

DISEÑO DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN  
EQUIPO PORTUARIO TIPO REACH STACKER

OSCAR ENRIQUE GALINDO GÁMEZ  
JHON CAMILO ARANGO HERNÁNDEZ  
LUIS ENRIQUE PADILLA CASTRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2013

DISEÑO DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN  
EQUIPO PORTUARIO TIPO REACH STACKER

OSCAR ENRIQUE GALINDO GÁMEZ  
JHON CAMILO ARANGO HERNÁNDEZ  
LUIS ENRIQUE PADILLA CASTRO

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

Director: MELISA BENEDETTI  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2013

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia los docentes, ofreciendo siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y consolidando la formación de herramientas y habilidades en una de las áreas críticas más significativa de la industria como es el área de mantenimiento, los cuáles forjaron nuestros resultados investigativos en diseños originales, interesantes y de gran magnitud para el éxito de nuestro proyecto.

## DEDICATORIAS

A Dios por darme la serenidad de aceptar las cosas que no puedo cambiar y el  
Coraje para cambiar la que sí puedo.

A mis padres por sus fuerzas y valores, por sus enseñanzas que hoy día me  
hacen ser quien soy, base fundamental de este peldaño alcanzado.  
Johan David Alma Guerrero que me enseñó el significado de la palabra paciencia,  
Hermano mío, Te necesito aquí.

Jessica y Mariangel gracias por haberme hecho Reír, Amar y Vibrar, Gracias por  
el apoyo en esta batalla, en los momentos de Desesperación **“NeedYou”**

**Oscar Enrique Galindo Gámez**

En primera instancia a Dios por ser el manantial de vida y darme la fuerza, la salud  
y todo lo necesario para seguir adelante día a día en lograr mis objetivos,  
A mi madre, mi esposa y mis hijos que son el apoyo y motivación.

**Jhon Camilo Arango Hernández**

En este día agradezco a Dios, a mis padres, a mi esposa, a mi hijo y a cada una  
de las personas que contribuyeron en este proceso como fuente inspiradora para  
alcanzar las metas. "Nunca aceptes la derrota, la debilidad y el desánimo como  
parte tuya, tu eres el éxito mismo"

**Luis Enrique Padilla Castro**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA	19
1.1 HISTORIA Y EVOLUCION	22
1.2 MISIÓN	25
1.3 VISIÓN	25
1.4 OBJETIVOS	26
1.5 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	26
1.5.1 Estructura Organizacional Interna.	26
1.5.2 Organigrama Departamento de Mantenimiento	28
1.6 EQUIPOS PORTUARIOS	28
1.6.1 Flota de Mantenimiento de Cargadores.	28
1.6.2 Flota de Mantenimiento de Bandas Arrumadoras.	29
1.6.3 Flota de Mantenimiento de Elevadores de Cadena.	29
1.6.4 Flota de Mantenimiento de Tractocamiones.	30
1.6.5 Flota de Mantenimiento de Grúas móviles.	31
1.6.6 Flota de Mantenimiento de Reach Stacker.	31
1.6.7 Flota de Mantenimiento de Straddle Carrier.	32
1.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	33
1.8. OBJETIVOS	35
1.8.1 Objetivo General.	35
1.8.2 Objetivos Específicos	35
1.9 JUSTIFICACIÓN	36
2. MARCO TEORICO	37
2.1 PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO 2013	37

3. MARCO CONCEPTUAL	42
3.1 MANTENIMIENTO	42
3.1.1 Historia de Mantenimiento.	42
3.1.2 Definiciones de Mantenimiento	44
3.1.3 Tendencias del Mantenimiento	46
3.1.4 Propósito del Mantenimiento	46
3.1.5 Tipos de Mantenimientos	49
3.1.6 Conclusiones de Mantenimiento	59
3.1.7 Normas Importantes en Mantenimiento	59
3.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM	60
3.2.1 Historia del RCM	60
3.2.2 Definición de RCM	62
3.2.3 Fases Teóricas Metodología RCM	63
3.2.4 Las Siete Preguntas Básicas	63
3.2.5 Funciones	64
3.2.6 Fallas Funcionales	64
3.2.7 Análisis Modos de Falla	65
3.2.8 Efectos de Falla	67
3.2.9 Consecuencias de las Fallas	68
3.3 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTA PARA RCM	69
3.3.1 Diagrama de Pareto	69
3.3.2 Análisis de Criticidad de Factores Ponderados	70
3.3.3 Diagrama de Ishikawa	72
3.3.4 Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)	74
3.3.5 Árbol lógico de Decisiones	76
3.4. PANORAMA DE RIESGOS	77
3.4.1 Objetivos del Panorama de Riesgo	77
3.4.2 Clasificación de los Factores de Riesgos	78
3.4.3 Valoración de Factores de Riesgo	82
3.4.4 Estimación del Riesgo	84

3.5 DESCRIPCION GENERAL REACH STACKER	85
3.5.1 Componentes Representativos	85
3.5.2 Componentes Principales.	86
4. IMPLEMENTACIÓN RCM EQUIPOS REACH STACKER	94
4.1. METODOLOGIA DE RCM Y LA NORMA SAE JA 1011 Y JA 1012	94
4.2 CONFORMACION DEL GRUPO DE TRABAJO RCM	95
4.2.1 Grupo de Trabajo para RCM	95
4.2.2 Funciones del Grupo de Trabajo para RCM	97
4.2.3 Actividades del Grupo de Trabajo RCM	97
4.2.4 Facilitador Para RCM	98
4.2.5 Protocolo de Reuniones Para RCM	99
4.2.6 Acta de Constitución para RCM	100
4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	102
4.3.1 Sistema de Información de Mantenimiento	102
4.3.2 Recolección de Información	104
4.3.3 Inventario de Equipos Reach Stacker	105
4.4 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS ESTADISTICAS	105
4.4.1 Aplicación Diagrama de Pareto Equipo Reach Stacker	105
4.4.2 Aplicación Análisis de Criticidad de Factores	113
4.5 VALIDACION DE DATOS PARA RCM	119
4.5.1 Jerarquía Estructural de los Sistemas del Equipo Reach Stacker	119
4.5.2 Nivel de Estudio Metodológico	120
4.6 ANALISIS DE CAUSAS POTENCIALES	120
4.6.1 Aplicación Técnicas de Brainstorming.	120
4.6.2 Aplicación Diagrama de Ishikawa.	121
4.6.3 Aplicación Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)	123
4.7 EVALUACION Y CALIFICACION DE MODOS DE FALLOS	133
4.7.1 Aplicación Árbol lógico de Decisiones	135
4.7.2 Plan de Acción y Seguimiento	137
4.7.3 Análisis Grafico Distribución Porcentual	138

5. IMPLEMENTACIÓN PANORAMA DE RIESGO	140
5.1 METODOLOGIA	140
5.1.1 Mapa de Ruta	140
5.1.2 Diagrama Estructural	141
5.1.3 Valoración de Factores de Riesgo	142
5.1.4 Tipos de valoración	144
5.1.5 Evidencia Fotográfica Recolección de Información	145
5.1.6 Evidencia Observacional Recolección de información	149
5.1.7 Ficha de Evaluación Taller Reach Stacker	152
5.1.8 Resultado Estimación del Riesgo	159
5.1.9 Plan de Acción y Seguimiento	161
6. PROPUESTA DEL MODELO DE MTTO PARA REACH STACKER	163
6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	163
6.1.1 Cronograma de Actividades Plan de Gestión	163
6.1.2 Matriz de Mantenimiento	164
6.1.3 Listas de Chequeos	166
6.1.4 Flujograma Proceso Generación de Ordenes de Trabajo	169
6.1.5 Inspección Preoperacional Equipos Reach Stacker	169
6.1.6 Matriz de Roles y Responsabilidades	170
6.1.7 Indicadores de Desempeño	172
7. CONCLUSIONES	174
BIBLIOGRAFIA	176

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Panorámica La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla	19
Figura 2. Ubicación Geográfica (1) Puerto de Barranquilla	20
Figura 3. Ubicación Geográfica (2) Puerto de Barranquilla	21
Figura 4. Ubicación Geográfica (3) Puerto de Barranquilla	21
Figura 5. Organigrama Departamento de Mantenimiento	28
Figura 6. Cargadores Caterpillar 950G	29
Figura 7. Banda Arrumadoras Móviles	29
Figura 8. Elevador de Cadena	30
Figura 9. Tractocamiones	30
Figura 10. Grúa Móvil Liebherr 420	31
Figura 11. Equipo Reach Stacker	32
Figura 12. Equipo Straddle Carrier	32
Figura 13. Equipo Reach Stacker	34
Figura 14. Primer Congreso Internacional de Mantenimiento	37
Figura 15. Nivel de mantenimiento según Niveles	46
Figura 16. Cambio en las Técnicas de Mantenimiento	48
Figura 17. Expectativas y Evolución del Mantenimiento	48
Figura 18. Ciclo de mantenimiento Preventivo	49
Figura 19. Ciclo del mantenimiento Predictivo	55
Figura 20. Evolucion de RCM	61
Figura 21. Fases teóricas metodología RCM	63
Figura 22. Patrones de Fallas	66
Figura 23. Enfoque Tradicional de probabilidad de falla	66
Figura 24. Diagrama de Pareto	70
Figura 25. Diagrama de Ishikawa	74
Figura 26. Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)	74

Figura 27. Árbol lógico de Decisiones	76
Figura 28. Componentes representativos del Reach Stacker	85
Figura 29. Chasis Reach Stacker	87
Figura 30. Motor (Cummins QSM11 diesel)	87
Figura 31. Transmisión Dana Spicer 13.7HR32335	89
Figura 32. Eje Motriz Reach Stacker	90
Figura 33. Eje de Dirección Reach Stacker	90
Figura 34. Sistema de Llantas Reach Stacker	91
Figura 35. Viga Telescópica boom Reach Stacker	92
Figura 36. Spreader Reach Stacker	93
Figura 37. Sistema hidráulico Reach Stacker	93
Figura 38. Metodología RCM aplicada en los equipos Reach Stacker	94
Figura 39. Diagrama estructural de FMECA	95
Figura 40. Grupo de trabajo para RCM	96
Figura 41. Actividades del grupo de trabajo RCM	97
Figura 42. Diagrama de actividades que debe generar el facilitado	98
Figura 43. Protocolo de reuniones para RCM	99
Figura 44. Acta (1) de constitución para RCM	101
Figura 45. Acta (2) de constitución para RCM	101
Figura 46. Sistema de Información de mantenimiento SAP	103
Figura 47. Recolección de información	104
Figura 48. Diagrama de Pareto de fallas en equipo Reach Stacker	107
Figura 49. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema de llantas	108
Figura 50. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema Hidráulico	109
Figura 51. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema Eléctrico	110
Figura 52. Diagrama de Pareto de fallos en el Sistema Spreader	111
Figura 53. Diagrama de Pareto sistema Motor	112
Figura 54. Representación Grafica de Costos de mantenimiento	113
Figura 55. Frecuencia de fallas Equipo Reach Stacker	115
Figura 56. Nivel de Criticidad Frecuencia Vs Consecuencia	117

Figura 57. Consolidado factores ponderados Equipo Reach Stacker	118
Figura 58. Jerarquía estructural de los sistemas del equipo Reach Stacker	119
Figura 59. Nivel de estudio metodológico	120
Figura 60. Formato recolección Información	122
Figura 61. Modelo de Aplicación Diagrama de Ishikawa	122
Figura 62. Evaluación herramienta Árbol lógico de Decisiones	136
Figura 63. Análisis de la Distribución del Tipo de mantenimiento	138
Figura 64. Análisis Distribución Porcentual Severidad Vs Detección	138
Figura 65. Análisis Distribución Porcentual Ocurrencia Vs Detección	139
Figura 66. Análisis Distribución Porcentual Ocurrencia Vs Severidad	139
Figura 67. Mapa de Ruta Panorama de Riesgo	140
Figura 68. Diagrama Estructural Panorama	141
Figura 69. Fotografías (1) Taller Equipo Reach Stacker	145
Figura 70. Fotografías (2) Taller Equipo Reach Stacker	146
Figura 71. Fotografías (3) Taller Equipo Reach Stacker	146
Figura 72. Fotografías (4) Taller Equipo Reach Stacker	147
Figura 73. Fotografías (5) Taller Equipo Reach Stacker	147
Figura 74. Fotografías (6) Taller Equipo Reach Stacker	148
Figura 75. Fotografías (7) Taller Equipo Reach Stacker	148
Figura 76. Consolidación / Escala de valoración	156
Figura 77. Grafica de Consolidación de Riesgo	157
Figura 78. Grafica Priorización de Riesgo Taller Equipo Reach Stacker	158
Figura 79. Grafica Nivel de Consecuencia Taller Equipo Reach Stacker	158
Figura 80. Grafica Grado de Repercusión Taller Equipo Reach Stacker	159
Figura 81. Grafico de Priorización NC Vs NP	161
Figura 82. Flujograma Proceso Generación de Ordenes de Trabajo	169
Figura 83. Inspección Pre operacional Equipos Reach Stacker	170
Figura 84. Indicadores de Desempeño I	173
Figura 85. Indicadores de Desempeño II	173

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de criticidad factores ponderados	71
Tabla 2. Valoraciones Matriz de Criticidad	72
Tabla 3. Valoración de Factores de Riesgo (1)	83
Tabla 4. Valoración de Factores de Riesgo (2)	83
Tabla 5. Estimación Del Riesgo	84
Tabla 6. Recomendación Grados de Riesgo	84
Tabla 7. Condiciones Operacionales Motor (Cummins QSM11 diesel)	88
Tabla 8. Especificaciones Técnicas Motor (Cummins QSM11 diesel)	88
Tabla 9. Reporte de fallas Equipo Reach Stacker	103
Tabla 10. Inventario de equipos Reach Stacker	105
Tabla 11. Estadística de fallas equipo Reach Stacker	106
Tabla 12. Estadística de fallas sistema de llantas	108
Tabla 13. Estadística de fallas el sistema Hidráulico	109
Tabla 14. Estadística de fallas en el sistema Eléctrico	110
Tabla 15. Estadística de fallas en el Sistema Spreader	111
Tabla 16. Estadística de fallas Sistema Motor (Cummins QSB 6.7)	112
Tabla 17. Identificación de Sistemas Análisis de criticidad	114
Tabla 18. Resultados I General de la Tabla de Criticidad	116
Tabla 19. Resultados II General de la Tabla de Criticidad	116
Tabla 20. Resultado Matriz de Criticidad para el Equipo Reach Stacker	118
Tabla 21. Análisis funcional	125
Tabla 22. Evaluación Descripción de las fallas Funcionales	126
Tabla 23. Evaluación Descripción del Modo de Fallos	127
Tabla 24. Evaluación Descripción de los Efectos	128
Tabla 25. Evaluación Consecuencia de fallos	132
Tabla 26. Evaluación Análisis de Severidad	134

Tabla 27. Evaluación Análisis de Criticidad Modo de Fallos	135
Tabla 28. Aplicación Árbol lógico de Decisiones a Modo de Fallos	136
Tabla 29. Plan de Acción y seguimiento	137
Tabla 30. Valoración de factores de riesgo (1)	142
Tabla 31. Valoración de factores de riesgo (2)	143
Tabla 32. Valoración de factores de riesgo (3)	143
Tabla 33. Valoración de factores de riesgo (4)	144
Tabla 34. Evidencia Observacional (1)	149
Tabla 35. Evidencia Observacional (2)	150
Tabla 36. Evidencia Observacional (3)	150
Tabla 37. Evidencia Observacional (4)	151
Tabla 38. Evidencia Observacional (5)	151
Tabla 39. Evidencia Observacional (6)	152
Tabla 40. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (1)	153
Tabla 41. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (2)	153
Tabla 42. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (3)	154
Tabla 43. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (4)	154
Tabla 44. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (5)	155
Tabla 45. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (6)	155
Tabla 46. Diagnostico General Interpretación de prioridades	156
Tabla 47. Interpretación de Prioridades	160
Tabla 48. Tabla de Priorizaciones NC Vs NP	160
Tabla 49. Plan de Acción y Seguimiento	162
Tabla 50. Cronograma de Actividades del plan de gestión	163
Tabla 51. Matriz de Mantenimiento (1)	165
Tabla 52. Matriz de mantenimiento (2)	165
Tabla 53. Lista de Chequeo (1) recomendaciones del fabricante	166
Tabla 54. Lista de Chequeo (2) recomendaciones del fabricante	167
Tabla 55. Lista de Chequeo (3) recomendaciones del fabricante	168
Tabla 56. Matriz de Roles y Responsabilidades	170

## RESUMEN

**TITULO: DISEÑO DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EQUIPO PORTUARIO TIPO REACH STACKER\***

**AUTOR(ES): OSCAR ENRIQUE GALINDO GÁMEZ, JHON CAMILO ARANGOHERNÁNDEZ, LUIS ENRIQUE PADILLA CASTRO\*\***

**PALABRAS CLAVES:** Panorama de Riesgos, Reach Stacker, RCM, Diagrama de Ishikawa, FMECA, Árbol Lógico de Decisiones, Mmodelo de Criticidad de Factores Ponderados, Diagrama de Pareto.

### **DESCRIPCION O CONTENIDO:**

El documento en principio forma una síntesis del problema, lo que se requiere diseñar es una metodología para la gestión de mantenimiento en equipo portuario tipo Reach Stacker que operan en la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla, cuenta con un inventario de 18 equipos y con un costos de mantenimiento que superar los 60.000 dólares anuales. Posteriormente se busca la implementación metodológica del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM por medio de instrumentos y herramientas científicas como son los factores ponderados de análisis de criticidad y siguiendo las normas de seguridad industrial la aplicación de un panorama de riesgo. El propósito principal es garantizar la disponibilidad de los equipos en estudio a lo largo de su vida útil y fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos potenciales de accidentes en los procesos de mantenimiento actuales en los talleres de la Sociedad Portuaria de Barranquilla. Promover la seguridad y la salud en el desempeño de los trabajadores sus tareas debe ser uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, por tal razón a través de la implementación de panorama de riesgo el taller de los equipos Reach Stacker, se consiguió establecer un documento de planes de acciones y seguimiento de los factores de riesgo de seguridad que impactaron en la tabla de priorización (Mecánico, Eléctrico y Locativos). Otro punto importante es el panorama de riesgo donde se obtendrán la posibilidad de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos, por otra parte formalizar acciones de mejoramiento, que aseguren la exclusión del riesgo, su intervención o la disminución de su impacto en las personas involucradas en el taller de los equipos Reach Stacker de puerto de barranquilla.

---

\*Monografía

\*\* Faculta de ingeniería Físico Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Directora: Melisa Benedetti. Ingeniera Mecánica.

## SUMMARY

**TITLE: DESIGN METHODOLOGY FOR EQUIPMENT MAINTENANCE MANAGEMENT IN PORT-TYPE REACH STACKER \***

**AUTHOR(S): OSCAR ENRIQUE GALINDO GÁMEZ, JHON CAMILO ARANGO HERNÁNDEZ, LUIS ENRIQUE PADILLA CASTRO\*\***

**KEY WORDS:** Panorama Risk, Reach Stacker, RCM, Ishikawa Diagram, FMECA, Logical Decision Tree Model, Weighted Factor criticality, Pareto diagram.

### **DESCRIPTION AND CONTENT:**

The document in principle is a summary of the problem, what is required is a methodology for designing management port equipment maintenance Reach Stacker type operating in Barranquilla Regional Port Society, has an inventory of 18 teams and a cost maintenance that exceed \$ 60,000. Subsequently seeks methodology implementation of reliability centered maintenance RCM through instruments and scientific tools such as weighted factors and criticality analysis following industrial safety standards applying a risk scenario. The main purpose is to ensure the availability of equipment studied throughout its life and encourage the development of activities and measures to prevent potential risks of accidents in current maintenance processes in the workshops of the Port of Barranquilla Society. Promote the safety and health of workers performing their tasks must be one of the most important aspects to consider, for this reason the implementation dare risk landscape workshop Reach Stacker teams are managed to establish a document action plans and monitoring of security risk factors that impacted the prioritization table (Mechanical, Electrical and Locative). Another important point is the risk landscape where you will get the opportunity to encourage the development of activities and measures to prevent risks, on the other formalize improvement actions that ensure the exclusion of risk, intervention or reducing its impact on the people involved in the workshop of Reach Stacker teams Barranquilla port.

---

\*Monograph

\*\* Faculty of Engineering Mechanical physical Mantenance Management Specialization  
Director: Melisa Benedetti. Mechanical Engineer

## INTRODUCCION

Desde el año 2008 la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla paso de ser un administrador de la concepción portuaria a manejar todos los niveles involucrados en la operación dentro de lo que está el desarrollo de infraestructura, adquisición y asignación de equipos portuarios, operación de los equipos con personal propio y Mantenimiento.

Por lo tanto el departamento de mantenimiento ha crecido, hoy los equipos portuarios entre los que están los tipos Reach Stacker, tienen una baja disponibilidad, poca confiabilidad. El equipo portuario Reach Stacker es un vehículo utilizado para el manejo de contenedores de carga.

La empresa requiere de alta disponibilidad en los equipos portuarios y que la confiabilidad sea cada día mayor. Por tal motivo se requiere diseñar una metodología para la gestión de mantenimiento en equipo portuario tipo Reach Stacker, siguiendo las normas de seguridad industrial y medio ambiente.

Se requiere métodos formales para asegurar y soportar la toma decisiones respecto a sus inversiones y sus programas de operaciones y mantenimiento. La falta de una metodología efectiva de mantenimiento, el poco tiempo para hacerlo, el deterioro de las maquinas hace que estas variables sean muy bajas para lo que requiere la operación.

Este trabajo de investigación proporciona mediante la implementación metodológica del RCM y la elaboración de un panorama de riesgo una gestión efectiva de mantenimiento para los equipos Reach Stacker.

Dentro de los alcances es importante resaltar la toma de decisiones asertivas en cuanto a las posibles fallas de los equipos Reach Stacker.

## 1. SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA

**Figura 1. Panorámica La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla**



Fuente: <http://www.puertodebarranquilla.com>

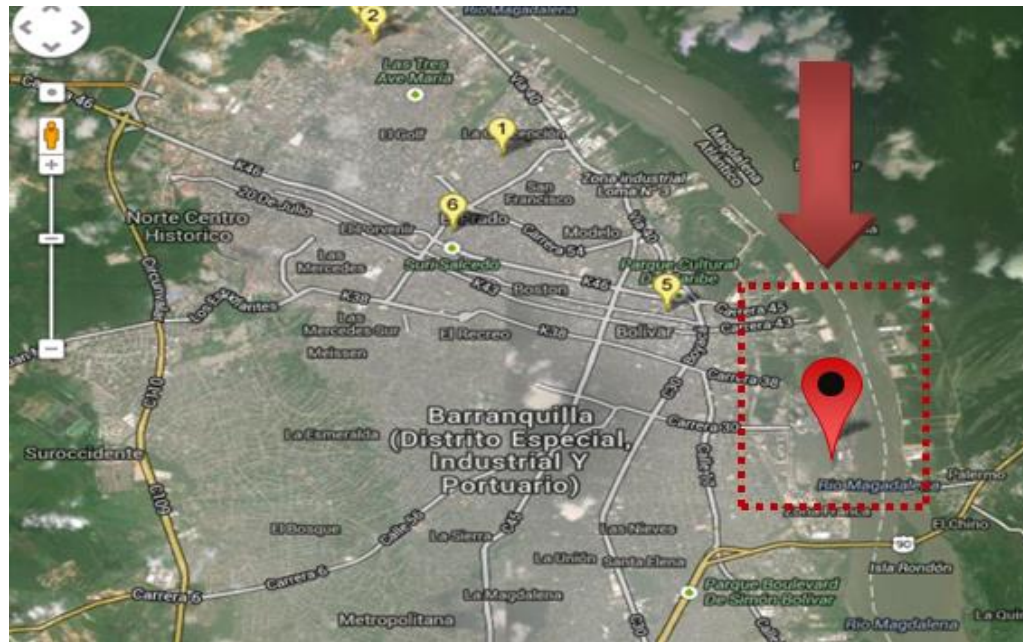
La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla es el puerto multipropósito más grande del Caribe colombiano, donde se movilizan todo tipo de carga como contenedores, gránulos sólidos y líquidos, carga general y carbón. El terminal marítimo y fluvial cuenta con muelle lineal de 1.058 metros con un calado autorizado de 36 pies así como un muelle adicional de 550 metros para embarcaciones fluviales<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA (2009): Manual del Puerto de Barranquilla 2009-2012.

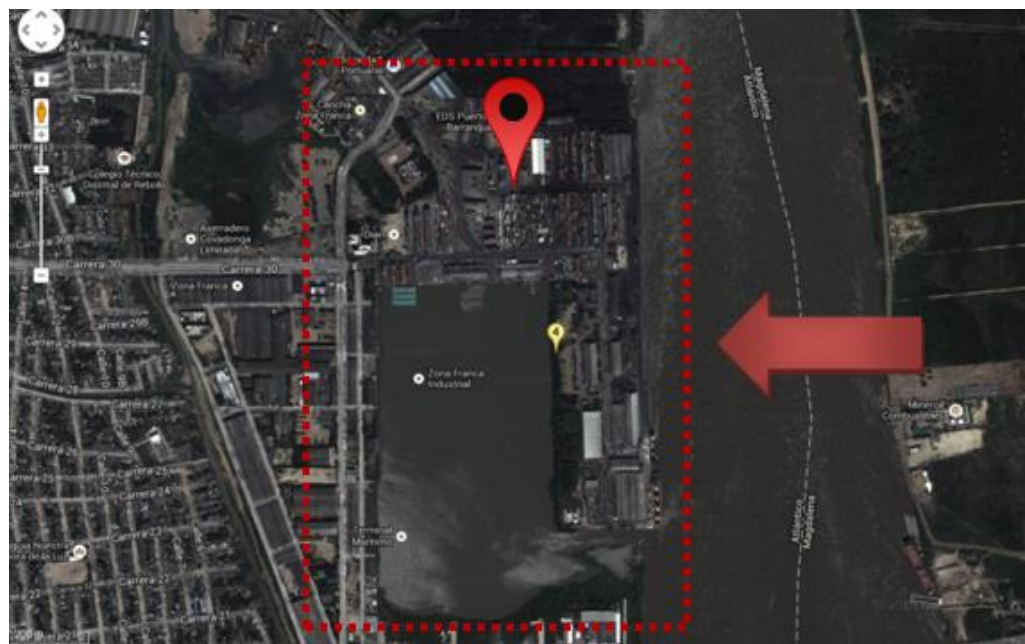


**Figura 3. Ubicación Geográfica (2) Puerto de Barranquilla**



Fuente: <https://maps.google.es/>

**Figura 4. Ubicación Geográfica (3) Puerto de Barranquilla**



Fuente: <https://maps.google.es/>

El puerto de Barranquilla es en la actualidad el cuarto puerto más importante del país por volumen de carga transportada, ya que los primeros lugares están ocupados por los puertos de, Cartagena, Buenaventura y Santa Marta.

## **1.1 HISTORIA Y EVOLUCION**

En este siglo, Barranquilla se convierte en el principal puerto de Colombia; a finales de siglo XIX se construye el muelle de Puerto Colombia, el cual se amplía a principios del siglo XX y se consolida como uno de los muelles más largos del mundo.

Las mercancías se movían por ferrocarril a Barranquilla, y luego por vía fluvial hasta el interior del país. Por su característica de puerto, Barranquilla se convierte en una de las ciudades más cosmopolitas de Colombia, acogiendo extranjeros de todas partes del mundo, quienes se asientan en la ciudad, dinamizan la industria y ayudan a hacer de ella una urbe moderna<sup>2</sup>.

Barranquilla, ciudad industrial y comercial ubicada en el Norte de Suramérica, gracias a su localización a orillas del río Magdalena, fue convertida en el primer puerto del país a finales del siglo XIX con la construcción de un extenso muelle en la vecina población de Puerto Colombia. Así, esta ciudad de la Costa Caribe, se convirtió en la gran receptora de culturas, y en centro de comercio e industria, entrando a jugar un papel importante en la economía del continente y del mundo. Con la construcción de Bocas de Ceniza, Barranquilla se posicionó como la ciudad

---

<sup>2</sup>Este artículo corresponde al capítulo de Barranquilla del libro “Entorno natural de 17 ciudades de Colombia” de la Sociedad Colombiana de Geología. vol: 1 págs.: 324, Ed.

del río y del mar, trabajando en función de su condición portuaria, donde múltiples barcos transoceánicos empezaron a atracar<sup>3</sup>.

De otra parte, Barranquilla es la cuarta ciudad más poblada del país con 1.146.359 habitantes según el Censo del 2005 y la más poblada del Caribe colombiano. Entre las ciudades portuarias más importantes del país, también ocupa el primer lugar en términos de población. Del total de habitantes de Barranquilla, sólo 4.047 no se encuentran ubicados en la cabecera municipal. Los otros 1.142.312 habitantes sí viven en la cabecera, la densidad poblacional de Barranquilla es de 7.443 habitantes por kilómetro cuadrado.

Con la inauguración, en 1936, del terminal marítimo y fluvial de la ciudad, a 22 km de la desembocadura del río Magdalena, la Puerta de Oro de Colombia, se convirtió entonces, en una ciudad de puertas abiertas a múltiples corrientes migratorias. La ciudad, como puerto principal del país, permitió la entrada de importantes adelantos y numerosas corrientes migratorias extranjeras que se vincularon estrechamente a su actividad comercial e industrial<sup>4</sup>.

Desde principios de la década de los 90, Colombia empezó a impulsar la apertura económica, para pasar de un modelo de sustitución de importaciones, a uno sin limitaciones para el intercambio comercial con el resto del mundo. Con la reforma constitucional de 1991, se crea el estatuto de puertos marítimos, a través del cual se abolió el monopolio estatal en la administración portuaria, para lograr un óptimo intercambio de mercancía y contar con la infraestructura portuaria y de transporte.

---

<sup>3</sup>Análisis logístico interno de la sociedad portuaria regional de barranquilla. Carlos Bermúdez castañeta. trabajo de grado Bogotá. Universidad del Rosario. junio de 2009 pagina 15.

<sup>4</sup> PUERTO DE BARRANQUILLA, PRIMERO EN OPERAR DURANTE 24 HORAS. Disponible en <[www.portafolio.co](http://www.portafolio.co)>. Citado el 8 de Octubre de 2012.

A partir del 13 de diciembre de 1993, la sociedad portuaria de barranquilla recibió en concesión por 20 años, el terminal público marítimo y fluvial de la ciudad de barranquilla. A partir de este momento, se adquirió el compromiso con la ciudad, asumiendo, con responsabilidad, la labor como puerto de importancia de entrada y salida en la ciudad de barranquilla.

En el año 2007, se logró adquirir la concesión del puerto por 20 años más, para así, seguir trabajando por los clientes, garantizando así la prestación de servicios y afianzando el crecimiento de la empresa.

Southern Cross (mayor fondo de inversión regional- adquirió el control de más del 50 por ciento de la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla SPRB) prevé que el crecimiento de carga será del orden aproximado de 10 por ciento, dada la ampliación de soluciones de logística y el alto crecimiento que se espera tenga el comercio exterior, por los efectos de los más recientes tratados de libre comercio suscritos por Colombia.

La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla alcanzó en el 2011 la mayor cifra de movimiento de carga en la historia del puerto con 4'256.883 toneladas.

Esta cifra representa un crecimiento del 4 por ciento respecto al año anterior, en el que movieron 4'090.638 toneladas.

Al sector portuario colombiano, ya han llegado jugadores externo, recientemente DP World de Emiratos Árabes adquirió el 25 por ciento de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura (SPRB), quedando como el mayor accionista en la terminal portuaria, por 150 millones de dólares<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> PUERTO DE BARRANQUILLA, PRIMERO EN OPERAR DURANTE 24 HORAS. Disponible en <[www.portafolio.co](http://www.portafolio.co)>. Citado el 8 de Octubre de 2012.

El crecimiento del Puerto se debe a varios factores, uno de ellos es que la gente volvió a creer en el país, por la mejora en seguridad de los últimos ocho años, y adicionalmente, Barranquilla en particular ha tenido mejores administraciones que en su pasado.

Hoy se tienen mejores dirigentes públicos, y eso le ha dado confianza al sector privado para invertir en la ciudad.

Todo esto ha llevado que mientras antes, la única alternativa portuaria era la SPRB, y ahora se cuenta en los 22 kilómetros, desde el puente Pumarejo hasta Bocas de Ceniza, 21 concesiones portuarias.

Actualmente el desarrollo logístico de la ciudad es impulsado por el "Plan Nacional de Logística" que en el último año permitió al Gobierno invertir más de \$55 billones en infraestructura.

## **1.2 MISIÓN**

Préstamos y facilitamos servicios portuarios y logísticos con calidad, seguridad y efectividad, satisfaciendo las necesidades de los clientes, con tecnología y talento humano competente generando rentabilidad para los accionistas y contribuyendo al desarrollo sostenible de Barranquilla.

