremento de presión se comienza a congelar, lo cual evidencia que el regulador de incremento se abrió, permitiendo el paso de gas para incrementar la presión del tanque

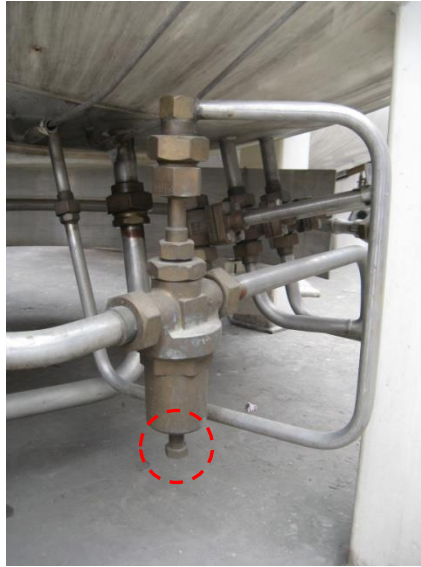


Verificar en el manómetro de presión del tanque el incremento de presión; la presión debe llegar al set de trabajo y debe detenerse en ese punto. Se pueden presentar las siguientes 3 situaciones:

1. Situación normal: la presión regresa al set de trabajo del tanque. Para esto se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.



2. La presión no regresa al set normal de trabajo del tanque: Esto evidencia que el set de regulador de incremento está por debajo del set nominal del tanque; en estos casos es necesario subir el set de presión del regulador, moviendo el tornillo de regulación en el sentido de las manecillas del reloj. Se debe mover en intervalos de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y ver si incrementa la presión del tanque.
  - a. Si la presión regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
  - b. Si la presión no regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que no se encuentra en buen estado. Se debe proceder a cambiar el regulador de incremento de presión de la siguiente forma
    - i. Cierre las válvulas de corte del sistema de incremento (Líquido y gas).
    - ii. Desmontar el regulador y reemplazarlo inmediatamente. Por ninguna razón se debe operar el equipo. Confirmar que el regulador de incremento a ser instalado está con fecha vigente de calibración (1año).
    - iii. Repetir todos los pasos desde la sección 4.2.6.
3. Si la presión se incrementa por encima de set normal de trabajo: Realizar los pasos definidos i, ii, iii.



#### **1.4 Verificación Funcionamiento de regulador economizador (solo para tanques Americanos)**

Verificar que el economizador se pueda desmontar, si esta soldado al sistema no es posible realizar ninguna verificación. Registrar en orden de trabajo.

Si es posible desmontar el economizador realice los siguientes pasos:

- Cerrar las líneas del sistema de economización.
- Suelte las dos conexiones del economizador asegurándose que una de ellas dos quede totalmente suelta.
- Usando una llave boca fija suelta la conexión y luego manualmente retire en sentido horario.
- Asegurar el cilindro de nitrógeno a las  $\frac{3}{4}$  parte de su altura para prevenir su caída accidental.
- Instalar el regulador alta presión entrada – alta presión salida a cilindro de nitrógeno.
- Conectar un extremo de la manguera de alta presión al regulador de alta y el otro extremo al pulmón.
- Montar el economizador en el pulmón teniendo en cuenta la conexión que este marcada con “IN”.
- Incrementar la presión del sistema hasta que el economizador permita el paso de gas. Esta presión debe ser igual a la registrada en la plaqueta del economizador. Normalmente el set del economizador es 1bar (14,5psi) por encima del set del regulador de incremento. Para

evidenciar la apertura del economizador agregar agua jabonoso a la salida “out”. Se pueden presentar las siguientes situaciones:

- La apertura se da por debajo del set del economizador:
  - a) Apretar el tornillo de ajuste de economizador en el sentido de las manecillas del reloj.
  - b) Incrementar la presión del sistema hasta conseguir paso de gas.
  - c) Verificar si este valor se encuentra en el set de apertura, en caso contrario repita los pasos a y b hasta llegar al set de apertura.
- La apertura se da por encima del set del economizador:
  - a) Despresurizar el sistema por medio de la válvula de venteo del pulmón hasta el set del economizador y luego girar el tornillo de ajuste en el sentido contrario de las manecillas del reloj hasta conseguir paso de gas.
  - b) Despresurizar completamente el sistema y presurizar nuevamente hasta el nivel del set del economizador. Verificar que hay paso de gas en este punto.

### **1.5 Verificación Funcionamiento del PER (solo para tanques Europeos)**

Abrir la válvula de venteo hasta que la presión del tanque descienda 1bar por debajo de la presión normal de operación del tanque.

Verificar que el vaporizador del incremento de presión se comienza a congelar. Lo cual evidencia que el regulador de incremento se abrió permitiendo el paso de gas para incrementar la presión del tanque

Verificar en el manómetro de presión del tanque el incremento de presión; la presión debe llegar al set de trabajo y debe detenerse en ese punto. Se pueden presentar las siguientes 3 situaciones:

- Situación normal: la presión regresa al set de trabajo del tanque. Para esto se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
- La presión no regresa al set normal de trabajo del tanque: Esto evidencia que el set del regulador PER está por debajo del set nominal del tanque; en estos casos es necesario subir el set de presión del regulador, moviendo el tornillo de regulación en el sentido de las manecillas del reloj. Se debe

mover en intervalos de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y ver si incrementa la presión del tanque.

- Si la presión regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que se encuentra en correcto funcionamiento. Instalar el precinto de seguridad indicando el set de presión de apertura.
- Si la presión no regresa al set normal de trabajo se debe diligenciar la orden de trabajo indicando que no se encuentra en buen estado. Se debe proceder a cambiar el regulador PER de la siguiente forma
  - i. Cierre las válvulas de corte del sistema de incremento (Líquido y gas).
  - ii. Desmontar el regulador y reemplazarlo inmediatamente. Por ninguna razón se debe operar el equipo. Confirmar que el regulador de incremento ha ser instalado esta con fecha vigente de calibración (1año).
  - iii. Repetir todos los pasos desde la sección 4.2.8.
- Si la presión se incrementa por encima de set normal de trabajo: Realizar los pasos definidos i, ii, iii.

## **1.6 Válvulas del tanque**

Realizar las siguientes actividades en todas las válvulas del tanque:

1. Realizar prueba de fugas con agua jabonosa a todas las válvulas del tanque. Si se presentan fugas o anomalías que no puedan ser corregidas inmediatamente debe reportarse al supervisor de CES y dejar relaciona en el checklist. Tipo de fugas que no se pueden corregir.
  - Por soldaduras
  - Por fracturas en el cuerpo de la válvula
  - Por las uniones universales o roscadas entre la válvula y la tubería.
2. Ajustar prensaestopa: con una llave fija apretar la tuerca de la presaestopa de cada válvula para dar ajuste y eliminar posibles fugas en este punto.
3. Cambiar prensaestopa: Si la fuga no es corregida con el paso anterior, se debe cambiar el prensaestopa, de la siguiente forma:
  - Cerrar la válvula.
  - Soltar la tuerca del prensaestopa.
  - Retirar el soporte del prensaestopa
  - Retirar el cordón del prensaestopa.

- Reemplazar por un cordón nuevo.
  - Colocar el soporte del prensaestopa
  - Apretar la tuerca del prensaestopa.
4. Verificar la identificación de las válvulas: Revisar que cada válvula cuente con su identificación; para aquellas válvulas que no cuenten con la identificación se debe instalar.
  5. Verificar volantes: Identificar si falta algún volante o está roto, de ser así reemplazar de la siguiente forma:
    - Soltar la tuerca del volante.
    - Retirar volante deteriorado o roto
    - Instalar nuevo volante
    - Asegurar tuerca de volante

#### 4 Tareas Correctivas en tanques criogénicos

PROBLEMA	ACCION
Neblina alrededor del tanque. Escarcha en la tubería de conducción de líquido o en el vaporizador.	Es una situación normal debida a la condensación de la humedad ambiente. No requiere acción correctiva.
Exceso de hielo en la tubería de conducción de líquido, el vaporizador o la tubería de conducción de gas.	<p>Puede deberse a un consumo puntual excesivo que supera las condiciones de diseño de la instalación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rocíe agua a temperatura ambiente sobre los elementos congelados, para descongelarlos.</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>PRECAUCION: EVITE QUE ENTRE AGUA DENTRO DE LOS DESFOGUES DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD S1 Y LA VALVULA DE VENTEO / REBOSE V6.</b>  <b>PRECAUCION: JAMAS GOLPEE TUBERIAS, VALVULAS O INSTRUMENTOS CON NINGUN ELEMENTO, YA QUE PUEDE OCASIONAR RUPTURA DEL METAL DEBIDO A LA FRAGILIZACION QUE EXPERIMENTA A BAJAS TEMPERATURAS.</b>  <b>PRECAUCION: JAMAS TOQUE LAS TUBERIAS CONGELADAS O EL VAPORIZADOR CON LAS MANOS DESNUDAS. EL FRIO LE CAUSARA QUEMADURAS QUE PUEDEN SER SEVERAS.</b></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el problema persiste, informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul>
Formación de zonas húmedas sobre la superficie del tanque.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul>

PROBLEMA	ACCION
<p>La presión en el tanque está por debajo de lo normal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique que las válvulas V3 y V4 de líquido y gas estén abiertas.</li> <li>• Verifique que el vaporizador de incremento de presión PRC esté congelado. Si es así, espere a que la presión se restablezca.</li> <li>• Si el problema persiste, informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul>
<p>La presión del tanque es muy alta (pero no excede en más de 1 bar la máxima permitida).</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>ADVERTENCIA: SI LA PRESION SUBE POR ENCIMA DE LA MAXIMA PERMITIDA (QUE USUALMENTE ES DE 15 BAR) Y LAS VALVULAS DE SEGURIDAD NO SE ACCIONAN, SE ESTA EN PRESENCIA DE UNA SITUACION RIESGOSA. SIGA EL PROCEDIMIENTO DESCRITO EN "SITUACIONES DE EMERGENCIA Y PLAN DE CONTINGENCIA".</b></p> </div>	<p><b>Si hay consumo de gas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique que V4 esté abierta.</li> <li>• Si la válvula V4 se encontró abierta, cierre V3 y compruebe si la presión desciende: en caso afirmativo el regulador está presentando falla. Informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> <li>• Si la válvula V4 estaba cerrada, ábrala.</li> <li>• Si la presión no desciende, informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul> <p><b>Si no hay consumo de gas</b></p> <p>Cuando la presión del tanque alcanza el máximo valor permitido, las válvulas de seguridad se abren automáticamente para aliviar el exceso de presión. Esto causa un sonido intenso producido por el gas que escapa a través de la válvula a la atmósfera. Las válvulas de seguridad vuelven a cerrarse automáticamente después de liberar aproximadamente 0.5 bar de presión.</p>
<p>Las válvulas de seguridad no cierran.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique que la presión del tanque es inferior a 14 bar.</li> <li>• Aísle la válvula de seguridad que presenta el problema mediante la válvula de tres vías (V14).</li> <li>• Espere a que la válvula que presenta el problema se descongele.</li> <li>• Restablezca la operación de la válvula dejando nuevamente la válvula de tres vías en su posición original (intermedia).</li> <li>• Si el problema persiste, informe al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul>
<p>Presencia de fuga de gas (pequeña) en el vaporizador o la tubería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saque de servicio el tanque mediante el cierre de las válvulas V3, V4 y V9.</li> <li>• Avise al Departamento de Servicios Técnicos de</li> </ul>

PROBLEMA	ACCION
<p><b>PRECAUCION: LAS FUGAS DE GAS PUEDEN CREAR ATMOSFERAS RIESGOSAS. EL RIESGO DEPENDE DEL TIPO DE GAS Y DE LAS CONDICIONES ESPECIFICAS (VENTILACION, ETC.) DE LA INSTALACION. PARA MAS INFORMACION CONSULTE EL MANUAL DE SEGURIDAD PARA MANEJO DE LIQUIDOS CRIOGENICOS.</b></p>	<p>AGA FANO.</p> <p><b>ADVERTENCIA: NO TRATE DE CORREGIR LA FUGA. ESTA OPERACION DEBE SER REALIZADA POR PERSONAL ESPECIALIZADO.</b></p>
<p>Engarrotamiento de válvulas de accionamiento manual.</p>	<p>Cuando una válvula manual está congelada puede bloquearse, lo que impide su accionamiento. En ese caso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rocíe agua sobre la válvula hasta descongelarla.</li> <li>• Accione la válvula.</li> </ul>

## 5 Tareas de Atención de Emergencias en tanques criogénicos

SITUACION	ACCION
<p>Las válvulas no actúan y la presión continúa subiendo por encima de la máxima presión permitida (usualmente 15 bar):</p> <p><b>ADVERTENCIA: EL AUMENTO DE PRESION POR ENCIMA DEL VALOR MAXIMO PERMITIDO ES UNA SITUACION RIESGOSA QUE DEBE SER REPORTADA INMEDIATAMENTE AL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS TECNICOS DE AGA FANO.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique que la presión del tanque sea mayor de 15 bar, lo que indica que la válvula de seguridad debe estar abierta.</li> <li>• Cierre la válvula V3.</li> <li>• Abra la válvula de rebose / venteo (V6). Aléjese unos metros, proteja sus oídos y deje escapar gas hasta que la presión descienda hasta 8 bar.</li> <li>• Cierre la válvula V6 y <b>avise inmediatamente al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</b></li> </ul>
<p>Gran fuga de gas, en estado gaseoso o líquido, por ruptura de la tubería, del vaporizador o del tanque mismo.</p>	<p><b>Si es posible acercarse al tanque:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerciórese de que en la proximidad del tanque no se haya formado una atmósfera riesgosa, y de que no existe peligro de salpicaduras de líquido al acercarse al tanque.</li> </ul> <p><b>PRECAUCIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNA ATMOSFERA MUY RICA EN NITROGENO O ARGON PUEDE CAUSAR ASFIXIA Y, EVENTUALMENTE, MUERTE.</li> <li>• UNA ATMOSFERA DEMASIADO RICA EN OXIGENO PUEDE OCASIONAR UNA FUERTE COMBUSTION O DETONACION.</li> <li>• EL LIQUIDO CRIOGENICO EN CONTACTO CON</li> </ul>

SITUACION	ACCION
	<p><b>OJOS O PIEL PUEDE CAUSAR SEVERAS QUEMADURAS.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>EVALUE EL RIESGO ANTES DE TOMAR UNA ACCION.</b></li> <li>• <b>NO INTENTE NINGUNA ACCION SI NO ESTA USANDO LA ROPA Y EQUIPOS DE PROTECCION RECOMENDADOS.</b></li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cierre la válvula V9 para aislar el tanque.</li> <li>• Cierre las válvulas V3 y V4.</li> <li>• Informe inmediatamente al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul> <p><b>Si es riesgoso o imposible aproximarse al tanque:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No intente controlar la fuga.</b></li> <li>• Evacúe a todas las personas del área.</li> <li>• Corte el suministro de energía en la zona del tanque.</li> <li>• En caso de que el escape sea de oxígeno, elimine del área toda posible fuente de ignición (llamas abiertas, cigarrillos, fósforos, chispas, teléfonos celulares, etc.)</li> <li>• Permita que el tanque descargue completamente su contenido a la atmósfera.</li> <li>• Dé aviso a los bomberos.</li> <li>• Informe inmediatamente al Departamento de Servicios Técnicos de AGA FANO.</li> </ul> <p><b>NOTA: LAS EMISIONES DE GASES DEL AIRE NO CAUSAN NINGUN PERJUICIO AMBIENTAL.</b></p>
<p>Quemadura en piel u ojos por contacto con producto líquido o con tuberías muy frías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lave bien la parte afectada con agua a temperatura ambiente.</li> <li>• En el caso de quemaduras leves en la piel, aplique crema para tratamiento de quemaduras.</li> <li>• En caso de lesión severa, remita inmediatamente al afectado a un centro de atención médica.</li> </ul>
<p>Asfixia simple por inhalación de atmósfera pobre en oxígeno (enriquecida con nitrógeno o argón)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traslade al paciente a un sitio ventilado.</li> <li>• Si es necesario, administre oxígeno o respiración artificial.</li> <li>• Remita inmediatamente al afectado a un centro de atención médica.</li> </ul>
<p>Incendio en las inmediaciones del tanque.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los tanques criogénicos están diseñados para resistir un incendio y aliviar controladamente las</li> </ul>

SITUACION	ACCION
<p>En caso de incendio:</p>	<p>sobrepresiones que se puedan presentar como consecuencia del mismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La evacuación de oxígeno de un tanque avivará el fuego presente en un radio de aproximadamente 10 metros.</li> <li>• Tome las medidas habituales para extinguirlo, según el tipo de incendio.</li> <li>• De aviso a los bomberos. Adviértalos si el tanque contiene oxígeno.</li> <li>• Avise inmediatamente al Departamento de Servicios Técnicos de AGA Fano.</li> </ul>

## ANEXO C. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en Sistemas de Vacío Medicinal en Clientes.

### 1. Alcance

Mantenimiento preventivo y correctivo a equipos de vacío que sean:

- Propiedad de Linde
- Propiedad del cliente y mantenidos por CES bajo contrato establecido

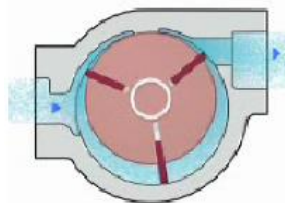
### 2. Descripción del Proceso

#### 2.1 Elemento de Protección personal necesarios para la tarea.

EPP
Protector auditivo
Lentes de seguridad ANSI Z89
Calzado de seguridad antiderrapantes y resistentes a aceites
Casco de seguridad VIGENTE
Guantes de protección
Ropa de trabajo de seguridad Logo Linde

#### 2.2 Procedimientos

##### 2.2.1 Descripción de los equipos



Aumento de la presión por la reducción de volumen es el principio detrás de la operación de paletas rotativas. En una carcasa cilíndrica un rotor se coloca excéntricamente de modo que está en la parte superior casi tocando el cilindro. Las palas del rotor o paletas como se les llama, se colocan en el interior de las ranuras del rotor.