## **1.3 VISIÓN**

Seguir expandiéndose a medida que crecen las necesidades de almacenamiento de la mayoría de los puertos privados y públicos que ahí se ubican. Esta capacidad de expansión incluye la construcción de un gran patio para

almacenamiento de carbón, para satisfacer las necesidades de las empresas exportadoras de carbón, ya que el manejo de este producto exige ciertos requerimientos técnicos como que el patio donde se almacene el carbón se encuentre apartado de las demás bodegas de almacenamiento y en términos de espacio, ya que el tamaño máximo para los arrumes de carbón es de 5 metros para evitar incendios y se debe completar en pilas de 5 metros la carga necesaria para llenar un buque carbonero.

#### **1.4 OBJETIVOS**

El puerto de Barranquilla tiene el potencial suficiente para seguir creciendo, pero para poder lograrlo debe aprovechar sus fortalezas como la capacidad que aún tienen de expansión física para más patios de almacenamiento de productos como el carbón para que puedan satisfacer la demanda por espacio en los puertos de los pequeños productores de este mineral del interior del país, su especialización el manejo de carga general, y la posibilidad de transporte intermodal, y al mismo tiempo, seguir trabajando en temas como el calado del canal de acceso.

#### **1.5 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

**1.5.1 Estructura Organizacional Interna.** El departamento de mantenimiento es el encargado de conservar y mantener la funcionalidad de los equipos involucrados en la operación portuaria.

Para tal fin el departamento está dividido en seis grupos de planificación, creados para la administración del mantenimiento de un grupo de máquinas afines en funcionalidad.

A cada grupo se les asignado un presupuesto y recurso humano para la administración y ejecución de las actividades, los grupos de planificación están distribuidos de la siguiente manera:

- Grúas: Encargado del mantenimiento de las grúas móviles de muelle y sus aparejos como spreaders y cucharas.
- Straddle Reach: Encargado del mantenimiento de los equipos tipo Reach Stacker y Straddle Carrier.
- Elevadores y Cargadores: Encargado en la gestión del mantenimiento de Elevadores, montacargas y cargadores.
- Tractocamiones y equipos de apoyo: Encargado del mantenimiento de Tractocamiones, plataformas, quinta rueda y vehículos de apoyo como carros y motocicletas.
- Gráneles y equipos fijos: Encargado del mantenimiento de Bandas arrumadoras, bodegas graneleras automatizadas y tolvas.
- Mantenimiento eléctrico: Encargado de todo el sistema eléctrico de distribución, iluminación y plantas auxiliares del terminal.

## 1.5.2 Organigrama Departamento de Mantenimiento

Figura 5. Organigrama Departamento de Mantenimiento



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 1.6 EQUIPOS PORTUARIOS

La Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla cuenta con su propia flota de equipos para la atención de las operaciones que se realizan dentro de la terminal, los equipos portuarios en la sociedad Portuaria se clasifican según el tipo de carga a atender.

**1.6.1 Flota de Mantenimiento de Cargadores.** Equipo que cumple la función de levantar, trasladar, cargar, apilar, acopiar, excavar, empujar materiales y también el izaje de estos hasta cierta altura en forma móvil o estacionaria, además cuenta

con accesorios intercambiables (Balde, Garra, etc.) para diferentes tipos de trabajos.

**Figura 6. Cargadores Caterpillar 950G**



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.2 Flota de Mantenimiento de Bandas Arrumadoras.** Las bandas arrumadoras cuentan con una estructura de suportación robusta con tiro para su traslado con tractor o montacargas, un sistema de variación de la inclinación.

**Figura 7. Banda Arrumadoras Móviles**



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.3 Flota de Mantenimiento de Elevadores de Cadena.** Es un vehículo contrapesado en su parte trasera, que mediante dos horquillas puede

transportar, apilar y manipular cargas. El uso de un elevador de cadena consiste en fijar los controles correctamente para levantar una carga y suspenderla en el aire.

Figura 8. Elevador de Cadena



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.4 Flota de Mantenimiento de Tractocamiones.** Vehículo motorizado para el transporte de carga, compuesto de un chasis portante, una cabina y una estructura con ruedas (plataforma) para el transporte de carga.

Figura 9. Tractocamiones

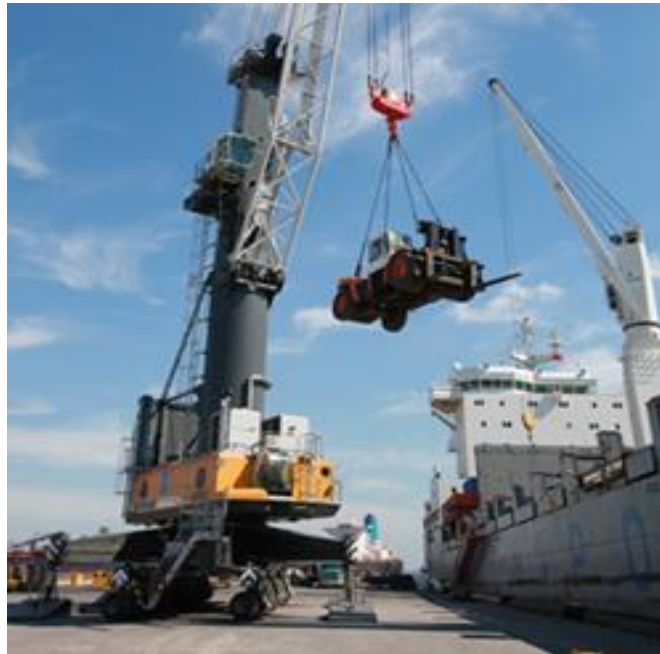


Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.5 Flota de Mantenimiento de Grúas móviles.** Máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho, por regla general son ingenios que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc.

Para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas, en el caso de grúas para puerto se utiliza un aparejo llamado spreader para la manipulación de contenedores.

**Figura 10. Grúa Móvil Liebherr 420**



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.6 Flota de Mantenimiento de Reach Stacker.** Vehículo utilizado para el manejo de contenedores de carga intermodales en pequeños terminales o puertos de un tamaño medio.

Reach Stacker son capaces de transportar un contenedor distancias cortas muy rápidamente y apilarlos en varias filas en función de su acceso

**Figura 11. Equipo Reach Stacker**



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

**1.6.7 Flota de Mantenimiento de Straddle Carrier.** Es un equipo móvil especial para el transporte de contenedores ISO. Se utiliza para manipular los contenedores dentro de las terminales de contenedores de puertos, cargando, descargando y apilando los contenedores<sup>6</sup>.

**Figura 12. Equipo Straddle Carrier**



Fuente: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla

---

<sup>6</sup> TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

## 1.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La máquina más importante es la grúa Móvil de muelle quien es la encargada de recibir y despachar los contenedores de motonave a tierra (importación) y de tierra a motonave (exportación), en segunda instancia están las maquinas encargadas de almacenar la carga en el terminal, mientras esta cumple su proceso ya sea de importación, exportación o transito la SPRB usa en este proceso los Reach Stacker, por último y no menos importantes están los equipos auxiliares para la manipulación y la movilización interna de la carga a los diferentes puntos de paso (almacenamiento, inspección y despacho) los cuales son tractocamiones y elevadores.

Desde el año 2008, la sociedad portuaria paso de ser un administrador portuario a hacer un operador portuario, con el crecimiento de la carga se vio en la necesidad de comprar más equipos para la movilización de un manera rápida y segura en bienestar de los clientes, por ende el departamento de mantenimiento inicial ha crecido 5 veces de acuerdo a los objetivos de la SPRB y la gestión de mantenimiento esta aun etapa de maduración,

La empresa requiere de alta disponibilidad en los equipos portuarios y que confiabilidad sea cada día mayor, por tal motivo la falta de una metodología efectiva de mantenimiento, el poco tiempo para hacerlo, el deterioro de las maquinas por sobrecarga y escaso seguimiento al mantenimiento hace que estas variables sean muy bajas para lo que requiere la operación.

Actualmente los equipos portuarios entre los que están el tipo Reach Stacker, tienen una baja disponibilidad, poca confiabilidad. Sobre costos en sus presupuestos; baja efectividad en el accionar del recurso humano, todo por la falta de un plan de mantenimiento que este soportado con los manuales del fabricante y respaldado por seguimiento y análisis de falla.

Por lo tanto se requiere métodos formales para asegurar y soportar la toma de decisiones respecto a sus inversiones y sus programas de operaciones y mantenimiento.

El Reach Stacker es un vehículo utilizado para el manejo de contenedores de carga intermodales en pequeños terminales o puertos de un tamaño medio.

Reach Stacker son capaces de transportar un contenedor distancias cortas muy rápidamente y apilarlos en varias filas en función de su acceso.

Las Reach Stacker son vehículos elevadores modernos fabricados con componentes cuidadosamente seleccionados y un motor de bajo consumo que proporciona un excelente par incluso a bajas revoluciones.

Se pueden adaptar fácilmente para manipular diferentes tipos de mercancía con la ayuda de accesorios opcionales, proporcionando una capacidad de carga entre 40 y 80 toneladas.

**Figura 13. Equipo Reach Stacker**



Fuente:<http://smagris3.uv.es>

## 1.8. OBJETIVOS

### 1.8.1 Objetivo General.

Diseñar una metodología para la gestión de mantenimiento en equipo portuario tipo Reach Stacker, siguiendo las normas de seguridad industrial y medio ambiente.

### 1.8.2 Objetivos Específicos

Obtener mediante la implementación metodológica del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) un estudio de tercer nivel, estrategias que permitan garantizar una gestión eficaz y efectiva de mantenimiento para los equipos Reach Stacker.

Determinar mediante los instrumentos y herramientas (Diagrama de Pareto y el Análisis de Criticidad de Factores Ponderados) el sub-sistema que adquiera mayor valor de criticidad en los equipos Reach Stacker.

Identificar y jerarquizar las actividades proactivas y reactivas de cada uno de los modos de fallos del sub-sistema que obtuvo el mayor valor de criticidad, mediante el análisis de causa y efecto (**Diagrama de Ishikawa**) y la aplicación de los instrumentos de análisis del Modo, Efecto y Criticidad de las Fallas Potenciales (**FMECA**).

Establecer mediante la implementación de un panorama de riesgo la identificación de factores de riesgo en los procesos de mantenimiento actuales en los talleres de la Sociedad Portuaria de Barranquilla.

## 1.9 JUSTIFICACIÓN

Con esta monografía se busca desarrollar una metodología de gestión para el mantenimiento en los 18 equipos portuarios tipo Reach Stacker, con un presupuesto acorde a las necesidades operativas y administrativas de la organización, asegurando que los activos continúen cumpliendo las funciones para los cuales fueron diseñados, generando estrategias de mantenimiento proactivo que permitan reparar antes de falla.

Permitirá establecer un modelo de mejoramiento continuo, que atienda las necesidades de la operación de contenedores en patio, estableciendo actividades definidas como un procedimiento que sean un apoyo constante en la gestión del mantenimiento y que permita mejorar la disponibilidad de los equipos portuarios tipo Reach Stacker para el desarrollo de las operaciones internas de movimiento de contenedores del terminal marítimo de la SPRB.

Es importante resaltar que se requiere tener un modelo notable que genere confiabilidad en el desarrollo de la operación, satisfacción a los clientes del terminal marítimo y tranquilidad a la administración, eliminando los sobre costos y haciendo un mejor uso de los recursos presupuestados.

Es necesario implementar metodología de reducción de eventos no programados en los equipos, caracterizar la gestión y procedimientos, el objetivo principal del actual estudio es el de conocer la normalización y documentación de los procesos y actividades ejecutadas en el departamento de mantenimiento de SPRB.

De igual manera permitirá el aprovechamiento eficientemente a la ventana de oportunidad según el tipo de mantenimiento preventivo, donde se deberá analizar la información del equipo para generar ordenes de trabajo basadas en las tendencias de los parámetros y en la confiabilidad.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO 2013

Figura 14. Primer Congreso Internacional de Mantenimiento



Fuente: <https://micanaldepanama.com/congreso/>

La Autoridad del Canal de Panamá organizó el Primer Congreso Internacional de Mantenimiento, Canal de Panamá 2013, durante los días 16,17 y 18 de enero de 2013. El evento se realizó en el Centro de Capacitación Ascanio Arosemena, ubicado en Balboa, bajo el lema: “Una cultura de mantenimiento: Inversión que garantiza rentabilidad y sostenibilidad” el principal expositor fue el Ingeniero/Investigador: Mora Gutiérrez, Luis Alberto, donde se puede resumir que La Fiabilidad (Confiabilidad) – C y la Mantenibilidad – M, son los adjetivos calificativos de la gestión de operación y mantenimiento respectivamente; la medición de cada una de ellas bajo métodos internacionales permite conocer el comportamiento pasado y más importante aun es el valor futuro de C y M, con

ellos se obtiene el valor de la disponibilidad mediante la utilización de la ecuación  $(C/(C+M))$ .

Indudablemente el análisis de fallas incide notoriamente en la Mantenibilidad (mas no así en la Confiabilidad) pero si en la Disponibilidad. Permite el análisis de fallas mejorar los procesos de Mantenibilidad y su impacto futuro en los costos y competitividad empresarial.

Las reglas de juego en mantenimiento están definidas, por la relación tripartita entre Fiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad, de tal manera que estas permiten establecer todos los criterios y parámetros relevantes en la medición.

Las metodologías de análisis de fallas deben seguir reglas procesales y no funcionales en las organizaciones modernas, requiere un proceso de entrenamiento previo grupal, con roles definidos en el Grupo Primario Caza Fallas responsable de tal proceso, son varios los pasos y entrenamientos previos requeridos que garantizan verdaderamente la aplicación de esta ciencia eficaz en los procesos de eliminación o control de fallas imprevistas.

El objetivo principal del área de mantenimiento es maximizar la disponibilidad al mínimo costo posible, para lograr esto se deben alcanzar los máximos niveles tanto de Fiabilidad (similar a Confiabilidad) como de Mantenibilidad.

La segunda mitad del siglo XX trajo consigo un incremento en la automatización y robotización de las líneas de producción, tanto del modo de manufactura como de procesos continuos, en algunos casos el modo de servicios se vio también inmerso en tal avance tecnológico<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Congreso Internacional de Mantenimiento, Canal de Panamá 2013, durante los días 16,17 y 18 de enero de 2013. El evento se realizó en el Centro de Capacitación Ascanio Arosemena, ubicado en Balboa.

Esto se nota en una proliferación de nuevos sistemas y productos con nuevas características, precios más bajos. Una calidad con un grado de exigencia tal para cumplir con los altos estándares del cliente.

Por otro lado también se requirieron, ciclos de producción más cortos, aumentos de subcontrataciones especializadas, nuevos ambientes, nuevos niveles de precisión, miniaturización y otros avances tecnológicos.

Estos cambios contribuyeron de gran manera a que la industria diseñara nuevos métodos de trabajo. Confiando inclusive en el trabajador para lograr el bienestar humano y la calidad<sup>8</sup>.

Los cambios afectaron también notablemente la relación entre el precio de venta y el costo de producción, involucrando inclusive el costo de mantener el sistema o producto.

Con relación al mantenimiento y las líneas de fabricación se vieron también inmersas en estas exigencias de modernización y avance.

Una respuesta principal que se ha dado a estas causas y necesidades son las ideas de cuantificar la Confiabilidad de la maquinaria, equipos e instalaciones, este hecho ha dado como resultado el diseño de una nueva técnica llamada Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad. (RCM).

Para comprender estos términos, basta con saber que La confiabilidad; se refiere a la probabilidad de que un sistema o componente, pueda funcionar correctamente

---

<sup>8</sup> MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Congreso Internacional de Mantenimiento, Canal de Panamá 2013, durante los días 16,17 y 18 de enero de 2013. El evento se realizó en el Centro de Capacitación Ascanio Arosemena, ubicado en Balboa.

fuera de falla, por un tiempo específico. Más sencillamente, Confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto funcione.

Para los sistemas y productos de un solo servicio, (como un misil o los motores de un cohete de combustible sólido), la definición se reduce a la probabilidad de funcionar en las condiciones previstas. Para encontrar la confiabilidad de maquinaria y equipos se requiere conocer los parámetros de diseño y de actuación, y procesarlos en distintos ambientes<sup>9</sup>.

Este proceso proporciona la nueva información, la cual se usa en el desarrollo de sistemas (Maquinaria, equipos y productos).

La planificación de la confiabilidad exige la comprensión de las definiciones fundamentales.

- Cuantificación de la confiabilidad en términos de probabilidad.
- Clara definición de lo que es un buen funcionamiento.
- Del ambiente en que el equipo ha de funcionar.
- Del tiempo requerido de funcionamiento entre fallos.

Si no es así, la probabilidad es un número carente de significado para los sistemas y productos destinados a funcionar a lo largo del tiempo.

Aquí se ha tratado dos conceptos que son: la cuantificación y probabilidad de la confiabilidad (también existen conceptos paralelos para mantenibilidad). En un proceso de calidad se sabe que se puede alcanzar la calidad manteniendo dentro

---

<sup>9</sup> MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Congreso Internacional de Mantenimiento, Canal de Panamá 2013, durante los días 16,17 y 18 de enero de 2013. El evento se realizó en el Centro de Capacitación Ascanio Arosemena, ubicado en Balboa

de los límites de control y especificación el comportamiento de una variedad de; parámetros, características y tolerancias (cuantificación de la calidad<sup>10</sup>).

En mantenibilidad los fallos en los equipos en el lugar de utilización seguirán ocurriendo, por lo que hay que arbitrar medios que permitan restaurar el servicio y que ha sido objeto de mucha atención por parte de fabricantes y usuarios, la cuantificación de la mantenibilidad se ha hecho una realidad con la creación de dos nuevos parámetros.

Un parámetro de tiempo, para expresar el tiempo necesario para restaurar el servicio, es decir el máximo de disponibilidad.

Un parámetro de probabilidad, para expresar el cumplimiento del parámetro de tiempo.

Mantenibilidad: probabilidad de que un sistema fallando se restaure en un tiempo específico, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones determinadas.

Un sistema de producción basado en la confiabilidad es muy amplio.

Para asegurar estas acciones suele necesitarse una planificación adecuada y en forma debida, si se requiere que las cosas se hagan a tiempo.

La metodología de Análisis de Fallas se apoya en procesos sólidos de medición y predicciones de Fallas y tiempos útiles que otorgan los métodos estandarizados de CMD combinado con herramientas futurísticas de última generación como redes neuronales, CMD Distribuciones o series temporales.

---

<sup>10</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Congreso Internacional de Mantenimiento, Canal de Panamá 2013, durante los días 16,17 y 18 de enero de 2013. El evento se realizó en el Centro de Capacitación Ascanio Arosemena, ubicado en Balboa.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

#### 3.1 MANTENIMIENTO

**3.1.1 Historia de Mantenimiento.** La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo.

Esa situación mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que,

juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica.

Los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de parada de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; el da lugar a seleccionar un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó «Ingeniería de Mantenimiento» y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, visando la optimización de la actuación de los equipos de ejecución de mantenimiento<sup>11</sup>.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento PREDICTIVO O PREVISIVO, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento.

Existen otros tipos de mantenimiento, de precisión, mantenimiento clase mundial, (pro activo) y hoy mejora continua, los altos niveles de la industria pequeña y

---

<sup>11</sup> INGENIERIA DE MANTENIMIENTO. Disponible en< [www.mailxmail.com](http://www.mailxmail.com)>. Citado el 24 de Abril de 2005.

mediana consideran que tienen resueltos sus problemas de mantenimiento con el sólo empleo de artesanos.

Es ignorada la existencia del sistema equipo satisfactorio, por lo que sólo se atiende el arreglo de la máquina y se descuida la atención a la calidad adecuada del satisfactorio, según la razón de ser de la demanda del mercado.

No hay planeación estratégica ni planificación para la preservación y mantenimiento de los recursos físicos de la empresa; por lo general las órdenes de trabajo son elaboradas por el personal de producción y se le llama erróneamente programa de mantenimiento.

Así pues, nuestro gran problema es que se ha captado el cambio que la historia nos marca y seguimos llamando equivocadamente mantenimiento a una labor que tiene dos facetas: la de preservar la maquinaria y la de mantener la calidad del producto que ésta proporciona. Analicemos en ese sentido nuestra historia enfocada al mantenimiento<sup>12</sup>.

En la actualidad la mayor parte de las empresas tienen máquinas o recursos que exigen muchas labores manuales, aunque con la introducción de la electrónica y la informática, la automatización en algunas organizaciones ha llegado a tal grado que las labores manuales se ha minimizado.

### **3.1.2 Definiciones de Mantenimiento**

- NORMA FRANCESA AFNOR. (NF X 60-010)

---

<sup>12</sup> MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Estratégico. Editorial. Medellín AMG- 2009 Vol. 1; p. 19

Dice que es un "conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado".

- NORMA BRITÁNICA. BS 3811

Dice que es “La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida”. Indica además que la función requerida puede ser definida como una condición dada<sup>13</sup>.

- NORMA MILITAR NORTEAMERICANA. MIL - STD - 721 C

Dice que son “Todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a él”.

- NORGANIZACIÓN EUROPEA DE MANTENIMIENTO

Dice que es “La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”<sup>14</sup>.

- NORMA MEXICANA. NOM 004 STPS

---

<sup>13</sup>GONZALEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe. 18-19 Enero-2013.

<sup>14</sup>A.KELLY, M.J. HARRIS MJ.Gestión de Mantenimiento. Madrid España: Editorial REPSOL 1998 Vol. 1. 1-58 p.

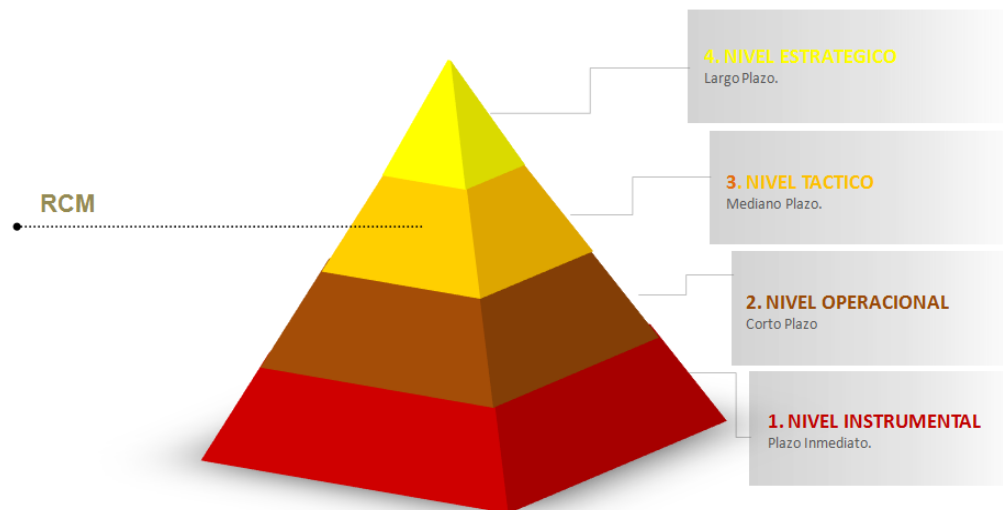
Dice: es la acción de inspeccionar, probar y reacondicionar la maquinaria y equipo a intervalos regulares con el fin de prevenir fallas de funcionamiento<sup>15</sup>.

### 3.1.3 Tendencias del Mantenimiento

- Realizar el mantenimiento con calidad
- Sistematización del mantenimiento
- Fomentar el uso de la tecnología de punta
- Mejorar la cobertura del mantenimiento preventivo
- Contratar actividades distractoras del mantenimiento
- Más conciencia empresarial del mantenimiento
- Más presencia de la alta gerencia en el mantenimiento
- El Mantenimiento una actividad permanentemente proactiva y medible

### 3.1.4 Propósito del Mantenimiento

Figura 15. Nivel de mantenimiento según Niveles



Fuente: Memorias Curso Teoría de la Predicción. Luis Alberto Mora Barranquilla 18-19 Mayo-2012

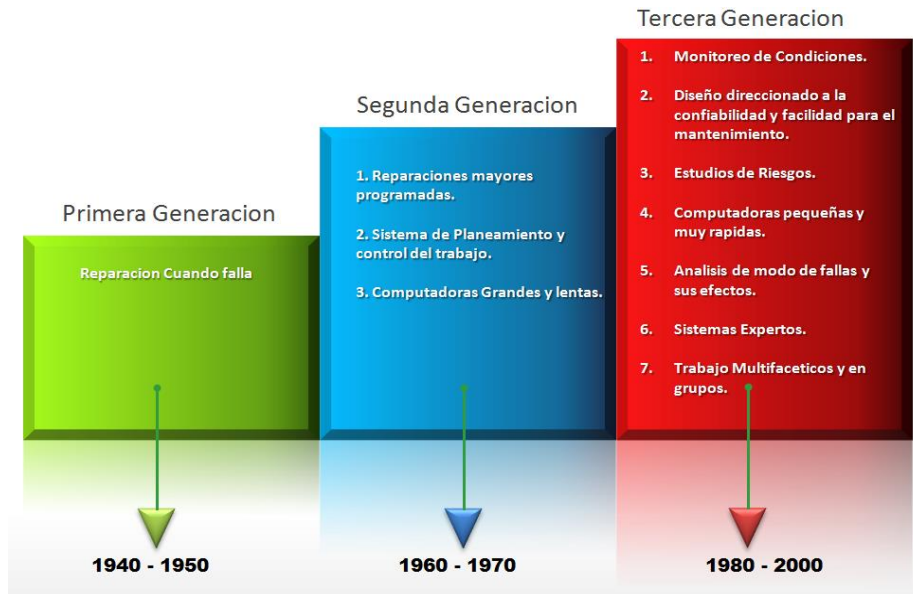
<sup>15</sup> GONZALEZ BOHORQUEZ, Op. cit., 18-19 Enero-2013.

- El hacer mantenimiento no implica reparar equipos rotos tan pronto como se pueda, sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados.
- En consecuencia, buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y, de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.
- Incentivar a los integrantes de dicho departamento a capacitarse en la prevención de accidentes y de incendios.
- Formar parte del comité de Higiene y Seguridad Industrial de la empresa.
- Innovar los programas de mantenimiento a fin de que no se produzcan pérdidas ni retrasos en los trabajos.
- Velar por el cumplimiento de las normas de Seguridad Industrial.
- Garantizar el buen aprendizaje de personas en proceso de formación, tales como: aprendices, pasantes y otros.
- Llevar a cabo en conjunto con la administración y la gerencia la programación y ejecución del programa **Overhaul** en las máquinas de la empresa para así obtener mayores ganancias en menos actividades de mantenimiento, mayor producción con menos paradas y lograr mayor confianza en el recurso humano disponible<sup>16</sup>.

---

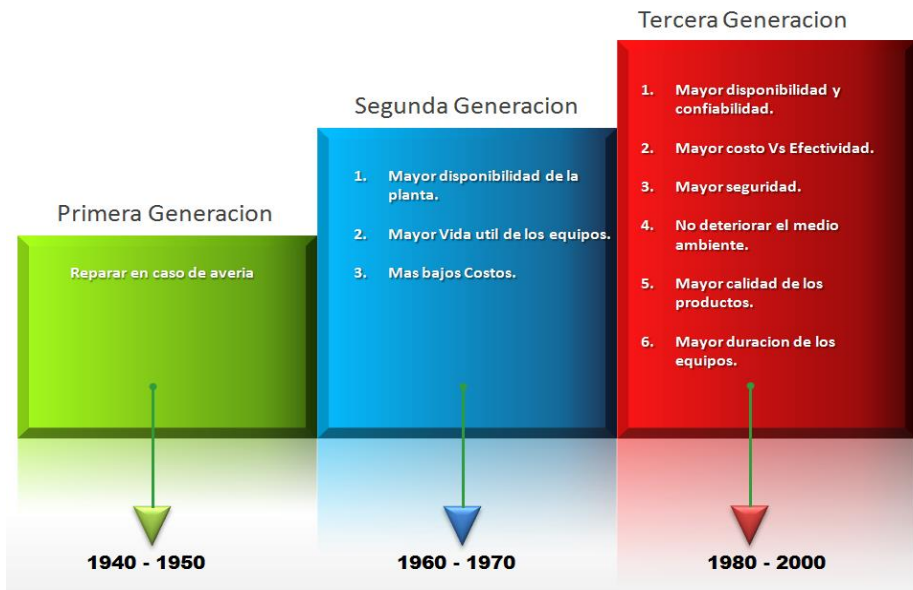
<sup>16</sup>A.KELLY, M.J. HARRIS MJ. Gestión de Mantenimiento. Madrid España: Editorial REPSOL 1998 Vol. 1. 1-58 p.

**Figura 16. Cambio en las Técnicas de Mantenimiento**



Fuente: Memorias Curso Mto .Preventivo. Carlos Ramón González Bohórquez. Barranquilla 18-19 Enero-2013

**Figura 17. Expectativas y Evolución del Mantenimiento**



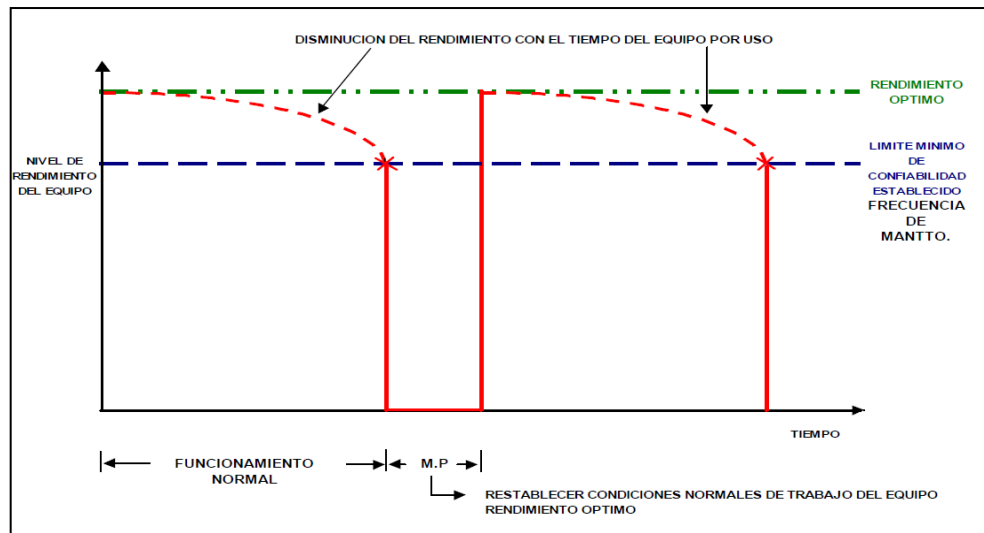
Fuente: Memorias Curso Mto .Preventivo. Carlos Ramón González Bohórquez. Barranquilla 18-19 Enero-2013

### 3.1.5 Tipos de Mantenimientos

#### ➤ Mantenimiento Preventivo.

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como Mantenimiento Preventivo Directo o Periódico FTM (Fixed Time Maintenance) por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la Confiabilidad de los Equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados.

Figura 18. Ciclo de mantenimiento Preventivo



Fuente: Memorias Curso Mto .Preventivo. Carlos Ramón González Bohórquez. Barranquilla 18-19 Enero-2013

Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción<sup>17</sup>.

<sup>17</sup>JEZDDIMIR Knezevic. Mantenimiento. Madrid España: Editorial ISDEFE- 1996 Vol. 1. 92-101-114-124 p.

Está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos. También conocido como Mantenimiento Predictivo, Preventivo Indirecto o Mantenimiento por Condición -CBM (Condition Based Maintenance).

A diferencia del Mantenimiento Preventivo Directo, que asume que los equipos e instalaciones siguen cierta clase de comportamiento estadístico, el Mantenimiento Predictivo verifica muy de cerca la operación de cada máquina operando en su entorno real.

Sus beneficios son difíciles de cuantificar ya que no se dispone de métodos tipo para el cálculo de los beneficios o del valor derivado de su aplicación.

Por ello, muchas empresas usan sistemas informales basados en los costos evitados, indicándose que por cada dólar gastado en su empleo, se economizan 10 dólares en costos de mantenimiento.

En realidad, ambos Mantenimientos Preventivos no están en competencia, por el contrario, el Mantenimiento Predictivo permite decidir cuándo hacer el Preventivo<sup>18</sup>.

Por otra parte esas acciones que son realizadas en forma lógica y sistemática sobre un equipo o sistema con la finalidad de mantenerlo trabajando en condiciones específicas de funcionamiento y para reducir las posibilidades de ocurrencias de fallas; es decir, prolongar el tiempo de vida útil del equipo o

---

<sup>18</sup> PRANDO, Raúl R. Manual de Gestión de Mantenimiento. El salvador: Editorial PIEDRA SANTA 1996 Vol. 1. 27-28-29-35-37 p.

sistema. Este mantenimiento puede ser de naturaleza menor, como simples reparaciones, o mayor, como una revisión general.

Este mantenimiento preventivo se clasifica en tres procesos:

- Visitas sistemáticas.
- Reparaciones.
- Mantenimiento preventivo.

Es de suma importancia en cualquier empresa o industria debido a que con él se puede conseguir que los equipos trabajen en perfectas condiciones con menos paradas inesperadas y menos tiempo de pérdida contribuyendo así a la mejor calidad del material producido así como también alargar el tiempo de vida útil de los equipos y dispositivos de maniobras.

#### ➤ **Mantenimiento Correctivo**

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de maquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes.

A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como

resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva<sup>19</sup>.

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Y aún así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable.

En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han conseguido existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado.

La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la

---

<sup>19</sup>GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Correctivo. Madrid España: Editorial RENOVETEC 2009 Vol. 4. 5-9-11-16 p.

parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa.

Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar.

Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos<sup>20</sup>.

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico

---

<sup>20</sup>GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Correctivo. Madrid España: Editorial RENOVETEC 2009 Vol. 4. 5-9-11-16 p.

- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Esas son las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo.

No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes Inconvenientes:

La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento.

Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final.

En plantas que requieren una alta fiabilidad ( Las empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento<sup>21</sup>.

### ➤ **Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.

Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

---

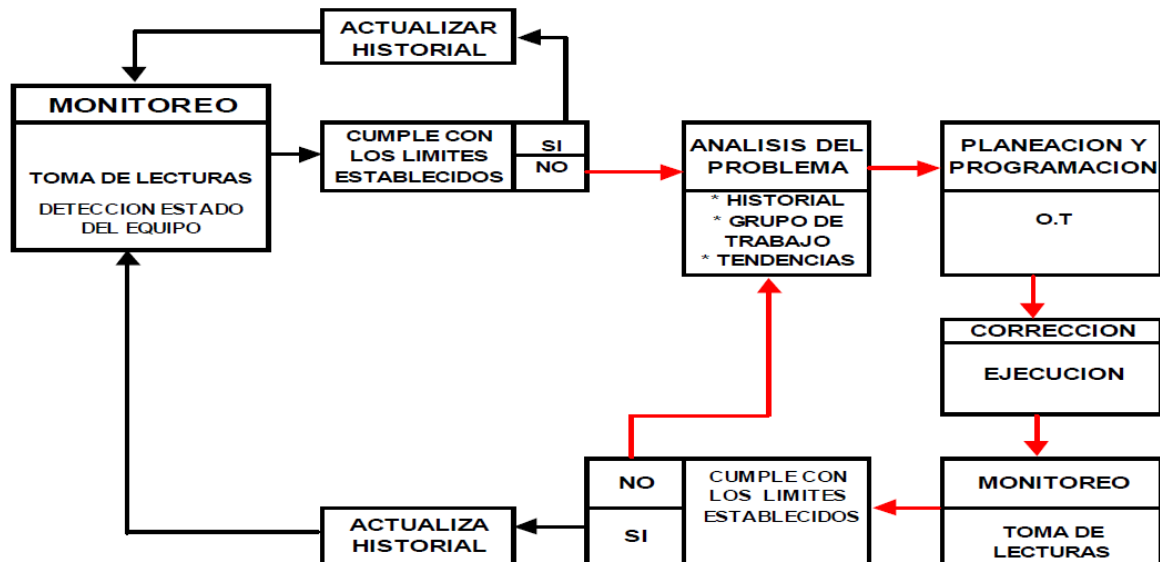
<sup>21</sup>GONZALEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe. 18-19 Enero-2013.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente.

Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

**Figura 19. Ciclo del mantenimiento Predictivo**



Fuente: 1 Memorias Curso Mto .Preventivo. Carlos Ramón González Bohórquez. Barranquilla 18-19 Enero-2013

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente, por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o

deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se busca alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico<sup>22</sup>.

**-Vigilancia de máquinas:** Su objetivo es indicar cuándo existe un problema, debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.

**-Protección de máquinas:** Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.

**-Diagnóstico de fallas:** Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica<sup>23</sup>.

En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibro-análisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

### ➤ **Mantenimiento Proactivo**

En la actualidad el costo de operar un equipo hasta que este falla (Mantenimiento Reactivo), es muy alto en términos de tiempo improductivo, partes de repuesto,

---

<sup>22</sup>BORRAS PINILLA Carlos. Mantenimiento Preventivo. Barranquilla 9-10-23-24 Marzo-2012

<sup>23</sup>PRANDO, Raúl R. Manual de Gestión de Mantenimiento. El salvador: Editorial PIEDRA SANTA 1996 Vol. 1. 27-28-29-35-37 p.

mano de obra y costo de la reparación. Las técnicas de Mantenimiento Preventivo se basan en el cambio o reemplazo de partes en función de un intervalo de tiempo y en la mayoría de las veces las piezas son retiradas cuando aún tienen capacidad de seguir funcionando - Según Forbes Magazine; "Un 33% de las actividades de mantenimiento preventivo son desperdiciadas.

Las técnicas de Mantenimiento Predictivo, nos indican el momento en el que la pieza o componente está próximo a la falla, pero no nos dice como evitarla.

Afortunadamente, existe una nueva alternativa conocida como "Mantenimiento Proactivo".

El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria.

Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo.

Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio, en sistemas mecánicos operados bajo la protección de lubricantes líquidos, controlar cinco causas de falla plenamente reconocidas, puede llevar a la prolongación de la vida de los componentes en muchas

ocasiones hasta de 10 veces con respecto a las condiciones de operación actuales.

Cualquier desviación de los parámetros de las causas de falla anteriores, dará como resultado deterioro del material del componente, seguido de una baja en el desempeño del equipo y finalizando con la pérdida total de los componentes o la funcionalidad del equipo<sup>24</sup>.

Las condiciones de uso de los equipos que conducen a fallas (condicionales de falla), producen deterioro material (falla incipiente), que es la causa directa de la pérdida en el desempeño del equipo (falla operacional) y que finalmente resulta en la falta de funcionalidad del equipo (falla catastrófica).

Para poder detectar y corregir las causas de falla, debemos establecer métodos de control y seguimiento que permitan identificar su nivel y comportamiento.

En la diaria actividad del mantenimiento, es común encontrarnos con condiciones de "convivencia" con los problemas en vez de utilizar una técnica real de detección y solución de las causas de falla.

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero, para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesaria una implicación del personal de mantenimiento<sup>25</sup>.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita

---

<sup>24</sup> REY SACRISTAN, Francisco. Hacia la Excelencia en Mantenimiento. Madrid España: Editorial TGP HOSHIN 1996 Vol. 1. 1-52 p.

<sup>25</sup>NACHLAS, Joel A. Fiabilidad. Madrid España: Editorial ISDEFE -Noviembre 1995 Vol. 1. 19-45 p.

acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

El mantenimiento proactivo puede dar respuesta a cuestiones como la que sigue: "Es posible que aquel rodamiento, cuya vida útil de trabajo es excesivamente corta, esté insuficientemente dimensionado o simplemente no sea el tipo de rodamiento más adecuado para la aplicación que se le está dando<sup>26</sup>".

### **3.1.6 Conclusiones de Mantenimiento**

En Conclusión el mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan y sigan cumpliendo la función para la cual fueron diseñados, las personas que se dedican al mantenimiento ha tenido que adaptarse a nuevas formas de pensar y actuar. El mantenimiento desempeña una gran labor en la empresa ya que esta permite utilizar las maquinarias el mayor tiempo posible de acuerdo como se ejecuta el cuidado de la maquinaria. Por esta razón hay que tomar el mantenimiento preventivo con suma importancia en cualquier empresa, así como el correctivo y el predictivo y hacer un cronograma de sustento de las máquinas para que se ejecute de la mejor manera que permita menos paros por mantenimiento, además, hay que tener en cuenta que las personas o empleados que ejecuten este proceso bien preparadas y estén supervisados.

### **3.1.7 Normas Importantes en Mantenimiento**

- OSHA reglas de operación, 29 CFR 1910.178; Apéndice A Seguridad.
- ANSI B56.1 regla operación de vehículo industrial; Apéndice B en seguridad

---

<sup>26</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Metodología de Mantenimiento Proactivo/ Medellín Colombia 1991

- ISO 9001:2000, Sistema de gestión de calidad
- ISO 14001:2004, Sistema integrado de calidad
- ISPS ò PBIP, Certificado de protección a buques e instalaciones portuarias
- OHSAS 18001:2007, Sistemas de gestión de salud y seguridad laboral
- SAE JA1012 ("Guía para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) Estándar") amplifica y clarifica cada uno de los criterios clave que figuran en el SAE JA1011 ("Criterios de evaluación para los procesos RCM"), y resume los temas adicionales que se deben abordar para aplicar RCM con éxito

## **3.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM**

### **3.2.1 Historia del RCM**

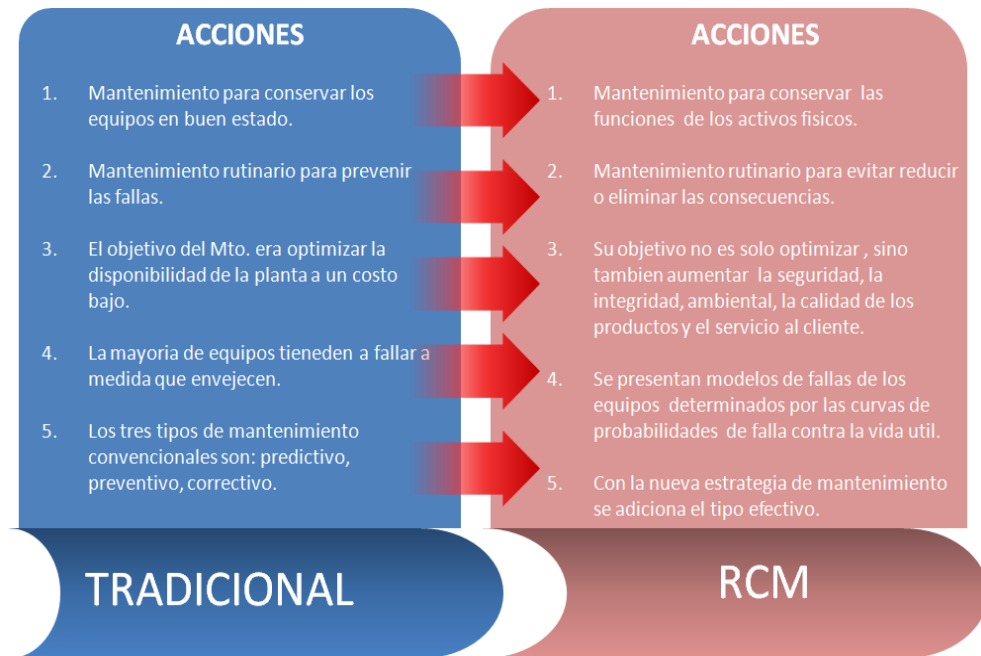
La primera vez que se acuñó el término Mantenimiento Centrado en Confiabilidad fue en diciembre 28 de 1978 por STANLEY NOWLAN y HOWARD F. HEAP, quienes realizaron un trabajo para la United Airlin es como parte de la mejora que requería la aviación civil en los Estados Unidos de América.

Posteriormente, el concepto y la metodología fueron optimizados y adaptados a otros tipos de industria como lo fue la transmisión de energía eléctrica y la generación eléctrica en centrales nucleares, entre otros, con aportes como los realizados por John Moubray en su libro RCM.

Debido a la proliferación de variaciones de la metodología, la Society of Automotive Engineers, Inc. (Sociedad de Ingenieros Automotrices) generó una norma que define los criterios para llamar a un proceso de mejoramiento del plan de mantenimiento como RCM.

Esa norma es la JA 1011 y la complementa la JA 1012 para la guía de implementación.

**Figura 20. Evolucion de RCM**



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Daniel Ortiz Plata. Barraquilla 1-2 Marzo 2013

Hoy en día, son muchos los sectores industriales que tienen implementada la metodología o alguna de sus variaciones. Pero aún hay mucho por recorrer en el mejoramiento del mantenimiento y de sus planes. Igualmente, la metodología es tan consistente que ya se han iniciado aplicaciones a otros sectores. Por ello, se puede decir que a pesar de lo ya escrito, todavía hay mucho por desarrollar y escribir<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> RCM2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD. Disponible en: <[www.industrialtijuana.com](http://www.industrialtijuana.com)>. Citado el 13 de Septiembre de 2012.

### 3.2.2 Definición de RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento.

Desarrollada por la United Airline de Estados Unidos, el RCM analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente.

Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las raíces de las causas.

La idea central del RCM es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo.

Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función.

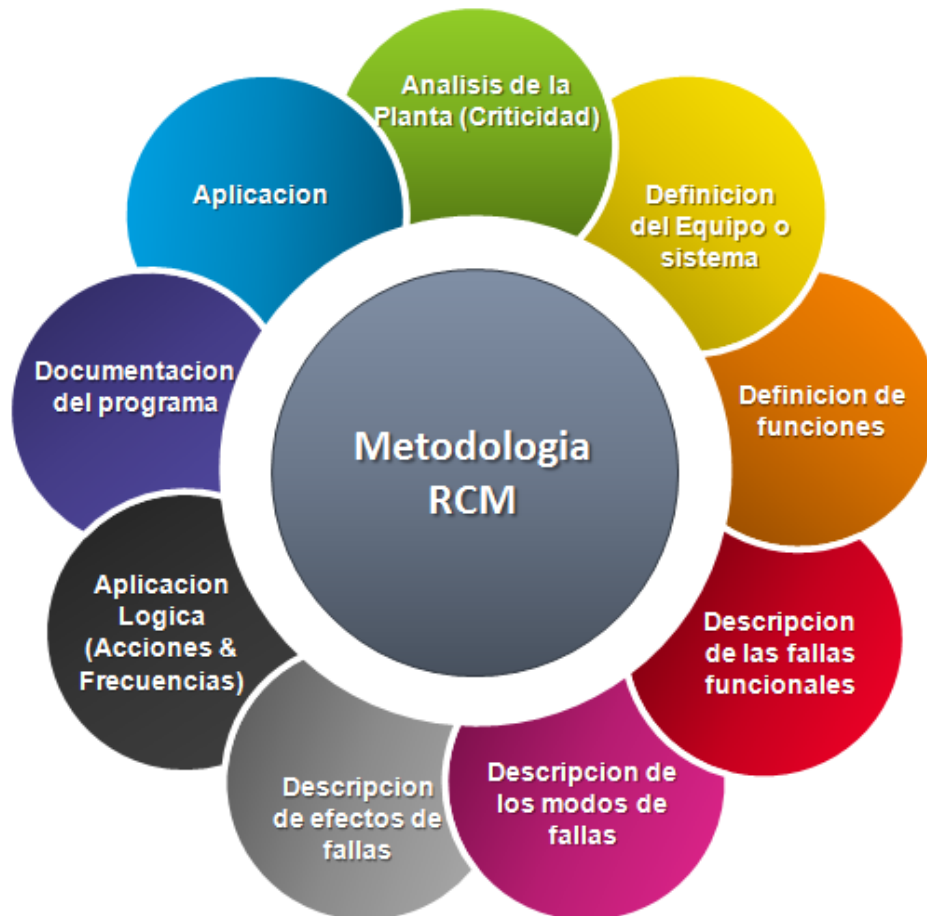
También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup>RCM. Disponible en: <[www.rcm-confiabilidad.com](http://www.rcm-confiabilidad.com)>. Citado: el 30 de Octubre de 2005.

### 3.2.3 Fases Teóricas Metodología RCM

Figura 21. Fases teóricas metodología RCM



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Daniel Ortiz Plata. Barraquilla 1-2 Marzo 2013

### 3.2.4 Las Siete Preguntas Básicas

El proceso RCM proporciona siete preguntas que se deben efectuar respecto al equipo seleccionado<sup>29</sup>:

---

<sup>29</sup> RCM. Disponible en: <[www.rcm-confiabilidad.com](http://www.rcm-confiabilidad.com)>. Citado: el 30 de Octubre de 2005.

- ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo en su contexto operacional actual?
- ¿De qué forma el equipo falla al cumplir sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué consecuencias genera cada falla?
- ¿Qué puede ser hecho para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe ser hecho si no fuese encontrada una tarea pro-activa apropiada?
- ¿Quién puede realizar estas rutinas de mantenimiento?<sup>30</sup>

Las preguntas están diseñadas para mantener la función para la cual fueron diseñados los equipos, teniendo en cuenta el costo beneficio de realizar las actividades y/o la mitigación del riesgo.

### **3.2.5 Funciones**

El análisis de RCM comienza con la redacción de las funciones deseadas.

Por ejemplo, la función de una bomba puede definirse como “Bombear no menos de 500 litros/ minuto de agua”. Sin embargo, la bomba puede tener otras funciones asociadas, como por ejemplo “Contener al agua (evitar pérdidas)”. En un análisis de RCM, todas las funciones deseadas deben ser listadas.

### **3.2.6 Fallas Funcionales**

Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Por ejemplo, para una bomba dos estados de falla podrán ser

---

<sup>30</sup>ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe. 1-2 Marzo 2013.

“Incapaz de bombear agua”, “Bombea menos de 500 litros/minuto”, “No es capaz de contener el agua”.

Notar que los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas.

Una vez identificadas todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales es un problema trivial.

### **3.2.7 Análisis Modos de Falla**

Se define como la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos de liberación de ingeniería o con requerimiento específicos del proceso.

Se hace una lista de cada modo de falla potencial para la operación en particular; para identificar todos los posibles modos de falla.

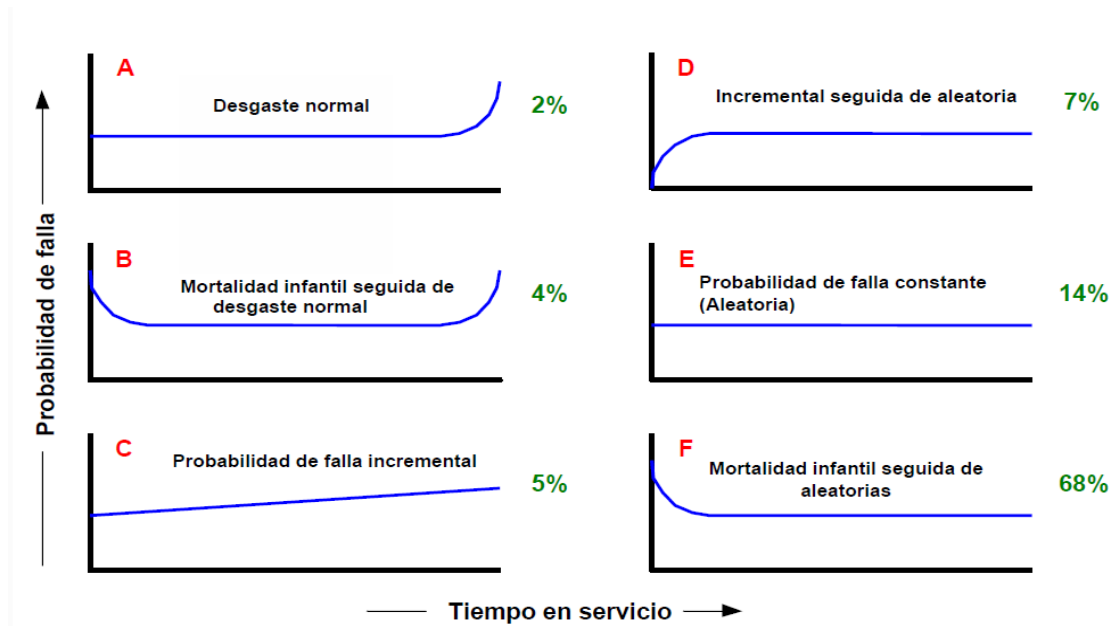
Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, “impulsor desgastado” es un modo de falla que hace que una bomba llegue al estado de falla identificado por la falla funcional “bombea menos de lo requerido”.

Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM<sup>31</sup>.

---

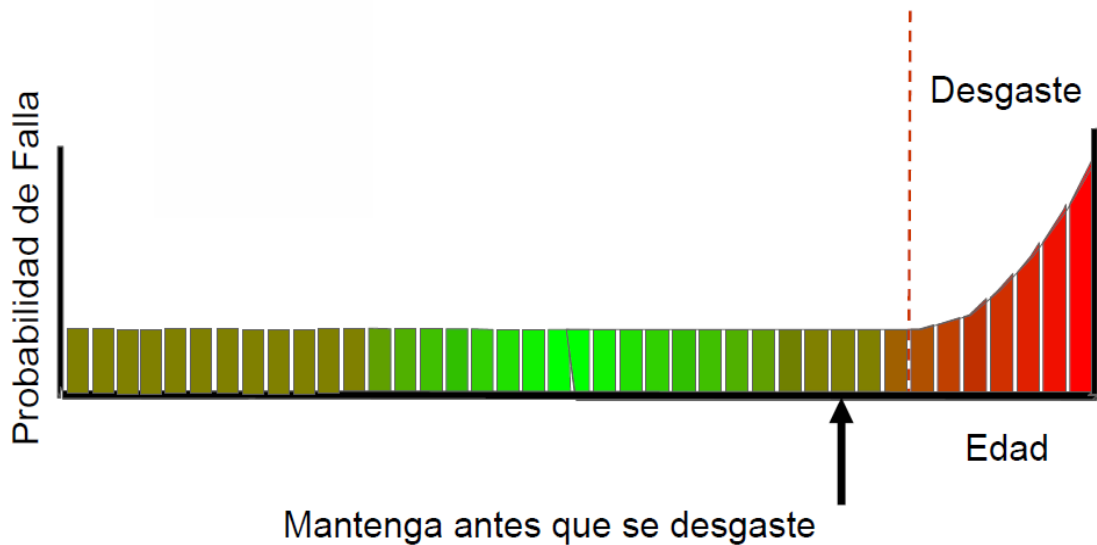
<sup>31</sup> GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid Esp: Ed. FC 2004. 259 p.

**Figura 22. Patrones de Fallas**



Fuente: AMS GRUP LTDA. Juan Carlos Duarte Holguín <http://www.amsgroup.com.co>

**Figura 23. Enfoque Tradicional de probabilidad de falla**



Fuente: AMS GRUP LTDA. Juan Carlos Duarte Holguín <http://www.amsgroup.com.co>

Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la causa raíz de la falla. Por ejemplo, si se están analizando los modos de falla de los rodamientos de una bomba, es incorrecto listar el modo de falla “falla rodamiento”. La razón es que el modo de falla listado no da una idea precisa de por qué ocurre la falla. Es por ¿falta de lubricación? ¿Es por desgaste y uso normal? ¿Es por instalación inadecuada?, notar que este desglose en las causas que subyacen a la falla si da una idea precisa de por qué ocurre la falla, y por consiguiente que podrá hacerse para manejarla adecuadamente (lubricación, análisis de vibraciones, etc.).

En algunos casos, si puede ser adecuado listar el modo de falla como “falla rodamiento”, según el contexto en el que trabaje el activo, es importante conocer bien el contexto operacional<sup>32</sup>

### **3.2.8 Efectos de Falla**

Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El efecto de falla es una breve descripción de qué pasa cuando la falla ocurre. Por ejemplo, el efecto de falla asociado con el modo de falla impulsor desgastado podrá ser el siguiente:

A medida que el impulsor se desgasta, baja el nivel del tanque, hasta que suena la alarma de bajo nivel en la sala de control. El tiempo necesario para detectar y reparar la falla (cambiar impulsor) suele ser de 6 horas. Dado que el tanque se vacía luego de 4 horas, el proceso aguas abajo debe detenerse durante dos horas. No es posible recuperar la producción perdida, por lo que estas dos horas de parada representan una pérdida de ventas.

---

<sup>32</sup>ALADON. ReliabilityCentredMaintenance (Versión 2). Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados. Estados Unidos: Soporte y Cía. Ltda.1999, p.5.

Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendrá la falla en caso de producirse.

### **3.2.9 Consecuencias de las Fallas**

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas:

- Poniendo en riesgo la seguridad de las personas
- Afectando al medio ambiente (consecuencias de medio ambiente)
- Incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico
- Ninguna de las anteriores (consecuencias no operacionales)

Además, existe una quinta categoría de consecuencias, para aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla. Por ejemplo, la falla del neumático de auxilio no tiene ninguna consecuencia adversa salvo que ocurra una falla posterior (pinchadura de un neumático de servicio) que haga que sea necesario cambiar el neumático. Estas fallas corresponden a la categoría de fallas ocultas.

Cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de estas categorías. El orden en el que se evalúan las consecuencias es el siguiente:

Seguridad, medio ambiente, operacionales, y no operacionales, previa separación entre fallas evidentes y ocultas. El análisis RCM bifurca en esta etapa: el tratamiento que se le va a dar a cada modo de falla va a depender de la categoría de consecuencias en la que se haya clasificado, lo que es bastante razonable: no sería lógico tratar de la misma forma a fallas que pueden afectar la seguridad que aquellas que tienen consecuencias económicas. El criterio a seguir para evaluar tareas de mantenimiento es distinto si las consecuencias de falla son distintas.

### 3.3 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTA PARA RCM

#### 3.3.1 Diagrama de Pareto

El Análisis de Pareto es una técnica estadística ampliamente utilizada en los procesos de toma de decisiones. Su uso se ha extendido a todas las áreas de conocimiento debido a la probada universalidad del principio sobre el cual se fundamenta.

En el mundo de la gestión de proyectos, existen múltiples usos posibles, especialmente si su responsabilidad es la de ayudar a la organización en la tarea de mejorar del rendimiento global en la ejecución de los proyectos.

El diagrama de Pareto está basado en la “**ley 80-20**” o de “los pocos vitales y muchos triviales”, enunciada por el economista italiano Vilfredo Pareto a principios de siglo. Pareto se dio cuenta de que la mayor parte de la riqueza de Italia se concentraba en manos de una pequeña parte de la población, quedando el resto distribuido entre la mayoría<sup>33</sup>.

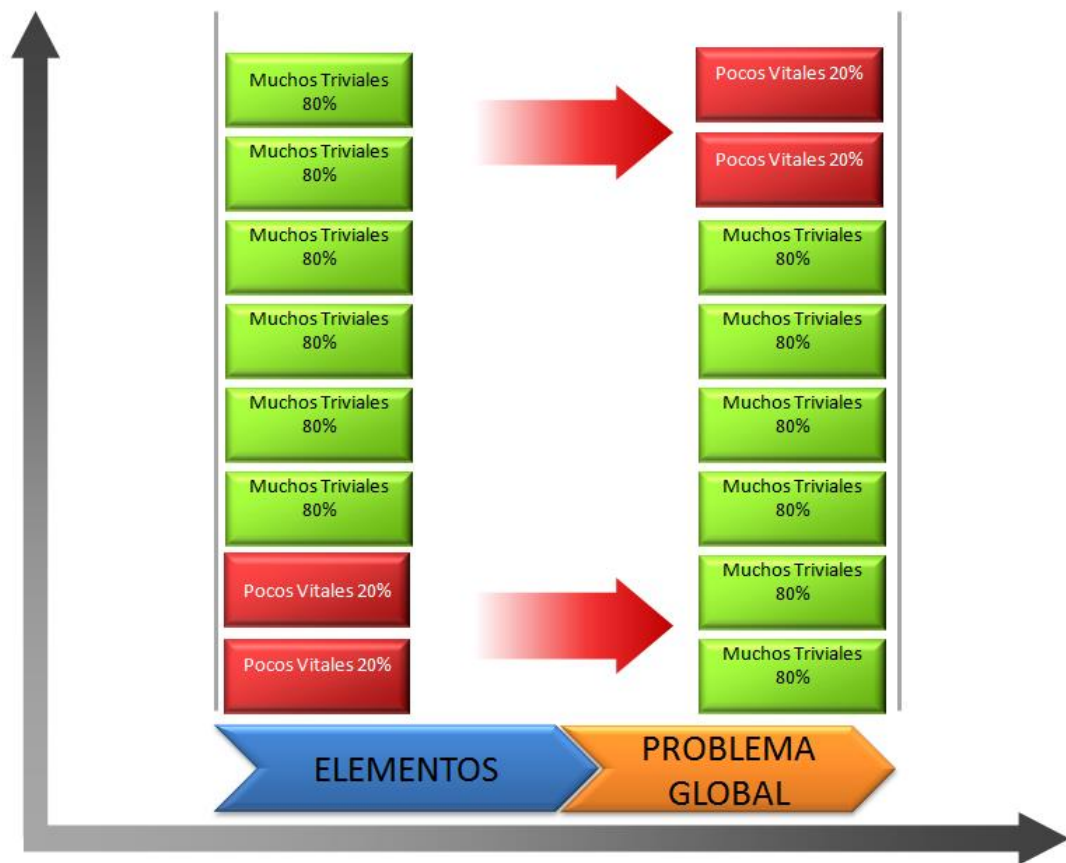
En esto consiste la “Ley 80-20”: en un 20% de los factores o causas se concentra el 80% del efecto. Por supuesto, son números redondos, simbólicos. También es conocido este principio como “clasificación ABC”: los factores o causas “A” se corresponderían con el 20% que soporta el 80% del peso total del problema<sup>34</sup>, tal y como se muestra en la figura 24.

---

<sup>33</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 311-312 p

<sup>34</sup>Artículo de publicación El Diagrama de Pareto , octubre de 2007-enero de 2008 Ronald Delgado. Estudiante de Ingeniería Industrial, dirigido por el Lic. Carlos Edmundo Sayes, Facultad de Ciencias Económicas.

Figura 24. Diagrama de Pareto



Fuente: Memorias Curso Mto. Preventivo (Carlos Borrás Pinilla) Barranquilla 9-10-23-24 Marzo-2012

### 3.3.2 Análisis de Criticidad de Factores Ponderados

El modelo de criticidad de factores ponderados está basado en el concepto del riesgo, y desarrollado por el grupo de consultoría inglesa:

The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse John. "Criticality Analysis Revisited", the Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

**Criticidad total = Frecuencia de fallas x Consecuencia**

Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mtto. + Impacto SAH)

**Tabla 1. Matriz de criticidad factores ponderados**

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Preventivo Barranquilla\_ Carlos Ramón González Bohórquez. Barranquilla 18-19 Enero-2013

➤ **Pasos Análisis de Criticidad Factores Ponderados**

1. Identificación de los sistemas a estudiar
2. Definición del alcance y objetivo del estudio
3. Selección del personal a entrevistar
4. Recolección de datos
5. Frecuencia de fallas
6. Impacto operacional
7. Flexibilidad operacional
8. Impacto en seguridad
9. Impacto ambiental

➤ **Factores de Valoración Matriz de Criticidad**

- Área de sistemas Críticos (C)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas No Críticos (NC)

**Tabla 2. Valoraciones Matriz de Criticidad**

**TABLA DE DATOS**

*Ejemplo de un modelo de criticidad.*

**Criticidad Total** = Frecuencia de fallas x Consecuencia

Consecuencia = (( Impacto Operacional x Flexibilidad ) + Costo Mto. + Impacto SAH)

<b>Frecuencia de Fallas:</b>		<b>Costo de Mto.:</b>	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Menor a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2	<b>Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):</b>	
Excelente menos de 0.5 falla/año	1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
<b>Impacto Operacional:</b>		Afecta el ambiente /instalaciones	7
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	<b>Flexibilidad Operacional:</b>	
<b>Flexibilidad Operacional:</b>		No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4	Hay opción de repuesto compartido/almacen	2
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2	Función de repuesto disponible	1
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Preventivo Barranquilla\_ Carlos Ramón González Bohórquez. 18-19 Enero-2013

**3.3.3 Diagrama de Ishikawa**

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción.

El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en

un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

En algunas ocasiones sucede que cuando el problema ya ha sido aislado resulta obvio cuál es la causa. Pero cuando está no sucede, entonces es momento de analizar todas las causas potenciales del problema, para lo cual se usa el Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de causa efecto el Diagrama de Ishikawa (DI) es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales<sup>35</sup>.

En el lado derecho se anota el problema y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y sub-ramas. Cada posible causa se agrega en una de las ramas principales, la cual está constituida a su vez por sub-causas.

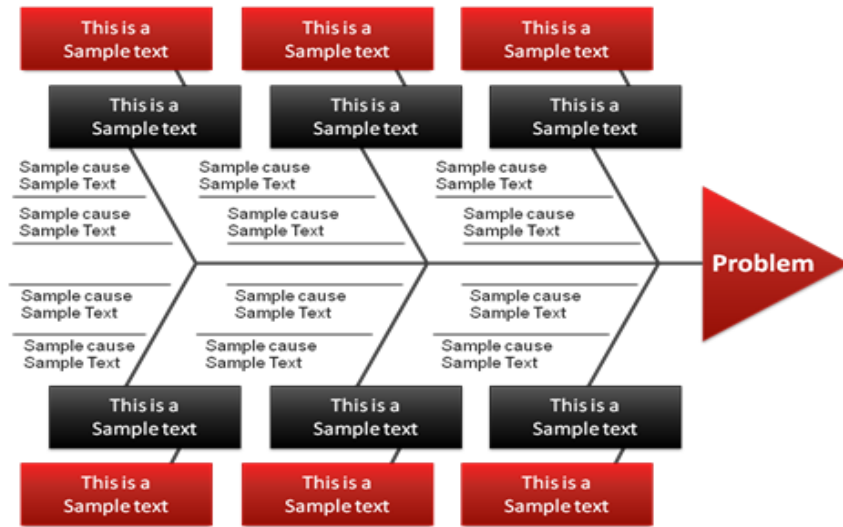
Una de las tareas principales del Control Total de Calidad es generar condiciones para que el personal operativo, técnico y directivo cuestione el diseño de procedimientos, métodos y procesos.