Cuando el rotor comienza a girar, debido a la fuerza centrífuga de las palas son expulsados y se deslizan contra la superficie interna del cilindro. De esta manera se forma una película entre dos hojas con un volumen que cambia constantemente durante la rotación. El aire entra desde el puerto de entrada en una película hasta que la hoja trasera alcanza el extremo más alejado del orificio de entrada. En este punto, la cavidad ha alcanzado su volumen máximo de aire. A medida que la cavidad entonces se aleja del puerto de su volumen se hace más pequeña y más pequeña, el aire se comprime y por lo tanto la presión aumenta. Esto continúa hasta que la presión en el espacio excede al de la cámara de presión, y el aire comprimido a continuación sale a través del orificio de salida.

Algunos modelos están equipados con válvulas de escape que paran el flujo de retorno de este aire descargado si se ha alcanzado la presión máxima. En una bomba de vacío, el proceso es similar, pero la película da la disminución de la presión, y la cámara se encuentra a presión atmosférica. Con las bombas de vacío-presión el extremo inferior de la lumbrera de entrada (s) para el vacío se mueve hacia adelante. La película ahora se puede llenar a través de segundos de entrada. Para evitar perjudicar el vacío, este segundo puerto de entrada se encuentra sobre un segmento celular lejos del principal puerto de succión. La relación entre las capacidades de presión de vacío y puede ser influenciada por la elección del puerto de entrada.

### V-Series Rotary Vane Vacuum Pumps



### Vacuum pumps V-VCA, V-VCE

#### Oil lubricated

Volume flow  
25 to 48 m<sup>3</sup>/hr  
14.7 to 28.2 cfm

#### V-VCA

Oil flooded rotary vane vacuum pump with capacities ranging from 25 to 48 m<sup>3</sup>/hr (14.7 to 28.2 cfm). Ultimate vacuum 0.5 mbar (abs.). Flange motor, bearings on both sides of the rotor, air cooling. Fitted as standard with fine mesh filter, vacuum non-return valve, gas ballast valve and oil separator.

#### V-VCE

Oil flooded rotary vane vacuum pump with capacities from 25 to 48 m<sup>3</sup>/hr (14.7 to 28.2). Ultimate vacuum 10 mbar (abs.). Fitted as standard with fine mesh filter, vacuum non-return valve, gas ballast valve and oil separator. Flange motor, air cooling, and bearings on both sides of the rotor.



## 2.2.2 Rutinas a desarrollar

### 2.2.2.1 Mantenimiento de Inspección a equipos VMS

1. DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE CON LETRA LEGIBLE Y SIN ENMENDADURAS NI TACHONES.
2. SE DEBE DEJAR UNA COPIA DE ESTE FORMATO COMPLETAMENTE DILIGENCIADO Y FIRMADO AL CLIENTE.
3. NO SE ACEPTAN FORMATOS SIN NOMBRES Y FIRMAS DEL TECNICO, CLIENTE Y RESPONSABLE LINDE.
4. ADJUNTAR CUADRO REPORTE DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE VACIO.

1- Registre, del Cliente, los siguientes datos:

A- Nombre:

---

B- Dirección:

---

C- Nombre Persona Contacto:

\_\_\_\_\_

D- Cargo: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

2- Registre, de la Placa de Identificación del Equipo, los siguientes datos:

A- Fabricante:\_\_\_\_\_.

B- Modelo:\_\_\_\_\_.

C- No Serie:\_\_\_\_\_.

D- Año Fabricación:\_\_\_\_\_.

Esta contempla actividades de mantenimiento básico, en la que se encuentra estipulado los siguientes ítems:

Sitio de instalación. (Toma de temperaturas, ambiente, bomba, motores)

SI\_\_NO\_\_

Presiones de Operación. (Comparar la presión de vacío a la entrada de la bomba con un punto interno de la red) SI\_\_NO\_\_

Consumos del motor. (Registro de amperaje de las tres fases) SI\_\_NO\_\_

Vibración del equipo. Inspección Amortiguadores de vibración y anclaje del equipo.

SI\_\_NO\_\_

Estado de tablero eléctrico /arranque, parada y alarmas. Inspección de Puntos calientes. SI\_\_NO\_\_

Análisis de ruidos, rodamientos del motor y bomba (detectoscópio mecánico).

SI\_\_NO\_\_

Estado válvulas de operación. SI\_\_NO\_\_

Inspección de fugas. SI\_\_NO\_\_

TRABAJO CONFORME: SI\_\_NO\_\_

POR LAS PARTES INVOLUCRADAS, EN SEÑAL DE ACEPTACION DEL TRABAJO, SE FIRMA EL PRESENTE REPORTE DE TRABAJO.

NOTA: DEJAR COPIA DE ESTE REPORTE, DEBIDAMENTE DILIGENCIADO AL CLIENTE.

SE HIZO: SI\_\_\_\_NO\_\_\_\_\_.

### **2.2.2.2 Mantenimiento Tipo A a equipos VMS**

1. DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE CON LETRA LEGIBLE Y SIN ENMENDADURAS NI TACHONES.
2. SE DEBE DEJAR UNA COPIA DE ESTE FORMATO COMPLETAMENTE DILIGENCIADO Y FIRMADO AL CLIENTE.
3. NO SE ACEPTAN FORMATOS SIN NOMBRES Y FIRMAS DEL TECNICO, CLIENTE Y RESPONSABLE LINDE.
4. ADJUNTAR CUADRO REPORTE DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE VACIO.

1- Registre, del Cliente, los siguientes datos:

A- Nombre:

---

B- Dirección:

---

C- Nombre Persona Contacto:

---

D- Cargo: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

2- Registre, de la Placa de Identificación del Equipo, los siguientes datos:

A- Fabricante:\_\_\_\_\_.

B- Modelo:\_\_\_\_\_.

C- No Serie:\_\_\_\_\_.

D- Año Fabricación:\_\_\_\_\_.

Esta contempla actividades de mantenimiento básico, en la que se encuentra estipulado los siguientes ítems:

Sitio de instalación. (Toma de temperaturas, ambiente, bomba, motores)

SI\_\_NO\_\_

Presiones de Operación. (Comparar la presión de vacío a la entrada de la bomba con un punto interno de la red) SI\_\_NO\_\_

Consumos del motor. (Registro de amperaje de las tres fases) SI\_\_NO\_\_

Vibración del equipo. Inspección Amortiguadores de vibración y anclaje del equipo.

SI\_\_NO\_\_

Estado de tablero eléctrico /arranque, parada y alarmas. Inspección de Puntos calientes. SI\_\_NO\_\_

Análisis de ruidos, rodamientos del motor y bomba (detectoscópio mecánico).

SI\_\_NO\_\_

Estado válvulas de operación. SI\_\_NO\_\_

Inspección de fugas. SI\_\_NO\_\_

Cambio de aceite de la bomba de vacío. SI\_\_NO\_\_

TRABAJO CONFORME: SI\_\_NO\_\_

POR LAS PARTES INVOLUCRADAS, EN SEÑAL DE ACEPTACION DEL TRABAJO, SE FIRMA EL PRESENTE REPORTE DE TRABAJO.

NOTA: DEJAR COPIA DE ESTE REPORTE, DEBIDAMENTE DILIGENCIADO AL CLIENTE.

SE HIZO: SI\_\_\_\_NO\_\_\_\_\_.

### **2.2.2.3 Mantenimiento Tipo B a equipos VMS**

1. DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE CON LETRA LEGIBLE Y SIN ENMENDADURAS NI TACHONES.
2. SE DEBE DEJAR UNA COPIA DE ESTE FORMATO COMPLETAMENTE DILIGENCIADO Y FIRMADO AL CLIENTE.
3. NO SE ACEPTAN FORMATOS SIN NOMBRES Y FIRMAS DEL TECNICO, CLIENTE Y RESPONSABLE LINDE.
4. ADJUNTAR CUADRO REPORTE DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE VACIO.

1- Registre, del Cliente, los siguientes datos:

A- Nombre:

---

B- Dirección:

---

C- Nombre Persona Contacto:

---

D- Cargo: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

2- Registre, de la Placa de Identificación del Equipo, los siguientes datos:

A- Fabricante:\_\_\_\_\_.

B- Modelo:\_\_\_\_\_.

C- No Serie:\_\_\_\_\_.

D- Año Fabricación:\_\_\_\_\_.

Esta contempla actividades de mantenimiento básico, en la que se encuentra estipulado los siguientes ítems:

Sitio de instalación. (Toma de temperaturas, ambiente, bomba, motores)

SI\_\_NO\_\_

Presiones de Operación. (Comparar la presión de vacío a la entrada de la bomba con un punto interno de la red) SI\_\_NO\_\_

Consumos del motor. (Registro de amperaje de las tres fases) SI\_\_NO\_\_

Vibración del equipo. Inspección Amortiguadores de vibración y anclaje del equipo. SI\_\_NO\_\_

Estado de tablero eléctrico /arranque, parada y alarmas. Inspección de Puntos calientes. SI\_\_NO\_\_

Análisis de ruidos, rodamientos del motor y bomba (detectoscópio mecánico). SI\_\_NO\_\_

Estado válvulas de operación. SI\_\_NO\_\_

Inspección de fugas. SI\_\_NO\_\_

Cambio de aceite de la bomba de vacío. SI\_\_NO\_\_

Cambio del exhaust filter y del gas ballast SI\_\_NO\_\_

Limpieza mirilla indicadora nivel aceite. SI\_\_NO\_\_

TRABAJO CONFORME: SI\_\_NO\_\_

POR LAS PARTES INVOLUCRADAS, EN SEÑAL DE ACEPTACION DEL TRABAJO, SE FIRMA EL PRESENTE REPORTE DE TRABAJO.

NOTA: DEJAR COPIA DE ESTE REPORTE, DEBIDAMENTE DILIGENCIADO AL CLIENTE.

SE HIZO: SI\_\_\_\_NO\_\_\_\_\_.

#### 2.2.2.4 Mantenimiento tipo C a equipos VMS

1. DILIGENCIAR EL FORMATO COMPLETAMENTE CON LETRA LEGIBLE Y SIN ENMENDADURAS NI TACHONES.
2. SE DEBE DEJAR UNA COPIA DE ESTE FORMATO COMPLETAMENTE DILIGENCIADO Y FIRMADO AL CLIENTE.
3. NO SE ACEPTAN FORMATOS SIN NOMBRES Y FIRMAS DEL TECNICO, CLIENTE Y RESPONSABLE LINDE.
4. ADJUNTAR CUADRO REPORTE DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE VACIO.

1- Registre, del Cliente, los siguientes datos:

A- Nombre:

---

B- Dirección:

---

C- Nombre Persona Contacto:

---

D- Cargo: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

2- Registre, de la Placa de Identificación del Equipo, los siguientes datos:

A- Fabricante:\_\_\_\_\_.

B- Modelo:\_\_\_\_\_.

C- No Serie:\_\_\_\_\_.

D- Año Fabricación:\_\_\_\_\_.

Esta contempla actividades de mantenimiento básico, en la que se encuentra estipulado los siguientes ítems:

Sitio de instalación. (Toma de temperaturas, ambiente, bomba, motores)  
SI\_\_NO\_\_

Presiones de Operación. (Comparar la presión de vacío a la entrada de la bomba con un punto interno de la red) SI\_\_NO\_\_

Consumos del motor. (Registro de amperaje de las tres fases) SI\_\_NO\_\_

Revisión estado de filtros. SI\_\_NO\_\_

Vibración del equipo. Inspección Amortiguadores de vibración y anclaje del equipo.  
SI\_\_NO\_\_

Estado de tablero eléctrico /arranque, parada y alarmas. Inspección de Puntos calientes. SI\_\_NO\_\_

Análisis de ruidos, rodamientos del motor y bomba (detectoscópio mecánico).  
SI\_\_NO\_\_

Estado válvulas de operación. SI\_\_NO\_\_

Inspección de fugas. SI\_\_NO\_\_

Cambio de aceite de la bomba de vacío. SI\_\_NO\_\_

Cambio de filtros de condensado.(exhaust filter) SI\_\_NO\_\_

Limpieza mirilla indicadora nivel aceite. SI\_\_NO\_\_

Limpieza de equipo. SI\_\_NO\_\_

Reset alarmas. SI\_\_NO\_\_

Cambio filtro cartucho del Gas Ballast (suministrado por LINDE) SI\_\_NO\_\_

Cambio Drive Coupling + Retainiing C-clip (suministrado por LINDE) SI\_\_NO\_\_

Revisar si las paletas están planeando en las ranuras del rotor cuando es girado con la mano. SI\_\_NO\_\_

Revisión cheques succión. SI\_\_NO\_\_

Revisión válvulas succión. SI\_\_NO\_\_

Revisión del sistema de retorno de aceite. SI\_\_NO\_\_

Revisión programación. SI\_\_NO\_\_

TRABAJO CONFORME: SI\_\_NO\_\_

POR LAS PARTES INVOLUCRADAS, EN SEÑAL DE ACEPTACION DEL TRABAJO, SE FIRMA EL PRESENTE REPORTE DE TRABAJO.

NOTA: DEJAR COPIA DE ESTE REPORTE, DEBIDAMENTE DILIGENCIADO AL CLIENTE.

SE HIZO: SI\_\_\_\_\_NO\_\_\_\_\_.

## **ANEXO D. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en Módulo de Tratamiento de Aire**

### **1. Alcance**

Equipos Medicinales de Tratamiento de Aire

- Propiedad de Linde
- Propiedad del cliente y mantenidos por CES bajo contrato establecido

### **2. Descripción del Proceso**

#### **2.1 Elemento de Protección personal necesarios para la tarea.**

<b>EPP</b>
Protector auditivo
Lentes de seguridad ANSI Z89
Calzado de seguridad antiderrapantes y resistentes a aceites
Casco de seguridad VIGENTE
Guantes de protección
Ropa de trabajo de seguridad Logo Linde

#### **2.2 Procedimientos**

##### **2.2.1 Ingreso a Cliente**

- Reportarse al encargado del Sistema de Aire Medicinal
- Confirmar con el encargado si requiere personal de Calidad
- Ubicación de elementos de seguridad requeridos por el cliente para el ingreso a áreas específicas

##### **2.2.2 Verificaciones Iniciales**

- Validar la línea de Filtros que está activa y en proceso
- Verificar la línea de filtros que este fuera de Línea a espera de cambio de lote.

- Compare los filtros en funcionamiento en el cliente con los que llevo como recambio y deben ser iguales.