Muchas de las soluciones que se buscan con el Control Total de Calidad no buscan “inventar el hilo negro”, sino que muchas son aspectos sencillos o básicos que modifican procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, Tal y como se muestra en la figura 25.

---

<sup>35</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 313 p

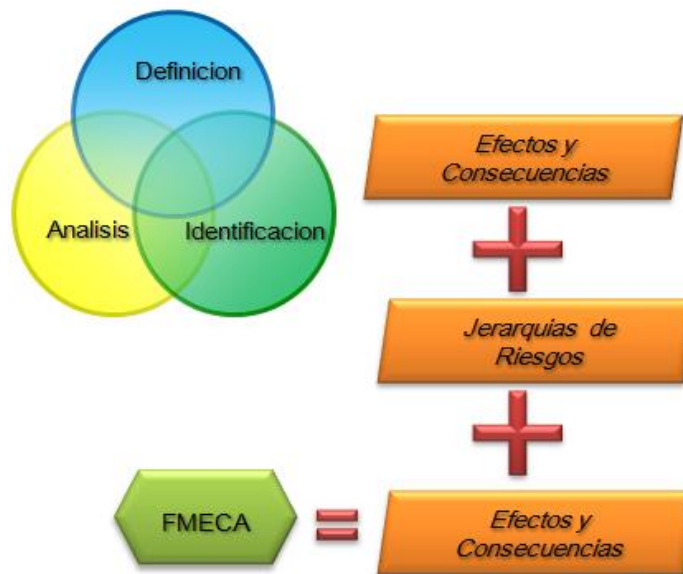
Figura 25. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Preventivo Barranquilla\_ Carlos Ramón González Bohórquez. 18-19 Enero-2013

### 3.3.4 Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)

Figura 26. Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Preventivo Barranquilla\_ Carlos Ramón González Bohórquez. 18-19 Enero-2013

Es una técnica aplicada al estudio Metódico de las consecuencias que provocan las Fallas de cada Componente (ítem mantenible para la norma ISO 14224) de un Equipo. Es un proceso sistemático para la identificación de las Fallas Potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el Riesgo asociado a las mismas. Sus objetivos principales son:

Reconocer y evaluar los Modos de Fallas Potenciales y las causas asociadas con el diseño y montaje, Operación y Mantenimiento de un equipo, a partir de los Componentes (ítem mantenibles para la norma ISO 14224).

- Determinar los Efectos de las Fallas Potenciales en el desempeño del Sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la Falla Potencial.
- Analizar la Confiabilidad del Sistema
- Cuantificar Riesgos y Confiabilidad.
- Documentar el proceso

Considerando que los componentes son perfectamente identificables, la supuesta falla total o parcial de cada uno nos lleva directamente a todos los Modos de Falla Potenciales (pérdida de la función.) Una tormenta de ideas en RCM NO asegura que se identifiquen TODOS los Modos de Falla.

Los responsables de las pérdidas de funciones de los Equipos (Sistemas), son los Componentes (Ítem Mantenibles, para la ISO 14224) Si se identifican desde un principio los Modos de Falla estándar para cada tipo de equipo, definidos bajo un criterio netamente operacional, y se listan Sistemas y Sub Sistemas, Componentes (Ítems Mantenibles), Causa de Fallas y Descriptores de Falla; y se

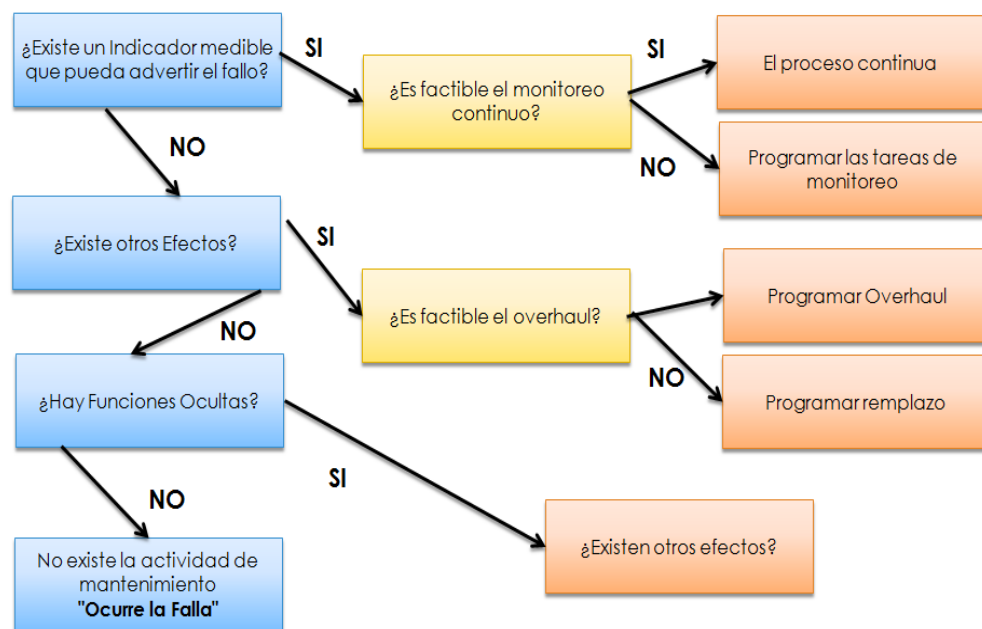
los recorre en forma sistemática en esta secuencia ordenada, difícilmente pueda quedar afuera ninguna Falla supuesta que afecte a las Funciones del Equipo.

Los operadores y mantenedores están muy identificados con las Fallas Funcionales y los Componentes que las provocan.

Las listas de Causas de Falla (que incluyen todas las Causas preestablecidas) limitan así la profundidad de análisis. Están adaptadas al Nivel de Conocimiento del personal involucrado; lo que le otorga Confiabilidad al Dato<sup>36</sup>.

### 3.3.5 Árbol lógico de Decisiones

Figura 27. Árbol lógico de Decisiones



Fuente: Memorias Curso Mantenimiento Preventivo Barranquilla\_ Carlos Ramón González Bohórquez. 18-19 Enero-2013

<sup>36</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 327-358 p.

Es un proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de fallo, correspondiente a un componente del sistema objeto del análisis.

Son las herramientas que permiten seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según sea la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

### **3.4. PANORAMA DE RIESGOS**

Es el estudio donde se obtiene información sobre los factores de riesgo existentes en el desarrollo de la actividad laboral, considerando su localización, identificación y valoración; permitiendo así dar prioridades de atención<sup>37</sup>.

#### **3.4.1 Objetivos del Panorama de Riesgo**

El panorama de riesgos es el punto de partida para la elaboración y desarrollo del programa de salud ocupacional, se constituye en el diagnóstico de las condiciones laborales de la empresa, estableciendo los puntos críticos de riesgos donde existe un potencial para la ocurrencia de los accidentes de trabajo y/o la generación de enfermedades profesionales.

---

<sup>37</sup>SÁNCHEZ IGLESIAS, Ángel Luis. Manual de gestión de prevención de riesgos laborales, Madrid España: Ed: FREMAP 2009. 418 p.

### 3.4.2 Clasificación de los Factores de Riesgos

Los factores de riesgo se clasifican de acuerdo con las condiciones de trabajo a que hacen referencia, de acuerdo con la metodología utilizada que toma como base la Guía Técnica Colombiana ICONTEC N° 45, con algunas adaptaciones<sup>38</sup>:

#### ➤ Factores de Riesgo Físico

Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que pueden provocar efectos adversos a la salud según sea la intensidad o el tiempo de exposición y se clasifican en:

- Energía mecánica: Ruido, vibraciones, presión barométrica
- Energía térmica: Calor, frío
- Energía electromagnética
- Radiaciones ionizantes: Rayos X, rayos gama, rayos beta, rayos alfa y neutrones

#### ➤ Factores de Riesgo Químico

Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, pueden incorporarse al aire ambiente y ser inhalada, entrar en contacto con la piel o ser ingerida, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades o tiempos de exposición que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas<sup>39</sup>.

---

<sup>38</sup>GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

<sup>39</sup>Ibíd., 102 p.

### ➤ Factores de Riesgo Biológico

Todos aquellos seres vivos ya sean de origen animal o vegetal y todas aquellas sustancias derivadas de los mismos, que pueden ser susceptibles de provocar efectos negativos en la salud de los trabajadores en la forma de procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos<sup>40</sup>, y se clasifican en:

- Animales: Vertebrados, invertebrados, derivados
- Vegetales: Musgos, helechos, semillas, derivados
- Fungales: Hongos
- Protistas: Amebas, plasmodium
- Mónera: Bacterias
- Virus

### ➤ Factores de Riesgo Psicolaboral

Se refiere a aquellos aspectos intrínsecos y organizativos del trabajo y a las interrelaciones humanas, que al interactuar con factores humanos endógenos (edad, patrimonio genético, antecedentes psicológicos) y exógenos (vida familiar, cultura, etc.).

Tienen la capacidad potencial de producir cambios en el comportamiento de agresividad, ansiedad, e insatisfacción.

Se igual manera presenta trastornos físicos o psicosomáticos (fatiga, dolor de cabeza, espasmos musculares, alteraciones en ciclos de sueño, propensión a la úlcera gástrica, la hipertensión, la cardiopatía, Envejecimiento acelerado).

---

<sup>40</sup>GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

Su fuente depende de:

- Tipos de organización y métodos de trabajo
- Contenido de la tarea
- Organización del tiempo de trabajo
- Relaciones humanas
- Gestión

➤ **Factores de Riesgo Carga Física**

Se refiere a todos los aspectos de la organización del trabajo, de la estación o puesto de trabajo y su diseño, que pueden alterar la relación del individuo con el objeto del trabajo produciendo problemas en la salud, en la secuencia de uso o la producción<sup>41</sup>

Se clasifican en:

- Carga estática: Posturas de pie, sentado, cuclillas, rodillas, otras
- Carga dinámica
- Esfuerzos: Por desplazamientos (con carga o sin carga), al dejar cargas, al levantar cargas,
- visuales, otros grupos musculares
- Movimientos: Cuello, tronco, extremidades superiores, extremidades inferiores

➤ **Factores de Riesgo Mecánico**

---

<sup>41</sup>GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

Objetos, máquinas, equipos, herramientas, que por sus condiciones de funcionamiento, diseño o forma, tamaño, ubicación y disposición, tienen la capacidad potencial de entrar en contacto con las personas o materiales, provocando lesiones en los primeros o daños en los segundos.

➤ **Factores de Riesgo Eléctrico**

Se refiere a los sistemas eléctricos de las máquinas y los equipos, instalaciones o materiales de estos, que al entrar en contacto con las personas pueden provocar lesiones o daños a la propiedad<sup>42</sup>

Se clasifican en:

- Alta tensión
- Baja tensión

➤ **Factores de Riesgo Locativo**

Condiciones de la zona geográfica, las instalaciones o áreas de trabajo, que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa<sup>43</sup>.

Se incluyen las deficientes condiciones de orden y aseo, la falta de dotación, señalización o ubicación adecuada de extintores.

---

<sup>42</sup>GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

<sup>43</sup>SÁNCHEZ IGLESIAS, Ángel Luis. Manual de gestión de prevención de riesgos laborales, Madrid España: Ed: FREMAP 2009. 418 p.

La carencia de señalización de vías de evacuación, estado de vías de tránsito, techos, puertas, paredes, etc.

➤ **Factores de Riesgo Físico-Químico**

Todos aquellos objetos, sustancias químicas, materiales combustibles y fuentes de calor que bajo circunstancias de inflamabilidad o combustibilidad, pueden desencadenar incendios y explosiones con consecuencias como lesiones personales, muertes, daños materiales y pérdidas<sup>44</sup>.

➤ **Factores de Riesgo Público**

Son aquellas circunstancias de origen social y externas a la empresa, a las que se puede ver enfrentado el trabajador por razón de su oficio, tales como delincuencia, Extorsión, secuestro, robo, asonada, condiciones de tránsito, etcétera.

### **3.4.3 Valoración de Factores de Riesgo**

Se realiza mediante una valoración cuali-cuantitativa, utilizando una escala para los riesgos que generan accidentes de trabajo y otra para los que generan enfermedades profesionales<sup>45</sup>.

Una última variable con características objetivas en su denominación matemática como lo es la PROBABILIDAD, pero que es trabajada con subjetividad y sin un rigor matemático.

---

<sup>44</sup>GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

<sup>45</sup>SÁNCHEZ IGLESIAS, Ángel Luis. Manual de gestión de prevención de riesgos laborales, Madrid España: Ed: FREMAP 2009. 418 p.

**Tabla 3. Valoración de Factores de Riesgo (1)**

VALOR	CONSECUENCIAS
10	Muerte o daños superiores a 5 nóminas mensuales
6	Lesiones incapacitantes permanentes y/o daños entre 1 y 5 nóminas mensuales
4	Lesiones con incapacidades no permanentes y/o daños entre el 10 y 100% de la nómina mensual
1	Lesiones con heridas leves, contusiones, golpes y/o daños menores del 10% de la nómina mensual
VALOR	PROBABILIDAD
10	Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene lugar.
7	Es completamente posible, nada extraño. Tiene una probabilidad de actualización del 50%.
4	Sería una coincidencia rara. Tiene una probabilidad de actualización del 20%.
1	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición al riesgo, pero es concebible. Probabilidad del 5%.
VALOR	EXPOSICIÓN
10	La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces al día.
6	Frecuentemente o una vez al día.
2	Ocasionalmente o una vez por semana.
1	Remotamente posible

Fuente: [http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/acar\\_panorama\\_riesgos](http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/acar_panorama_riesgos)

**Tabla 4. Valoración de Factores de Riesgo (2)**

Finalmente se establece el Grado de Repercusión (GR) de cada uno de los riesgos identificados, indicador que refleja la incidencia de un riesgo con relación a la población expuesta.

Permite visualizar claramente cuál riesgo debe ser intervenido prioritariamente y resulta de multiplicar el valor del grado de peligrosidad por un factor de ponderación, que se establece con base en los grupos de usuarios expuestos a los riesgos que posean frecuencias relativas proporcionales a los mismos. El Grado de Repercusión se calcula con la siguiente ecuación:

$$G.R = G.P \times F.P \text{ (Factor de Ponderación)}$$

Los factores de ponderación se establecen con base en el porcentaje de expuestos del número total de trabajadores, tal como lo muestra la siguiente tabla:

**PONDERACIÓN GRADO DE REPERCUSIÓN**

FACTOR DE PONDERACIÓN	% DE TRABAJADORES EXPUESTOS
1	1 – 20%
2	21 – 40%
3	41 – 60%
4	61 – 80%
5	81 – 100%

Una vez calculado el grado de repercusión, el valor obtenido se ubica dentro de la siguiente escala, obteniéndose la interpretación (alto, medio o bajo):

1	1500	3500	5000	
[ BAJO ]		[ MEDIO ]		[ ALTO ]

Fuente: [http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/acar\\_panorama\\_riesgos](http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/acar_panorama_riesgos)

### 3.4.4 Estimación del Riesgo

Está dada de acuerdo con la combinación realizada entre probabilidad y consecuencias, de la siguiente manera

**Tabla 5. Estimación Del Riesgo**

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
PROBABILIDAD	BAJA	RIESGO TRIVIAL	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO
	MEDIA	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
	ALTA	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE

Fuente: Colegios.minutodedios.org/saludocupacionalcemid/.../pfrcemid.pdf

**Tabla 6. Recomendación Grados de Riesgo**

RIESGO	RECOMENDACIONES
TRIVIAL	No se requiere acción específica si hay riesgos mayores.
TOLERABLE	No se necesita mejorar las medidas de control pero deben considerarse soluciones o mejoras de bajo costo y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es tolerable.
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos por reducir el riesgo y en consecuencia debe diseñarse un proyecto de mitigación o control. Como está asociado a lesiones muy graves debe revisarse la probabilidad y debe ser de mayor prioridad que el moderado con menores consecuencias.
IMPORTANTE	En presencia de un riesgo así no debe realizarse ningún trabajo. Este es un riesgo en el que se deben establecer estándares de seguridad o listas de verificación para asegurarse que el riesgo está bajo control antes de iniciar cualquier tarea. Si la tarea o la labor ya se ha iniciado el control o reducción del riesgo debe hacerse cuanto antes.
INTOLERABLE	Si no es posible controlar este riesgo debe suspenderse cualquier operación o debe prohibirse su iniciación.

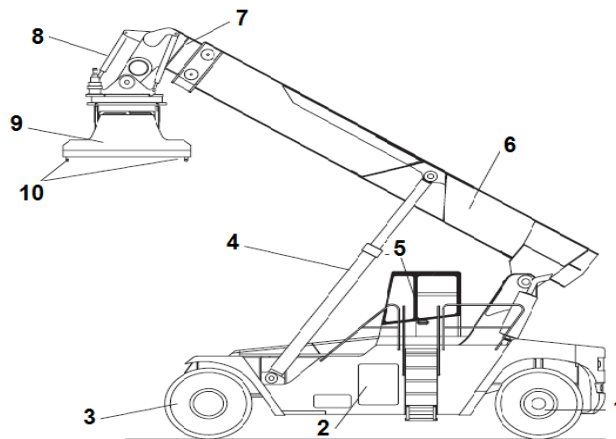
Fuente: Colegios.minutodedios.org/saludocupacionalcemid/.../pfrcemid.pdf

### 3.5 DESCRIPCION GENERAL REACH STACKER

Un Reach Stacker es un vehículo usado para la manipulación de carga intermodal en contenedores, usado en pequeños y medianos terminales portuarios.

#### 3.5.1 Componentes Representativos

Figura 28. Componentes representativos del Reach Stacker



Fuentes: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

- **Ruedas traseras de dirección.** Las Ruedas de dirección mejora adherencia de las ruedas tractoras, en fase de aceleración, debido a la transferencia de pesos que se genera por las fuerzas de inercia al acelerar.
- **Compartimiento Eléctrico.** Sistema de 24 Voltios, alternador de 70 A, interruptor principal de batería, Conexión de diagnóstico en la cabina para motor, transmisión, instrumentos y sistema de protección del momento de carga<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

- **Ruedas de Llantas Motrices.** Las ruedas metálicas de los equipos Reach Stacker son el elemento de apoyo que facilita el desplazamiento en la elevación de contenedores.
  
- **Cilindros de Elevación.** En los equipos Reach Stacker presenta dos cilindros de elevación con los siguientes aspectos técnicos:
  - Elevación simple 40 000 kg / 88 200 libras
  - Elevación doble 50 000 kg / 110 200 libras
  
- **Cabina de Operador.** La Cabina Reach Stacker se encuentra certificación SAE ROPS / FOPS, dentro de algunos accesorios encontramos; Limpiaparabrisas, Asiento para el conductor, Indicadores del motor, Temperatura, Tacómetro, presión, Indicadores de la transmisión, Presión, Temperatura del convertidor, Voltímetro, Interruptor principal, desconexión de la batería, Leed indicador de presión de frenos y aplicación del freno secundario<sup>47</sup>.

### 3.5.2 Componentes Principales.

Los componentes principales del Reach Stacker, son las cabecera de las hojas de ruta para los mantenimientos a ejecutar, por el papel de importancia que desempeñan en la composición de la maquina.

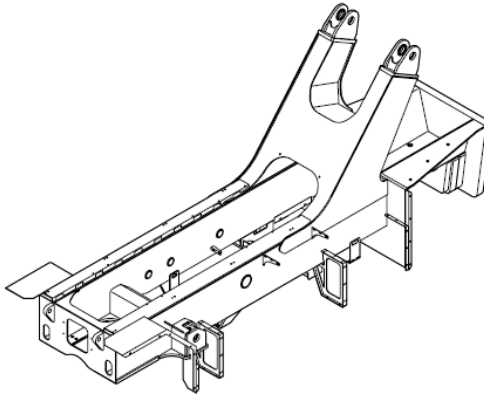
#### ➤ **Chasis**

Es la estructura principal del equipo que consiste en la carpintería de acero de toda la maquina donde se sostienen todos los órganos operativos y las partes aplicadas.

---

<sup>47</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

**Figura 29. Chasis Reach Stacker**

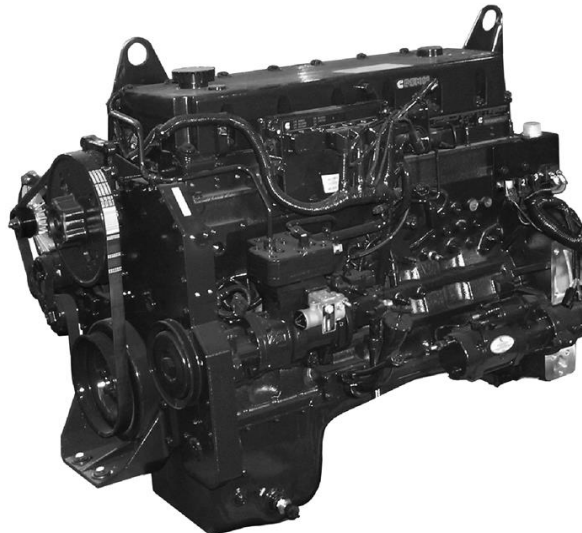


Fuentes: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

➤ **Motor (Cummins QSM11 diesel)**

Motor térmico a Diesel, de cuatro tiempos, controlado electrónicamente mediante una unidad de control ECU, con sistema de lubricación mediante una bomba y una válvula reguladora de presión<sup>48</sup>.

**Figura 30. Motor (Cummins QSM11 diesel)**



Fuentes: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

---

<sup>48</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

**Tabla 7. Condiciones Operacionales Motor (Cummins QSM11 diesel)**

<b>Sistema de lubricación ( Lubricación System )</b>	
Presión del aceite lubricante	Presión del aceite lubricante
Mínimo para una operación segura	10 psi
Lubricación máxima temperatura del aceite...	°F 275 / (°C) 135
Capacidad del cárter de aceite High / Low	36 / 28
Capacidad total de aceite del motor con filtros	39.2
<b>Sistema de Aire (Air System)</b>	
Restricción de admisión de aire	
Dirty air cleaner . . . . . in 25 H <sub>2</sub> O (6.2 kPa)	25 / 6.2
Clean air cleaner . . . . . in 15 H <sub>2</sub> O (3.7 kPa)	15 / 3.7
Exhaust back pressure maximum full load . . . . .	3.0 / 10.1
Max. allowable air temp. rise over ambient at turbo com	30 / 16.7
<b>Fuel System (Sistema de combustible...)</b>	
Restricción máxima de entrada de combustible...	
Dirty fuel filter . . . . . in 8 Hg (27 kPa)	8 / 27
Clean fuel filter . . . . . in 4 Hg (14 kPa)	4 / 14
Maximum fuel drain restriction less check valves	in Hg (kPa) 2.5 / 8
Maximum fuel flow (on supply side of fuel pump) .	lb/hr (kg/hr) 591 / 268
<b>sistema de enfriamiento (Cooling System)</b>	
Normal temp. . . . . °F 192 / 89 (°C)	°F 192 / 89 (°C)
Full load speed . . . . . gal/min (L/min)	108 / 409
Capacidad de refrigerante (sin el radiador)	10 G / 9.5 Litros
Max. pressure cap	psi (kPa) 15 / 103
Full ON Fan engine coolant outlet temperature	°F 203 (°C 95)
Min. top tank temperature °F (°C)	°F 160 (°C 71)
<b>Thermostats</b>	
Start to open	Start to open °F 180 (°C 82)
Fully open	Fully open °F 200 (°C 93)

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Tabla 8. Especificaciones Técnicas Motor (Cummins QSM11 diesel)**

Fabricante y modelo	Cummins QSB 6.7 Tier 3
Principio de funcionamiento	Turbocompresor, motor diesel de inyección directa de baja emisión con intercooler.
Velocidades de marcha	Ralentí: 800±50 rpm
	Calado: 1900±25 rpm (Máx:320hp(239kW) a 1800rpm)
	Pista (máx.): 2200 rpm
Torque máx.	1478 Nm a 1400 rpm
Potencia (ISO 8528)	144 kW / 2200 rpm
Número de cilindros	6
Oil Pressure (normal at high)	Oil Pressure (normal at high) 28 - 35 psi (195 - 240 kPa)
Oil Capacity (includes filter change)	39.2 Quarts (37 Liters)

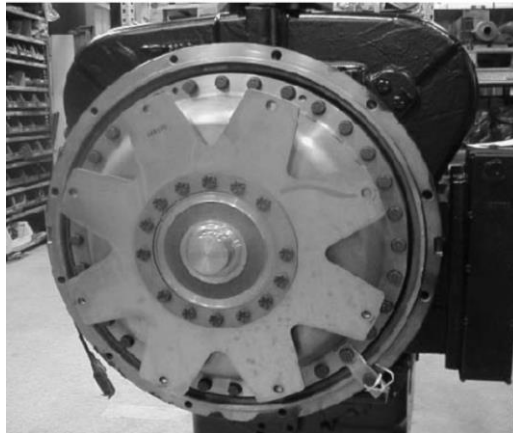
Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### ➤ Transmisión Dana Spicer 13.7HR32335

Ejecuta el desplazamiento de la maquina en dos direcciones, adelante y atrás y cuatro velocidades, las cuales son controladas automáticamente, mediante una unidad de control TCU.

Está conectado con el convertidor de par y el motor diesel, los cuales se encargan de transmitir el movimiento mediante un eje cardan al eje diferencial<sup>49</sup>.

**Figura 31. Transmisión Dana Spicer 13.7HR32335**



Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

### ➤ Eje Motriz

Encargado de trasladar el movimiento desde la transmisión a las ruedas motoras. Incluye el diferencial y los cubos epicicloidales para las ruedas.

Los frenos de servicio incluidos en cada cubo, son multidisco y enfriados por aceite. El freno de aparcamiento colocado el en propio eje se compone de un disco y una pinza de acción electrohidráulica<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

<sup>50</sup>Ibíd., 205 p.

**Figura 32. Eje Motriz Reach Stacker**

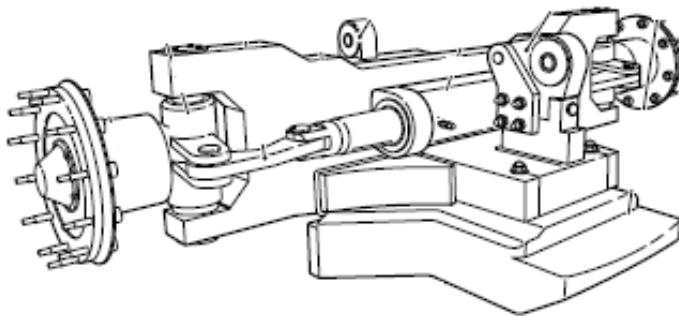


Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

➤ **Eje de Dirección Reach Stacker**

Hace parte del sistema de dirección asistido hidráulicamente mediante un cilindro ubicado en el propio eje, el movimiento del cilindro es transmitido a dos bielas con fulcro en los cubos<sup>51</sup>.

**Figura 33. Eje de Dirección Reach Stacker**



Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

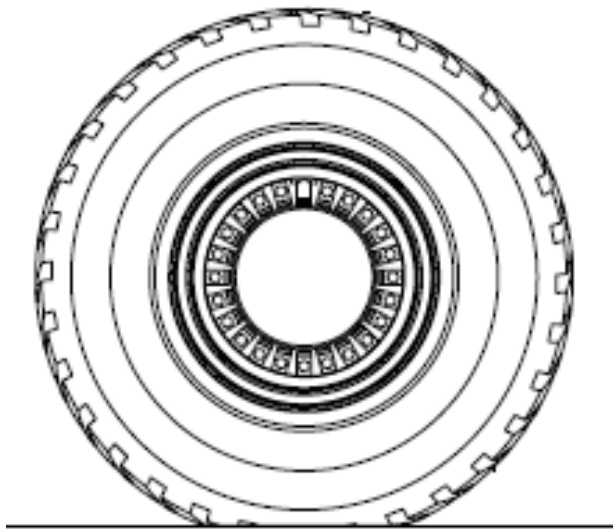
➤ **Sistema de Llantas**

---

<sup>51</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

Son el punto de contacto entre el suelo y la maquina, destinado a absorber desniveles y proveer suspensión. El eje de tracción es el sistema que concentra la mayor cantidad de fuerzas durante la operación, si cada llanta rueda con circunferencias diferentes, entonces el estrés en el eje de tracción se incrementa, por tal motivo es importante que las llantas tengan igual altura y el adecuado nivel de presión de aire<sup>52</sup>.

**Figura 34. Sistema de Llantas Reach Stacker**



Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

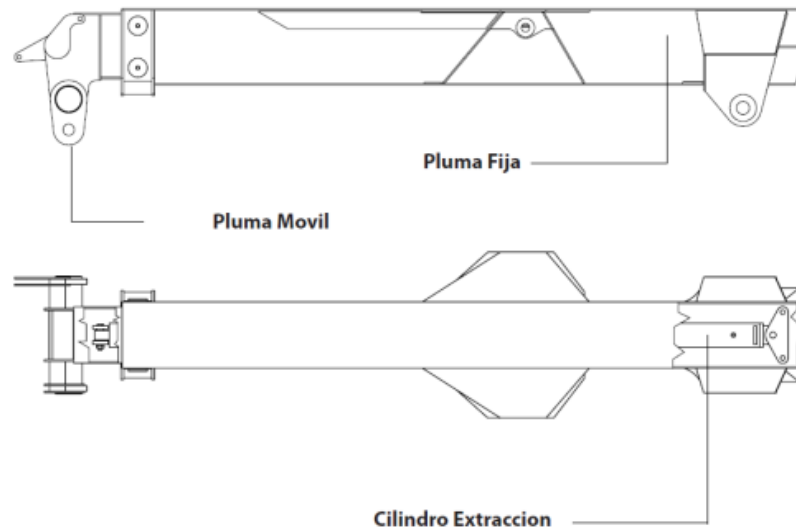
### ➤ **Pluma Telescópica (Boom)**

Es la parte de la maquina encargada de levantar la carga, está fabricada en una estructura de acero de alta calidad, debidamente soldada. Se compone de pluma fija, pluma móvil y cilindro de extensión y retracción.

---

<sup>52</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

**Figura 35. Viga Telescópica boom Reach Stacker**



Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

### ➤ **Spreader**

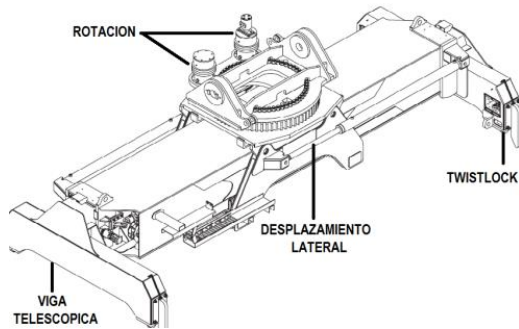
Fabricado con una estructura de acero de alta calidad, debidamente soldado, esta constituido de vigas telescópicas las cuales se accionan para apertura y cierre a 40 pies y 20 pies (medidas estandar de contenedores), este movimiento es ejecutado hidráulicamente mediante cilindros hidráulicos<sup>53</sup>. Otra parte importante son los dispositivos de enganche que son llamados Twistlock ubicados en los cuatro extremos del aparejo y estan accionados hidráulicamente para el agarre de los contenedores, por último estan dos movimientos auxiliares que sirven para manipular el spreader en la operación a la hora de atrapar el contenedor y son los mecanismos de rotación y desplazamiento lateral<sup>54</sup>.

---

<sup>53</sup> TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

<sup>54</sup> *Ibid.*, 205 p.

**Figura 36. Spreader Reach Stacker**

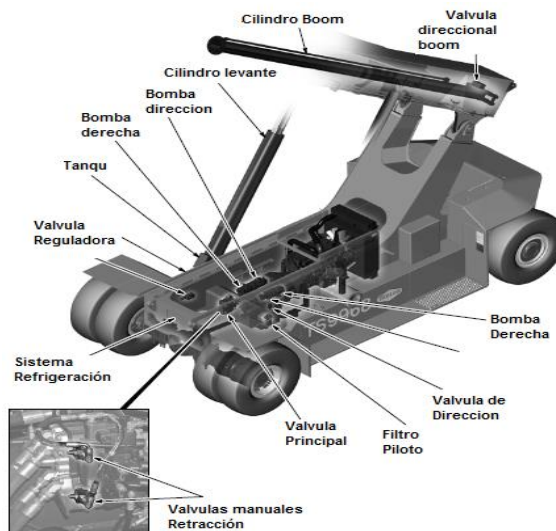


Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

➤ **Sistema Hidráulico**

Es el sistema encargado del control de los movimientos del boom, spreader y sistema de dirección, se constituye de un tanque hidráulico, sistema de filtración, bombas de suministro, válvulas de regulación, válvulas direccionales y un sistema de refrigeración<sup>55</sup>.

**Figura 37. Sistema hidráulico Reach Stacker**



Fuente: Maintenance Manual Reach Stacker TS9968-9973\_R0210.pdf

<sup>55</sup>TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p.

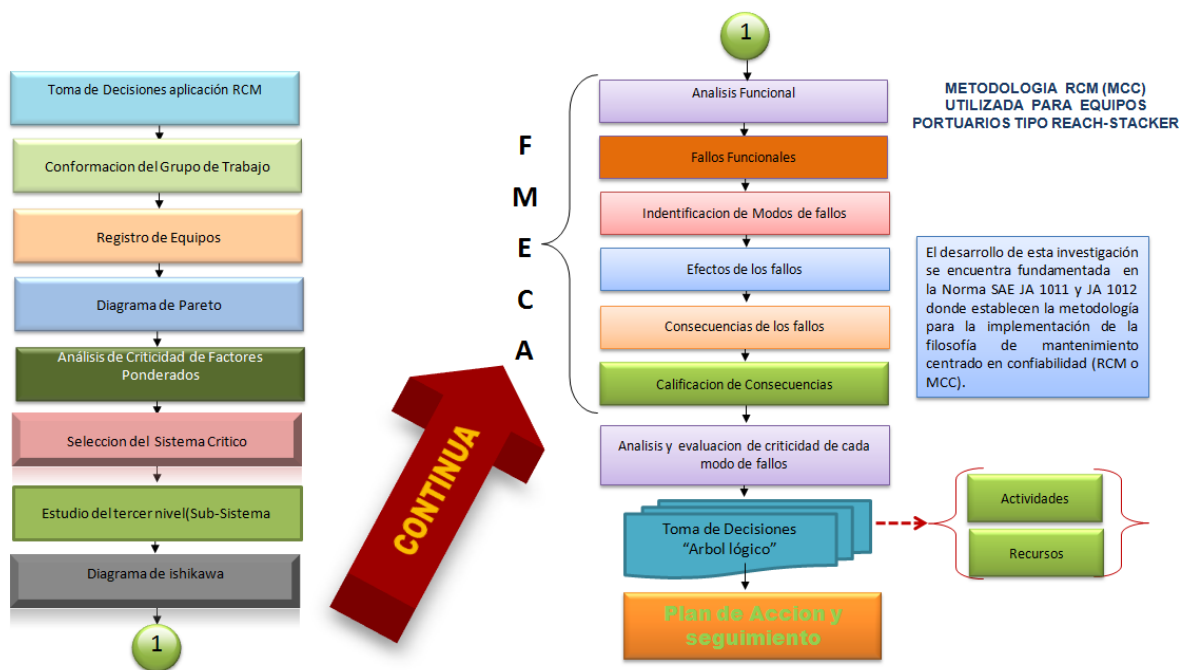
## 4. IMPLEMENTACIÓN RCM EQUIPOS REACH STACKER

### 4.1. METODOLOGIA DE RCM Y LA NORMA SAE JA 1011 Y JA 1012

El desarrollo de esta investigación se encuentra fundamentada en la Norma SAE JA 1011 y JA 1012 donde establecen la metodología para la implementación de la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM o MCC).

La información fue suministrada por el personal operarios y técnicos de mantenimiento de Puerto de barranquilla, respaldadas por las experiencias, rutinas, y situaciones reales ocurridas en los equipos Reach Stacker. Esas enseñanzas asimiladas añadieron un valor agregado muy meritorio para poder ampliar todas las identificaciones técnicas del proceso, tal y como se muestra en la figura: 38.

**Figura 38. Metodología RCM aplicada en los equipos Reach Stacker**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 39. Diagrama estructural de FMECA**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.2 CONFORMACION DEL GRUPO DE TRABAJO RCM

Para los principios de RCM se debe acceder a un grupo de trabajo que incluye un facilitador, preferible del área de mantenimiento.

### 4.2.1 Grupo de Trabajo para RCM

El equipo de trabajo debe ser altamente proactivo ya que necesita adelantarse a los acontecimientos y no esperar pasivamente para ver lo que pasa. El otro aspecto es analizar lo que se puede controlar y lo que no, también resulta interesante ya que hace que el grupo concentre sus energía en las áreas sobre las que se puede ejercer algún control.

Otro aspecto importante es actuar antes que otro te diga que hacer, tomar la iniciativa ser pila en el aspecto de actuar y tomar decisiones ya sean simples o importantes.

**Figura 40. Grupo de trabajo para RCM**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

El grupo de trabajo es establecido y debe incluir una persona de la función de mantenimiento y de operación y un facilitador especialista en RCM.

El grupo de proyecto RCM define y clasifica los objetivos y el alcance del análisis, requerimientos y políticas de criterio de aceptación con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente. Tal como se resume a continuación.

El equipo de trabajo debe ser pluridisciplinario altamente proactivo, conformado por personas de los departamentos de mantenimiento, operaciones y

especialistas. Estas personas deberán estar altamente familiarizadas con los temas que les competen.

#### 4.2.2 Funciones del Grupo de Trabajo para RCM

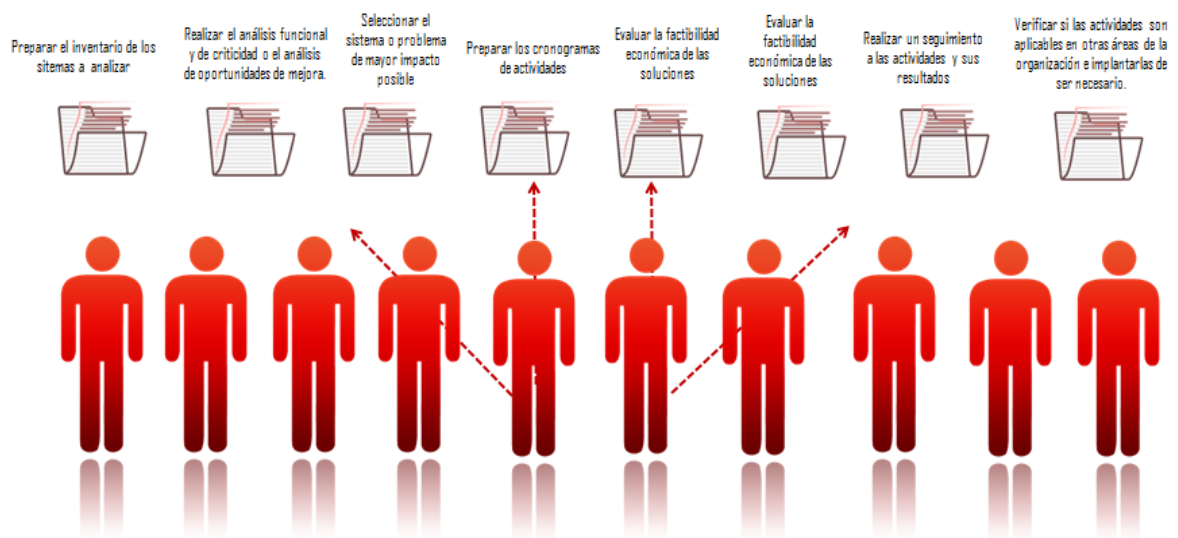
Las funciones del grupo de trabajo están enmarcadas en ejecutar acciones de mejoramiento duradero en las operaciones de la empresa.

Estos estudios nos permiten conocer el orden de implantación de las técnicas a usar, de manera de avalar un impacto significativo en los sistemas estudiados.

#### 4.2.3 Actividades del Grupo de Trabajo RCM

Preparar el grupo de trabajo. Elegir personal de perfil acorde a la naturaleza del proyecto. Escoger reemplazos naturales para cada miembro del grupo.

**Figura 41. Actividades del grupo de trabajo RCM**

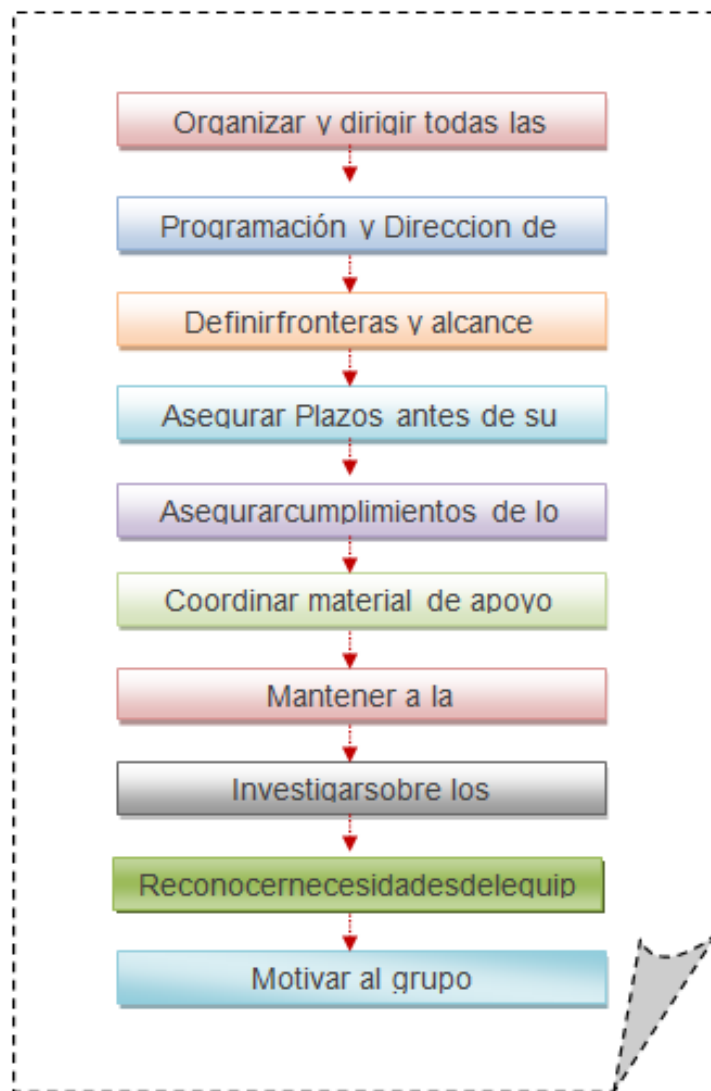


Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

#### 4.2.4 Facilitador Para RCM

Es el líder del equipo de trabajo, deberá proporcionar la implantación de las filosofías o técnicas a usar aprovechando las diferentes habilidades del personal que forma el equipo de trabajo, el facilitador deberá ser definitivamente competente.

Figura 42. Diagrama de actividades que debe generar el facilitado



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.2.5 Protocolo de Reuniones Para RCM

El protocolo que se presenta en esta investigación tiene como propósito establecer parámetros que son imprescindibles para una correcta organización del grupo de trabajo establecido en la filosofía de RCM, orientadas a mejorar la confiabilidad del equipo Reach Stacker.

Figura 43. Protocolo de reuniones para RCM

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD ( RCM / MCC )  
Puerto de Barranquilla / Calle 1a. Orilla del Río. PBX: +57 5 3716200 - Ext: 361

**PUERTO DE BARRANQUILLA**  
SOCIEDAD PORTUARIA

### Protocolo de Reuniones para RCM

**FRECUENCIA:** Semanal  
**DIA Y HORA:** Martes 10:00 a 11:00  
**LUGAR:** Oficina Dep. Mto. Puerto de Barranquilla  
**SECCIONES:** 90 minutos, con periodos de descanso de 15 minutos.

**PARTICIPANTES:**  
Líder: Facilitador para RCM  
Claves: Grupo de Trabajo RCM

**OBJETIVO**

- Se debe garantizar que el equipo de trabajo tenga objetivos comunes y conozca la metodología y el plan de acción. Tener especial cuidado con invitados ocasionales (darles suficiente información).

**AGENDA**

- Resultados de la reunión anterior

**QUE SE DEBEN HACER?**

- Buscar soluciones a los problemas y no problemas a las soluciones
- La información clave deberá ser validada antes de continuar trabajando en base a ella
- Trabajar en torno a realidades y no a opiniones.
- Se puede hacer uso de las técnicas de análisis, como tormenta de ideas, diagramas de espina de pescado, etc
- Se debe garantizar la existencia de todos los recursos a utilizar en cada reunión ( manuales, planos, refrigerios, etc.)
- El tiempo de las reuniones debe ser usado de una manera inteligente y eficaz
- No se deben cuestionar negativamente las opiniones de los integrantes. Los problemas internos deberán ser resueltos por el grupo y quedarse entre ellos.

**NORMAS DE COMPORTAMIENTO**

- Llegar a tiempo y terminar a tiempo.
- Apagar celulares u otro elemento distractor, asignar el teléfono y/o radio a un técnico encargado.
- No hay jerarquía, todos trabajamos juntos
- Venir preparado: 40% preparación, 20% reunión, 40% seguimiento
- Desafiar las ideas no a las personas.
- El silencio se interpretara como acuerdo.

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### ➤ Previo a la Reunión

Arregla tu agenda, notifica la intención por adelantado, además de la hora de inicio y final, convoca e inicia tus reuniones a horas no convencionales, para garantizar exactitud.

➤ **Al inicio de la Reunión**

Recuerda a los colaboradores los objetivos de la reunión acuerda con los participantes, como debe lucir el resultado esperado (el que indica que han tenido éxito).

➤ **Durante la Reunión**

El guía de la reunión es un facilitador, alguien que implanta con frecuencia comentarios cortos para guiar el flujo del desarrollo utiliza el rotafolio (instrumento usado para la presentación de ideas en forma de exposiciones) ayuda a mantener la concentración, propicia la colaboración y registra la reunión automáticamente.

➤ **Al final de la Reunión**


Al final de la reunión se destaca con un plan de, examina con el equipo si consiguieron sus objetivos iniciales y cómo pueden optimizar la próxima reunión, concluye las reuniones a tiempo, programa para la próxima lo que faltó.

#### **4.2.6 Acta de Constitución para RCM**

En el acta de constitución se toma en cuenta procesos y herramientas útiles del RCM, que corresponden emplear con el grupo de trabajo para satisfacer los objetivos trazados.

Conjuntamente las experiencias obtenidas por los miembros del grupo resultaron esenciales para avalar el éxito del proyecto.

**Figura 44. Acta (1) de constitución para RCM**

  
**ACTA DE CONSTITUCIÓN DE GRUPO DE TRABAJO PARA RCM**

**ACTA 0001 del 5 de Febrero del 2013**

**Lugar:** Puerto de Barranquilla / Calle 1a. Orilla del Rio. PBX: +57 5 3716200

**Fecha y Hora:** 5 de Febrero del 2013

**Objetivo General:**  
 Desarrollar un plan para la implementación del proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para los Equipos Reach Staker

**Objetivos Específicos:**

1. Seleccionar el sistema el cual se le va a aplicar el proceso de RCM.
2. Aplicar con el grupo de trabajo un análisis de mejorabilidad a todos los sistemas para los Equipos Reach Staker.
3. Definir los roles y las responsabilidades que serán asignadas a cada uno de los miembros del grupo de trabajo y así establecer la matriz de responsabilidades.
4. Evaluar el riesgo de falla de cada componente de los para los Equipos Reach Staker, base a un análisis de modos de falla, y resolver la causa raíz en base a tareas de mantenimiento recomendadas.


**Participantes:** los relacionados a continuación...

NOMBRE	Actividad
Jaime Salcedo	Técnicos mecánicos
Roque Navarro	Técnicos mecánicos
Abel Canoles	Técnicos eléctricos
Wlmer de la Oz	Técnicos eléctricos
Miguel Ruiz	Operadores

1 de 2

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 45. Acta (2) de constitución para RCM**

  
**AGENDA DE LA REUNIÓN**

Dagoberto Posada	Operadores
Abby Gontales	Seguridad Industrial
Catherine de la Oz	Seguridad Industrial
Oscar Galindo Gómez	Facilitador I
Jhon Camilo Arango Hernández	Facilitador II
Luis Padilla Castro	Facilitador III

**AGENDA DE LA REUNIÓN**

1. Verificación de asistencia.
2. Intervención del facilitador del nuevo grupo de trabajo para RCM
4. Discusión-Justificación sobre la creación del grupo de trabajo.
5. Designación del Líder del grupo de Trabajo
7. Programación de la siguiente reunión.
8. Proposiciones y varios.

Siendo la 5 PM se dio por terminada la reunión y se convoca para el día 5 del mes de Marzo del 2013 a 5 PM a la siguiente reunión del grupo de trabajo de RCM.

Facilitador I Grupo de Trabajo Para RCM

2 de 2

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## **4.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **4.3.1 Sistema de Información de Mantenimiento**

Para la gestión del Mantenimiento la Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla, adquirió un software ERP para la administración de los recursos y manejo de la información de los equipos portuarios, SAP es el nombre del software ERP, el cual interactúa con compras, almacén y contabilidad para la administración del mantenimiento.

En este software se Incluye las medidas de reconocimiento que establecen los entornos de trabajo de los equipos Reach Stacker.

También contiene medidas de mantenimiento preventivo y medidas de reparación, que se ponen en su lugar para conservar la condición ideal de cada máquina y restaurarlas a su estado ideal si han sufrido averías.

El Sistema SAP suministra al departamento de Mantenimiento de puerto de Barranquilla, el soporte obligatorio para la organización, tratamiento y registro de los trabajos de mantenimiento.

Todas las actuaciones pueden registrarse, planificarse, controlarse y comunicarse. De esta manera, se incluyen tanto las actuaciones que no están planificadas o que se deben a averías como las medidas de inspección y mantenimiento habituales.

Se define la "orden de mantenimiento o la orden de servicio" como el objeto de toma. El sistema crea una orden de mantenimiento o una orden de servicio para una toma de mantenimiento vencida.

Figura 46. Sistema de Información de mantenimiento SAP

Orden SP03 | 1300002057 | Plan mantenimiento preventivo FSV 0801

Plan mantenimiento preventivo FSV 0801

Stat.sist. LIB. DMNV FENA KKMP NLIQ PREC

Datos cab. Oper. Componentes Costes Interloc. Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control Ampliación

Responsable  
 Gpo.plan. S&R 1100 Straddle & Reachst  
 Rs.pto.tr. COOMEKAN / 1100 Coordinador Mecan  
 Empleado re:

Aviso  
 Costes 0 COP  
 Cl. actv. PM 002 Mantenimiento  
 EstdInstal 0 Fuera de servic  
 Dirección

Fechas  
 Inic.extr. 22.08.2013  
 Fin.extr. 22.08.2013  
 Prioridad 1-Alto  
 Revisión

Objeto de referencia  
 Ubic.téc. 1VEHIC  
 Vehículo  
 Equipo 1004191 Frontal Stacker Vacio FSV 0801

Primera operación  
 Operación MANTENIMIENTO 100 HORAS CvcCá Calcular trabajo  
 PtoTrab/Ce COOMEKAN / 1100 CvcCtri PM01 Cl.actv. PMTEC MAF

Fuente: Sistema de Información de mantenimiento SAP

Tabla 9. Reporte de fallas Equipo Reach Stacker

Orden	Clas de	Fe.inic.extr	Texto breve	Equip	Denominación	Sistema	Codigo Modo d	Cst.tot.reale	Parad
1100000161	SP01	15/08/2012	CAMBIO LLANTA TRASERA DERECHA POR DEFOR	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Llanteria	Fallo	11.420.033	2,00
11000002251	SP01	03/09/2012	CAMBIO DE VIDRIO SUPERIOR CABINA RSD4008	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Cabina	2400	6.711.721	8,00
11000002252	SP01	23/08/2012	CAMBIO DE VIDRIO SUPERIOR CABINA DEL REA	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Cabina	2400	680.504	3,0
11000002338	SP01	04/09/2012	ROTACION LLANTAS DELANTERAS REACH SATCK	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Llanteria	2800	1.407.067	9,00
11000002410	SP01	06/09/2012	CAMBIO DE MOTOR CUMMINS MTI y REPARACION	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Motor	1100	52.770.382	24,50
11000002421	SP01	07/08/2012	CAMBIO DE CUARTO DE LLANTAS DELANTERAS D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	55.230	7,50
11000002463	SP01	17/08/2012	CORREGIR FUGA HIDRAULICA DEL SPREADER RS	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Hidráulico	1400	303.042	2,00
11000002464	SP01	17/08/2012	CORREGIR FUGA DE REFRIGERANTE MOTOR FROM	1003733	Motor Frontal Stacker Vacio FSV 07	Sistema Motor	1100	201.936	2,00
11000002465	SP01	17/08/2012	CORREGIR FUGA HIDRAULICA CUERPO VALVULA	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Hidráulico	1400	287.827	2,00
11000002503	SP01	17/08/2012	PROBLEMA ELECTRICO MASTER PRINCIPAL	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Eléctrico	1500	751.776	3,00
11000002546	SP01	23/08/2012	CAMBIO VALVULA FLUJO SPREADER RSD 4009	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Hidráulico	1400	723.164	5,50
11000002552	SP01	18/08/2012	CAMBIO DE NEUMATICO Y PROTECTOR FRONTAL	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	78.277	2,50
11000002584	SP01	27/08/2012	CAMBIO DE NEUMATICO Y PROTECTOR LLANTA D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	78.277	2,50
11000002586	SP01	23/08/2012	CAMBIO PROTECTOR LLANTA TRASERA IZQUIER	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	40.883	2,50
11000002650	SP01	30/08/2012	CORREGIR FUGA HIDRAULICA CILINDRO DE DIRE	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Hidráulico	1400	57.828	24,50
11000002654	SP01	31/08/2012	CAMBIO NEUMATICO Y PROTECTOR DE LLANTA D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	103.350	2,50
11000002684	SP01	05/09/2012	CORREGIR FUGA HIDRAULICA SISTEMA DE DIRE	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Hidráulico	1400	569.248	14,50
11000002685	SP01	04/09/2012	CAMBIO DE NEUMATICO Y PROTECTOR LLANTA D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	94.145	2,50
11000002727	SP01	24/09/2012	CORREGIR FUGA SISTEMA DE REFRIGERACION R	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Motor	1100	551.635	1,50
11000002728	SP01	23/09/2012	CORREGIR FUGA DE COMBUSTIBLE REACH STAC	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Motor	1100	2.16.316	1,50
11000002729	SP01	06/09/2012	CORREGIR FUGA HIDRAULICA DEL CUERPO VALV	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Hidráulico	1400	445.351	3,50
11000002732	SP01	06/09/2012	CAMBIO DE LLANTAS DELANTERAS IZQUIERDAS	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Llanteria	2800	22.918.715	8,00
11000002733	SP01	06/09/2012	CAMBIO DE LLANTA TRASERA DERECHA REACH S	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Llanteria	2800	11.403.755	3,00
11000002741	SP01	07/09/2012	CAMBIO DE LLANTAS TRASERAS DEL FRONTAL V	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	18.410	4,00
11000002742	SP01	10/09/2012	LLANTA 1 ESPICHADA PARTIDA DE VALVULA	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Llanteria	2800	71.146	2,50
11000002765	SP01	10/09/2012	FSV-0701 LLANTA PINCHADA DELANTERA IZQUI	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	21.828	2,50
11000002788	SP01	22/09/2012	REPARACION DE PIVOTE DE CILINDRO DE DIRE	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Chasis	2500	8.266.015	36,50
11000002794	SP01	13/09/2012	LLANTA DELANTERA DERECHA INTERNA PINCHAD	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Llanteria	2800	63.240	2,50
11000002796	SP01	14/09/2012	CAMBIO DE CADENA SPREADER FRACTURADA FSV	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Spreader	2800	2.437.707	8,50
11000002862	SP01	01/10/2012	DAÑO VIDRIO LATERAL CABINA DEL FRONTAL D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Cabina	2400	395.033	5,00
11000002941	SP01	21/09/2012	REPARACION LLANTA DELANTERA DERECHA INTE	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Llanteria	2800	1.356.155	4,50
11000002953	SP01	08/10/2012	REPARACION EJE PUNTA DE DIRECCION DERECH	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Chasis	2500	1.316.342	30,60
11000002954	SP01	30/09/2012	SPREADER CAIDO LADO IZQUIERDO FRONTAL VA	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Spreader	2800	231.625	6,50
11000002984	SP01	26/09/2012	CAMBIO ESPARRAGOS DELANTEROS IZQUIERDOS	1003305	Reach Stacker RSD-4007	Sistema Llanteria	2800	2.193.888	3,50
11000003023	SP01	25/09/2012	CAMBIO DE NEUMATICO Y PROTECTOR LLANTA D	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	91.872	2,50
11000003041	SP01	01/10/2012	Daño guía twislock spreader Reach Stacker	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Spreader	2800	1.443.828	4,50
11000003043	SP01	28/09/2012	CAMBIO LLANTAS TRASERAS REACH SATCKER RS	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Llanteria	2800	22.638.156	8,50
11000003044	SP01	28/09/2012	CAMBIO NEUMATICO DELANTERO IZQUIERDO EXT	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	72.036	2,50
11000003056	SP01	08/11/2012	REPARACION DE PUNTA DE DIRECCION IZQUIER	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Chasis	2500	2.486.867	36,00
11000003090	SP01	15/10/2012	FRENOS DE SERVICIO LARGOS FSV 0701	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Frenos	1700	401.611	3,50
11000003091	SP01	05/10/2012	FUGA DE COMBUSTIBLE POR FILTRO SEPARADOR	1003733	Motor Frontal Stacker Vacio FSV 07	Sistema Motor	1100	105.667	2,50
11000003103	SP01	08/10/2012	CAMBIO DE LUCES DE SEMAFORO Y TRASERAS R	1003335	Reach Stacker RSD-4009	Sistema Eléctrico	1500	1.940.811	1,50
11000003108	SP01	08/10/2012	REPARACION DE ALTERNADOR FRONTAL VACIO	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Eléctrico	1500	62.647	4,50
11000003163	SP01	27/10/2012	Cambio de sensor de extension del Boom R	1003306	Reach Stacker RSD-4008	Sistema Eléctrico	1500	7.413.696	1,50
11000003165	SP01	15/11/2012	Daño guardabarrido derecho mala operacion	1002983	Reach Stacker RSD-4006	Sistema Chasis	2500	1.025.215	8,50
11000003174	SP01	19/10/2012	Isv 0701 llanta delantera derecha espich	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	97.671	2,50
11000003183	SP01	18/10/2012	Reparacion de Lanta Trasera Derecha FSV	1003334	Frontal Stacker Vacio FSV 0701	Sistema Llanteria	2800	14.309	2,50
11000003201	SP01	19/10/2012	Cambio de correa ventilador motor DSM 11	1003729	Motor Reach Stacker RSD-4007	Sistema Motor	1100	180.071	1,50

Fuente: Sistema de Información de mantenimiento SAP

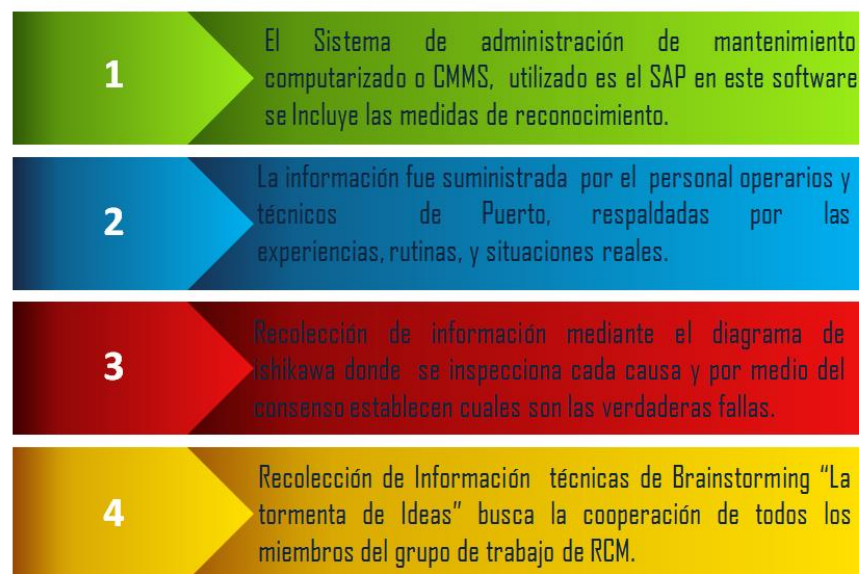
### 4.3.2 Recolección de Información

Los registros de Información digital quedaron a cargo del sistema de administración de mantenimiento computarizado (SAP), entre Julio del 2012 y Julio del 2013, donde suministró informaciones históricas de los equipos, igualmente historiales de mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados a los equipos Reach Stacker.

El registro histórico fueron conocimientos mediador entre la recolección y generación de información y el análisis de la misma. El registro sistemático y riguroso de la información permitió poner en orden el cúmulo de información, recopilado tal manera que su recuperación fuese ágil y eficiente.

Los registro de no permitió soportar o respaldar los hallazgos e interpretaciones; contrastar conceptos, teorías o condiciones de manera sistemática; servir de base para la construcción y afinación de categorías de análisis.

**Figura 47. Recolección de información**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### 4.3.3 Inventario de Equipos Reach Stacker

Para la gestión de mantenimiento se cuenta con 18 equipos portuarios tipo Reach Stacker, utilizado para movilizar contenedores en los patios de puerto de barranquilla, relacionados tal como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10. Inventario de equipos Reach Stacker**

INVENTARIO EQUIPO PORTUARIO TIPO REACH STACKER							
PLACA	MARCA	MODELO	SERIAL	MOTOR	SERIAL MOTOR	TRANSMISION	SERIAL TRANSMISION
SV 1001	Kalmar	DCE 100	T34107.0353	Cummins QSB 6.7	2071111528	Dana spicer 13.7HR32335-3	YUSA136924
SV 1002	Terex	CS 5.7	501973	Cummins QSB 6.7	22052101	Dana spicer 340FE17313-58	PBEA418060
SV 0701	Taylor	15H	S P9 35129	Cummins QSB 6.7	46839541	Dana spicer 13.5HR32337 430	BEA281100
SV 0801	Terex	FD18K	103116	Cummins QSB 6.7	22002953	Dana spicer 300TE13310-40	PBEA390250
SD 4006	Terex	TFC 45	170710	Cummins M11		Dana spicer 15.5HR36402-12	YBEA01712
SD 4007	Kalmar	DRF 450	T34113.0973	Cummins QSM 11	35208725	Dana spicer 15.7TE32418-52	HBEA256028
SD 4008	Kalmar	DRF 451	T34113.0974	Cummins QSM 11	35178522	Dana spicer 15.7TE32418-52	HBEA254972
SD 4009	Taylor	TS 9972	S KH 36373	Cummins QSM 11	35272495	Dana spicer 15.5TE32418-70	HBEA366754
SD 4010	Terex	TFC 45	177347	Cummins QSM 11	35299901	Dana spicer 15.7TE27418-81	RBEA415545
SD 4011	Terex	TFC 45	177365	Cummins QSM 11	35301963	Dana spicer 15.7TE27418-81	RBEA414885
SD 4012	Terex	TFC 45	177377	Cummins QSM 11	35303525	Dana spicer 15.7TE27418-81	RBEA417834
SD 4013	Terex	TFC 45	177375	Cummins QSM 11	35303526	Dana spicer 15.7TE27418-81	RBEA417817
SD 4014	Terex	CS 45KM	800271	Cummins QSM 11	35299350	Dana spicer 15.5HR36415-10	RBEA411161
SD 4015	Terex	CS 45KM	800273	Cummins QSM 11	35302233	Dana spicer 15.5HR36415-10	RBEA411334
SD 4016	Terex	CS 45KM	800274	Cummins QSM 11	35300727	Dana spicer 15.5HR36415-10	RBEA411337
SD 4017	Taylor	TS 9972	37442	Cummins QSM 11	35296644	Dana spicer 15.5TE32418-86	RBEA 420127
SD 4018	Taylor	TS 9972	37747	Cummins QSM 11	35305522	Dana spicer 15.5TE32418-86	RBEA426663
SD 4019	Taylor	TS 9972	37749	Cummins QSM 11	35304268	Dana spicer 15.5TE32418-86	PBEA426664

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.4 INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS ESTADISTICAS

Serán las encargadas de diagnosticar la información en niveles de valoración cuantitativa y cualitativa, es obligatorio emplear una serie de herramientas y/o técnicas, las cuales permitirán llevar el proceso orientado a mejorar la confiabilidad del equipo Reach Stacker.

### 4.4.1 Aplicación Diagrama de Pareto Equipo Reach Stacker

La teoría basada sobre el diagrama de Pareto se encuentra fundamentada en el marco conceptual de este estudio.

➤ **Metodología de Pareto de Fallas Equipo Reach Stacker**

Esta metodología estableció las causas más importantes de una determinada frecuencia de llamados que afectan a los equipos Reach Stacker y por consiguiente, las prioridades de intervención. Mediante una representación gráfica o tabular en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o que tienen una ponderación o incidencia mayor.

➤ **Clasificación de Eventos Repetitivos.**

Para esto se empezó por clasificar todos los defectos posibles en sus diversos tipos de fallas, entre Julio del 2012 y Julio del 2013, mediante los archivos históricos se identificaron todos los inconvenientes de los sistemas.

Posteriormente se estudio la información para ser ordenada y determinar la frecuencia de cada tipo de defecto, encontrando así los tipos de errores con una frecuencia general que afectan a los equipos Reach Stacker.