### **2.2.3 Tareas a desarrollar**

- Inicie cambiando uno a uno cada filtro
- Cambie el filtro de Partículas
- Cambie el filtro Coalescente
- Cambie el Filtro Bacteriológico
- Con autorización farmacéutica cambie la línea de filtros
- Evalúe y verifique que el CO y el DP no varíen o se incrementen súbitamente
- Cambie los filtros de la línea que acaba de sacar acuerdo los anteriores pasos
- Verifique que el cambio de filtros no modifíco los valores de CO y DP en el monitor ENMET
- Con los cilindros de CO 0ppm y 25 ppm proceda a verificar el monitor de CO
- Deje el sistema de monitoreo fuera de línea y en directo la alimentación de aire sin control del Monitor CO ENMET
- Cambie el sensor de DP cambiando los o-ring
- Cambie el sensor CO
- Valide con el cilindro de muestra 0 ppm de CO y setee el cero del monitor
- Valide con el cilindro de muestra 25 ppm de CO que el monitor indique 25 ppm de CO
- Valide la activación de las electroválvulas de control de proceso.
- Coloque nuevamente el Monitor ENMET y el registrador en línea y evalúe los valores

### **2.2.4 Verificación Final**

- Diligencie el documento de control
- Reciba la aceptación del cliente
- Entregue a la clínica todos los elementos cambiados para disposición de ellos.
- Revise que el equipo quede operando correctamente.

## **ANEXO E. Manual de Tanques Criogénicos**

### **1. Objetivos**

Dar a conocer lo referente

### **2. Alcance**

Mantenimiento preventivo y correctivo a equipos de vacío que sean:

- Propiedad de Linde
- Propiedad del cliente y mantenidos por CES bajo contrato establecido

### **3. Descripción de los tanques**

Estas instrucciones se aplican principalmente a los tanques criogénicos verticales AGA CRYO tipo VCSP, VSSP y VMSP, a las versiones horizontales de esos tanques y a los tanques VKL.

#### **QUE ES UN GAS ATMOSFERICO?**

Es cualquiera de los gases que componen el aire: nitrógeno, oxígeno o argón.

#### **QUE ES UN GAS CRIOGENICO?**

El prefijo CRIO viene del griego y significa “frío extremo”. Técnicamente, un gas se define como criogénico cuando se ha enfriado a una temperatura inferior a - 160°C a presión atmosférica normal, y como consecuencia ha cambiado de estado gaseoso a líquido.

#### **QUE ES UN TANQUE CRIOGENICO?**

Un tanque criogénico aislado al vacío es esencialmente un termo diseñado para:

- Recibir, almacenar y suministrar gas licuado a baja temperatura.
- Conservar en su interior la baja temperatura requerida para que el gas se mantenga en estado líquido.
- Mantener la presión interna, la cual permite impulsar la salida del gas.
- Evitar que la presión interna exceda el límite permitido.



## LISTA DE PARTES

Todas las tuberías de control necesarias están en la parte delantera del tanque:

**A1**, conexión de mangueras para llenado del tanque  
**V1**, válvula de paso para llenado inferior  
**V2**, válvula de paso para llenado superior  
**V3**, válvula de paso para la fase líquida  
**V4**, válvula de paso para la fase gaseosa  
**V6**, válvula de venteo / rebose  
**V9**, válvula de paso para el suministro de gas al vaporizador de suministro al cliente

Debajo del tanque:

**R14**, regulador PER  
**B16**, válvula de retención  
**PRC**, vaporizador de aumento de presión

A la izquierda del tanque:

**S1**, dos válvulas de seguridad para el recipiente interior  
**V14**, válvula de tres vías

En la parte delantera del depósito hay un panel de instrumentos con un diagrama de flujo, instrucciones de emergencia y:

**M1/LI**, indicador de nivel de líquido  
**M2/PI**, manómetro de presión del tanque.

Justo debajo del panel:

**V50, V51, V52**, válvulas de instrumentos  
**S2**, válvula de seguridad para la sección de vacío del tanque  
**V11**, válvula del manómetro de vacío.

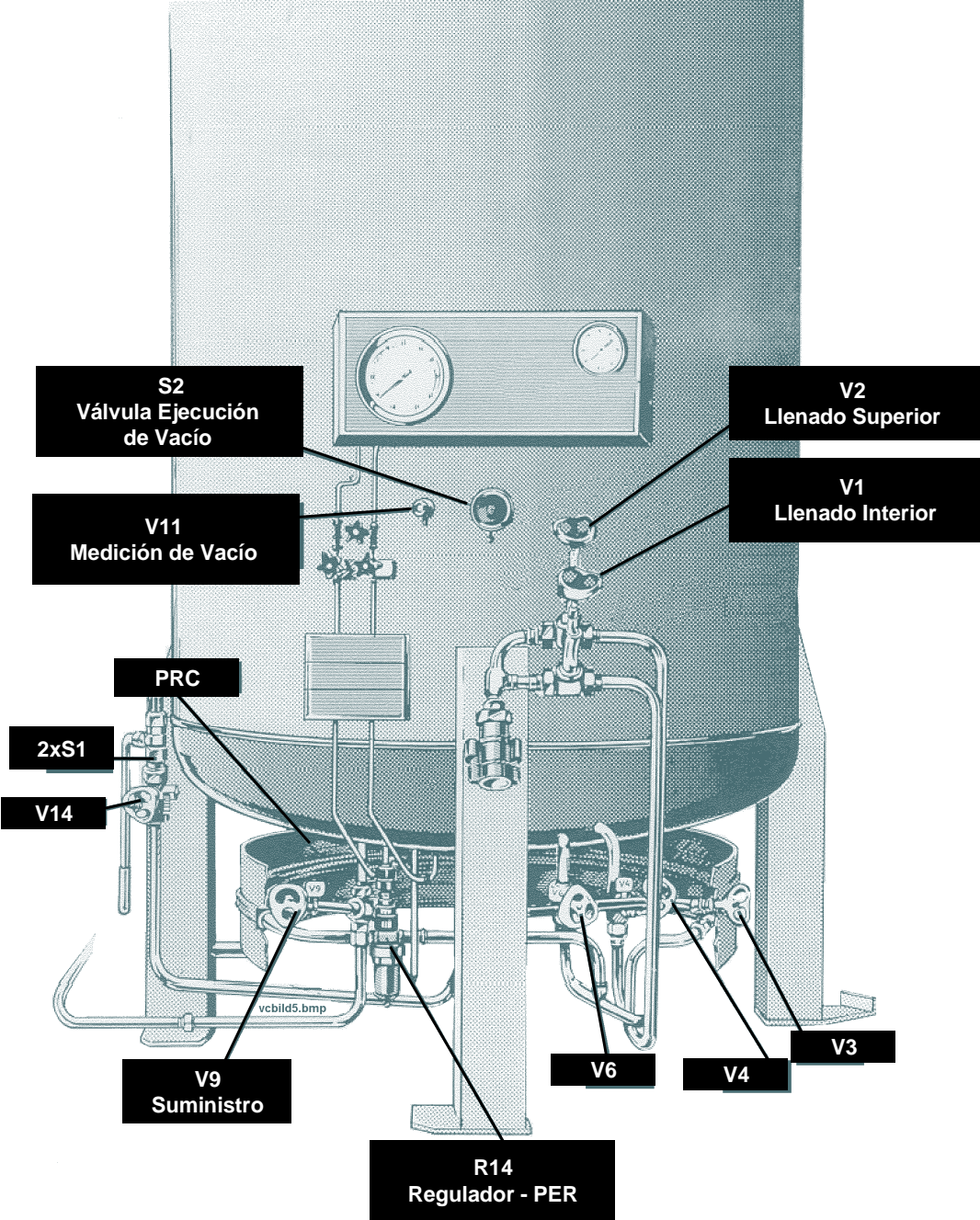
El tanque puede equiparse con los siguientes accesorios:

**V26**, válvula de extracción de gas de la fase gaseosa  
**V27**, válvula de extracción de gas de la fase líquida  
**V28**, válvula de descarga de manguera  
**R11**, válvula de limitación de presión  
**V82**, válvula de extracción de líquido.

Generalmente, después del evaporador **VAP**:

**V79**, válvula de usuario, normalmente con una válvula de retención incorporada  
**S8**, válvula de seguridad del evaporador

# LOCALIZACION DE VALVULAS E INSTRUMENTACION



## **DESCRIPCION DEL TANQUE CRIOGENICO**

### **ESTRUCTURA**

El tanque criogénico para gases del aire consta de:

- Un tanque exterior de acero al carbono.
- Un tanque interior de acero inoxidable.
- Aislamiento entre los dos tanques. El espacio entre los tanques se llena de un material aislante (perlite) y se le extrae el aire hasta crear un vacío de aproximadamente 0.13 milibares.

### **SISTEMA DE LLENADO**

El tanque se llena desde un semirremolque. Se puede hacer que el gas licuado ingrese al tanque interior ya sea por el fondo o por la parte superior. Combinar las dos alternativas permite controlar la presión interna durante el llenado.

Los elementos de control que forman parte del sistema de llenado son:

- A1: Acople para la manguera.
- V1: Válvula de paso para llenado inferior, con función de no retorno.
- V2: Válvula de paso para llenado superior, con función de no retorno.
- V6: Válvula de venteo / rebose. La salida de líquido a través de la válvula de venteo / rebose indica condición de tanque lleno.

### **SISTEMA DE REGULACION DE PRESION INTERNA**

La unidad de regulación de presión interna regula de manera automática la presión del tanque. Cumple tres funciones:

- Función de incremento de presión. El sistema permite que la presión del tanque permanezca constante mientras el nivel de líquido desciende durante la operación.
- Función economizadora: Cuando el tanque se encuentra entregando líquido al vaporizador y al proceso, el sistema evita que la presión de la fase gaseosa exceda la presión de operación.
- Función de alivio: Cuando el tanque momentáneamente no se encuentra entregando líquido al vaporizador y al proceso el sistema evita sobrepresiones por líquido atrapado en la tubería.

La unidad de regulación de presión consta de:

- R14: Regulador de incremento de presión. Normalmente es un AGA CRYO PER, con función economizadora y de alivio.
- PRC: Vaporizador de incremento de presión. Normalmente es un intercambiador de calor ambiental de aluminio instalado bajo el tanque. Para mayor capacidad de incremento de presión es posible conectar al tanque vaporizadores adicionales.

Las siguientes válvulas permiten habilitar el sistema de regulación de presión:

- V3: Válvula de extracción de gas en fase líquida para el sistema de regulación de presión.
- V4: Válvula de extracción de gas en fase gaseosa para el sistema de regulación de presión.

## **INSTRUMENTACION**

El sistema de instrumentación del tanque criogénico consta de:

- M1/LI: Indicador de nivel del tanque.
- M2/PI: Indicador de presión de la fase gaseosa.
- V50, V51 y V52: Válvulas de instrumentos.

## **SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS**

El tanque criogénico permite suministrar gas en fase líquida a través de:

- V9: Válvula de paso de gas en fase líquida al vaporizador y al proceso.

## **SISTEMA DE SEGURIDAD**

Cuando la presión interna del tanque aumenta hasta el nivel máximo permitido, automáticamente las válvulas de seguridad se abren para permitir el alivio de la presión.

Los elementos del sistema de seguridad son:

- S1: Dos válvulas de seguridad para el recipiente interior.

- V14: Válvula de tres vías.

## **VAPORIZADOR DE GAS**

En las instalaciones en las que el gas se deba utilizar en forma gaseosa, el líquido se vaporiza mediante un vaporizador que se conecta a la salida del tanque. Esta unidad consiste normalmente en uno o más módulos de tuberías de aluminio provistas de aletas que intercambian calor con el ambiente (vaporizadores ambientales).

El número y tamaño de los vaporizadores depende de:

- Tipo de gas.
- Caudales requeridos.
- Condiciones de operación.
- Temperatura ambiente.

Cuando se requieran altas capacidades de vaporización es posible usar otro tipo de vaporizadores, por ejemplo los calentados con agua o vapor.

## **DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO**

### **SUMINISTRO DE GAS AL VAPORIZADOR Y AL PROCESO**

- Al abrir la válvula V9, la presión interna del tanque empuja el líquido a través de un sifón invertido a la tubería de extracción.
- Si el gas va a utilizarse en forma gaseosa, el líquido se hace pasar a través de un vaporizador de producto VAP instalado a continuación del tanque. En el vaporizador ambiental, el calor del ambiente evapora al líquido y lo convierte en gas.
- La misma presión del tanque impulsa finalmente al gas hasta el sitio de utilización.

<b>NOTA: ES NORMAL QUE LOS VAPORIZADORES AMBIENTALES SE CUBRAN DE HIELO O ESCARCHA HASTA EN UN 50%.</b>
---

## FUNCION DE INCREMENTO DE PRESION

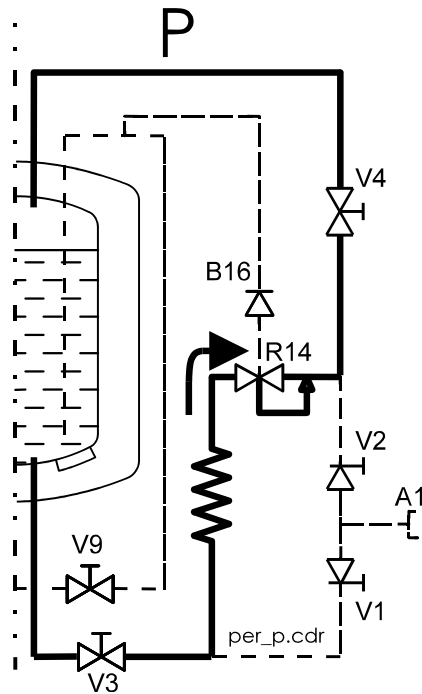


Figura 2.1 Función de incremento de presión

**NOTA: PARA QUE OPERE LA FUNCION DE INCREMENTO DE PRESION, LAS VALVULAS V3 Y V4 DEBEN HALLARSE ABIERTAS.**

- En la medida en que se extrae líquido del tanque a través de la válvula V9, el nivel del líquido desciende. Por lo tanto, aumenta el volumen de la fase gaseosa en el tanque y tiende a disminuir su presión.
- Cuando la presión del tanque desciende hasta el nivel de ajuste del regulador PER, el regulador se abre.
- El gas líquido fluye entonces a través de la válvula V3 hasta el vaporizador de incremento de presión.
- En el vaporizador de incremento de presión, el líquido se evapora y se convierte en gas.
- El gas pasa a través del regulador de incremento de presión PER y de la válvula V4 y es introducido nuevamente a la cámara de fase gaseosa del tanque. Este suministro de gas compensa el efecto del descenso del nivel de líquido y permite mantener la presión de operación.

## FUNCION ECONOMIZADORA

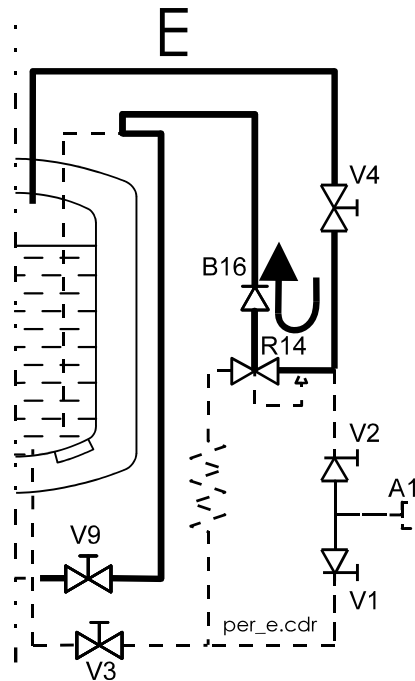


Figura 2.2 Función economizadora

**NOTA: PARA QUE OPERE LA FUNCION ECONOMIZADORA, LAS VALVULAS V4 Y V9 DEBEN HALLARSE ABIERTAS.**

- A pesar del aislamiento, algo de calor ambiental logra penetrar dentro del tanque. Este calor aumenta la temperatura del líquido y causa su evaporación.
- En los intervalos sin consumo o cuando éste es muy bajo, la evaporación del líquido puede hacer que la presión de la fase gaseosa aumente por encima de la presión de ajuste del regulador PER.
- Cuando la presión del tanque aumenta hasta el nivel de ajuste del regulador PER, el regulador se abre.
- El gas fluye entonces a través de la válvula V4, el regulador PER y la válvula de chequeo B16 hasta la válvula V9 y la tubería de extracción de producto del tanque.
- La presión del tanque descenderá rápidamente al nivel de operación debido a la extracción preferente de producto en fase gaseosa.
- El gas en fase gaseosa extraído para controlar la presión interna no se desperdicia, sino que es conducido al proceso. Por este motivo esta función se conoce como “economizadora”.