**Tabla 11. Estadística de fallas equipo Reach Stacker**

Codigo Modo de Fallo	Sistema /General	# de Llamados	% Acumulado
2800	Sistema Llantas	58	27%
1400	Sistema Hidráulico	36	44%
1500	Sistema Eléctrico	27	57%
2600	Sistema Spreader	23	67%
1100	Sistema Motor	22	78%
2500	Sistema Chasis	15	85%
1700	Sistema Frenos	10	89%
2200	Sistema Aire Acondicionado	9	93%
2400	Sistema Cabina	8	97%
1200	Sistema Transmision	3	99%
1600	Sistema Dirección	2	100%
2700	Sistema Operación	1	100%
1300	Sistema Torque Convertidor	0	100%
1800	Sistema Cilindros	0	100%
1900	Sistema Mando Final	0	100%
2000	Sistema Diferencial	0	100%
2100	Sistema Radiador	0	100%
2300	Sistema Engrase	0	100%
<b>Total de Llamados</b>		<b>214</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

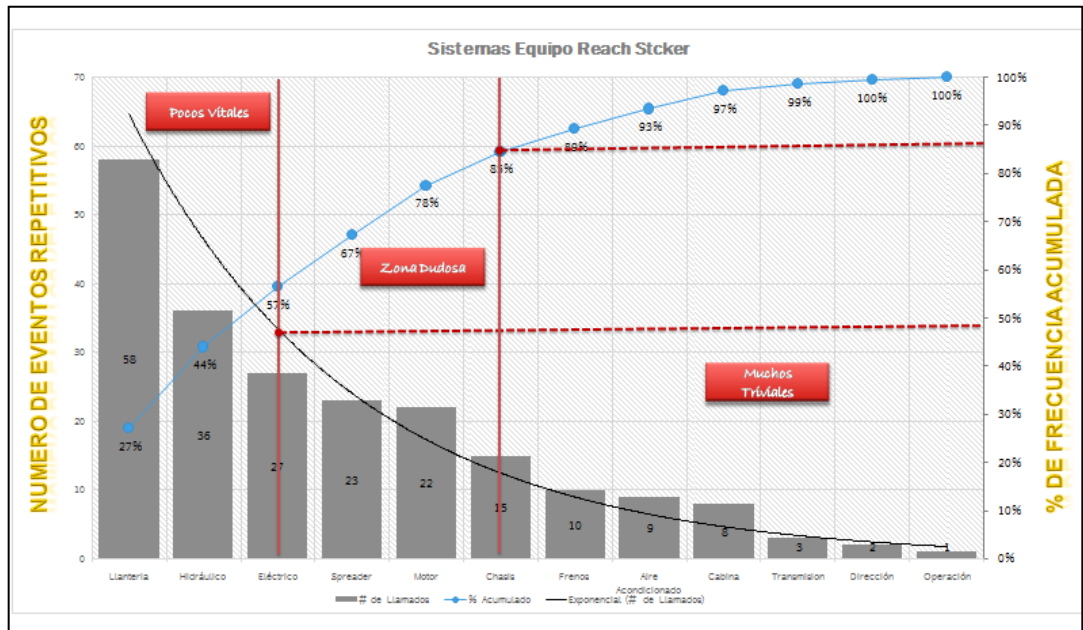
En lugar de la frecuencia numérica podemos utilizar la frecuencia porcentual, es decir, el porcentaje de unidades en cada tipo de defecto.

Los resultados fueron ordenado de la siguiente manera: los problemas de mayor a menor, con base en el número de ocurrencias.

➤ **Representación Grafica de Eventos**

Como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de La minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivas que corresponde al sistema llantería con un acumulado del 27%, Sistema Hidráulico con un acumulado del 44%, sistema eléctrico con un acumulado del 57, el sistema Spreader con un acumulado del 67, y por último el sistema de Motor (Cummins QSM11 diesel) con un acumulado del 78 %(frecuencia acumulada) estás causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

**Figura 48. Diagrama de Pareto de fallas en equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

A continuación se define las fallas que corresponden a cada sistema que conforma el equipo y así garantizar con exactitud aspectos que se presentan con mayor frecuencia, y que permitan dar alcances de las acciones orientadas a mejorar la confiabilidad del equipo Reach Stacker.

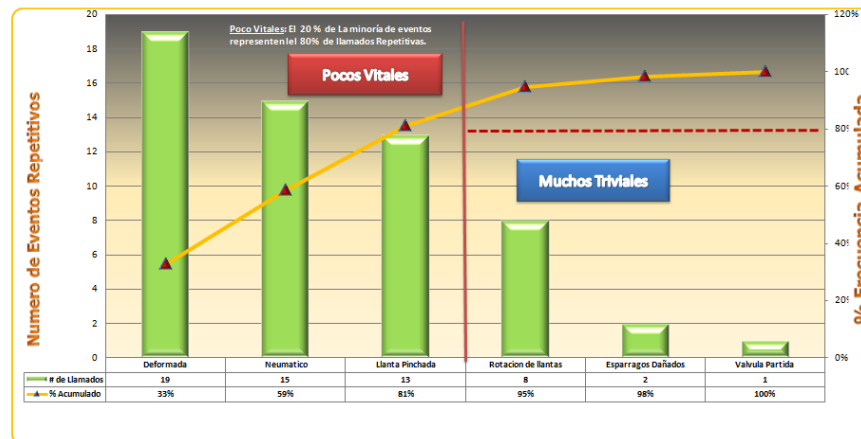
Las fallas en el sistema de llantería como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de la minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivos que corresponde a llantas deformadas con un acumulado del 33% y neumáticos con un acumulado del 59% de las fallas, estas causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

**Tabla 12. Estadística de fallas sistema de llantas**

Sistema /General	# de Llamados	% Acumulado
Deformada	19	33%
Neumatico	15	59%
Llanta Pinchada	13	81%
Rotacion de llantas	8	95%
Esparragos Dañados	2	98%
Valvula Partida	1	100%
	<b>58</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 49. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema de llantas**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

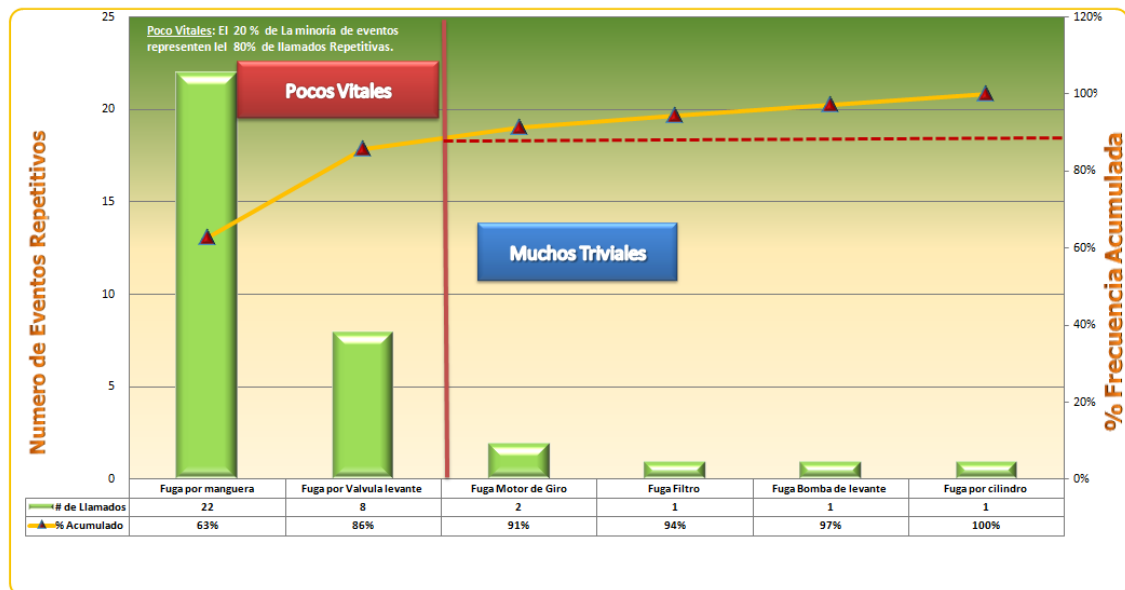
Las fallas en el sistema hidráulico como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de La minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivos que corresponde a fuga por mangueras con un acumulado del 61% y fuga por válvula de levante con un acumulado del 83% de las fallas, estas causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

**Tabla 13. Estadística de fallas el sistema Hidráulico**

Sistema /General	# de Llamados	% Acumulado
Fuga por manguera	22	61%
Fuga por Valvula levante	8	83%
Fuga Motor de Giro	3	92%
Fuga Filtro	1	94%
Fuga Bomba de levante	1	97%
Fuga por cilindro	1	100%
	<b>36</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 50. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema Hidráulico**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

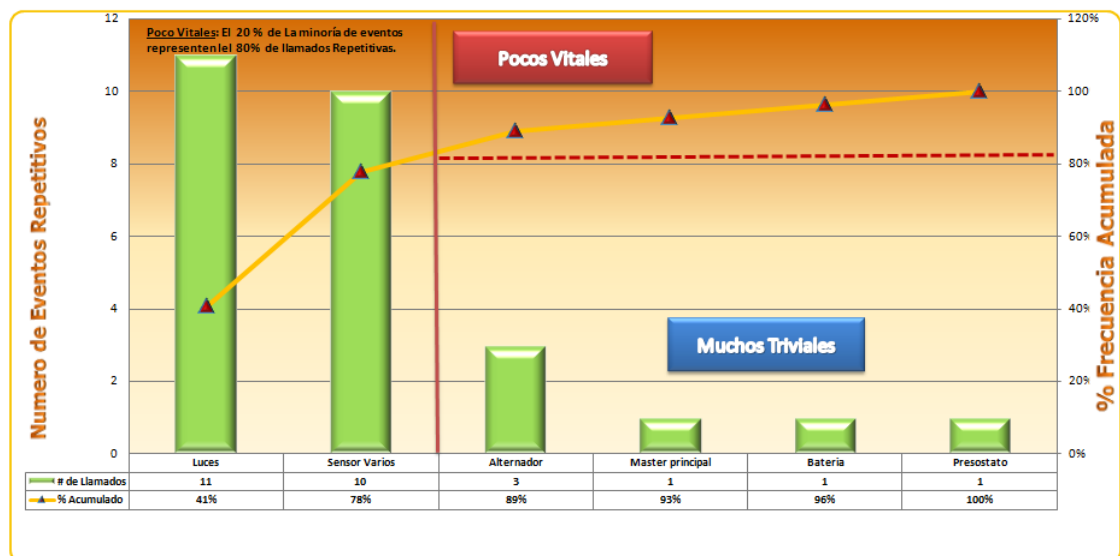
Las fallas en el sistema eléctrico como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de la minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivos que corresponde a problemas de luces con un acumulado del 41% y sensores varios con un acumulado del 78% de las fallas, estas causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

Tabla 14. Estadística de fallas en el sistema Eléctrico

Sistema /General	# de Llamados	% Acumulado
Luces	11	41%
Sensor Varios	10	78%
Alternador	3	89%
Master principal	1	93%
Bateria	1	96%
Presostato	1	100%
	<b>27</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Figura 51. Diagrama de Pareto de fallos en el sistema Eléctrico



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

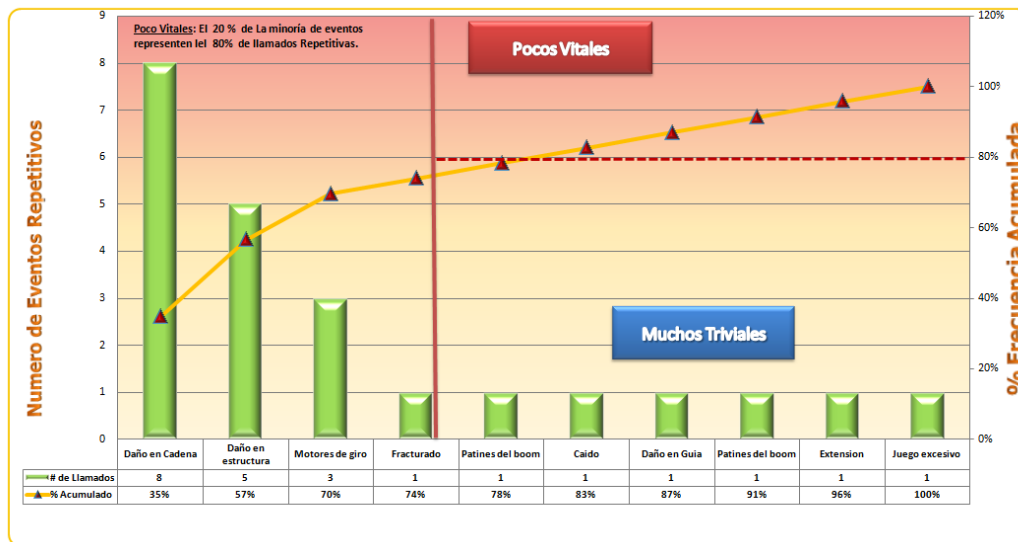
Las fallas en el Sistema Spreader como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de La minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivos que corresponde a problemas de daños en cadenas con un acumulado del 33% y con daños en estructura con un acumulado del 54% de las fallas, estas causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

**Tabla 15. Estadística de fallas en el Sistema Spreader**

Sistema /General	# de Llamados	% Acumulado
Daño en Cadena	8	35%
Daño en estructura	5	57%
Motores de giro	3	70%
Fracturado	1	74%
Patines del boom	1	78%
Caído	1	83%
Daño en Guia	1	87%
Patines del boom	1	91%
Extension	1	96%
Juego excesivo	1	100%
	<b>23</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 52. Diagrama de Pareto de fallos en el Sistema Spreader**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

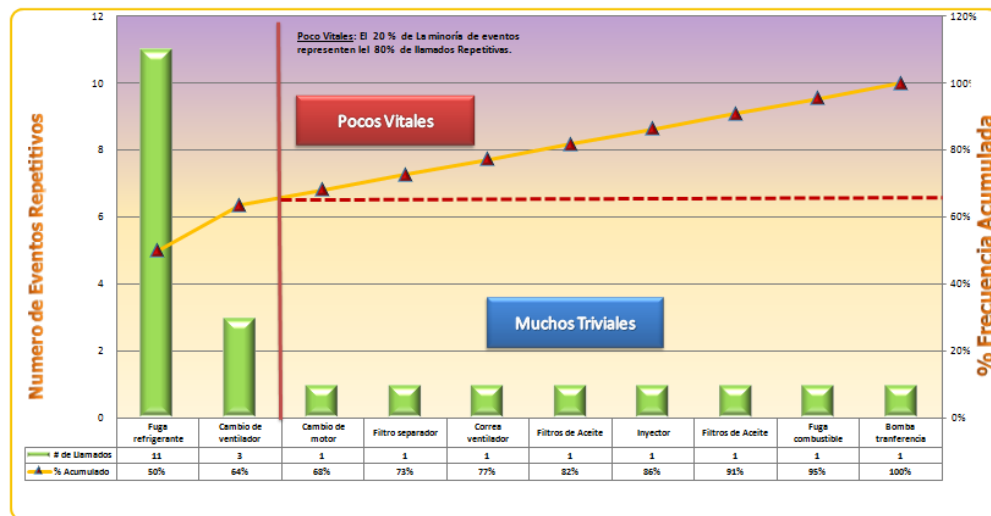
Las fallas en el sistema de motor (Cummins QSM11 diesel) como se puede observar en la tabla de cálculo de Pareto, el 20 % de la minoría de eventos representan el 80% de llamados repetitivas que corresponde a problemas de daños en fuga de refrigerante con un acumulado del 50% y con cambio de ventilador con un acumulado del 64% de las fallas, estas causas afectan la disponibilidad de los equipo Reach Stacker.

**Tabla 16. Estadística de fallas Sistema Motor (Cummins QSB 6.7)**

Sistema / General	# de Llamados	% Acumulado
Fuga refrigerante	11	50%
Cambio de ventilador	3	64%
Cambio de motor	1	68%
Filtro separador	1	73%
Correa ventilador	1	77%
Filtros de Aceite	1	82%
Inyector	1	86%
Filtros de Aceite	1	91%
Fuga combustible	1	95%
Bomba tranferencia	1	100%
	<b>22</b>	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 53. Diagrama de Pareto sistema Motor**

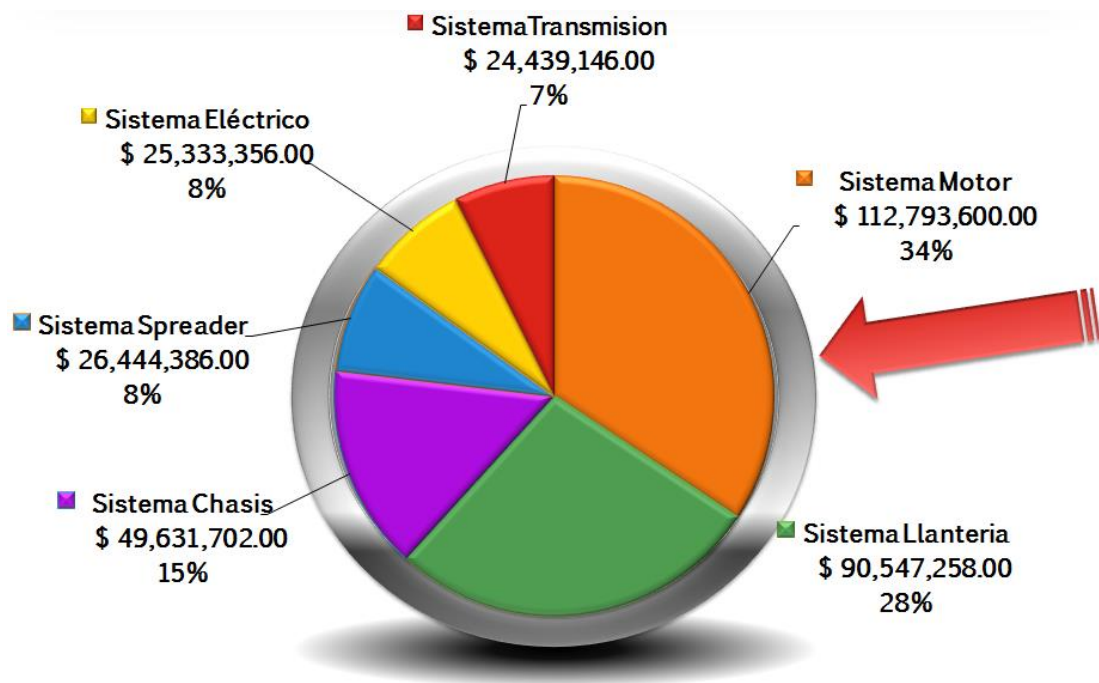


Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## ➤ Conclusiones y Recomendaciones

La utilización de esta herramienta permitió visualizar el 80% de eventos repetitivos (frecuencia), decidir sobre qué aspectos se debe trabajar de manera inmediata sobre los equipo Reach Stacker. Cabe anotar el sistema de motor (Cummins QSM11 diesel) predomina en los equipos Reach Stacker, debido a los altos costos anuales de mantenimiento, entre Julio del 2012 y Julio del 2013.

**Figura 54. Representación Grafica de Costos de mantenimiento**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### 4.4.2 Aplicación Análisis de Criticidad de Factores

Para establecer la calidad de los sistemas de los equipos Reach Stacker, se adelantó una valoración y se determinó su categoría de criticidad constituida en el modelo de criticidad de factores ponderados, procedimiento que se constituye a continuación:

➤ **Identificación de Sistemas**

Para la resolver el análisis de criticidad se utilizo el listado de los sistemas de segundo nivel que representan el contenido estructural de los equipos RReach Stacker, relacionado continuación:

**Tabla 17. Identificación de Sistemas Análisis de criticidad**

1100	Sistema Motor
1200	Sistema Transmision
1300	Sistema Torque Convertidor
1400	Sistema Hidráulico
1500	Sistema Eléctrico
1600	Sistema Dirección
1700	Sistema Frenos
1800	Sistema Cilindros
1900	Sistema Mando Final
2000	Sistema Diferencial
2100	Sistema Radiador
2200	Sistema Aire Acondicionado
2300	Sistema Engrase
2400	Sistema Cabina
2500	Sistema Chasis
2600	Sistema Spreader
2700	Sistema Operación
2800	Sistema Llantas

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

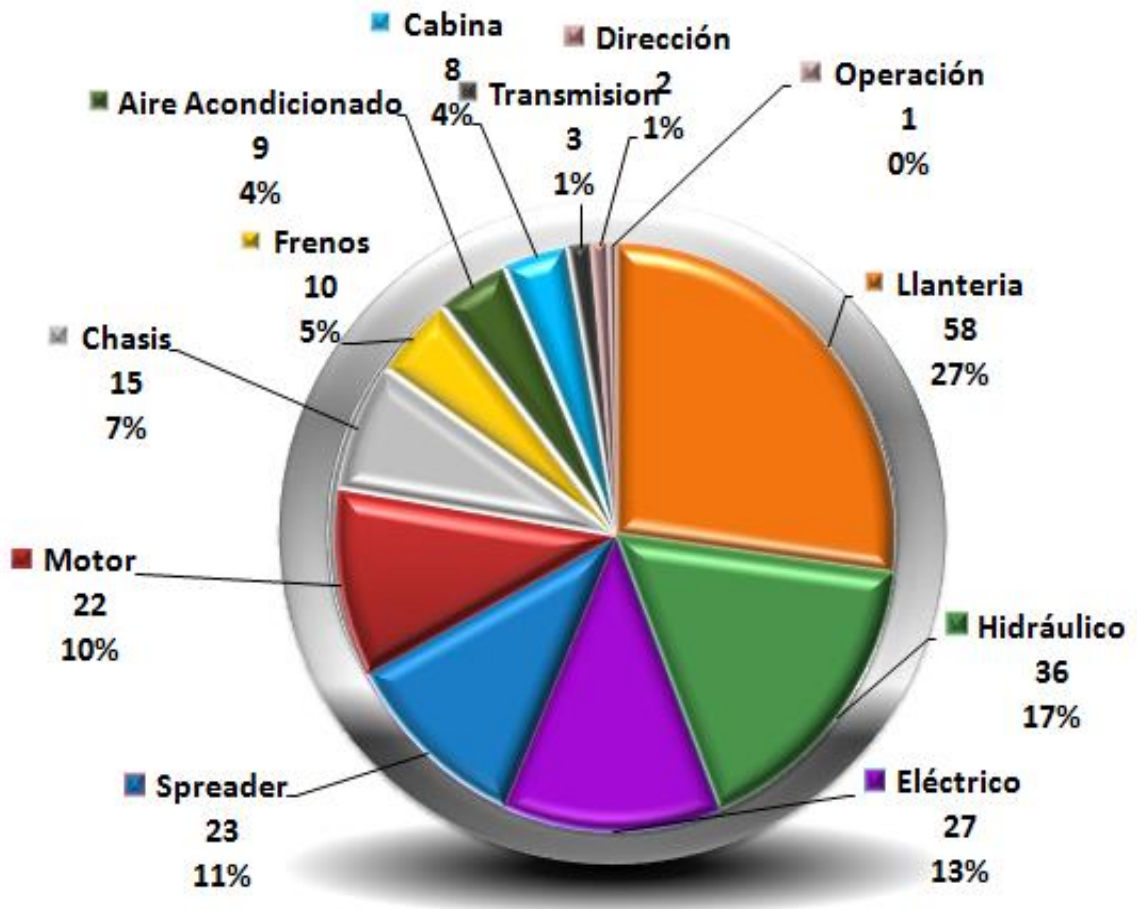
➤ **Recolección de Datos**

Se realiza un registro evaluador para el análisis de criticidad, examinando los sistemas del equipo Reach Stacker, estos elementos se estimaron en reuniones de trabajo con la asistencia de las diferentes personas incluidas en el contenido estratégico de seguridad, ambiental, mantenimiento y operaciones.

➤ **Frecuencia de Fallas**

Para las frecuencias de fallas fueron utilizados los resultados definidos en el análisis de Pareto, determinado en esta investigación, donde fueron considerados aspectos donde se debe trabajar de manera inmediata.

Figura 55. Frecuencia de fallas Equipo Reach Stacker



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### ➤ Resultados General de la Tabla de Criticidad

Para la aplicación de los factores estratégicos fueron presentados en la tabla de criticidad (Impacto Operacional, Flexibilidad Operacional, Costos de Mantenimiento, Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH), Frecuencia).

Se tiene en cuenta los valores adecuados en la fórmula de criticidad total y se obtiene el valor integral de criticidad de cada factor.

**Tabla 18. Resultados I General de la Tabla de Criticidad**

MODELO DE CRITICIDAD DE FACTORES PONDERADOS BASADO EN EL CONCEPTO DEL RIESGO PARA EL EQUIPO REACH STACKER DE PUERTO DE BARRANQUILLA											
Método desarrollado por el grupo de consultoría inglesa: The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited", The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].											
Codigo Modo de Fallo	Sistema /General	Frecuencia I	Frecuencia II	% Acumulado	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costos de Mantenimiento	SAH	Consecuencia	Criticidad Total	Promedio General (%)
2800	Sistema Llanteria	58	4	27%	7	2	1	1	16	64	
1400	Sistema Hidráulico	35	4	41%	7	1	1	5	13	52	
1500	Sistema Eléctrico	27	4	57%	7	2	1	1	16	64	
2600	Sistema Spreader	23	4	67%	7	1	1	3	11	44	
1100	Sistema Motor	22	4	78%	7	2	2	7	23	92	
2500	Sistema Chasis	15	4	85%	7	1	1	1	9	36	
1700	Sistema Frenos	10	4	89%	7	1	1	5	13	52	
2200	Sistema Aire Acondicionado	9	4	93%	7	1	1	1	9	36	
2400	Sistema Cabina	8	3	97%	7	1	1	1	9	27	
1200	Sistema Transmision	3	4	99%	7	1	1	5	13	52	
1600	Sistema Dirección	2	4	100%	7	1	1	5	13	52	
2700	Sistema Operación	1	4	100%	7	1	1	8	16	64	
1300	Sistema Torque Convertidor	0	1	100%	7	1	1	5	13	13	
1800	Sistema Cilindros	0	1	100%	7	1	1	5	13	13	
1900	Sistema Mando Final	0	1	100%	7	1	1	5	13	13	
2000	Sistema Diferencial	0	1	100%	7	1	1	5	13	13	
2100	Sistema Radiador	0	1	100%	7	1	1	7	15	15	
2300	Sistema Engrase	0	1	100%	1	2	1	3	6	6	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Tabla 19. Resultados II General de la Tabla de Criticidad**

Codigo Modo de Fallo	Sistema /General	Criticidad Total	Promedio General (%)
2800	Sistema Llanteria	64	
1400	Sistema Hidráulico	52	
1500	Sistema Eléctrico	64	
2600	Sistema Spreader	44	
1100	Sistema Motor	92	1000
2500	Sistema Chasis	36	900
1700	Sistema Frenos	52	800
2200	Sistema Aire Acondicionado	36	700
2400	Sistema Cabina	27	600
1200	Sistema Transmision	52	500
1600	Sistema Dirección	52	400
2700	Sistema Operación	64	300
1300	Sistema Torque Convertidor	13	200
1800	Sistema Cilindros	13	100
1900	Sistema Mando Final	13	0
2000	Sistema Diferencial	13	
2100	Sistema Radiador	15	
2300	Sistema Engrase	6	
<b>Total de Llamados</b>		<b>708</b>	<b>39,33</b>

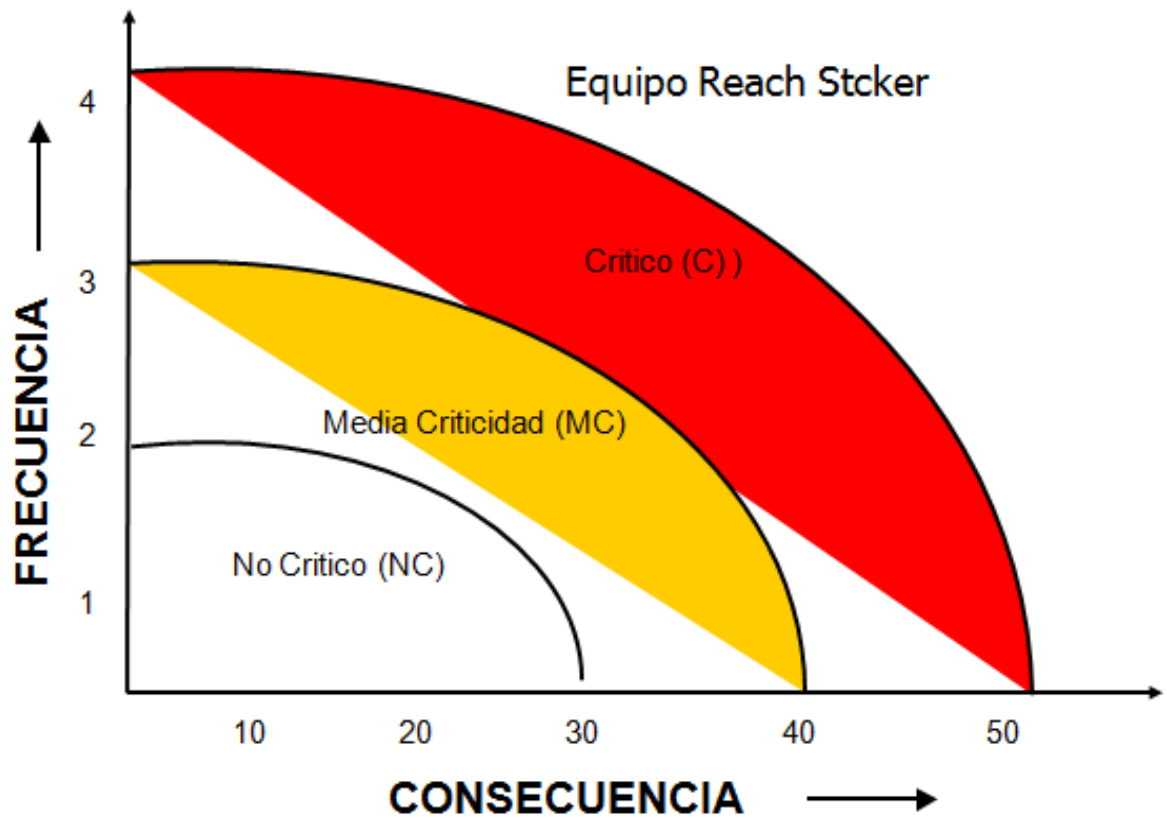
Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Se registra los nivel de criticidad de cada sistema se tomaron los valores totales particulares de cada uno de los factores importantes: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad, valor de frecuencia en el eje Y, valor de

consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad mostrada a continuación permite ponderar los sistemas en tres áreas principales como son:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

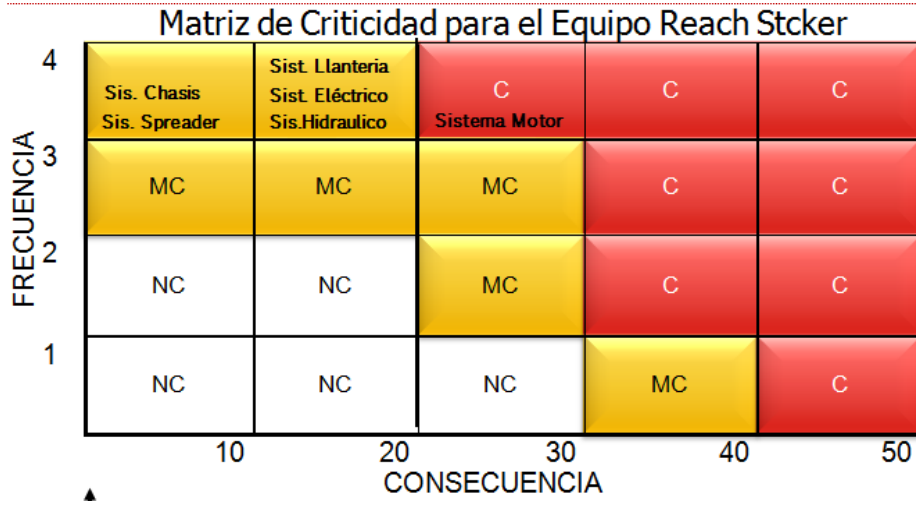
**Figura 56. Nivel de Criticidad Frecuencia Vs Consecuencia**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Posteriormente se ubican los valores obtenidos de frecuencia (eje y) y consecuencia = (eje x) en la matriz de criticidad, con el intención de obtener la categoría de criticidad proporcionada al sub-sistema a valorar.

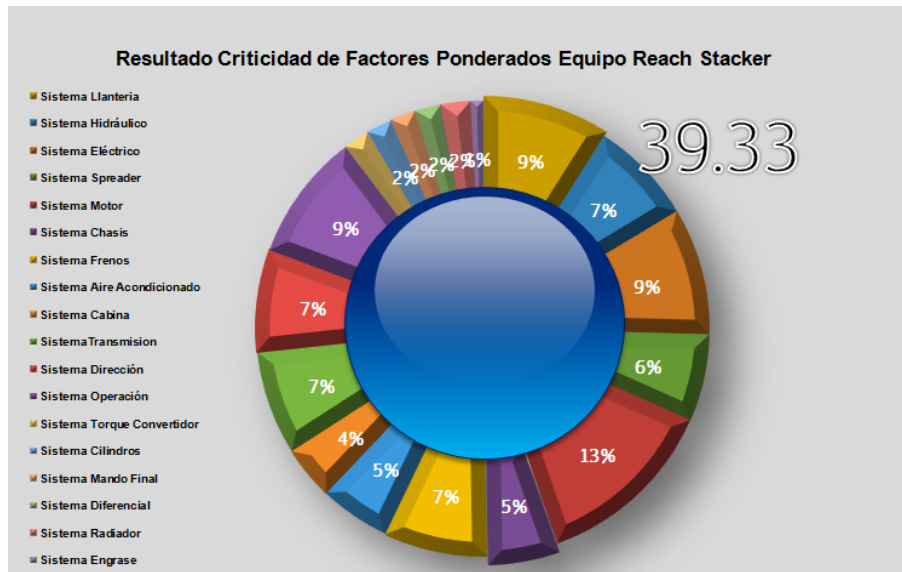
**Tabla 20. Resultado Matriz de Criticidad para el Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

La matriz de criticidad permitió establecer o constituir de forma fácil tres zonas específicas: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Esta información es la que permite orientar la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en la zona de alta criticidad.

**Figura 57. Consolidado factores ponderados Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## ➤ Conclusiones y Recomendaciones

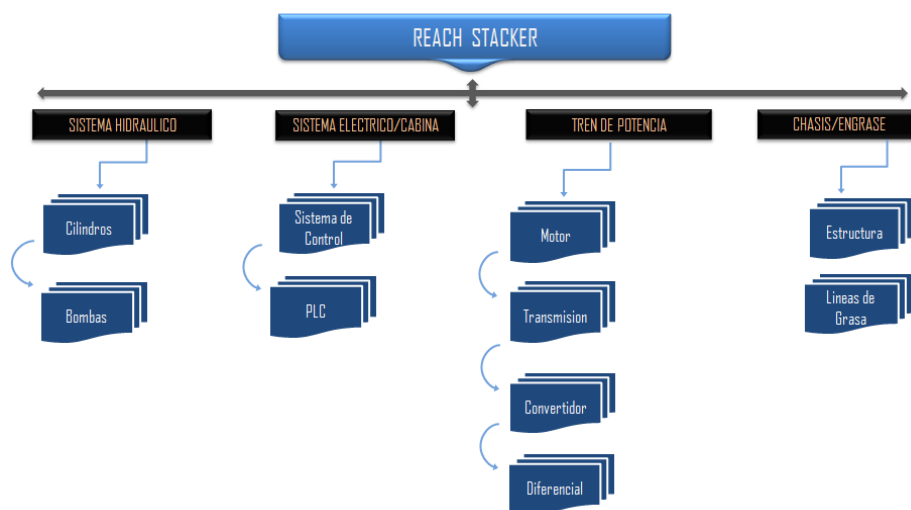
Los resultados obtenidos establecieron el sistema más crítico, el SISTEMA DE MOTOR (Cummins QSM11 diesel) criticidad total: 92, adquirió mayor valor de criticidad, se asumirá como el sistema donde se enfoca la labor, para luego incluir todos los demás sistemas objeto de este estudio.

## 4.5 VALIDACION DE DATOS PARA RCM

### 4.5.1 Jerarquía Estructural de los Sistemas del Equipo Reach Stacker

Los instrumentos y herramientas estadísticas utilizadas se encuentran fundamentados inicialmente en el estudio de todos los sistemas del equipo Reach Stacker, y específicamente en el sub-sistema del Motor Cummins QSM11 diesel, por los resultados científicos obtenidos de las valoraciones altas de criticidad, y este sub-sistema depende del sistema principal correspondiente al tren de potencia definidos con anterioridad en el marco conceptual de esta investigación.

Figura 58. Jerarquía estructural de los sistemas del equipo Reach Stacker

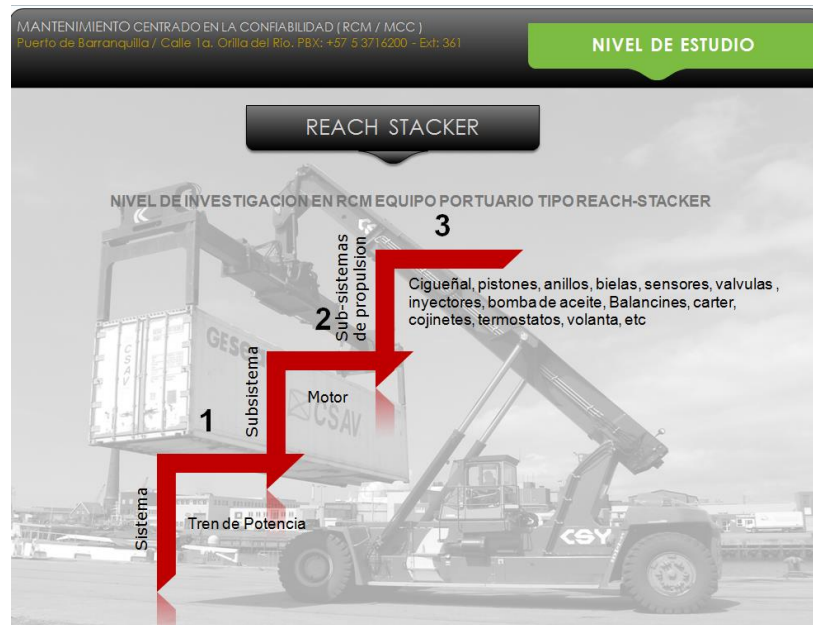


Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.5.2 Nivel de Estudio Metodológico

Este modelo metodológico de RCM, implementado a los equipos Reach Stacker estuvo diseñado para un estudio de tercer nivel tal como muestra en la Figura 59.

Figura 59. Nivel de estudio metodológico



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.6 ANALISIS DE CAUSAS POTENCIALES

### 4.6.1 Aplicación Técnicas de Brainstorming.

La Lluvia de Ideas es una técnica que tiene como objetivo generar la mayor cantidad de ideas posibles en un periodo de tiempo determinado. En este método, los participantes son invitados a pensar ideas rápidamente alrededor de una pregunta, problema u oportunidad, La única regla para desarrollar una lluvia de ideas son: "ninguna idea es mala". Esta técnica, que prioriza la cantidad sobre la calidad de las ideas, es usada generalmente como un proceso divergente para

estimular la creatividad y la innovación, y posteriormente, se transforma en un proceso convergente al agrupar y evaluar las ideas generadas durante el proceso

La tormenta de ideas (**Brainstorming**), busca la cooperación de todos los miembros del grupo de trabajo de RCM, ya que todas las ideas son validas y ninguna puede ser rechazada, haciendo el proceso más eficiente y obteniendo datos con criterio, como resultado de las reuniones establecidas en el grupo de trabajo de RCM, se estableció la divulgación a todos los empleados involucrados en el área de mantenimiento (técnicos, eléctricos, operarios), el formato para la recolección de información necesaria para la construcción del diagrama de de Ishikawa.

#### **4.6.2 Aplicación Diagrama de Ishikawa.**

Para la aplicación del diagrama de Ishikawa se utilizaron los ordenamientos ya creados en el marco conceptual de esta investigación.

##### **➤ Planteamiento del Problema**

En el numeral anterior de análisis de criticidad se determino que el sistema de motor (Cummins QSM11 diesel) adquirió mayor valor de criticidad en los equipos Reach Stacker, se necesita establecer mediante diagrama de Ishikawa.

Los análisis de causa y efecto de cada fallo funcional que originaron la valoración establecida en la matriz de criticidad.

##### **➤ Identificación de sub-sistemas de Propulsión**

Se procede a fraccionar cada sub-sistema del motor (Cummins QSM11 diesel) del equipo Reach Stacker en sus diferentes componentes, estableciendo bajo qué contextos ocurre un problema significativo que puede presentar.



Las identificaciones de las consecuencias recolectadas por la técnica del diagrama de Ishikawa en cada uno de los sub-sistema del motor (Cummins QSM11 diesel) tal como se muestran en la plantilla de análisis de FMECA.

#### **4.6.3 Aplicación Análisis del Modo, Efecto y Criticidad (FMECA)**

Se determino emplear la filosofía del RCM (Reliability Centered Maintenance) al MOTOR CUMMINS QSM11 DIESEL por ser el sub-sistema con mayor valor de criticidad.

Los componentes a evaluar se seleccionaron del siguiente modo: llamados de ahora en adelante sub-sistemas de propulsión:

- Cigüeñal
- Carter
- Cojinetes de bancadas
- Aftercooler
- Sensor Temp. de Aceite
- Termostatos
- Sensor de Velocidad Motor
- Tapas de válvulas
- Sensor de Temp. Refrigerante.
- Sensor Temperatura de Escape
- Empaque de culatas
- Volanta (Desmontar Motor)
- Bielas
- Pistones
- Cilindros (Desmontar Motor)

- Sensor PresiónCárter
- Filtro de Combustible
- Filtros de Aceite Motor
- FiltroSeparador de Agua
- Sensor de temperatura del aire e admisión
- Bloque (Desmontar Motor)
- Turbocargador
- Culatas
- Árbol de leva (Desmontar)
- Colectores (Manifold) de Admisión
- Colectores (Manifold) de Escape
- Balancín de Valvulas
- Inyectores
- Camisas
- Valvulas de Admisión
- Enfriador de Aceite Motor
- Valvulas de Escape
- Filtros de aire
- Precleaner
- Bomba de Transferencia
- Bomba de Aceite Motor
- Bomba de Agua
- Radiador
- Motor de Arranque Eléctrico 24 Voltios
- Compresor de Aire de Servicio
- Sensor de Posición del Acelerador
- Anillos
- Ventilador

➤ **Funciones del sub-sistema de Propulsión**

Las funciones fueron enfocadas en las siguientes Preguntas: ¿Por qué fue instalado el sistema? y ¿Qué tiene que hacer el sistema para cumplir con su misión? (Verbo + Sujeto/Acción + Parámetros de Funcionamiento).

➤ **Evaluación y análisis Funcional**

**Tabla 21. Análisis funcional**

Cod: sub-sistemas de propulsión	sub-sistemas de propulsión	Descripción Análisis Funcional /sub-sistemas de propulsión
1101	Cigüeñal (Desmotar Motor)	Suministra superficie de sellar a retenedores de aceite. Mueve los engranajes y volantes. Ofrece superficie resistente al desgaste para cojinetes. Envía aceite a presión a los cojinetes de bancada y de Tolera cargas pesadas de flexión, torsión y empuje. Convierte el movimiento lineal en movimiento giratorio. Actúa como depósito para el aceite del motor.
1102	Carter	Disipan una gran cantidad de calor. Disminuye el nivel acústico del motor. Soporta las fuerzas del cigüeñal. Protege a todo el motor de la entrada de agua, polvo. Contener el aceite para la lubricación del motor.
1103	Cojinetes de bancadas	Capacidad de lubricación. Conducción del calor. Capacidad de absorción y adaptabilidad. Resistencia a la fatiga A 1600 RPM, unos 800 veces por Capacidad de auto protegerse Reduce al mínimo el Permite mejorar el Coeficiente de fricción.
1104	Aftercooler (Postenfriador)	Ayuda a enfriar el aire que inyecta el turbo. Transfiere la temperatura (calor) al aire. Maneja rangos de temperatura que van Normal temp °F (°C)192 / 89
1105	Sensor Temperatura de Aceite	Controla la Temperatura Maxi: °F 275 / (°C) 135 Determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del refrigerante (campo de medición - 40_+130 °C). Optimiza la marcha en vacío. Optimiza tiempo de inyección.
1106	Termostatos	Establecen regulación de la temperatura. (algo mas de 70 grados Celsius).Normal temp. . °F (°C)192 / 89 Start to open °F 180 (°C 82 ) Fully open °F 200 (°C 93)
1107	Sensor Velocidad Motor	Genera electricidad de bajo voltaje. Facilita la velocidad de la marcha mínima. Determina el embrague del convertidor de torsión. Permite Información para que marque la velocidad. Establece Señal sobre el tablero eléctrico digital. Transmite al control de la velocidad tablero. Actúa como depósito de lubricación.

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

➤ **Descripción de las Fallas Funcionales**

Generalmente se describe como el equipo fallo. ¿Cómo Fallo? No él ¿Porqué?, adicionalmente se respondieron las siguientes preguntas: ¿puede hacer más?, ¿puede hacer menos?, ¿puede hacer otra cosa? sobre la base de lo indicado en la función y en las condiciones operacionales

**Tabla 22. Evaluación Descripción de las fallas Funcionales**

Cod: sub-sistemas de propulsión	sub-sistemas de propulsión	Descripción Fallos Funcionales / sub-sistemas de propulsión
1101	Cigüeñal (Desmotor Motor)	El motor presenta falla interna Ruido excesivo, Baja Potencia, o el motor no gira.
1102	Carter	Nivel de aceite en el cárter fuera del rango permitido: Capacidad del cárter de aceite High / Low 36/28 Capacidad total de aceite del motor con filtros 39.2 GI
1103	Cojinetes de bancadas	El motor presenta caídas de presión en altas RPM y Ruidos metálicos en bajas RPM.
1104	Aftercooler (Postenfriador)	Alta temperatura fuera del rango de trabajo Normal temp °F 192 / 89 (°C)
1105	Sensor Temperatura de Aceite	El Operador reporta que el equipo presenta problemas de sobrecalentamiento del motor, Superior a °F 192 / 89 (°C) Consumo en exceso del combustible y Problemas de arranque
1106	Termostatos	El operador reporta que la temperatura del motor sube por encima de Superior a °F 192 / 89 (°C) y mucho consumo de combustible "Humo negro" a la temperatura fluctúa. El marcador que mide la temperatura del motor sube más de lo normal.
1107	Sensor Velocidad Motor	El operador reporta marcha mínima variable, mucho consumo de combustible, Pérdida de la información de los kilómetros recorridos en un viaje , el kilometraje por galón, todo esto pasa en la computadora, el control de la velocidad el el tablero pueda funcionar con

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

➤ **Descripción del Modo de Fallo**

Una vez que se ha identificado la falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que puedan haber causado cada estado de falla.

La descripción del modo de falla relacionados tiene como mínimo un sustantivo y un verbo, fueron evitados usar los verbos: Falla, Daño, Mal funcionamiento, se utilizaron causas precisas.

**Tabla 23. Evaluación Descripción del Modo de Fallos**

Cod: sub-sistemas de propulsión	sub-sistemas de propulsión	Código (Modo)	Descripción Modo de fallos ( <b>Causas o Factores de fallos</b> ) sub-sistemas de propulsión
1101	Cigüeñal (Desmotar Motor)	11011	Desgaste Por adhesión
		11012	Desgaste Por Abrasión
		11013	Fracturas Fatiga por Flexión Mediacañas de
		11014	Fracturas Fatiga por Torsión Muñón de biela &
		11015	Perdida de Lubricación en el Cigüeñal
		11016	Sensor de Posición del Cigüeñal descalibrado en
1102	Carter	11021	Fuga de Aceite por carter
		11022	Carter Agrietado
		11023	Temperatura de funcionamiento del motor
		11024	Aceite no adecuado a la aplicación del motor
		11025	Sellos de Carter mal ensamblados
		11026	Fuga de Aceite por golpe -Accidente
1103	Cojinetes de bancadas	11031	Desgaste Por Abrasión (Picadura por descarga
		11032	Desgaste Adhesivo (Desalineación Viscosidad
		11033	Erosión por Cavitación (Elevado nivel de aceite)
		11034	Daños por Impacto
		11035	Bajo nivel de aceite (Falta de Lubricación)
		11036	Aceite sin filtrar
1104	Aftercooler (Postenfriador)	11041	El Postenfriador se encuentra obstruido
		11042	El Postenfriador se encuentra Roto
		11043	Mal ensamblado
		11044	Nivel de oxidación en cantidades Altas
		11045	Atascado parcialmente abierto
		11046	Presenta fuga excesiva
1105	Sensor Temperatura de Aceite	11051	Se desprendió el cable (Flojo)
		11052	Sensor Descalibrado ( terminal aterrizada)
		11053	Sensor Abierto en Corto
		11054	Aislamiento eléctrico del arnés
		11055	Alarmas del Tablero en corto
		11056	Falso Contacto
1106	Termostatos	11061	Termostatos pegados cerrados o abiertos
		11062	Refrigerante contaminado
		11063	Presenta Fuga la caja de termostato
		11064	Termostatos defectuoso
		11065	Atascado parcialmente abierto
		11066	Nivel de oxidación en cantidades Altas
1107	Sensor Velocidad Motor	11071	Se desprendió el cable (Flojo)
		11072	Sensor Descalibrado ( terminal aterrizada)
		11073	Sensor Abierto en Corto
		11074	Aislamiento eléctrico del arnés
		11075	Alarmas del Tablero en corto
		11076	Falso Contacto
		11081	Fuga de aceite por sello

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

➤ **Descripción de Efectos de Falla**

En las descripciones de efectos de fallas se utilizaron las siguientes preguntas:  
 ¿Qué ocurre Después?, ¿Qué se registra? ¿Qué evidencia se ha producido en el modo de falla?, ¿La manera en que el modo de falla supone una amenaza para la seguridad y para el medio ambiente?, ¿La manera en que el modo de falla afecta la producción y/o la operación? ¿Daños físicos, causados por el modo de falla?, ¿Que debe hacerse para corregir el fallo?

**Tabla 24. Evaluación Descripción de los Efectos**

Efectos /SUB-SISTEMAS DE PROPULSIÓN
Efectos de fallas / sub-sistemas de propulsión
Se debe parar la maquina por 72 horas, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Desgaste Por adhesión. Los costos de
Se debe parar la maquina por 72 horas, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Desgaste Por Abrasión. Los costos de r
Se debe parar la maquina por 72 horas, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Fracturas Fatiga por Flexión Mediaca
Se debe parar la maquina por 72 horas, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Fracturas Fatiga por Torsión Muñón de
Se debe parar la maquina por 72 hora, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Perdida de Lubricación en el Cigüeñal
Se debe parar la maquina por 72 hora, realizar reparacion de Cigüeñal (Desmotor Motor) por Sensor de Posición del Cigüeñal, deso
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Fuga de Aceite por carter Los costos de reparación son ma
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Carter Agrietado. Los costos de reparación son mayores a \$
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Temperatura de funcionamiento del motor Superior a 9f. 19
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Aceite no adecuado a la aplicación del motor Los costos
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Sellos de Carter mal ensamblados Los costos de reparació
Se debe parar la maquina por 24 horas, realizar reparacion de Carter por Fuga de Aceite por golpe -Accidente Los costos de reparac
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Desgaste Por Abrasión (Picadura por des
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Desgaste Adhesivo (Desalineación, Visco
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Erosión por Cavitación) (Elevado nivel de
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Daños por Impacto Los costos de reparac
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Bajo nivel de aceite (Falta de Lubricació
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Cojinetes de bancadas por Aceite sin filtrar Los costos de reparació
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por El Postenfriador se encuentra obstruido La
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por El Postenfriador se encuentra Roto Los c
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por Mal ensamblado Los costos de reparac
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por Nivel de oxidación en cantidades Alto
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por Atascado parcialmente abierto. Los co
Se debe parar la maquina por 36 horas, realizar reparacion de Aftercooler (Postenfriador) por Presenta fuga excesiva Los costos de r
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Se desprendió el cable (Flajo) Los co
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Sensor Descalibrado (Terminal ater
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Sensor Abierto en Corto Los costos d
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Aislamiento eléctrico del armés Los c
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Alarmas del Tablero en corto Los co
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Temperatura de Aceite por Falso Contacto Los costos de repar
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Termostatos pegados cerrados o abiertos Los costos d
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Refrigerante contaminado. Los costos de reparació
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Presenta Fuga la caja de termostato Los costos de rep
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Termostatos defectuosos Los costos de reparación son r
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Atascado parcialmente abierto. Los costos de reparac
Se debe parar la maquina por 6 horas, realizar reparacion de Termostatos por Nivel de oxidación en cantidades Altas Los costos de
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Se desprendió el cable (Flajo) Los costos d
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Sensor Descalibrado (Terminal aterizada)
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Sensor Abierto en Corto Los costos de rep
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Aislamiento eléctrico del armés Los costos d
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Alarmas del Tablero en corto Los costos d
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Sensor Velocidad Motor por Falso Contacto Los costos de reparació
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Tapa de válvulas por Fuga de aceite por sello. Los costos de reparació
Se debe parar la maquina por 3 horas, realizar reparacion de Tapa de válvulas por Fuga de aceite por (Grieta) Los costos de reparac

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## ➤ **Consecuencia de las Fallas**

Al identificar todos los modos de falla se procedió a establecer las consecuencias de estas fallas de la siguiente manera:

- **Fallos Ocultos: FO**

0. El modo de falla nunca será oculto y no podrá llevar a Fallas múltiples.
1. Existe posibilidad baja de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples.
2. En condiciones normales tiene posibilidad media de ser oculta y ocasionar fallas múltiples.
3. Existe una posibilidad alta de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples
4. La falla siempre será oculta y ocasionará fallas múltiples a gran escala<sup>56</sup>

- **Seguridad Física: SF**

0. No se afecta la seguridad física, ni equipos.
1. Afecta a una persona, y puede generar incapacidad de carácter temporal
2. Afecta de 2 a 5 personas, y puede generar incapacidad de carácter temporal
3. Afecta a más de 5 personas con incapacidad temporal, o una con incapacidad permanente
4. Afecta a más de una persona con incapacidad permanente, o causando la muerte<sup>57</sup>.

---

<sup>56</sup> MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

- **Medio Ambiente: MA**

0. No se afecta el medio ambiente

1. Afecta el medio ambiente pero puede ser controlado. No afecta ecosistemas

2. Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en menos de 6 meses con un costo menor a \$50´000.000

3. Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en menos de 3 años a un costo menor a \$500´000.000

4. Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en más de 3 años a un costo mayor a \$500´000.000, o es irreversible

- **Imagen Corporativa: IC**

0. No es trascendente

1. La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas

2. La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor inferior a \$50´000.000

3. La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor mayor a \$50´000.000 e inferior a 500´000.000

4. La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor superior a \$500´000.000 o es irreversible<sup>58</sup>.

---

<sup>57</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

<sup>58</sup> Ibíd., 222 p.

- **Costo de Reparación: CR**

Calificación:

0. Los costos de reparación son menores a \$1.000.000
1. Los costos de reparación son mayores a \$1.000.000 y menores de \$10´000.000
2. Los costos de reparación son mayores a \$10´000.000 y menores de \$50´000.000
3. Los costos de reparación son mayores a \$50´000.000 y menores de \$500´000.000
4. Los costos de reparación son mayores a \$500´000.000

- **Efectos Operacional: E0**

0. No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las operaciones o la calidad
1. Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo.
2. Impacta los niveles de Producción o calidad.
3. Parada Inmediata de un sector de la línea de producción.
4. Parada Inmediata de toda la planta o línea de producción.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

Tabla 25. Evaluación Consecuencia de fallos

• CONSECUCIA MODO DE FALLOS						
CALIFICACION CONSECUCIA MODO DE FALLOS / VALORES POR ANALISIS Y DISCUSION GRUPO DE TRABAJO						
FO Fallos Ocultos	SF Seguridad Fisica	MA Medio Ambiente	IC Imagen Corporativa	CR Costo de Reparacion	EO Efectos Operacionales	
3	0	0	1	2	2	
3	0	0	1	2	2	
4	0	1	1	2	2	
4	0	1	1	2	2	
3	0	0	1	2	2	
0	0	0	1	2	2	
1	1	2	1	1	1	
1	1	2	1	1	1	
0	1	2	1	1	1	
1	0	2	1	1	2	
1	0	2	1	1	1	
0	1	2	1	1	1	
3	0	1	1	2	2	
3	0	1	1	2	2	
3	0	1	1	2	2	
3	0	1	1	2	2	
2	0	1	1	2	2	
1	0	1	1	2	2	
1	1	2	1	1	2	
1	1	2	1	1	2	
2	0	2	1	1	2	
3	1	2	1	1	2	
3	1	2	1	1	2	
1	0	2	1	1	2	
1	0	0	1	0	0	
0	0	0	1	0	0	
0	0	0	1	0	0	
0	0	0	1	0	0	
1	0	0	1	0	1	
1	0	1	1	2	1	
1	0	0	1	0	2	
3	0	0	1	0	2	
1	0	0	1	0	2	
2	0	0	1	0	2	
2	0	0	1	0	2	
2	0	0	1	0	2	
2	0	0	1	0	2	
2	2	0	1	0	2	
1	2	0	1	2	2	
1	2	0	1	2	2	
1	0	1	1	0	0	
0	0	1	1	0	2	
0	0	0	1	0	0	
2	0	0	1	0	2	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 4.7 EVALUACION Y CALIFICACION DE MODOS DE FALLOS

RPN: El número de prioridad de riesgo (NPR o RPN) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir:

$$\mathbf{RPN = S * PO * PD}$$

Los índices más bajos son los mejores. Consecuentemente en cuanto menor sea el RPN menor será el riesgo, este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

Lo que hace el RPN es jerarquizar cada una de las tareas por realizar en los diferentes elementos o equipos, con fin de priorizar sus esfuerzos en los equipos que más lo requieran, de acuerdo a su grado de criticidad<sup>60</sup>, antes de Calcular el RPN se debe calcular la severidad de la siguiente manera:

El cálculo de la Severidad se realiza en dos partes, una de las cuales asigna unos valores probabilístico a cada criterio y en la segunda parte que se obtiene por análisis y discusión del Grupo de Trabajo de RCM.

1. Corresponde a la tabla de calificación de consecuencia, resultados del análisis y discusión del Grupo de trabajo.

- FO - Fallas Ocultos
- SF - Impacto Seguridad Física
- MA - Impacto Medio Ambiente
- IC - Impacto en Imagen Corporativa
- CR - Costos de Reparaciones o Mantenimientos
- EO - Efectos Operacionales o con el Cliente.

---

<sup>60</sup>MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

2. Las asignaciones de valores probabilísticos a cada modo de fallos.

$$\text{Severidad} = FO \times KFO + SF \times KSF + MA \times KMA + IC \times KIC + CR \times KOR + EO \times KOC$$

Donde los coeficientes de los factores son constantes (su suma es de 1.0 o del 100%).

Tabla 26. Evaluación Análisis de Severidad

ANÁLISIS & EVALUACION DE CRITICIDAD MO	
NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (RPN) VALORES PI	
<b>Severidad</b>	<b>Severidad o Gravedad : S</b>
$FO \times KFO + SF \times KSF + MA \times KMA + IC \times KIC + CR \times KOR + EO \times KOC$	
2,500	<p>El cálculo de la Severidad se realiza en dos partes, una de las cuales asigna unos valores probabilísticos a cada criterio y en la segunda parte que se obtiene por análisis y discusión del Grupo de Trabajo de RCM.</p> <p><b>1. Corresponde a la tabla de calificación de consecuencia, resultados del análisis y discusión del Grupo de trabajo.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· FO - Fallas Ocultas</li> <li>· SF - Impacto Seguridad Física</li> <li>· MA - Impacto Medio Ambiente</li> <li>· IC - Impacto en Imagen Corporativa</li> <li>· CR - Costos de Reparaciones o Mantenimientos</li> <li>· EO - Efectos Operacionales o con el Cliente.</li> </ul> <p><b>2. A las asignaciones de valores probabilísticos a cada criterio.</b></p> <p>Severidad= FOxKFO + SFxKSF + MAxKMA + ICxKIC + CRxKOR + EOxKOC</p> <p>Donde los coeficientes de los factores son constantes (su suma es de 1.0 o del 100%),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>KFO=0.05(5%)</li> <li>KSF=0.20(20%)</li> <li>KMA=0.10(10%)</li> <li>KIC=0.30(30%)</li> <li>KOR(0.30(30%)</li> <li>KOC(0.05(5%)</li> </ul> <p><b>Ejemplo en formula de excel 2007:</b></p> <p>=(A15*0,5)+(AK15*0,2)+(AL15*0,1)+(AM15*0,3)+(AN15*0,3)+(AO15*0,05)</p>
2,500	
3,100	
3,100	
2,500	
1,000	
1,550	
1,550	
1,050	
1,400	
1,350	
1,050	
2,600	
2,600	
2,600	
2,600	
2,100	
1,600	
1,600	
1,600	
1,900	
2,600	
2,600	
1,400	
0,800	
0,300	
0,300	
0,300	
0,850	
1,550	
0,900	
1,900	
0,900	
1,400	
1,400	
1,400	
1,800	
1,600	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Una vez que se ha registrado la severidad, el próximo paso es calcular la ocurrencia y la detección con el fin de calcular el RPN del equipo Reach Stacker.

**Tabla 27. Evaluación Análisis de Criticidad Modo de Fallos**

ANÁLISIS & EVALUACION DE CRITICIDAD MODO DE FALLOS							
NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (RPN) VALORES PROBABILISTICOS							
PO Ocurrencia	IPO	PD Detección	IPD	Calculo RPN	Interpretación RPN	Jerarquia de Ejecuciones	Representacion Grafica RPN
1	POCO PROBABLE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	10.0	BAJO	161	
2	REMOTA	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	15.0	MEDIO	205	
2	REMOTA	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	18.6	MEDIO	248	
1	POCO PROBABLE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	12.4	MEDIO	196	
1	POCO PROBABLE	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	7.5	BAJO	132	
1	POCO PROBABLE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	4.0	BAJO	84	
4	FRECUENTE	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	6.2	BAJO	115	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	3.1	BAJO	71	
4	FRECUENTE	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	4.2	BAJO	86	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	2.8	BAJO	63	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	4.1	BAJO	85	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	3.2	BAJO	72	
2	REMOTA	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	10.4	BAJO	167	
2	REMOTA	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	10.4	BAJO	167	
1	POCO PROBABLE	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	5.2	BAJO	100	
1	POCO PROBABLE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	10.4	BAJO	167	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	4.2	BAJO	84	
2	REMOTA	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	2.6	BAJO	158	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	3.2	BAJO	73	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	3.2	BAJO	73	
1	POCO PROBABLE	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	1.9	BAJO	47	
1	POCO PROBABLE	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	5.2	BAJO	99	
3	OCASIONAL	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	15.6	MEDIO	217	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	4.2	BAJO	86	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	2.4	BAJO	54	
3	OCASIONAL	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	1.8	BAJO	30	
3	OCASIONAL	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	1.8	BAJO	30	
3	OCASIONAL	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	1.8	BAJO	30	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	2.6	BAJO	59	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	4.7	BAJO	94	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	1.9	BAJO	39	
4	FRECUENTE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	30.4	ALTO	280	
2	REMOTA	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	5.4	BAJO	102	
1	POCO PROBABLE	3	BAJA / PROBABILIDAD PARA DETECTAR	4.2	BAJO	86	
1	POCO PROBABLE	4	NULLA / NO SE PUEDE DETECTAR	5.6	BAJO	105	
1	POCO PROBABLE	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	1.4	BAJO	12	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	5.4	BAJO	102	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	5.7	BAJO	107	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	5.7	BAJO	107	
2	REMOTA	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	1.8	BAJO	30	
3	OCASIONAL	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	1.5	BAJO	13	
3	OCASIONAL	2	MEDIA / MEDIANA PROBABILIDAD DE	1.8	BAJO	30	
4	FRECUENTE	1	SEGURO / SIEMPRE SE DETECTAN	5.6	BAJO	105	

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

#### 4.7.1 Aplicación Árbol lógico de Decisiones

El siguiente Paso corresponde a la implementación de Árbol lógico de decisiones con el fin de tomar acciones para cada modo de fallos, como resultado serán las actividades que se utilizaran para resolver el nivel de criticidad en cada modo de fallos.

La Figura 62 muestra el árbol de decisión típico. Cada nodo del árbol está conformado por un atributo y puede verse como la pregunta: ¿Qué valor tiene este atributo en el caso que vamos a clasificar?, Las ramas que salen de cada nodo corresponden a los posibles valores de acciones en cuestión.



#### 4.7.2 Plan de Acción y Seguimiento

El plan de acciones y seguimiento corresponde a una estrategia conformada con el fin de dar soluciones por medio de asignaciones y responsabilidades a cada uno los modos de fallos encontrados en el equipo Reach Stacker.