## INSTRUCCIONES DE OPERACION

**ADVERTENCIA: EN OPERACIÓN NORMAL, LAS UNICAS VALVULAS DEL TANQUE QUE NECESITA MANIPULAR EL OPERADOR SON: V3, V4 Y V9. LA MANIPULACION EQUIVOCADA DE OTRAS VALVULAS PUEDE OCASIONAR FUNCIONAMIENTO INDEBIDO DEL TANQUE, DAÑO DEL EQUIPO O LESIONES PERSONALES.**

## PUESTA EN MARCHA

- Abra las válvulas V3 y V4 para habilitar las funciones de incremento de presión y economizadora.
- Abra la válvula V9 para permitir la salida de producto del tanque al vaporizador.
- Abra la válvula V79 a la salida del vaporizador.
- Verifique la posición de acuerdo con la siguiente lista de comprobación.

## LISTA DE COMPROBACION

FUNCIÓN DE LA VÁLVULA	DENOMINACIÓN	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO	NOTA
Llenado inferior	V1	cerrada	
Llenado superior	V2	cerrada	
Fase líquida	V3	abierta	
Fase gaseosa	V4	abierta	
Nivel máximo	V6	cerrada	
Extracción	V9	abierta	
Válvula de selección	V14	posición media	
Válvula de descarga de manguera	V28	cerrada	
Válvula de instrumento	V50	abierta	
Válvula de instrumento	V51	abierta	
Válvula de instrumento	V52	cerrada	

### 3.2. PARADA CORTA

- En caso de paradas cortas (por ejemplo: por la noche o durante un fin de semana) no es necesario tomar medidas especiales. Las válvulas del tanque pueden permanecer en su posición de operación.
- Para suspender temporalmente el suministro de gas a la red de distribución, cierre la válvula de usuario V79 localizada a la salida del vaporizador de producto.

### 3.3. PARADA LARGA

En caso de paradas largas (por ejemplo: durante vacaciones):

- Cierre la válvula de usuario V79 localizada a la salida del vaporizador de producto.
- **Espere cinco minutos.** Esto para permitir que el líquido atrapado entre las válvulas V9 y V79 se evapore y regrese al tanque.
- Cierre las válvulas de paso de líquido (V3), paso de gas (V4) y extracción de producto (V9).

**PRECAUCION: NO ESPERAR CINCO MINUTOS ENTRE EL CIERRE DE V79 Y EL DE V9 OCASIONARA UNA SOBREPRESION PELIGROSA EN EL VAPORIZADOR.**

En caso de sobrepresión del vaporizador, actuará la válvula de alivio S8.

**NOTA: A PESAR DE TRATARSE DE UN TANQUE AISLADO, ES IMPOSIBLE IMPEDIR COMPLETAMENTE LA TRANSFERENCIA DE CALOR DEL AMBIENTE AL LIQUIDO. UN TANQUE AL QUE NO SE LE EXTRAIGA EL PRODUCTO EN LARGO TIEMPO EXPERIMENTARA UN AUMENTO PROGRESIVO EN SU PRESION INTERNA COMO CONSECUENCIA DE LA EVAPORACION DEL LIQUIDO. TAN PRONTO LA PRESION INTERNA LLEGUE AL VALOR MAXIMO PERMISIBLE, EL TANQUE DEJARA ESCAPAR PRODUCTO A LA ATMOSFERA A TRAVES DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD PARA ALIVIAR LA PRESION INTERNA.**

## ANEXO F. Procedimiento de Limpieza y Pintura de Tanques Criogénicos

### 1. Objetivos

Realizar un procedimiento que permita cumplir paso a paso las tareas necesarias para realizar las tareas de pintura en tanques criogénicos propiedad de LINDE Colombia S.A.

### 2. Alcance

Este estándar técnico establece los requerimientos mínimos obligatorios que deben considerarse para la pintura en obra de tanques criogénicos propiedad de LINDE COLOMBIA S.A.

### 3. Descripción del Proceso

#### 3.1 DEFINICIONES

Las siguientes palabras tendrán las definiciones dadas a continuación siempre que sean utilizadas en la presente especificación:

**Pintura:** Es un producto generalmente líquido o sólido que al aplicarse sobre un objeto se adhiere a él y forma una capa o película que cumple sus funciones de diseño. La palabra “pintura” como se usa en este estándar incluye emulsiones, esmaltes, lacas, pinturas, materiales de sellado, catalizadores, pigmentos, barnices, diluyentes, resinas y otros materiales de pintura usados para las capas de base, intermedias y acabado final.

**Pintura de Mantenimiento (Maintenance Painting):** Es la pintura de estructuras o instalaciones en servicio que han sido previamente y completamente pintadas y que requieren retoque o repintado.

**Pintura en Obra (Field Painting):** Es la pintura que se aplica a estructuras o instalaciones nuevas o reconstruidas (al acero estructural, por ejemplo), en el lugar de montaje, antes o después del mismo.

**Pintura en Taller (Shop Painting):** Es la pintura que se aplica a un elemento (al acero estructural, por ejemplo) en un taller o planta antes de embarcarlo al sitio de montaje.

**Aelgazadores (Thinner, Varsol, Xilol Técnico):** Disolventes

### **3. INSPECCIÓN DEL LUGAR**

Antes de comenzar la tarea, las superficies a pintar y alrededores se deben inspeccionar para lograr cumplir los requerimientos descriptos anteriormente.

### **4. GENERALES**

#### **4.1 Instrucciones del fabricante**

Las pinturas se prepararán y aplicarán de acuerdo con esta especificación y las instrucciones impresas dadas por el fabricante. En los lugares donde se vayan a preparar las pinturas habrá copias de las instrucciones dadas por el fabricante, expuestas convenientemente para las consultas a que haya lugar.

#### **4.2 Condiciones del tiempo**

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Se pintarán sólo superficies completamente secas
- b) No se podrán adelantar trabajos de pintura si se produjera alguna de las siguientes condiciones:
  - 1. Temperatura inferior a 4°C o superior a 38°C.
  - 2. Humedad relativa por encima del 90%.
  - 3. Si las superficies recién pintadas pueden ser dañadas por lluvia, polvo, niebla o condensación.
  - 4. Si la exposición a la lluvia, polvo, niebla o condensación puede ocurrir durante el secado.
- c) Si las condiciones atmosféricas son adversas,
- d) Los elementos se podrán pintar en recintos ventilados siempre y cuando se provean medios para controlar artificialmente las condiciones dentro del ambiente.
- e) Las temperaturas de las superficies a pintar, el aire ambiente y la pintura deben estar dentro de los límites recomendados por el fabricante, pero por lo menos 4°C encima del punto de rocío.

### **4.3 Equipos**

Si se usan líneas de aire comprimido para operaciones de pintura por pulverización y/o limpieza con chorro de arena, se utilizarán separadores de aceite y de agua en la línea de aire comprimido, con el objeto de eliminar el aceite y la humedad del aire antes de usarse. Los separadores se ubicarán después del compresor y antes de la pistola correspondiente, tan cerca como sea posible de esta última.

## **5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO Y ALMACENAMIENTO DE PINTURAS**

### **5.1 Almacenamiento**

- a) Todos los productos se deben almacenar en sitios limpios, secos, bien iluminados, con buena ventilación natural o forzada y protegidos de llamas, chispas, luz directa del sol o calores excesivos. Los arrumes se deben hacer de tal forma que no ofrezcan riesgos de caídas o deterioro.
- b) Siempre debe usarse primero la pintura cuya fecha de fabricación sea la más antigua.
- c) Durante el almacenamiento los envases deben permanecer bien tapados y alejados de toda fuente de calor. Los contenedores que han sido abiertos deben usarse primero.
- d) Preferiblemente, todas las pinturas y disolventes deben almacenarse en sitio independiente totalmente dedicado a ello.
- e) La pintura susceptible de daño por baja temperatura debe mantenerse en espacios de almacenamiento cálidos.

### **5.2 Manejo**

En el manejo de pinturas se deben tomar las precauciones necesarias para evitar salpiques y derrames; se deben eliminar todas las fuentes de calor y prevenir y dispersar las concentraciones de vapores. Está absolutamente prohibido fumar durante el almacenamiento, manejo y aplicación de pinturas.

Cuando se manejan líquidos inflamables se deben evitar los riesgos de electricidad estática, así, cuando se vacíen materiales inflamables líquidos de un recipiente a otro, estos deben estar en contacto permanente o ambos conectados a tierra.

En las zonas de trabajo, las cantidades de pintura, disolventes y otros líquidos inflamables deben ser lo más mínimo posible. Todos los recipientes que contengan productos inflamables se deben mantener bien tapados cuando no se esté trabajando con ellos. Los envases vacíos deben taparse y almacenarse en un lugar seguro y bien ventilado.

### **5.3 Aspectos Sanitarios**

Los principales peligros que se presentan en la aplicación de las pinturas son los riesgos contra la salud y el fuego, ocasionados ambos por concentraciones altas de disolventes y otros componentes de la pintura en la atmósfera. Las medidas de seguridad recomendadas para evitar dichos riesgos son: la separación efectiva de los procesos, el aislamiento de las zonas de pintura y la ventilación apropiada.

### **5.4 Aspectos de seguridad y aseo**

Se deben tener presente los siguientes aspectos:

- a) No se permitirán concentraciones de gases y vapores que involucren peligro de explosión. En todos los espacios cerrados se contará con suficiente ventilación forzada para mantener las concentraciones de gases y vapores a un nivel seguro. Los gases y vapores se expelerán hacia afuera.
- b) No está permitido fumar ni cargar fósforos o encendedores en zonas de almacenamiento, manejo o aplicación de pinturas o disolventes.
- c) No se usarán motores ni herramientas que produzcan chispas. Cuando sea absolutamente necesario su utilización, los motores de combustión interna se deben proveer de silenciadores y ahogadores de chispas.
- d) Se deben evitar llamas abiertas, calentadores y aparatos eléctricos sin protección en los sitios donde se esté pintando, almacenando o manejando pinturas o disolventes.
- e) Todos los equipos eléctricos deben estar conectados a tierra.
- f) Antes de vaciar líquidos inflamables de un recipiente metálico a otro metálico, se deben poner en contacto directo y permanente o aislarlos con conexiones a tierra.
- g) Se deben proveer extintores de espuma, polvo seco, BCF o CO<sub>2</sub>.
- h) No se debe permitir que los derrames de pintura o disolvente caigan en drenajes o tuberías de agua. Inmediatamente ocurran se deben detener con arena o tierra, recogerlos y echarlos en un recipiente metálico, taparlo bien y ubicarlo alejado de toda fuente de calor, en un sitio asignado a las basuras y descartes.

- i) Las estopas, papeles, envases vacíos y demás desechos inservibles del trabajo de pintura se deben depositar en un recipiente metálico, taparlo muy bien y separarlo lejos de toda fuente de calor, en el lugar asignado a las basuras y descartes.

## **6. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES**

Los siguientes procedimientos no reemplazan los procedimientos del fabricante de la pintura, por lo que aquellos primarán sobre lo indicado en los siguientes numerales, cuando existan contradicciones o discrepancias.

### **6.1 Procedimiento Mínimo – Preparación de Superficies Metálicas**

La preparación de las superficies a pintar se hará de acuerdo con las instrucciones impresas del fabricante de la pintura a utilizar. El procedimiento mínimo de preparación aceptable es como sigue:

- a) Remueva la humedad, aceites, grasas, sales, óxidos, productos de la corrosión, polvo, toda clase de mugre y suciedad, sustancias químicas, cascarilla de soldadura, salpicadura y demás contaminantes.
- b) Remueva el hollín y la costra de laminado (calamina.)
- c) Elimine la pintura dañada y la no adherida correctamente, en las áreas dañadas.
- d) Elimine los cantos vivos rotos en la pintura existente.
- e) Si la superficie presenta focos de oxidación y/o zonas descubiertas, se hará limpieza hasta grado metal blanco.
- f) Si se va a repintar y la pintura está en buen estado, se hará una limpieza cuidadosa con el fin de que haya buena adherencia.

En general para superficies de acero estructural, tubería, tanques, recipientes y demás se debe tener en cuenta que:

- a) Todas las superficies a pintar deben estar libres de humedad, aceites, herrumbre, partículas de soldadura u otros contaminantes que afecten la buena adherencia de la pintura al metal
- b) Donde se utilice o especifique que la limpieza y preparación de la superficie sea por chorro de arena abrasiva, el área debe ser pintada antes de que aparezca cualquier signo de herrumbre u otros deterioros en la superficie

- c) La arena abrasiva debe ser limpia, seca y libre de aceites u otros contaminantes. El tamaño de la partícula debe ser capaz de producir el perfil de anclaje requerido por el fabricante de la pintura. El reciclaje de arena no es permitido.

## **6.2 Primeras Capas de Pintura**

El material base o las manos de pintura aplicadas anteriormente deben estar limpias y secas antes de pintarse de nuevo. Excepción: Ciertas pinturas se podrán aplicar a superficies húmedas si así lo permiten o lo requieren las instrucciones impresas del fabricante.

## **6.3 Sistemas de Limpieza Aplicados**

### **6.3.1 “Comercial Blast Cleaning”**

Cuando este numeral sea citado en el Plan de Pinturas, las superficies se prepararán de acuerdo con la especificación SSPC-SP6 “*Commercial Blast Cleaning*” inmediatamente antes de la aplicación de la primera capa de pintura. Se presentará una limpieza de al menos las 2/3 partes de cada una de las áreas de la limpieza total. Debe quedar libre de todo residuo visible, polvo, aceite y pintura en mal estado.

### **6.3.2 “Near White Blast Cleaning”**

Cuando este numeral sea citado en el Plan de Pinturas, las superficies se prepararán de acuerdo con la especificación SSPC-SP10 “*Near White Blast Cleaning*” inmediatamente antes de la primera mano de pintura. Se presentará una limpieza en la cual el 95 % de cada una de las zonas de la superficie total esta libre de todo residuo visible

### **6.3.3 “White Blast Cleaning”**

Cuando este numeral sea citado en el Plan de Pinturas, las superficies se prepararán de acuerdo con la especificación SSPC-SP5 “*White Blast Cleaning*” inmediatamente antes de la primera mano de pintura. Se presentará una eliminación total de calamina, corrosión, herrumbre, productos extraños visibles, dando un perfil óptimo de anclaje.

### **6.3.4 “Power Tool Cleaning”**

Cuando este numeral sea citado en el Plan de Pinturas, las superficies se prepararán de acuerdo con la especificación SSPC-SP3 “*Power Tool Cleaning*”

inmediatamente antes de la primera mano de pintura. Se presentará un área libre de partículas contaminantes, tales como pintura, corrosión, herrumbre, grasas, aceites.

### **6.3.5 “Hand Tool Cleaning”**

Cuando este numeral sea citado en el Plan de Pinturas, las superficies se prepararán de acuerdo con la especificación SSPC-SP2 “*Hand Tool Cleaning*” inmediatamente antes de la primera mano de pintura. Se debe remover partículas tales como pinturas, corrosión y cualquier elemento foráneo en las áreas de pintura.

## **7. RETOQUES DE PINTURA**

Las partes de pintura dañadas que exijan ser retocadas deben tener una preparación de superficie igual a la exigida antes del retoque. La aplicabilidad de la pintura a los retoques (espesor y color) debe ser consistente con las especificaciones anteriores a su instalación. Estos retoques aplican para los tanques de acero de propiedad de AGAFANO.

Las superficies galvanizadas dañadas se recubrirán de una capa local de anticorrosiva inorgánica de zinc “zinc-coat), fabricado por Pintuco. (Se podrá utilizar una pintura equivalente, previa autorización del Administrador del Contrato.

## **8. PREPARACIÓN DE LA PINTURA**

La pintura se entregará en el lugar de la obra en recipientes originales, rotulados y sin abrir. Los rótulos de los recipientes deben ser legibles en el momento de usarse la pintura y contendrán marca, color, referencia, instrucciones de uso, nombre del fabricante, fecha de envase y número de lote.

Todo recipiente que no contenga el rótulo o que conteniéndolo esté roto, ilegible, alterado o cambiado debe ser rechazado por El Administrador del Contrato y retirado inmediatamente de las instalaciones de la Empresa.

La preparación de la pintura se hará siguiendo siempre y estrictamente las instrucciones impresas de fabricante de la pintura a utilizar.

Las pinturas de dos o más componentes, después de preparada la mezcla, tienen un tiempo de vida limitada, por lo que se debe preparar solamente lo que se va a requerir y utilizar en un tiempo relativamente corto.

Cuando así se especifique, se usarán mezcladoras mecánicas para agitar la pintura lo suficiente como para mezclar el pigmento y el vehículo antes de usarse. Los recipientes de pintura a presión deben estar equipados con mezcladoras mecánicas para mantener el pigmento en suspensión.

Los diluyentes que se agreguen a la pintura ESMALTE TIPO 1 (PINTUCO y/o ICO) y es de XILOL TECNICO y/o VARSOL INDUSTRIAL, si se requiere un secado extra rápido se diluirá con THINER EXTRAFINO-

## **9. APLICACIÓN DE PINTURAS**

La capa de retoque en aceros que ya tiene la primera mano de pintura, y la primera mano en superficies de acero limpiadas a chorro, se podrán pintar por pulverización o con brocha. Es aceptable una combinación de pintura por pulverización seguida por una mano de brocha.

La pintura se aplicará sin que se corra o fluya y con un mínimo de sobre pulverización. Los remaches, soldaduras, pernos, hendiduras y otras irregularidades deben recibir el mismo recubrimiento de las áreas adyacentes lisas.

Las costuras abiertas de superficies en contacto que pudieran retener humedad deben sellarse con masilla de calafatear aprobada antes de aplicarse la segunda mano de pintura.

Las pinturas interiores no deben aplicarse hasta que el área esté cerrada. Las superficies de acero que no estén galvanizadas en caliente y que sean inaccesibles después de completado el montaje se pintarán completamente antes del montaje o de quedar inaccesibles.

Los colores distintos en una misma superficie se encontrarán en una línea definida.

Durante la preparación y pintado se tomarán precauciones para prevenir daños o salpicaduras a pisos y superficies y equipos adyacentes tales como manómetros, interruptores, tomacorrientes, soleras, letreros, placas indicadoras, instrumentos, etc.

La aplicación de la pintura se hará siguiendo siempre y estrictamente las instrucciones impresas de fabricante de la pintura a utilizar. Cuando el fabricante indique varias formas posibles de aplicación (pistola, brocha, rodillo, etc.) El Administrador del Contrato respetara la norma interna de AGAFANO referente al medio ambiente ISO 14000 aplicando únicamente con rodillo.

Cada mano sucederá a la anterior dentro de los límites de tiempo fijados por el fabricante de las pinturas. Las capas ultra lisas o duras deben recibir preparación adicional, de acuerdo con los requerimientos de esta especificación o del fabricante de la pintura, para asegurar la adherencia de las capas sucesivas.

## **10. ENSAYOS E INSPECCIONES**

El Administrador del Contrato es el encargado de aceptar o rechazar la pintura, por tal motivo debe realizar inspecciones periódicas y al final de cada capa, a fin de verificar el espesor recomendado y la calidad del acabado de la pintura. Las especificaciones para los sistemas de pintura establecen espesores mínimos de película seca que deben cumplir para una máxima eficiencia, por lo tanto, el contratista debe investigar e inspeccionar en el lugar la preparación de superficies, la preparación y aplicación de la pintura, y la capa aplicada y completamente seca. Para ello suministrará y usará, entre otros, los siguientes instrumentos debidamente calibrados:

- a) Calibrador para espesor de películas secas, del tipo magnético, tal como el Microtest o Elcometer, con alcance de 0 a 1.02mm (0 a 40 mils).
- b) Comparador de perfiles de superficie, tal como el Keane-Tator.
- c) Lupa de 5 aumentos (5X) por lo menos.

El contratista debe inspeccionar, ensayar, verificar y documentar lo siguiente:

- a) Antes de ser pintadas se verificará que las superficies estén libres de aceite, grasa, tiznes y otros contaminantes.
- b) Los espesores de películas secas sobre acero se medirán con el calibrador de espesores. El espesor total mínimo de la capa seca se medirá a partir de las cimas de las irregularidades causadas por la limpieza a chorro o por otras causas.

Los defectos detectados por los ensayos e inspecciones precedentes deben repararse y volverse a ensayar.

**TABLA 1. ANEXO F - LISTA DE MATERIALES DE PINTURA**

Nombre / <i>1.1.1.1.1.1.1.1.1 Tipo Genérico</i>	Referencia PINTUCO*	Código
Wash-Primer / Vinilo	110.027 110.028	*WP
Imprimante de Vinilo / Vinílico Modificado	117.045	*IV
Anticorrosiva Fenólica / Fenólica Modificada	110.021	*FN
Anticorrosiva Aroflex / Caucho Clorado	110.042	*AA
PINTULUX / ICOLUX TIPO 1 ESMALTE	113.221	*PC

## ANEXO G. Recuperación y Mejoramiento de Vacío en Tanques

### 1. Objetivos

Establecer las tareas a desarrollar para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de vacío medicinal instalados en clientes.

### 2. Alcance

Mantenimiento de recuperación y mejoramiento de vacío en tanques.

- Propiedad de Linde
- Propiedad del cliente y mantenidos por CES bajo contrato establecido

### 3. Descripción del Proceso


#### 3.1 Elemento de Protección personal necesarios para la tarea.

EPP
Protector auditivo
Lentes de seguridad ANSI Z89
Calzado de seguridad antiderrapantes y resistentes a aceites
Casco de seguridad VIGENTE
Guantes de protección
Ropa de trabajo de seguridad Logo Linde

### 3.2 Procedimientos

#### Procedimiento para Verificación de Vacío

Procedimiento para verificación de vacío			
Paso	Acción		
1	Comprobar la existencia de zonas de escarcha en la pared del recipiente.		<input type="checkbox"/>
2	<p>Si es posible, confirmar visualmente que no haya daños en la brida de descarga en la camisa exterior o que los discos de ruptura del recipiente externo estén intactos.</p> <p>Si la brida está dañada o el disco ha estallado puede haber perlita en el suelo alrededor del recipiente. Esto es un indicio de la existencia de una falla en la tubería del contenedor interno o en el espacio intermedio la cual requiere atención inmediata. Detener este procedimiento y seguir el Procedimiento de Presión Positiva en el Espacio Intermedio.</p>		<input type="checkbox"/>
3	<p>Verificar que no exista corrosión severa en el recipiente externo. La corrosión que haya corroído el espesor de la pared afectará el vacío.</p> <p>Si la camisa está severamente afectada por la corrosión el recipiente <b>debe</b> retirarse del servicio y eliminarse del sitio.</p>		<input type="checkbox"/>
4	<p>Verificar la lectura de vacío.</p> <p>Si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El recipiente tiene una válvula de prueba de vacío, conectar el cabezal del termopar a la válvula de prueba de vacío y verificar el vacío, ir al paso 6.</li> <li>• Si el recipiente es un LITS de Linde usar el procedimiento descrito en el <a href="#">Manual para la Prueba de Vacío de Tanques LITS</a></li> <li>• Para otros recipientes sin válvula de prueba, ir al paso 7.</li> </ul>		<input type="checkbox"/>
5	Salvo que ya se encuentre instalado, conectar el tubo del termopar a la válvula de prueba de vacío usando el material sellador.		<input type="checkbox"/>
	a)	Conectar el vacuómetro de prueba de vacío, asegurando que se encuentre correctamente alineado. Calibrar el vacuómetro si es necesario.	
	b)	Abrir la válvula de prueba de vacío.	
	c)	Esperar unos tres minutos para que se equilibre cualquier pérdida de vacío en el tubo del termopar.	
	d)	Comprobar la lectura de vacío.	
	e)	Ir al paso 7.	
6	Quitar la brida ciega de la válvula de vacío del recipiente.		<input type="checkbox"/>
	a)	Conectar el equipo de prueba de vacío de acuerdo con las instrucciones del fabricante del recipiente.	

Procedimiento para verificación de vacío		
Paso	Acción	
	b)	Si está instalada, abrir la válvula.
	c)	Verificar la lectura de vacío de acuerdo con las instrucciones del fabricante del recipiente.
	d)	Si está instalada, cerrar la válvula de vacío.
		Para los recipientes de hidrógeno líquido, u otros recipientes instalados en un área donde pueda haber gases inflamables, los equipos de medición de vacío <b>deben</b> ser adecuados para la clasificación de Área Peligrosa por la presencia de gases inflamables.
7a	Si la lectura de vacío de un recipiente nuevo o instalado recientemente es igual a o inferior a las lecturas indicadas aquí el vacío es aceptable. Retirar el equipo de medición y finalizar el procedimiento.	<input type="checkbox"/>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• para recipientes de argón líquido, dióxido de carbono, etileno, gas natural líquido, nitrógeno, óxido nitroso y oxígeno; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ aislamiento de perlita – hasta 75 micrones (2.95 en Hg)</li> <li>○ aislamiento multicapa – hasta 7.5 micrones (<math>2.95 \times 10^{-1}</math> en Hg)</li> </ul> </li> <li>• para recipientes de hidrógeno líquido; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ aislamiento de perlita - hasta 50 micrones (1.97 en Hg)</li> <li>○ aislamiento multicapa – hasta 5 micrones (<math>1.97 \times 10^{-1}</math> en Hg)</li> </ul> </li> </ul>	
7b	Si la lectura de vacío de un recipiente que ha estado en servicio durante algunos años es igual a, o inferior a aquellas indicadas aquí el vacío es aceptable. Retirar el equipo de medición y finalizar el procedimiento.	<input type="checkbox"/>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aislamiento de perlita – menos de 300 micrones (<math>1.181 \times 10^{-1}</math> in Hg )</li> <li>• aislamiento multicapa – menos de 10 micrones (<math>3.937 \times 10^{-4}</math> en Hg).</li> </ul>	

Procedimiento para verificación de vacío		
Paso	Acción	
8	Verificar el puerto de vacío: <ul style="list-style-type: none"> <li>• para las válvulas con sello de diafragma:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿la válvula está dañada, seca o envejecida?</li> <li>• ¿la válvula está floja o dañada?</li> <li>• ¿el puerto de vaciado de la válvula está tapado o con una brida ciega, y está ajustado?</li> </ul> </li> <li>• Para el diseño de puerto de vacío tipo clamp               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿los sellos internos están dañados, secos o envejecidos?</li> <li>• ¿la abrazadera está floja o dañada?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Nota:</b> Este control requerirá romper el vacío.</p>	
	<b>Si</b>	<b>entonces...</b>
	se detecta una falla en el puerto de vacío	Reemplazar/ reparar la válvula de vacío según sea necesario. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si hay alguna duda acerca del estado de la válvula la misma debería reemplazarse:</li> <li>• El cuerpo de la válvula de vacío es de aluminio – reemplazar con una válvula nueva.</li> <li>• El cuerpo de la válvula de vacío es de acero – instalar un nuevo headset y diafragma.</li> <li>• Instalar nuevos sellos, los cuales deberían lubricarse levemente con grasa para vacío.</li> <li>• Ir al <a href="#">Procedimiento para Evacuación por Vacío</a>.</li> </ul>
	no se ha detectado ninguna falla	Es necesario realizar una investigación más profunda. Un contratista especializado deberá realizar esta tarea. Contáctese con la Gerencia de CES para recibir instrucciones sobre cómo proceder.

## Procedimiento para la Evacuación por Vacío de Recipientes Fríos

Procedimiento para la Evacuación por Vacío de Recipientes Fríos		
Paso	Acción	
1	<p>Conectar la bomba de vacío de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes del recipiente y de la bomba de vacío.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los recipientes LITS de Linde, usar el procedimiento en el <a href="#">Manual para la Prueba de Vacío de Tanques LITS</a>.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> Asegurarse de utilizar una fuente eléctrica segura para la alimentación de la bomba de vacío.</p>	<input type="checkbox"/>
2	<p><b>Mantener la válvula de vacío cerrada y evacuar la sección desde la bomba de vacío hasta la válvula de vacío del recipiente.</b></p> <p><b>Nota:</b> La bomba debería funcionar en vacío para determinar efectivamente qué vacío alcanzará la misma. Junio de 2008</p>	
3	<p>Abrir lentamente la válvula de vacío del recipiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La apertura lenta garantizará que el filtro de vacío en el espacio intermedio del recipiente no se obstruya con perlita como consecuencia de un aumento repentino del aire atmosférico, lo cual restringiría el proceso de evacuación.</li> </ul>	
	<p><b>Nota:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo de evacuación recomendado puede variar según el tipo de bomba.</li> <li>• El representante de CES debería regresar al sitio en los plazos indicados para confirmar que la lectura de vacío esté mejorando.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recipiente hasta 2 000 litros (525 galones americanos) – 12 horas</li> <li>2. Recipientes en el rango entre 2 000 y 5 000 litros (525 - 1320 galones americanos)– 24 horas</li> <li>3. Recipiente en el rango entre 2 000 y 20 000 litros (525 - 5280 galones americanos)– 48 horas</li> <li>4. Recipiente de 20 000 litros (5280 galones americanos) y por encima de esta capacidad – 72 horas.</li> </ol> </li> <li>• Si durante este tiempo no hubo ninguna mejora será necesario que un contratista especializado realice una investigación más profunda. Contáctese con la Gerencia de CES para obtener instrucciones sobre cómo proceder.</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
4	Continuar con el proceso de bombeo hasta alcanzar el nivel de vacío requerido, esto es:	
	<b>Para este tipo de recipiente...</b>	<b>La lectura de vacío debería ser</b>
	argón líquido, dióxido de carbono, nitrógeno, óxido nitroso y oxígeno	aislamiento de perlita - 75 micrones (2.953 en Hg) o menos

Procedimiento para la Evacuación por Vacío de Recipientes Fríos		
Paso	Acción	
		aislamiento multicapa $-7.5$ ( $2.953 \times 10^{-1}$ en Hg) micrones o menos
	hidrógeno líquido	aislamiento de perlita - 50 micrones ( $1.969$ en Hg) o menos
		aislamiento multicapa $-5$ micrones ( $1.969 \times 10^{-1}$ en Hg) o menos.
	<b>Nota:</b>	Los niveles de vacío arriba indicados deberían poder alcanzarse cuando el recipiente se encuentra caliente. Para este procedimiento de evacuación de recipientes fríos las lecturas de vacío deberían ser menores a las que se muestran.
5	Desconectar la bomba de vacío de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	
	a)	Para recipientes LITS, usar el procedimiento en el <a href="#">Manual para la Prueba de Vacío de Tanques LITS</a> .
	b)	Para puertos de vacío con válvulas, cerrar la válvula de vacío del recipiente antes de desconectar la bomba y la manguera.
	c)	Colocar nuevos sellos en el puerto de vacío.
6	Comprobar el vacío 24 horas después haber terminado la evacuación. <ul style="list-style-type: none"> <li>Si el vacío ha deteriorado se requiere una investigación más profunda por un contratista especializado. Contáctese con la Gerencia de CES para obtener instrucciones sobre cómo proceder.</li> </ul>	

## **ANEXO H. Overhaul de Tanques Criogénicos**

### **PROCEDIMIENTO DE ALISTAMIENTO**

#### **1. RECEPCIÓN DE TANQUE**

- Revisión de figuración de tanque:
- Comparativo con el P&D del tanque de acuerdo a su referencia
- Evaluación de accesorios para cambio
- Alistamiento de repuestos
- Alistamiento de tuberías para estandarizar el tanque

#### **2 DESARMADO Y EVALUACIÓN DE CONEXIONES**

- Verificación de conexiones, tuercas, conos y otros
- Limpieza de todos los accesorios del equipo
- Verificación de asientos y prensa estopa de válvulas
- Limpieza y brillo de accesorios
- Pintura de volantes de válvula
- Verificación de líneas de indicador de Nivel
- Inertización de tanque con nitrógeno gaseoso

#### **3 FIGURACIÓN DE TANQUE**

- Montaje de tuberías y figuración acuerdo P&D
- Procedimiento de montaje de conos y conectores para ensamblaje
- Montaje de Accesorios
- Montaje de Indicador de Nivel

#### **4 VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE SEGURIDAD Y MEDICIÓN**

- Acuerdo procedimiento Verificación de Indicador de Nivel
- Pruebas de Válvulas de Seguridad
- Pruebas de Regulador PER y regulador acuerdo P&D
- Verificación de Vacío y mejoramiento o recuperación de vacío acuerdo procedimiento.
- Verificación de Válvula de tres vías

#### **5 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD Y DE CONTROL DE PRESIÓN**

- Presurización a 5 bar de tanque Criogénico y revisión de fugas
- Corrección de fugas evaluadas
- Prueba de presión a 12 bar

- Prueba de control de presión por tres días sin cambio de presión
- Etiquetado de elementos de Control

## **6 ALISTAMIENTO FINAL Y ENTREGA DE TANQUE**

- Etiquetado y señalización de accesorios
- Marcado de tanque acuerdo producto a manejar
- Colocación de rombos NFPA
- Verificación de alistamiento acuerdo requisitos de proyecto
- Protocolo de entrega de tanque y recepción por parte de supervisor LINDE para cierre de alistamiento

## ANEXO I. Listado de Herramienta y Consumibles

### Elementos de Protección Personal para personal que laborara en Instalaciones de clientes

EPP
Protector auditivo
Lentes de seguridad ANSI Z89
Calzado de seguridad antiderrapantes y resistentes a aceites
Casco de seguridad VIGENTE
Guantes de protección
Guantes Criogenicos
Braga Nomex IIIA
Braga de algodón
Ropa de trabajo de seguridad Logo Linde
Chaqueta termica Logo LINDE
Arnes con Slinga y amortiguador de caída*

\* Para trabajos en alturas mayores a 1,5 metros

HERRAMIENTAS SUGERIDAS PARA TECNICO MECANICO CRIOGENICO				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	OPCIONAL
1	CORTATUBO, REBORDEADOR Y ABOCINADOR JUEGO DE 3PZS	JUEGO	1	
2	ACEITERA METALICA DE 250CC	EA	1	
3	ALICATE AISLADO ELECTRICISTA DE 8"	EA	1	
4	BOTADORES TRABAJO PESADO JUEGO DE 5PZS 1/4" HASTA 3/4" PAREJO	JUEGO	1	
5	CALIBRADOR DE GALGAS MIXTO DE 0.0015" A 0.035" - 0.038MM A 0.889MM 32 HOJAS POR 12" L	JUEGO	1	
6	CALIBRADOR DE GALGAS MIXTO DE 0.0015" A 0.035" - 0.038MM A 0.889MM 32 HOJAS POR 4" L	JUEGO	1	
7	CINCELES DESDE 3/8" HASTA 3/4"	JUEGO	1	
8	LLAVE COPA PARA BUJIA CUADRANTE DE 1/2" X 13/16"	EA	1	
9	LLAVE COPA PARA BUJIA CUADRANTE DE 1/2" X 5/8"	EA	1	
10	LLAVES COPA CUADRANTE 1/2". JUEGO DE 22 PZS 3/8" - 1 1/8"	JUEGO	1	
11	LLAVES COPA CUADRANTE 3/4". JUEGO 1 1/4" - 3"	JUEGO	1	
12	COPAS CUADRANTE DE 3/8" DESDE 8MM HASTA 19MM CON VOLVEDOR, EXTENSIONES Y RATCHE	JUEGO	1	
13	COPAS CUADRANTE DE 3/8" DESDE 5/16" HASTA 3/4" CON VOLVEDOR, EXTENSIONES Y RATCHE			
14	CORTAFRIO FRONTAL DE 6"	EA	1	
15	DESTORNILLADORES JUEGO DE 7 PZS AUSLADO 1000 V	JUEGO	1	

16	ESPATULA DE 3"	EA	1	
17	FLEXOMETRO DE 5MT GLOBAL CINTA 1/2"	EA	1	
18	ALICATE HOMBRESOLO DE 10" CURVO	EA	1	
19	LIMAS DE 8" PARA MECANICO 5PZAS ( PLANA, CUADRADA, REDONDA Y M/CAÑA )	JUEGO	1	
20	LLAVE EXPANSION DE 12" CROMADA	EA	1	
21	LLAVE EXPANSION ENCAUCHETADA DE 15" PROFESIONAL	EA	1	
22	LLAVE PARA TUBO DE 8" PARA TUBO HASTA 1.1/2"	EA	1	
23	LLAVE PARA TUBO DE 12" PARA TUBO HASTA 2"	EA	1	
24	LLAVE PARA TUBO DE 18" PARA TUBO HASTA 2.1/2"	EA	1	
25	LLAVES BOCA FIJA DESDE 1/4" HASTA 1"	EA	1	
26	LLAVES BRISTOL DE 1.5MM A 10MM JUEGO DE 10PZS	JUEGO	1	
27	LLAVES BRISTOL DE 1/16" A 3/8" JUEGO DE 10PZS	JUEGO	1	
28	MACETA (mandarria) CON CABO DE 12LB	EA	1	
29	MARCO PARA SEGUETA PROFESIONAL	EA	1	
30	MARTILLO DE BOLA DE 1LB	EA	1	
31	MARTILLO DE BRONCE DE 2.6 LIBRAS	EA	1	
32	PINZA PARA PINES 6" JUEGO INTERIOR Y EXTERIOR CABEZALES INTERCAMBIABLES	JUEGO	1	
33	CANDADO YALE 110-40	EA	1	
34	SACABOCADO DE 1/4" A 1" JUEGO DE 10PZS	JUEGO	1	
35	TIJERA PARA LAMINA DE 10"	EA	1	
36	VOLVEDOR ESCUALIZABLE CUADRANTE DE 1/2" X 17"	EA	1	
37	CAJA METALICA PARA HERRAMIENTA	EA	1	
38	LLAVE DE CORREA PARA FILTRO	EA	1	
39	ENGRASADORA DE 500CC 1LB	EA	1	
40	LLAVES MIXTAS MILIMETRICAS DESDE 7 HASTA 24 MM,	JUEGO	1	
41	MACETA (mandarria) CON CABO DE 4LB	EA	1	
42	DECAMETRO FIBRA DE VIDRIO 15MTS	EA	1	
43	NIVEL DE BURBUJA	EA	1	
44	CAUTIN ELECTRICO DE 120 VOLTIOS X 45W	EA	1	
45	VOLVEDOR PARA MACHUELOS	EA	1	
46	CALIBRADORES PIE DE REY 6" Mitutoyo o starret	EA	1	
47	LINTERNA EXPLOSION PROOF	EA	1	
48	MARTILLO DE UÑA Nº 27	EA	1	
49	PINZA DE PUNTA PLANA DE 8"	EA	1	
50	BISTURI METALICO ZUBIOLA - STANLEY	EA	1	
51	REMACHADORA	EA	1	
52	MANDARRIA DE BRONCE DE 4 KGS	EA	1	
53	CUÑAS DE BRONCE	EA	4	
54	MANDARRIA DE BRONCE DE 6 KGS	EA	1	
55	TORQUIMETRO HASTA 600 LBS/PIE, PROTO O SNAP-ON	EA	1	SI
56	TORQUIMETRO HASTA 250 LBS/PIE PROTO O SNAP-ON	EA	1	
57	MULTIPLICADOR 4:1 PROTO O SNAP-ON	EA	1	
58	MULTIPLICADOR 16:1 PROTO O SNAP-ON	EA	1	SI
59	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1" MACHO A 3/4" HEMBRA	EA	1	
60	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1" MACHO A 1/2" HEMBRA	EA	1	
61	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1" HEMBRA A 3/4" MACHO	EA	1	
62	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1" HEMBRA A 1/2" MACHO	EA	1	
63	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 3/4" MACHO A 1/2" HEMBRA	EA	1	
64	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 3/4" MACHO A 3/8" HEMBRA	EA	1	
65	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 3/4" HEMBRA A 1/2" MACHO	EA	1	
66	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 3/4" HEMBRA A 3/8" MACHO	EA	1	
67	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1/2" HEMBRA A 3/8" MACHO	EA	1	
68	REDUCTOR DE CUADRANTE DE 1/2" MACHO A 3/8" HEMBRA	EA	1	
69	LLAVES DE GOLPE DE DESDE 1 1/16" HASTA 2 5/8"	JUEGO	1	
70	LLAVES DE PUA DESDE 1 1/16" HASTA 2"	JUEGO	1	
71	MICROMETRO DE 0 -1" MITUTOYO O STARRET	EA	1	SI
72	MICROMETRO DE 1" - 2" MITUTOYO O STARRET	EA	1	SI
73	JUEGO DE COMPARADORES DIAL 1" APRECIACION 0.001" MITUTOYO O STARRET	JUEGO	2	
74	ESPEJO DE INSPECCION	EA	1	
75	JUEGO DE GATOS HIDRAULICOS (GATOS POWER)	EA	1	SI

## ANEXO J. Códigos de Inventario para el Área de Mantenimiento.

LISTA DE EQUIPOS CRITICOS CES					
CODIGC	NOMBRE	ESPECIFICACION	ULTIMA RCP	PROVEEDOR	CODIGO PROVEEDOR 1
510020813	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 33VC P/N 26805	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 400 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026411-0. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901101
510020814	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 60VC P/N 26807	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026429-0. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901102
510020815	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 110VC P/N 2680	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026431-0. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901103
510020816	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 204VC P/N 2681	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600026433-0. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901105
510020817	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 275VC P/N 2681				
510020818	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 285VC P/N 2681				
510020819	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 405 VC P/N 2681				
510020831	INDICADOR DE CONTENIDO TANQUE 117VC	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala en kilogramos Dibujo D600047364-0. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901104
510094165	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-600 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED6600MBC
510094378	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1000 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED61000MBC
510094379	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1600 mbar	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 6, Pantalla LCD, salida 4 a 20 mA, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1600 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana ECO, PN 50. Sin inscripciones. Incluye bloque de válvulas con manómetros a 4bar. Origen Alemán.		STEAMCONTROL	SMED61600MBC
510020811	INDICADOR NIVEL 0-200° H2O	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala 0 - 200° H2O. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901106
510020808	INDICADOR NIVEL 0-400° H2O	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Rango de medición 1000 mbar, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala 0 - 400° H2O. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901107
510020812	INDICADOR NIVEL 0-600° H2O	Medidor de presión diferencial SAMSON, Modelo Media 5, Diámetro 160 mm, Cuerpo y célula de medición de latón, Ejecución para gases criogénicos, excenta de aceite y grasa para oxígeno, Membrana de ECO, PN 50, Con tornillo de ajuste del punto cero cubierto. Escala 0 - 600° H2O. Origen Aleman.		STEAMCONTROL	SMED52901108
510031000	TOMA TRIFASICA PARA TRAYLER 60A 600V AR-	TOMA 60A C/CAJA P/1 1/2"600VAC/250VDC 3 HILOS 4 POLOS NEMA 4 AREA6425 MARCA CROUSE HINDS	10160	DISPRELEF	AREA6425
510010303	DISCO RUP. CO2 (600PSI/41.4bar) 1/4" NPT				
510020403	DISCO RUPTURA TANQUE 1/2" x 350 PSI	Disco de ruptura 350 psi 1/2" para tanque criogenico /BRS W/NICKEL DISC B31.3 BS&B	11639	CHART	11187819
510094216	VALVULA HEROSE 18 BAR X 1/2"				
510094341	VALVULA DE SEGURIDAD 1/2" NPT A 350 PSI				
510021160	REGULADOR PER 10 - 20 bar	Per Regulator DN20 10-20 BAR	14091	CRYO AB	600018562
510021161	REGULADOR PER 5 - 13 Bar	PER REGULATOR DN20 5-13 BAR	14091	CRYO AB	600018563
510021170	KIT REPARACION REGULADOR PER	SET OF SPARE PARTS PRE-REG	14091	CRYO AB	600012707
510021207	REGULADOR PER ( ALTA)15-30B	PER REGULATOR DN20 15-33BAR	14091	CRYO AB	600018561

510021215	RESORTE REG PER 5-13 BAR	SPRING 5-13 BAR PER REGULATOR	14091	CRYO AB	600050876
510021600	VALV. MEDICIÓN VACÍO COMPLETA PLANO 130	VACUUM MEASURING VALVE V11	14091	CRYO AB	600053177
510021634	VALVULA DE TRES VIAS DN25 COMPLETA PLAN	THREE WAY VALVE DN20/32 PN40	14091	CRYO AB	600020865
510020880	KIT REPARACION REGULADOR CASH 1/2"	KIT DE REPARACION REGULADOR DE INCREMENTO CASH 1/2"	11639	CHART	10620123
510020881	KIT REPARACION REGULADOR CASH 3/4"	KIT DE REPARACION REGULADOR DE INCREMENTO CASH 3/4"	11639	CHART	11928381
510020882	KIT REPARACION REGULADOR CASH 1"	KIT REPARACION REGULADOR DE INCREMENTO CASH 1"	11639	CHART	11635888
510020890	KIT REPARACION ECONOMIZADOR CASH 1/2"	KIT REPARACION REGULADORF ECONOMIZADOR CASH 1/2"	11639	CHART	10620115
510021202	REGULADOR CASH 1"	REGULADOR DE INCREMENTO CASH 1" P/TANQUE 125 PSI	11639	CHART	12884886
510021203	REGULADOR CASH 3/4"	REGULADOR DE INCREMENTO CASH 3/4" P/TANQUE 125 PSI	11639	CHART	2110145
510021204	REGULADOR CASH 1/2" BAJA	REGULADOR DE INCREMENTO CASH 1/2" P/TANQUE 125 PSI	11639	CHART	2110072
510021229	ECONOMIZADOR CASH 1/2 140 PSI ALTA	REGULADOR ECONOMIZADOR CASH 1/2" P/TANQUE 140 PSI	11639	CHART	2110082
510021014	MANOMETRO DE 0-25 BAR CON CARATULA DE 4"	MANOMETRO INDICADOR DE PRESIÓN DE 0-25 BAR CON CARATULA DE 4" CONXION G1/2"	11638	CRYO AB	600040435
510021015	MANOMETRO DE 0-40 BAR CON CARATULA DE 4"	MANOMETRO INDICADOR DE PRESIÓN DE 0-40 BAR CON CARATULA DE 4" CONXION G1/2"	11638	CRYO AB	600040436
510021219	RESORTE REGULADOR PER 10-20BAR SS	RESORTE PARA REGULADOR PER 10-20 BAR	11638	CRYO AB	600058206
510021220	RESORTE REG.PER 15-30 BAR PN.13364R	RESORTE PARA REGULADOR PER 15-30 BAR	11633	CRYO AB	600013364
510021637	VÁLVULA SEGURIDAD HEROSE 3/4" x 350 PSI	Valvula de seguridad Herose 350PSI 3/4" x1"	11617	HEROSE	638810066000x350psi
510021640	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 36 BAR	Valvula de seguridad Herose 36 Bar 1/2" x3/4"	11617	HEROSE	638810040000x36bar
510021660	VÁLVULA HEROSE 18 BAR X 3/4"	Valvula de seguridad Herose 18 Bar 3/4" x 1"	11617	HEROSE	06388.1006.0000x18 bar
510021661	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 25 bar	Valvula de seguridad Herose 25 Bar 1/2"x3/4"	11617	HEROSE	06388.1004.0000x25 bar
510030700	VALV. SEGURIDAD 15 BAR HEROSE	Valvula de seguridad Herose 15 Bar 1/2" X 3/4"	11617	HEROSE	638.810.040.000
510094151	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 250 PSI x 1/2" NPT	Valvula de seguridad Herose 250 psi 1/2" x 3/4"	11617	HEROSE	06388.1004.6000x250psi
510040201	PASADOR EXTREMO FRÍO L	SCRAPPER P/86004	9971	ACD PUMP	86004
510040202	SELLO COPA 1.2 EXTREMOS FRÍOS 15955 Y 3	PSY SEAL, HAT 1.20 nominal dial	9971	ACD PUMP	12978-2
510040203	ANILLO EN O GUÍA EXTREMOS FRÍO 15955 Y 3	PSY Ring-Rider	9971	ACD PUMP	16209-2
510040204	ANILLO PISTÓN 1.2 EXTREMO FRÍO	Piston Ring Assy, 1.2" Piston	9971	ACD PUMP	24960-2
510040205	CAMISA 1.2 CRYOSTAR EXTREMO FRÍO P/N 35779	Sleeve 1.20" piston	9971	ACD PUMP	25461-1
510040207	VALVULA SUCCION 1,2 COMPLETA	Suction Valve Assembly	9971	ACD PUMP	46920-1
510040505	EMPAQUE VÁLVULA DESCARGA EXTREMO FRÍO	PSY Gasket, discharge .875, 1.0&1.2 dia, dpd, ndpd	9971	ACD PUMP	46905-1
510040701	EJE DE PISTON EXTREMO FRÍO	Eje piston extremo frío	9971	ACD PUMP	16272-1
510051100	CONJUNTO BIELA PISTÓNCOMPLETO CONDUCTOR	ASY Crosshead Piston&Rod Assy, DPD Pump	9971	ACD PUMP	35984-4
510021622	VÁLVULA DE CIERRE NO RETORNO DN 40 PLANO	Herose Cryogenic globe check valve DN40 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm. Working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection male thread for union connection M65x2.0mm. face to face 140mm. Kvs=22.6m3/h Cv=26.3 gal/min	13820	HEROSE	02411.0400.0021 CHECK
510021628	VÁLVULA DE CORTE DN 40 (LARGA)	Herose Cryogenic globe valve DN40 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm. Working temperatures-196° C up to + 120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M65x2.0 mm. Face to face 140 mm. Kvs=22.6m3/h Cv=26.3 gal/min	13820	HEROSE	241104000021-
POR GENERAR	VALVULA CRIOGENICA DN20 HEROSE	VERS-DG-VENTIL DN20 PN50 H=370 CC491K MATERIAL: CUSN5ZN5PB5-C Cryogeny globe Valve DN20 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M40 x2,0mm male thread face to face 85mm	11617	HEROSE	241.102.000.020-
POR GENERAR	VALVULA CRIOGENICA DN20 NO RETORNO HEROSE	VERS-DG-RUCKSCHLAGVENTIL DN20 PN50 H=370 CC491K MATERIAL: CUSN5ZN5PB5-C Cryogeny globe check Valve DN20 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M40 x2,0mm male thread face to face 85mm with spring with return cone	11617	HEROSE	241.102.005.010-
POR GENERAR	VALVULA CRIOGENICA DN32 HEROSE	VERS-DG-VENTIL DN32 PN50 H=370 CC491K MATERIAL: CUSN5ZN5PB5-C Cryogeny globe Valve DN32 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M55 x2,0mm male thread face to face 115mm	11617	HEROSE	241.103.200.020-

POR GENERAL	VALVULA CRIOGENICA DN32 HEROSE NO RETORNO	VERS-DG-RUCKSCHLAGVENTIL DN32 PN50 H=370 CC491K MATERIAL: CUSN5ZN5PB5-C Cryogeny globe check Valve DN32 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=370mm working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M55 x2,0mm male thread face to face 115mm with spring with return cone	11617	HEROSE	241.103.205.010-
POR GENERAL	VALVULA CRIOGENICA DN10 HEROSE	VERS-DG-VENTIL DN10 PN50 H=270 CC491K MATERIAL: CUSN5ZN5PB5-C Cryogeny globe Valve DN10 PN50 cleaned and degreased for oxygen service with bonnet extension H=270mm working temperature -196°C up to +120°C body CC491K bronze bonnet CC493K bronze gland packing graphit/PTFE connection M26 x1,5mm male thread face to face 60mm	11617	HEROSE	240.101.000.001-
POR GENERAL	GASKET - FLEXIBLE SPIRAL-WOUND SS TC 50 PUMP	ACD PUMP TC-50 1X2X6 2 STAGE GASKET-FLEXIBLE SPIRAL - WOUND SS	15133	ACD PUMP	2601435-3
POR GENERAL	GASKET - SEAL FACE TC 50 PUMP	ACD PUMP TC-50 1X2X6 2 STAGE GASKET - SEAL FACE	15133	ACD PUMP	3-1192-1
POR GENERAL	BELLOWS SEAL AND ROTARY SEAT AS TC 50 PUMP	ACD PUMP TC-50 1X2X6 2 STAGE BELLOWS SEAL AND ROTARY SEAT AS	15133	ACD PUMP	57931-11
POR GENERAL	RING, BACK UP TEFLON 1.250	ACD PUMP TC-50 1X2X6 2 STAGE RING, BACK UP TEFLON 1.250 IDX	15133	ACD PUMP	86307-006
510011517	VALVULA DE AGUJA 1/4" OD X 1/4" OD, INOX	SWAGELOCK VALVULA DE AGUJA 1/4" OD X 1/4" OD, INOX	10771	INLICOL VALVULAS Y CONEXIONES S en C	SS-1RS4
POR GENERAL	VALVULA ALIVIO REGO 1/4" NPT @ 350 PSI/24 BAR	Valvula de alivio marca REGO conexión 1/4" NPT @ 350 PSI/24Bar		ANTORCHA	
POR GENERAL	VALVULA ALIVIO REGO 1/2" NPT @ 275 PSI/24 BAR	Valvula de alivio marca REGO conexión 1/2" NPT @ 275 PSI/24Bar		ANTORCHA	
504051428	TAPON NAL DN 40			PJM SERVICES	
510020311	CONO DN15 1/2"			PJM SERVICES	
510021000	CONO DN 25			PJM SERVICES	
510021402	TUERCA MACHO DN 40			PJM SERVICES	
510021403	TUERCA MACHO ADAPTADOR DN 25			PJM SERVICES	
510021404	TUERCA DN 15			PJM SERVICES	
510021405	TUERCA DN 25			PJM SERVICES	
510021406	TUERCA DN 40			PJM SERVICES	
510021407	TUERCA MACHO DN 15			PJM SERVICES	
510094311	TAPON DN 25			PJM SERVICES	
510094361	CONO DN40			PJM SERVICES	
POR GENERAL	TABLERO PROTECTOR TELEMETRIA EN ALUMINIO			PJM SERVICES	
POR GENERAL	TABLERO PROTECTOR EN ALUMINIO			PJM SERVICES	
510020832	BOCATOMA LIN, LAR			PJM SERVICES	
510020834	BOCATOMA LOX			PJM SERVICES	
POR GENERAL	TAPON CIEGO INDICADOR DE NIVEL			PJM SERVICES	
POR GENERAL	TAPA ALUMINIO LIN, LAR			PJM SERVICES	
POR GENERAL	TAPA ALUMINIO LOX			PJM SERVICES	
POR GENERAL	FLANCHE 5" 4 HUECOS 3/4" INOX ROSCA 1-1/2"			PJM SERVICES	
POR GENERAL	CONECTOR ROSCA INDICADOR DE NIVEL X 1/4"			PJM SERVICES	
POR GENERAL	HEMBRA NPT			PJM SERVICES	
POR GENERAL	ARANDELA DE COBRE PARA CONECTOR INDICADOR DE NIVEL			PJM SERVICES	
POR GENERAL	VALVULA GLOBO MIPEL 1/2" MIPEL NPT ASIEN TO TEFLON X 150			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CHEQUE GLOBO MIPEL 1"			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CHEQUE GLOBO MIPEL 1/2"			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	FILTRO BRONCE KITS 1/2"			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CODO SWAGELOCK INOXIDABLE 1/4" ODX1/4"NPT			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CODO SWAGELOCK INOXIDABLE 1/8" ODX1/4"NPT			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CONECTOR 1/4" NPT X 1/2" OD			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	CONECTOR 1/4" NPT X 1/4" OD			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	TUERCA SWAGELOK 1/4" NPT			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	NIPLE SWAGELOK 1/4"			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	MALE ADAPTER SWAGELOK 1/4"			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	VALVULA DE AGUJA SWAGELOCK 1/2" OD X 1/2" OD, INOX			FERREDIAZ W&D	
POR GENERAL	FLANCHE SLIPON 2"X300			PJM SERVICES	
POR GENERAL	VALVULA DE SEGURIDAD BESTOBELL 18 BAR 1/2"	VALVULAS DE SEGURIDAD BESTOBELL 1/2" Relief Valve, Model TUV SV 00-596.11.4, Set @ 18BAR, Bronze Body/Trim, S.S. Spring, Teflon Disc, Closed Top, 1/2"mpt Inlet x 3/4"ft Outlet, -196°C TO 65°C OXYGEN CLEAN		ANTORCHA	
POR GENERAL	VALVULA DE SEGURIDAD BESTOBELL 15 BAR 1/2"	VALVULAS DE SEGURIDAD BESTOBELL 1/2" Relief Valve, Model TUV SV 00-596.11.4, Set @ 15BAR, Bronze Body/Trim, S.S. Spring, Teflon Disc, Closed Top, 1/2"mpt Inlet x 3/4"ft Outlet, -196°C TO 65°C OXYGEN CLEAN		ANTORCHA	

		VALVULAS DE SEGURIDAD RXSO ROCKWOOD 1/2" Relief Valve, Model (RXSO), Set @ 250psig, Bronze Body/Trim, S.S. Spring, Teflon Disc, Closed Top, 1/2" mpt Inlet x 3/4" fpt Outlet -196°C TO 65°C, OXYGEN CLEAN			
POR GENERAL	VALVULA DE SEGURIDAD ROCKWOOD 250 PSI 1/2"			ANTORCHA	
POR GENERAL	VALVULA ALIVIO REGO 1/4" NPT @ 350 PSI/24 BAR			ANTORCHA	
POR GENERAL	VALVULA ALIVIO REGO 1/2" NPT @ 275 PSI/24 BAR			ANTORCHA	
510021157	CONECTOR DN 25 X 1/2 NPT			PJM SERVICES	
510991002	ECONOMIZADOR CASH 1/4 140 PSI BAJA			ANTORCHA	
POR GENERAL	DRIVE COUPLING # 731844 FOR PUMP 202,303 GAR	DRIVE COUPLING ELASTOMERO PARA BOMBAS GARDNER DENVER NUEVAS REFERENCIAS 202 Y 303		ELMO RITSCHIE	731844

## ANEXO K. Lista de Máximos y Mínimos Críticos del Área de Mantenimiento

Código M	Código F.O.	Descripción	Min	Máx	Existe	PRT NO	EQUIPO	PROVEEDOR	COMPRA
100	510021637	VÁLVULA SEGURIDAD HEROSE 3/4" x 350 PSI	16	20	20	06388.1006.6000 x 350 psi	TANQUE	HEROSE	16
101	510030700	VALV. SEGURIDAD 15 BAR HEROSE x 1/2"	20	30	20	06388.1004.0000 x 15 Bar	TANQUE	HEROSE	20
102	510094151	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 250 PSI x 1/2" NPT	20	25	20	06388.1004.6000 x 250 Psi	TANQUE	HEROSE	20
103	510094216	VÁLVULA HEROSE (BESTOBELL) 18 BAR X 1/2"	10	20	20	06388.1004.0000 x 18 Bar	TANQUE	HEROSE	10
104	510021660	VÁLVULA HEROSE 18 BAR X 3/4"	2	4	4	06388.1006.0000 x 18 Bar	TANQUE	HEROSE	2
105	510021661	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 25 bar x 1/2"	4	6	6	06388.1004.0000 x 25 Bar	TANQUE	HEROSE	4
106	510021640	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 36 BAR x 1/2"	4	8	8	06388.1004.0000 x 36 Bar	TANQUE	HEROSE	4
107		SIN VALVULA ALVIO REGO 1/4" NPT @ 350 PSI/24 BAR	10	15	15	N/A	TANQUE	CHART-ANTORCHA-	10
108		SIN VALVULA ALVIO REGO 1/2" NPT @ 275 PSI/24 BAR	10	15	15	N/A	TANQUE	CHART-ANTORCHA-	10
109	510021634	VÁLVULA DE TRES VIAS DN 25 COMPLETA PLAN	12	16	16	600020865	TANQUE	CRYO AB	12
200	510021157	CONECTOR DN 25 X 1/2 NPT	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
201	510094186	ADAPTADOR DN 40 X DN 25 PARA VALVULA DE TRES VIAS	10	15	15		TANQUE	PJM Services	10
202	510094203	ADAPTADOR ENTRADA RECTO VALV. SEGURIDAD DN 25	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
203	510020829	JUEGO TAPON BRONCE ARANDELA COBRE INDICADOR SAMSON	20	30	30		TANQUE	PJM Services	20
204		No tiene JUEGO CONECTOR BRONCE ARANDELA INDICADOR SAMSON	20	30	30		TANQUE	PJM Services	20
205	510020311	CONO DN15 1/2"	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
206	510020830	ARANDELA COBRE PARA TAPÓN / INDICADOR SENSOR	20	30	30		TANQUE	PJM Services	20
207	510020832	TOMA DE LLENADO OXIGENO TANQUE LINDE	5	10	10		TANQUE	PJM Services	5
208	510020834	TOMA DE LLENADO NITROGENO TANQUE LINDE	5	10	10		TANQUE	PJM Services	5
209		No tiene TOMA DE LLENADO CO2 LIQUIDO TANQUE LINDE	1	2	2		TANQUE	PJM Services	1
210		No tiene TOMA DE LLENADO CO2 GASEOSO TANQUE LINDE	1	2	2		TANQUE	PJM Services	1
211	510021000	CONO DN 25	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
212	510021147	TAPA DE ALUMINIO DERECHA	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
213	510021149	TAPA DE ALUMINIO IZQUIERDA	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
214	510021152	ABRAZADERA INOX TOMA DE LLENADO PARA TRAILER	10	15	15		TANQUE	PJM Services	10
215	510021402	TUERCA MACHO DN 40	2	4	4		TANQUE	PJM Services	2
216	510021403	TUERCA MACHO ADAPTADOR DN 25	5	10	10		TANQUE	PJM Services	5
217	510021404	TUERCA DN 15	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
218	510021405	TUERCA DN 25	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
219	510021406	TUERCA DN 40	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
220	510021407	TUERCA MACHO DN 15	2	4	4		TANQUE	PJM Services	2
221	510021606	VÁLVULA COMBINADA VACÍO Y SEGURIDAD	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
222	510094178	TOMA DE LLENADO OXÍGENO AGA	10	15	15		TANQUE	PJM Services	10
223	510094179	TOMA DE LLENADO NITRÓGENO AGA	10	15	15		TANQUE	PJM Services	10
224	510094305	TAPA ACOPLA FASE GASEOSA CO2	4	8	8		TANQUE	PJM Services	4
225	510094306	TAPA ACOPLA FASE LIQUIDA CO2	4	8	8		TANQUE	PJM Services	4
226	510094311	TAPON DN 25	5	10	10		TANQUE	PJM Services	5
227	504051428	TAPON NAL DN 40	5	10	10		TANQUE	PJM Services	5
228	510094361	CONO DN40	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
229	510021643	VOLANTE VÁLVULA DN15	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
230	510021645	VOLANTE VÁLVULA DN25	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
231	510021644	VOLANTE VÁLVULA DN40	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
232	510021642	VOLANTE VÁLVULA DN80	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
300	510021161	REGULADOR PER 5 - 13 Bar	6	12	12	600018563	TANQUE	CRYO AB	6
301	510021160	REGULADOR PER 10 - 20 bar	2	4	4	600018562	TANQUE	CRYO AB	2
302	510021207	REGULADOR PER ( BAJAS)15-30B	1	2	2	600018561	TANQUE	CRYO AB	1
303	510021219	RESORTE REG.PER 10-20 BAR PN.58206R	5	10	10	600058206R	TANQUE	CRYO AB	5
304	510021220	RESORTE REG.PER 15-30 BAR PN.13364R	2	4	4	600013364R	TANQUE	CRYO AB	2
305	510021215	RESORTE REG.PER 5-13 BAR	5	10	10	600050876R	TANQUE	CRYO AB	5
306	510021170	KIT REPARACIÓN REGULADOR PER	30	50	50	600012707R	TANQUE	CRYO AB	30
307	510021653	VÁLVULA CHEQUE B 16	10	20	20	600050843R	TANQUE	CRYO AB	10
308	510021600	VALV. MEDICIÓN VACÍO COMPLETA PLANO 130	20	30	30	600053177R	TANQUE	CRYO AB	20
309	510021606	VÁLVULA COMBINADA VACÍO Y SEGURIDAD PLAN	10	20	20	600050824R	TANQUE	CRYO AB	10
310	510021202	REGULADOR CASH 1"	1	2	2		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	1
311	510021203	REGULADOR CASH 3/4"	2	4	4		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	2
312	510021204	REGULADOR CASH 1/2"	10	12	12		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	10
313	510991002	ECONOMIZADOR CASH 1/4 140 PSI BAJA	6	12	12		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	6
314		SIN ECONOMIZADOR CASH 1/2 140 PSI BAJA	6	12	12		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	6
315		SIN KIT REPARACION REGULADOR CASH 1/2"	12	15	15		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	12
316		SIN KIT REPARACION REGULADOR CASH 3/4"	5	10	10		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	5
317		SIN KIT REPARACION REGULADOR CASH 1"	2	4	4		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	2
318		SIN KIT REPARACION ECONOMIZADOR CASH 1/2"	4	6	6		TANQUE	CHART-ANTORCHA-	4
319	510020403	DISCO RUPTURA TANQUE 1/2" x 350 PSI	20	30	30	NO HAY	TANQUE	CHART-ANTORCHA-	20
400	510021623	VÁLVULA DE CIERRE NO RETORNO DN 25 PLANO	15	20	20	02411.0200.5010	TANQUE	HEROSE	15
402	510021622	VÁLVULA DE CIERRE NO RETORNO DN 40 PLANO	10	15	15	02411.0320.5010	TANQUE	HEROSE	10
403	510021612	VÁLVULA CRIOGÉNICA DE CORTE DN 25 x 1"	15	25	25	02411.0200.0020	TANQUE	HEROSE	15
404	510021628	VÁLVULA DE CORTE DN 40 (LARGA)	15	20	20	02411.0320.0020	TANQUE	HEROSE	15
405	510021625	VÁLVULA DE CORTE DN 15	10	15	15	02401.0100.0001	TANQUE	HEROSE	10
406	510021155	VÁLVULA CAMOZZI	16	20	20	NO HAY	TANQUE	INCLICOL - LATINFE	16
500	510020813	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 33VC P/N 26805	2	4	4	SMED52901101	TANQUE	STEAMCONTROL - S	2
501	510020814	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 60VC P/N 26807	2	4	4	SMED52901102	TANQUE	STEAMCONTROL - S	2
502	510020815	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 110VC P/N 2680	1	3	3	SMED52901103	TANQUE	STEAMCONTROL - S	1
503	510020831	INDICADOR DE CONTENIDO TANQUE 117VC	1	3	3	SMED52901104	TANQUE	STEAMCONTROL - S	1
504	510020816	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 204VC P/N 2681	1	1	1	SMED52901105	TANQUE	STEAMCONTROL - S	1
505	510020812	INDICADOR NIVEL MEDIA 5 0-600 mbar, 0-200" H2O	4	6	6	SMED52901106	TANQUE	STEAMCONTROL - S	4
506		SIN INDICADOR NIVEL 0-400" H2O	1	2	2		TANQUE	STEAMCONTROL - S	1
507		SIN INDICADOR NIVEL 0-600" H2O	1	2	2		TANQUE	STEAMCONTROL - S	1
508	510094165	INDICADOR MEDIA 6 0-600 mbar	4	6	6		TANQUE	STEAMCONTROL - S	4
509	510094378	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1000 mbar	5	8	8		TANQUE	STEAMCONTROL - S	5
510	510094379	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1600 mbar	5	8	8		TANQUE	STEAMCONTROL - S	5
511		0 INDICADOR NIVEL 300VC	0	1	1		TANQUE	STEAMCONTROL - S	0
512		0 INDICADOR NIVEL 526VC	0	1	1		TANQUE	STEAMCONTROL - S	0
513	510020817	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 275VC P/N 2681	0	1	1		TANQUE	STEAMCONTROL - S	0
514	510020818	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 285VC P/N 2681	0	1	1		TANQUE	STEAMCONTROL - S	0
515	510020819	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 405 VC P/N 2681	0	1	1		TANQUE	STEAMCONTROL - S	0
516	510021013	MANÓMETRO WIKA 0-25 bar	6	8	8	S85201264	TANQUE	STEAMCONTROL - S	6
517		SIN MANÓMETRO WIKA 0-40 bar	6	8	8	S85201265	TANQUE	STEAMCONTROL - S	6
600	510031000	TOMA TRIFASICA PARA TRAYLER 60A 600V AR-	5	10	10		TANQUE	REME LTDA	5
601	510031001	TERM. MACHO CORTO MASA TIERRA TOMA AR642	10	20	20		TANQUE	PJM Services	10
602	510031002	TERM. MACHO LARGO FASE VIVA TOMA AR642	20	30	30		TANQUE	PJM Services	20

## ANEXO L. Plan de Consumo Forecast del Área de Mantenimiento

	LISTO PARA COMPRAR	YA ESTA EL PLAN DE INVENTARIO Y EN TRAMITE							
	TRAMITE DDE CONSEGUIR PROVEEDOR Y ESPECIFICACIONES	NO ES DE CES							
	AUN NO SE CUENTA CON INFORMACION PARA COMPRAR	REQUIERE MAS INFORMACION							
		REQUIERE COMPRAR URGENCIA Y NO HAY AUN TRAMITE							
							ene-15	feb-15	mar-15
#	PRODUCTO	NOMBRE PRODUCTO	CLAS	Negocio	Familia	Safety Sto	CE	CE	CE
F	510020812	INDICADOR NIVEL MEDIA 5 0-600 mbar, 0-200" H2O	A	CES MTTO	Tanques	6			4
F	510020813	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 33VC P/N 26805	A	CES MTTO	Tanques	6			4
F	510020814	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 60VC P/N 26807	A	CES MTTO	Tanques	3		2	
F	510020815	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 110VC P/N 2680	A	CES MTTO	Tanques	4			2
F	510020816	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 204VC P/N 2681	A	CES MTTO	Tanques	4	1		
F	510020817	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 275VC P/N 2681	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	510020818	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 285VC P/N 2681	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	510020819	INDICADOR CONTENIDO TANQUE 405 VC P/N 2681	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	510020831	INDICADOR DE CONTENIDO TANQUE 117VC	A	CES MTTO	Tanques	2	1		2
F	510020880	KIT REPARACION REGULADOR CASH 1/2"	A	CES MTTO	Tanques	4		4	
F	510020881	KIT REPARACION REGULADOR CASH 3/4"	A	CES MTTO	Tanques	4		2	
F	510020882	KIT REPARACION REGULADOR CASH 1"	A	CES MTTO	Tanques	2			1
F	510020890	KIT REPARACION ECONOMIZADOR CASH 1/2"	A	CES MTTO	Tanques	6	1	1	
F	510021160	REGULADOR PER 10 - 20 bar	A	CES MTTO	Tanques	6	1		3
F	510021161	REGULADOR PER 5 - 13 Bar	A	CES MTTO	Tanques	6	1		3
F	510021170	KIT REPARACION REGULADOR PER	A	CES MTTO	Tanques	5			
F	510021202	REGULADOR CASH 1"	A	CES MTTO	Tanques	2			
F	510021203	REGULADOR CASH 3/4"	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510021204	REGULADOR CASH 1/2"	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510021207	REGULADOR PER 15-30B	A	CES MTTO	Tanques	3			
F	510021215	RESORTE REG.PER 5-13 BAR	A	CES MTTO	Tanques	3			
F	510021219	RESORTE REG.PER 10-20 BAR PN.58206R	A	CES MTTO	Tanques	3			
F	510021220	RESORTE REG.PER 15-30 BAR PN.13364R	A	CES MTTO	Tanques	3			
F	510021013	MANOMETRO WIKA 0-25 bar	A	CES MTTO	Tanques	4	1	1	8
F	510021600	VALV. MEDICION VACIO COMPLETA PLANO 130	A	CES MTTO	Tanques	6	2	-	2
F	510021634	VALVULA DE TRES VIAS DN 25 COMPLETA PLAN	A	CES MTTO	Tanques	8	2	2	4
F	510021637	VÁLVULA SEGURIDAD HEROSE 3/4" x 350 PSI	A	CES MTTO	Tanques	6			
F	510021640	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 36 BAR	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510021660	VÁLVULA HEROSE 18 BAR X 3/4"	A	CES MTTO	Tanques	8			
F	510021661	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 25 bar	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510030700	VALV. SEGURIDAD 15 BAR HEROSE	A	CES MTTO	Tanques	10			-
F	510031000	TOMA TRIFASICA PARA TRAYLER 60A 600V AR-	A	CES MTTO	Tanques	12	4	4	4
F	510094151	VÁLVULA DE SEGURIDAD HEROSE 250 PSI x 1/2" NPT	A	CES MTTO	Tanques	4			-
F	510094165	INDICADOR MEDIA 6 0-600 mbar	A	CES MTTO	Tanques	6			2
F	510094378	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1000 mbar	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510094379	INDICADOR MEDIA 6 RANGO 0-1600 mbar	A	CES MTTO	Tanques	4			
F	510020811	INDICADOR NIVEL 0-200" H2O	A	CES MTTO	Tanques	6		2	
F	510020808	INDICADOR NIVEL 0-400" H2O	A	CES MTTO	Tanques	2			2
F	510020812	INDICADOR NIVEL 0-600" H2O	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	510021229	ECONOMIZADOR CASH 1/2 140 PSI BAJA	A	CES MTTO	TANQUES	8		2	
T	510991010	VÁLVULA ALIVIO REGO 1/4" NPT @ 350 PSI/24 BAR	A	CES MTTO	TANQUES	6		2	
T	510991011	VÁLVULA ALIVIO REGO 1/2" NPT @ 275 PSI/24 BAR	A	CES MTTO	TANQUES	6		2	
F	510021662	VÁLVULA CRIOGENICA DN20 HEROSE	A	CES MTTO	TANQUES	6	2	2	-
F	510021663	VÁLVULA CRIOGENICA DN20 NO RETORNO HEROSE	A	CES MTTO	TANQUES	6	2	2	-
F	510021664	VÁLVULA CRIOGENICA DN32 HEROSE	A	CES MTTO	TANQUES	4	2	2	-
F	510021665	VÁLVULA CRIOGENICA DN32 NO RETORNO HEROSE	A	CES MTTO	TANQUES	4	2	2	-
F	510021666	VÁLVULA CRIOGENICA DN10 HEROSE	A	CES MTTO	TANQUES	4	1	1	1
F	510040210	GASKET - FLEXIBLE SPIRAL-WOUND SS TC 50 PUMP	A	CES MTTO	TANQUES	4		1	
F	510040211	GASKET - SEAL FACE TC 50 PUMP	A	CES MTTO	TANQUES	32		4	
F	510040212	BELLOWS SEAL AND ROTARY SEAT AS TC 50 PUMP	A	CES MTTO	TANQUES	4		1	
F	510040213	RING, BACK UP TEFLON 1.250	A	CES MTTO	TANQUES	4		1	
F	510011517	VÁLVULA DE AGUJA 1/4" OD X 1/4" OD, INOX	A	CES MTTO	TANQUES	12	3	3	3
F	510021622	VÁLVULA DE CIERRE NO RETORNO DN 40 PLANO	A	CES MTTO	Tanques	6			
F	510021628	VÁLVULA DE CORTE DN 40 (LARGA)	A	CES MTTO	Tanques	4			
T	510021653	VÁLVULA CHEQUE B 16	A	CES MTTO	Tanques	6			6
T	FOR GENERAR	VÁLVULA DE SEGURIDAD BESTOBELL 18 BAR 1/2" X 3/4"	A	CES MTTO	TANQUES	2			2
T	FOR GENERAR	VÁLVULA DE SEGURIDAD BESTOBELL 15 BAR 1/2" X 3/4"	A	CES MTTO	TANQUES	2			2
T	FOR GENERAR	VÁLVULA DE SEGURIDAD ROCKWOOD 250 PSI 1/2" X 3/4"	A	CES MTTO	TANQUES	4			2
F	SIN	INDICADOR NIVEL 300VC	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	SIN	INDICADOR NIVEL 526VC	A	CES MTTO	Tanques	1			
F	SIN	INDICADOR NIVEL 0-150" H2O	A	CES MTTO	Tanques	1			
S	510021612	VÁLVULA CRIOGENICA DE CORTE DN 25 x 1"	A	CES MTTO	Tanques	12			
S	510021623	VÁLVULA DE CIERRE NO RETORNO DN 25 PLANO	A	CES MTTO	Tanques	8			
S	510021625	VÁLVULA DE CORTE DN 15	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	510021643	VOLANTE VÁLVULA DN15	A	CES MTTO	Tanques	6			
S	510021644	VOLANTE VÁLVULA DN40	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	510021645	VOLANTE VÁLVULA DN25	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	510065900	DISCO SELLO MECÁNICO ICOLLANTAS	A	CES MTTO	Tanques	4			
S	510094178	TOMA DE LLENADO OXIGENO AGA	A	CES MTTO	Tanques	6			
S	510094179	TOMA DE LLENADO NITRÓGENO AGA	A	CES MTTO	Tanques	6			
S	510094186	ADAPTADOR DN 40 X DN 25 PARA VÁLVULA DE TRES VIAS	A	CES MTTO	Tanques	9			
S	510094216	VÁLVULA HEROSE 18 BAR X 1/2"	A	CES MTTO	Tanques	6			
S	510094299	CORREA BANDA ICOLLANTAS	A	CES MTTO	Tanques	4			
S	510094299	RODAMIENTO ICOLLANTAS	A	CES MTTO	Tanques	4			
S	519020102	SELLO MECÁNICO BOMBA CENTRIFUGA TC	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	510021400	TAPA PARA VÁLVULA COMBINADA	A	CES MTTO	Tanques	10			
S	510010602	KIT REPARACION P/REG. SERIE VGL PN 97-156	A	CES MTTO	Tanques	40			
S	510011300	VÁLVULA ALIVIO 230 PSI P/N 181141-2	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	510021606	VÁLVULA COMBINADA VACIO Y SEGURIDAD	A	CES MTTO	Tanques	6			
S	510031001	TERM. MACHO CORTO MASA TIERRA TOMA AR642	A	CES MTTO	Tanques	12			
S	SIN	JUEGO CONECTOR BRONCE ARANDELA INDICADOR SAMSON	C	CES MTTO	Tanques				
S	SIN	TOMA DE LLENADO CO2 GASEOSO TANQUE LINDE	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	SIN	TOMA DE LLENADO CO2 LIQUIDO TANQUE LINDE	A	CES MTTO	Tanques	4			
S	SIN	KIT BOMBA ACD TC 21	A	CES MTTO	Tanques	2			
S	SIN	KIT BOMBA ACD TC 21 2 ETAPAS	A	CES MTTO	Tanques	2			

## ANEXO M. Equipos Definidos a Incluir en el Software

Equipment Types	Mfc	Mfc ref	serial No	Build date	Capacity	Build code	Voltage	Prdct	MAWP	WP	Orientation	Set points	Material	Design
Alarms	x	x	x	x	x		x	x				x		
Analysers	x	x	x				x	x				x		
Buffer reciever vessels	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Burners	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x
Compressor	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x
Cryogenic vessels	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Dryers	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Ecovar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Freezing equipment	x	x	x	x	x			x	x	x				x
Fridge plant	x	x	x	x	x			x	x	x				x
Gas gen	x	x	x	x	x			x	x	x				
Panels	x	x	x	x	x			x	x	x				x
Liquid cylinder	x	x	x	x	x	x			x	x				x
Low temp cut out units	x	x	x	x				x	x	x		x		x
Manifolds	x	x	x	x	x				x	x				x
Medical panels	x	x	x	x	x				x	x				
Membrane	x	x	x	x	x				x	x				
Meters	x	x	x	x	x				x	x				
Mixing panels	x	x	x	x	x			x	x	x		x		x
Pipework									x	x			x	x
Pressure regulators	x	x	x		x				x	x				x
Pump gas booster	x	x	x	x	x			x	x	x		x		
Pump reciprocating	x	x	x	x	x			x	x	x		x		
Pump Vacuum	x	x	x	x	x				x	x				
Pump rotary	x	x	x	x	x				x	x				
Tanks	x	x	x	x	x	x			x	x			x	x
Timed change over units	x	x	x	x	x				x	x		x	x	
Vaporisers	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x
Weigh scales	x	x	x	x	x				x					
Telemetry	x	x	x	x	x				x	x				x
Fluid Temperature Control	x	x	x	x	x	x			x	x		x		

## ANEXO N. Evaluación Económica del Proyecto

	COSTO NO CAMBIAR MANTTO	COSTOS CONTRATO	COSTOS NUEVA FIGURA DE MANTENIMIENTO	COSTOS SOFTWARE	COSTO NETO MENSUAL	PROYECTO
1	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
2	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
3	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
4	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
5	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
6	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -	\$ -52.256.828	\$ -3.500.000
7	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -55.756.828	\$ -7.000.000
8	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -48.756.828	\$ -3.500.000	\$ -55.756.828	\$ -7.000.000
9	\$ -48.756.828		\$ -42.539.604	\$ -58.500.000	\$ -101.039.604	\$ -52.282.776
10	\$ -48.756.828		\$ -42.539.604	\$ -6.000.000	\$ -48.539.604	\$ 217.224
11	\$ -48.756.828		\$ -42.539.604	\$ -6.000.000	\$ -48.539.604	\$ 217.224
12	\$ -48.756.828		\$ -42.539.604	\$ -6.000.000	\$ -48.539.604	\$ 217.224
13	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
14	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
15	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
16	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
17	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
18	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
19	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
20	\$ -50.219.533		\$ -42.539.604		\$ -42.539.604	\$ 7.679.929
21	\$ -50.219.533		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 6.403.741
22	\$ -50.219.533		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 6.403.741
23	\$ -50.219.533		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 6.403.741
24	\$ -50.219.533		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 6.403.741
25	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
26	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
27	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
28	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
29	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
30	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
31	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
32	\$ -51.726.119		\$ -43.815.792		\$ -43.815.792	\$ 7.910.327
33	\$ -51.726.119		\$ -45.130.266		\$ -45.130.266	\$ 6.595.853
34	\$ -51.726.119		\$ -45.130.266		\$ -45.130.266	\$ 6.595.853
35	\$ -51.726.119		\$ -45.130.266		\$ -45.130.266	\$ 6.595.853
36	\$ -51.726.119		\$ -45.130.266		\$ -45.130.266	\$ 6.595.853
					VPN	
					TIR	4,55%