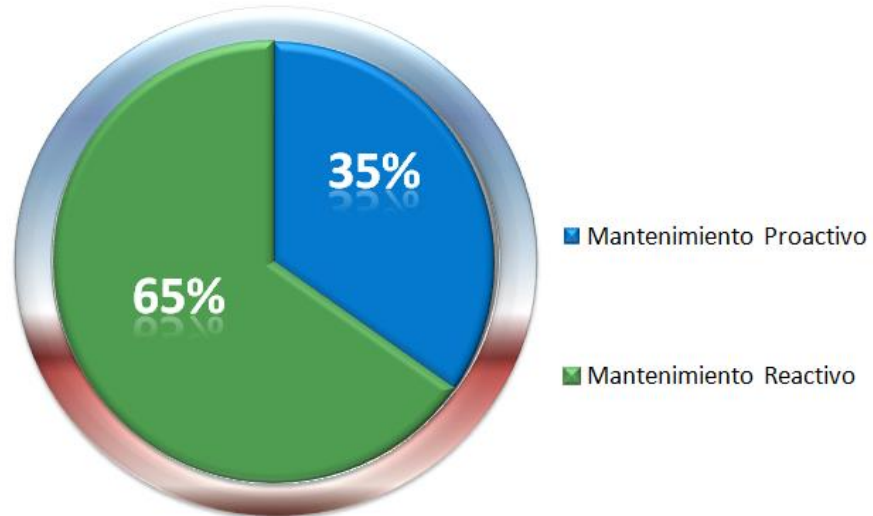
Tabla 29. Plan de Acción y seguimiento

¿D	¿Cuál es la causa de cada falla funcional?		¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea preactiva adecuada?	
	• DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS /SUB-SISTEMAS DE		• PLAN DE ACCION & SEGUIMIENTO	
De scr ipc ión An	Código (Modo)	Descripción Modo de fallos (Causas o Factores de fallos) sub-sistemas de propulsión	Soluciones implementadas y/o Avances	Responsabilidad y fecha de cumplimiento de objetivos
1	11011	Desgaste Por adhesión	0	0
2	11012	Desgaste Por Abrasión	0	0
3	11013	Fracturas Fatiga por Flexión Mediacañas de	0	0
4	11014	Fracturas Fatiga por Torsión Muñón de biela &	0	0
5	11015	Perdida de Lubricación en el Cigüeñal	0	0
6	11016	Sensor de Posición del Cigüeñal descalibrado	0	0
1	11021	Fuga de Aceite por carter	0	0
2	11022	Carter Aprietado.	0	0
3	11023	Temperatura de funcionamiento del motor	0	0
4	11024	Aceite no adecuado a la aplicación del motor	0	0
5	11025	Sellos de Carter mal ensamblados	0	0
6	11026	Fuga de Aceite por golpe-Accidente	0	0
1	11031	Desgaste Por Abrasión (Picadura por descarga	0	0
2	11032	Desgaste Adhesivo (Desalineación, Viscosidad	0	0
3	11033	Erosión por Cavitación (Elevado nivel de	0	0
4	11034	Daños por impacto	0	0
5	11035	Bajo nivel de aceite (Falta de Lubricación)	0	0
6	11036	Aceite sin filtrar	0	0
1	11041	El Posentriador se encuentra obstruido	0	0
2	11042	El Posentriador se encuentra Roto	0	0
3	11043	Mal ensamblado	0	0
4	11044	Nivel de oxidación en cantidades Altas	0	0
5	11045	Atascado parcialmente abierto.	0	0
6	11046	Presenta fuga excesiva.	0	0
1	11051	Se desprendió el cable (Flojo)	0	0
2	11052	Sensor Descalibrado ( terminal aterrizada)	0	0
3	11053	Sensor Abierto en Corto.	0	0
4	11054	Aislamiento eléctrico del arnés.	0	0
5	11055	Alarmas del Tablero en corto	0	0
6	11056	Falso Contacto	0	0
1	11061	Termostatos pegados cerrados o abiertos	0	0
2	11062	Refrigerante contaminado.	0	0
3	11063	Presenta Fuga la caja de termostato.	0	0
4	11064	Termostatos defectuoso	0	0
5	11065	Atascado parcialmente abierto.	0	0
6	11066	Nivel de oxidación en cantidades Altas	0	0
1	11071	Se desprendió el cable (Flojo)	0	0
2	11072	Sensor Descalibrado ( terminal aterrizada)	0	0
3	11073	Sensor Abierto en Corto.	0	0
4	11074	Aislamiento eléctrico del arnés.	0	0
5	11075	Alarmas del Tablero en corto	0	0
6	11076	Falso Contacto	0	0
1	11081	Fuga de aceite por sello.	0	0
2	11082	Fuga de aceite por Grieta.	0	0

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

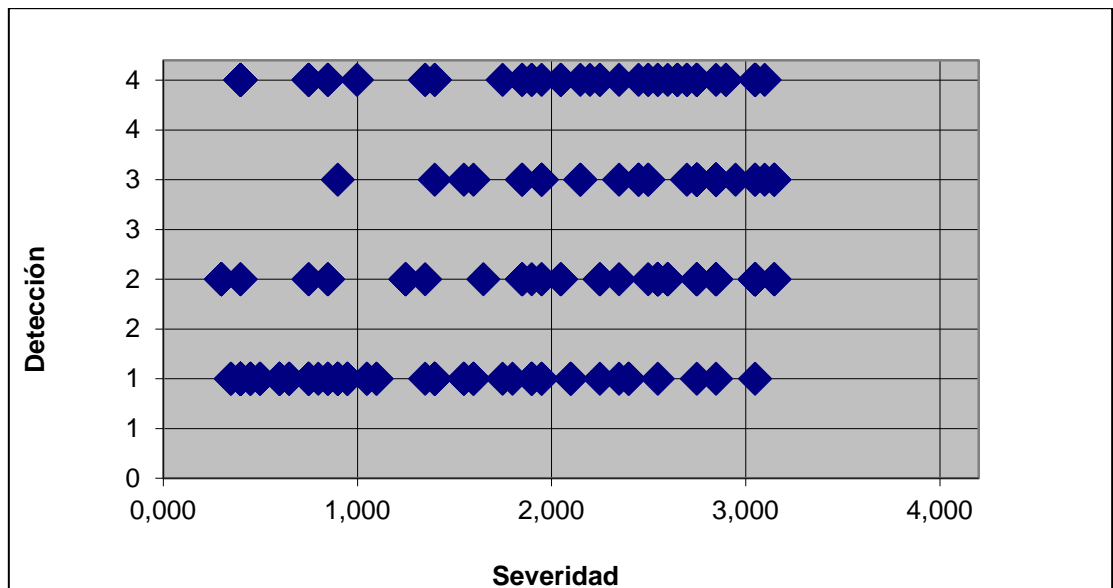
### 4.7.3 Análisis Grafico Distribución Porcentual

Figura 63. Análisis de la Distribución del Tipo de mantenimiento



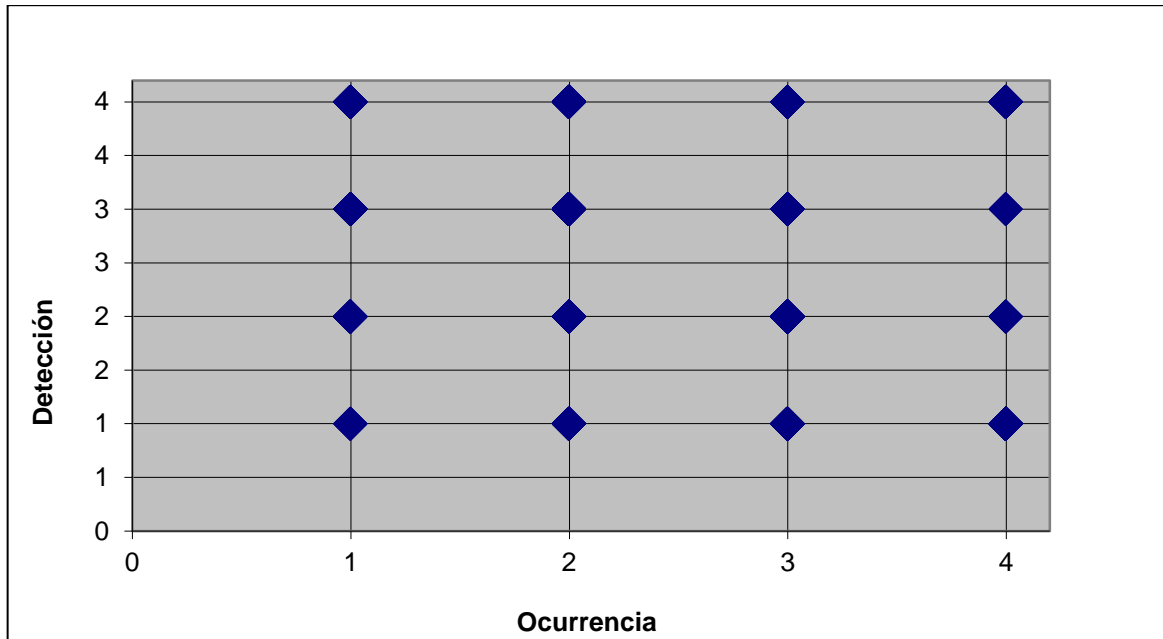
Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Figura 64. Análisis Distribución Porcentual Severidad Vs Detección



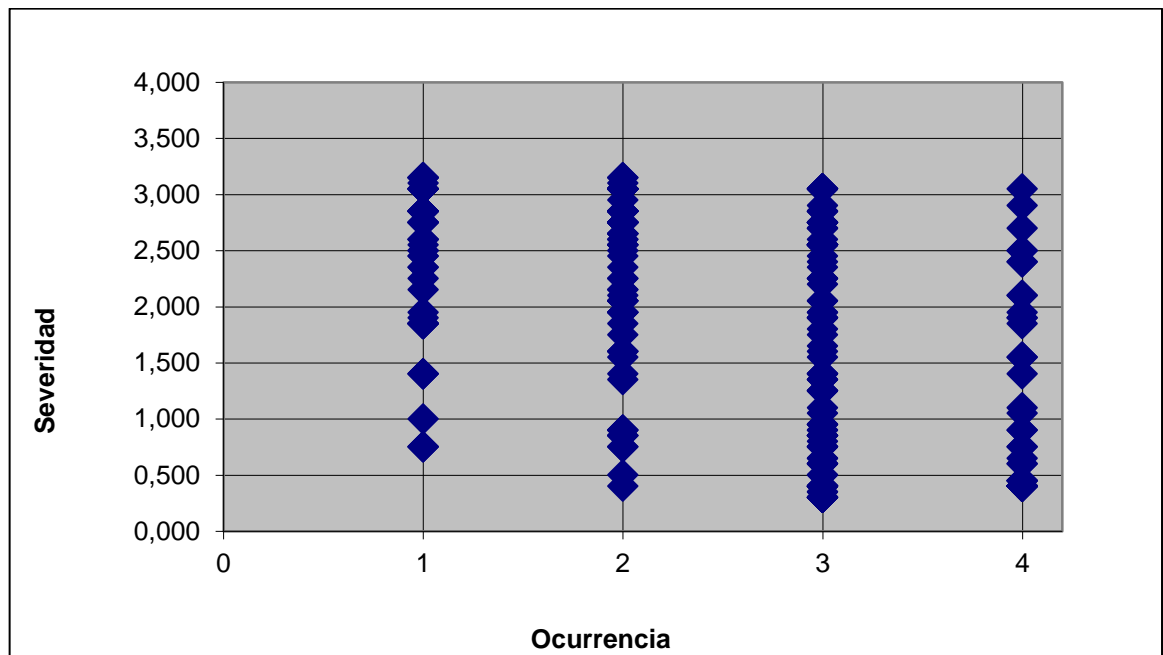
Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 65. Análisis Distribución Porcentual Ocurrencia Vs Detección**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 66. Análisis Distribución Porcentual Ocurrencia Vs Severidad**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 5. IMPLEMENTACIÓN PANORAMA DE RIESGO

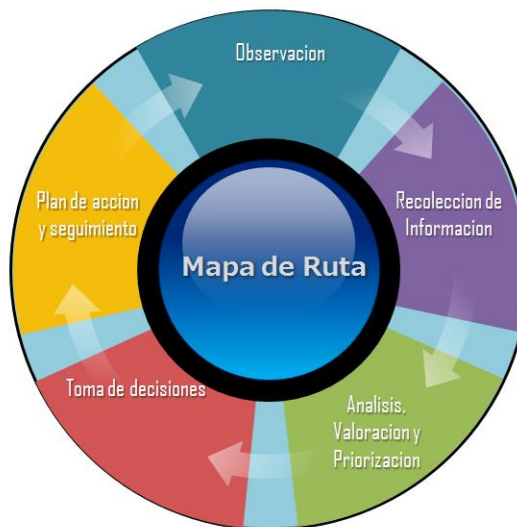
### 5.1 METODOLOGIA

El departamento de mantenimiento a pesar que sigue las normas con todo su personal técnico y operativo en cuanto a la salud ocupacional y el uso adecuado de los EPP (elementos de protección personal), en las diferentes tareas que se desarrollan, no se cuenta con un panorama de riesgos por área que permita identificar las diferentes formas de riesgo al que todo personal está expuesto en la ejecución de las actividades y generar un plan de acción para el control.

#### 5.1.1 Mapa de Ruta

Se definen las tareas o pautas a realizar para el diseño del panorama de riesgo. Los datos exactos es la base para mejorar proceso de recolección de información.

**Figura 67. Mapa de Ruta Panorama de Riesgo**



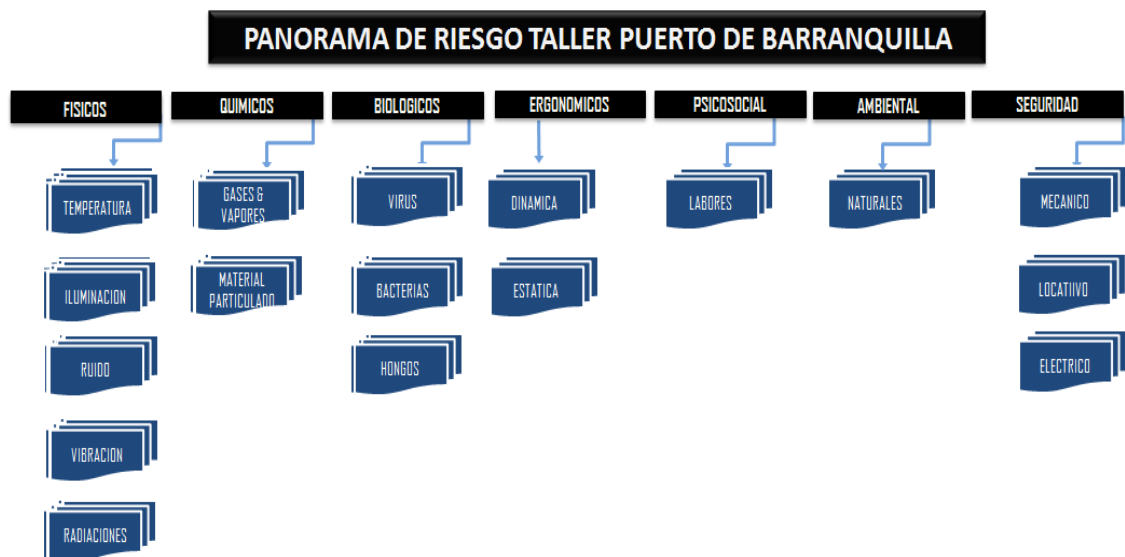
Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.2 Diagrama Estructural

El diagrama estructural es realizado para la identificación y clasificación de los diferentes riesgos con el fin de direccionar la Archivo de ruta a seguir en la evaluación de estos riesgos en el taller por parte de todo el personal involucrado. Se identifican cada una de las secciones de la empresa donde se trabaja. Al tiempo que se realizan estas actividades, de revisar y analizar la información existente sobre accidentalidad relacionada con el trabajo, ya que estos datos aportan elementos de juicio para ayudar a la detección de los riesgos ocupacionales existentes en el área del taller.

Se realiza un diagnostico de las condiciones laborales de la empresa estableciéndolos puntos críticos de riesgo donde existan un potencial para la ocurrencia de los accidentes de trabajo y/o la generación de enfermedades profesionales. Igualmente indican aquellas situaciones de riesgo que pueden generar posibles pérdidas materiales y humanas.

Figura 68. Diagrama Estructural Panorama



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.3 Valoración de Factores de Riesgo

La valoración de las condiciones de trabajo se realizó en forma cuali-cuantitativa; las escalas utilizadas para valorar los riesgos que generan accidentes de trabajo y los que generan enfermedad profesional.

La Identificación de factores de riesgo como primer paso para el establecimiento del diagnóstico de condiciones de trabajo en los talleres de los equipos Reach - Stacker se procedió a su identificación mediante el recorrido por las instalaciones,

Los Instrumentos para recolección de la información, el cual incluye los siguientes aspectos:

**Tabla 30. Valoración de factores de riesgo (1)**

TABLA DE DEFINICION				
TIPO DE VALORACION	SIGLA	DEFINICION	FORMULA	ESCALA DE INTERPRETACION
Nivel de Consecuencia "Impacto"	NC	Se han considerado igualmente cuatro niveles para la clasificación de las consecuencias (NC). Se ha establecido un doble significado; por un lado, se han categorizado los daños físicos y, por otro, los daños materiales. Se ha evitado establecer una traducción monetaria de éstos últimos, dado que su importancia será relativa en función del tipo de empresa y de su tamaño. Ambos significados deben ser considerados independientemente, teniendo más peso los daños a personas que los daños materiales. Cuando las lesiones no son importantes la consideración de los daños materiales debe ayudarnos a establecer prioridades con un mismo nivel de consecuencias establecido para personas.  Como puede observarse en el cuadro, la escala numérica de consecuencias es muy superior a la de probabilidad. Ello es debido a que el factor consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración.		10. LEVE: Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización. 25. GRAVE: Lesiones con Incapacidad (tiempo Perdido) o tratamiento médico. 60. MUY GRAVE: Lesiones Graves (Incapacidad Permanente) que pueden ser irreparables. 100. MORTAL o CATASTROFICO: Muerte (Incapacidad total Permanente)
Deficiencia	ND	Llamaremos nivel de deficiencia (ND) a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo consideradas y su relación causal directa con el posible accidente, y en donde se indican los cuatro posibles niveles de deficiencia: MUY DEFICIENTE, DEFICIENTE, MEJORABLE y ACEPTABLE. Aunque el nivel de deficiencia puede estimarse de muchas formas, consideramos idóneo el empleo de cuestionarios de chequeo		1. ACEPTABLE: No se ha detectado anomalías destacables alguna. 2. MEJORABLE: Se ha detectado factores de Riesgo de menor importancia. 6. DEFICIENTE: Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. 10. MUY DEFICIENTE: Se ha detectado factores de riesgo significativo que determina como muy posible la generación de fallos.
Exposición	NE	El nivel de exposición (NE) es una medida de la frecuencia con la que se da exposición al riesgo. Para un riesgo concreto, el nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquina, etc.  Los valores numéricos, como puede observarse en el cuadro, son ligeramente inferiores al valor que alcanzan los niveles de deficiencias, ya que, por ejemplo, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debiera ocasionar, en principio, el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.		1. ESPORADICAMENTE: Irregularmente. 2. OCASIONAL: Alguna vez en su Jornada laboral. 3. FRECUENTE: Varias Veces en la jornada laboral. 4. CONTINUADA: Continamente. Varias Veces en la Jornada laboral, con tiempo prolongado.

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Tabla 31. Valoración de factores de riesgo (2)**

TABLA DE DEFINICION				
TIPO DE VALORACION	SIGLA	DEFINICION	FORMULA	ESCALA DE INTERPRETACION
Nivel de Riesgo "Severidad"	NR	Riesgo es la vulnerabilidad de "bienes jurídicos protegidos" ante un posible o potencial perjuicio o daño para las personas, organizaciones o entidades.  Aclaración del significado: Cuanto mayor es la vulnerabilidad mayor es el riesgo (e inversamente), pero cuanto más factible es el perjuicio o daño mayor es el peligro (e inversamente). Por tanto, el riesgo se refiere sólo a la teórica "posibilidad de daño" bajo determinadas circunstancias, mientras que el peligro se refiere sólo a la teórica "probabilidad de daño" bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, desde el punto de vista del riesgo de daños a la integridad física de las personas, cuanto mayor es la velocidad de circulación de un vehículo en carretera mayor es el "riesgo de daño" para sus ocupantes, mientras que cuanto mayor es la imprudencia al conducir mayor es el "peligro de accidente" (y también es mayor el riesgo del daño consecuente).	NC * NP	1. Riesgo Bajo : Entre 1 - 40 Raramente (<20 % del tiempo) 2. Riesgo Medio: Entre 41 -120 Ocasionalmente (>40 % del tiempo) mejorar si es posible 3. Riesgo Alto : Entre 121 - 500 Frecuentemente (>60 % del tiempo) Corregir y Adoptar medidas de control. 4. Riesgo Muy Alto "Crítico": Mayor a 501 Habitualmente (> 80 % del tiempo) Situación Crítica, Corrección Urgente
Grado de Peligrosidad	GP	Estas valoraciones permiten jerarquizar los riesgos y establecer su Grado de Peligrosidad (GP), indicador de la gravedad ante la exposición a estos, calculado por medio de la siguiente ecuación:  (Grado de peligrosidad = Consecuencias x Exposición x Probabilidad) o (Riesgo* NE)	GP = NC *NE*NP	1. Grado de Peligrosidad Bajo: Entre 1 -300 2. Grado de Peligrosidad Medio: Entre 301 - 600 3. Grado de Peligrosidad Alto: Entre 601 - 1000 4. Grado de Peligrosidad Muy Alto "Crítico": Mayor a 1001
Priorización de Riesgos "Prioridad"	PR	Se Basa en el análisis del grado de peligrosidad de cada riesgo.	PR=NP*NC*NE	1. Priorización del Riesgo: Bajo: Entre 1 - 70 2. Priorización del Riesgo: Medio: Entre 71 - 200 3. Priorización del Riesgo Alto: Entre 201 - 400 4. Priorización del Riesgo Muy Alto "Crítico": Mayor a 401

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Tabla 32. Valoración de factores de riesgo (3)**

TABLA DE DEFINICION				
TIPO DE VALORACION	SIGLA	DEFINICION	FORMULA	ESCALA DE INTERPRETACION
Factor de Ponderación (Población expuestas)	FP	Se debe establecer el porcentaje de trabajadores expuestos al Factor de riesgo, y se califica de acuerdo a la siguiente tabla. Por ejemplo: tenemos 22 trabajadores expuestos a este riesgo, donde el total de trabajadores es 100. Eso significa que entre el 21 y el 40% de los trabajadores están expuestos a ese factor		1-----> 01% a 20% de la Población 2-----> 21% a 40% de la Población 3-----> 41% a 60% de la Población 4-----> 61% a 80% de la Población 5-----> 81% a 100% de la Población
Grado de Repercusión	GR	Se obtiene al multiplicar grado de peligrosidad por el factor de ponderación. Con este valor podemos definir cuál riesgo debe ser tratado prioritariamente.  Trascendencia, importancia:	GR=GP*FP	1-----> 01 a 60 BAJO (Verde ) 2-----> 61 a 120 MEDIO (Amarillo) 3-----> 121 a 200 ALTO (Naranja) 4-----> Mayor a 201 CRITICO (Rojo )
Controles de Ponderación "Controles"	CP	Cuidado, consideración, Atención..... Es necesario partir de la consideración de que todo factor de riesgo tiene la posibilidad de presentarse en diferentes formas y en diferentes niveles. Existe el interés de contrastar dicha presentación del factor de riesgo con los controles que la empresa tiene definidos o con los sistemas de prevención y control que se pueden encontrar en el medio.  Por tales consideraciones se establece una escala de valoración general		1,0-----> No encontrado 0,8-----> Control Centrado en el Individuo 0,5-----> Control Insuficiente 0,1-----> Control Suficiente

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Tabla 33. Valoración de factores de riesgo (4)**

TABLA DE DEFINICION				
TIPO DE VALORACION	SIGLA	DEFINICION	FORMULA	ESCALA DE INTERPRETACION
Riesgo Residual	RR	Riesgos Residual (Remanente) que existen después de que se hayan tomado las medidas de seguridad. [UNE-71504:2008] Riesgo que queda después de que se hayan tomado todas las medidas preventivas el riesgo residual después de haber aplicado todas las medidas preventivas.  Los riesgos residuales han sido aceptados para que se puedan crear los planes de contingencia y los planes alternativos	$RR = CP * GR$	1-----> 01 a 60 BAJO (Verde ) 2-----> 61 a 120 MEDIO (Amarillo) 3-----> 121 a 200 ALTO (Naranja) 4-----> 201 > CRITICO (Rojo )
Riesgos antes de Control:	RAC	Depende del resultado del (GR) Grado de Repercusion		1-----> 01 a 60 BAJO (Verde ) 2-----> 61 a 120 MEDIO (Amarillo) 3-----> 121 a 200 ALTO (Naranja) 4-----> 201 a 400 CRITICO (Rojo )
Riesgos Despues de Control	RDC	Depende del resultado del (RR) Riesgo Residual.		1-----> 01 a 60 BAJO (Verde ) 2-----> 61 a 120 MEDIO (Amarillo) 3-----> 121 a 200 ALTO (Naranja) 4-----> 201 a 400 CRITICO (Rojo )

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.4 Tipos de valoración

1. NC: Nivel de consecuencia (Impacto)
2. ND: Nivel de deficiencia.
3. NE: Nivel de exposición.
4. TNE: Tiempo de exposición.
5. NP: Nivel de probabilidad ( $NP = ND * NE$ )
6. NR: Nivel de riesgo (severidad= $NC * NP$ )
7. GP: Grado de peligrosidad ( $GP = NC * NE * NP$ )
8. PR: Priorización de riesgo ( $PR = NP * NC * TNE$ )
9. FP: Factor de ponderación (Población expuesta).
10. GR: Grado de repercusión ( $GR = GP * FP$ )
11. CP: Controles de ponderación
12. RR: Riesgo residual ( $RR = CP * GR$ )
13. RAC: Riesgo antes de control
14. RDC: Riesgo después de control

La misma puede ser aplicada a cualquier instrumento diagnóstico que haya sido elaborado con un enfoque y buscará identificar si se cuenta con los elementos básicos para la toma de decisiones.

### 5.1.5 Evidencia Fotográfica Recolección de Información

La evidencia fotográfica es una actividad que permite dimensionar de manera real las condiciones físico-ambientales a las que el taller de mantenimiento está expuesto. A través de la visita y la observación sistemática, se pudo identificar cada uno de los factores de riesgo presentes en el área de trabajo. Fueron entrevistados los trabajadores quienes pueden aportar información valiosa sobre los agentes a los cuales están expuestos.

Estas actividades se realizan a través de formatos de identificación y valoración de factores de riesgos.

**Figura 69. Fotografías (1) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 70. Fotografías (2) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 71. Fotografías (3) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 72. Fotografías (4) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 73. Fotografías (5) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 74. Fotografías (6) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 75. Fotografías (7) Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx


## 5.1.6 Evidencia Observacional Recolección de información

Mediante una tarea de observación y de elaboración de entrevistas al personal técnico del taller de mantenimiento se toma una serie de informaciones que ayudara a la identificación de los riesgos a los que se están expuestos, tabulando información relevante en cuanto al control total, control parcial, sin control o simplemente no aplica la condición a evaluar.

Consisten en la descripción detallada de situaciones, eventos, personas, comportamientos observables, citas textuales.


Estos datos cualitativos fueron tomados utilizando diferentes instrumentos como grabación de entrevistas individuales, videos de observaciones de eventos particulares, testimonios escritos de los técnicos del taller, fotografías.

**Tabla 34. Evidencia Observacional (1)**

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL									
									
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA									
1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL					CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
1	¿El lugar de trabajo posee la estructura y solidez apropiada?						X		Si bien es cierto el area se encuentra abierta no existe hangares para la realizacion de trabajos a los equipos Reach stacker.
2	¿La estructura no esta sobrecargada?							X	NA. No existe hangares para la realizacion de trabajos
2. ESPACIOS DE TRABAJO Y ZONAS PELIGROSAS					CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
3	¿Condiciones ergonómicas aceptables?					X			Ayudas mecanicas: Carros de Aceite, Equipos soportes (Movil Moto) & Gruas movil.
4	¿La separación entre los elementos existentes es suficiente?						X		Existe deficiencia en la adecuacion de equipos soportes
5	¿Se han tomado medidas adecuadas para la protección de los trabajadores?					X			Controles parciales al trabajador equipos de protección individual, orejeras, tapones, etc.
6	¿El lugar de trabajo, (vias de circulación y zonas de almacenamiento) estan demarcados, limpios y ordenados (sin regueros en el piso, objetos y materiales ubicados ordenadamente)?						X		No existe demarcaciones en el taller.
7	¿Se cuenta con carretillas, diferenciales u otras ayudas para manipular objetos pesados?					X			Si existen equipo de soporte, pero no cuentan con un plan de mantenimiento, y tampoco se deja constancia de las reparaciones o auditorias que se realizan.
8	¿Los equipos estan en buenas condiciones de mantenimiento?						X		Es evidente la grua hidraulica en mal estado. (ver Fotografias)
9	¿Las herramientas de trabajo son comodas, seguras y se utilizan para la tarea apropiada?					X			En las inspecciones realizadas al Toll Room, se evidencia en mal estado monas de hierro (Ideal Monas de Bronce)
10	¿Se Cuenta Con Espacio Suficiente Para El Almacenamiento, Movilizacion De Personas, Objetos Y Materiales?					X			Control parcial.


Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 35. Evidencia Observacional (2)

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL					
					
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA					
3. SUELOS, ABERTURAS, DESNIVELES Y BARANDILLAS	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
11 ¿Los suelos son fijos, estables y no resbaladizos?			X		El piso del lavadero de los equipos se encuentran en mal estado(Ver Fotografías)
12 ¿No tienen irregularidades ni pendientes?				X	N.A
13 ¿Las aberturas de los suelos están protegidas?				X	N.A
14 ¿Barandillas de materiales rígidos?				X	N.A
15 ¿Barandillas disponen de protección anticaída?				X	N.A
4. VIAS DE CIRCULACION	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
14 ¿Se pueden utilizar conforme a su uso previsto, de forma fácil y segura?			X		No existe demarcacion en vias de circulacion.
15 ¿Se adecuan a las características de la actividad del lugar de trabajo?		X			Si se adecuan a las características de la actividad.
16 ¿El trazado de las vias esta claramente señalizado?				X	Sin control trazados de las vias.
6. ESCALERAS DE MANO	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
17 ¿La distancia entre peldaños es < 30cm?		X			Existen en el taller dos escaleras elaboradas por soldadores, las cuales no cumplen con los estándares de seguridad.
18 ¿Tiene plataforma de descanso cada 9m de altura o fraccion?				X	N.A
19 ¿Tiene una proteccion circundante por tener una altura superior a 4m.?				X	N.A
20 ¿Las herramientas y elementos(andamios,escaleras,estibas...) estan en perfectas condiciones de funcionamiento?			X		Existen herramientas no dispuesta adecuadamente en el taller y dentro del Tool Room (Container)
21 ¿Se revisan periodicamente?			X		No se evidencia ninguna revision periodica(Formatos) Gatos, escaleras no ubicados y organizados correctamente.
22 ¿Se utilizan de la forma y con las limitaciones establecidas por el fabricante?			X		Las escaleras fueron fabricadas por el soldador.
23 ¿Antes de su utilizacion se ha asegurado su estabilidad?			X		No se evidencia ninguna revision periodica(Formatos)
24 ¿Se utilizan escaleras de madera?				X	En el taller no existen escaleras de maderas.


Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 36. Evidencia Observacional (3)

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL					
					
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA					
6. VIAS Y SALIDAS DE EVACUACION	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
25 En caso de peligro los trabajadores pueden evacuar rapidamente y en condiciones de seguridad?		X			En la entrevista, afirman que si existen un plan de evacuacion, pero no se evidencia croquis o plantos de ruta de evacuacion en el taller.
26 El numero de vias y salidas de evacuacion depende del uso de los equipos y dimensiones del lugar de trabajo?				X	Deficiente...!!!
27 ¿La señalizacion esta fijada en lugares adecuados y es duradera?				X	Deficiente...!!!
28 ¿Estan equipadas con iluminacion de seguridad de suficiente intensidad?				X	Deficiente...!!!
29 ¿Permanecen expeditas y desembocan lo mas directamente posible en el exterior?				X	Deficiente...!!!
7. CONDICIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
30 ¿Los lugares de trabajo se ajustan a lo dispuesto en la normativa?		X			Control parcial.
31 ¿Estan equipados con equipos antiincendio?		X			Si existen extintores, pero no son en numero los requeridos en el proceso. La maquina utilizada para soldadura carece de extintor contra incendio.
32 ¿La señalizacion esta situada en lugares adecuados?				X	No se evidencia ninguna señalizacion.
33 ¿Existen extintores en numero y tipo acorde a las características del proceso productivo?				X	Deficiente...!!!
9. ORDEN LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
34 Se mantienen limpios los lugares de trabajo?			X		Cajas, empaques, trapos, bolsas, opp, guantes usados en el suelo.
35 Las operaciones de limpieza no constituyen un riesgo?			X		Los depósitos de filtros usados no son exclusivos para filtros.
36 Se realizan operaciones de mantenimiento?				X	N.A
37 ¿Las condiciones de higiene y limpieza de los puestos de trabajo estan controladas?			X		Filtros de aceite, aire y combustible, mangueras, gusaps y cadenas, no dispuestos adecuadamente.
38 ¿Existe tratamiento y disposicion de residuos industriales, agua residuales, emisiones ambientales?				X	Piezas, componentes usados, (chatarra) no dispuestos adecuadamente, las cacecos no son los adecuados (Ver fotografia)


Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 37. Evidencia Observacional (4)

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL					
					
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA					
10. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
39 ¿Temperatura en locales donde se realizan trabajos sedentarios entre 17 y 27°?				X	No se tomo Temperatura
40 ¿Temperatura en los locales donde se hace trabajos ligeros entre 14° y 25°?				X	No se tomo Temperatura
41 ¿La exposición del personal a ruido, radiación, vibración, calor o a frío en la sección o puesto de trabajo está por encima de los límites permisibles?					Si bien es cierto el area se encuentra abierta no existe hangares para la realización de trabajos a los equipos Reach stacker.
42 ¿Se generan contaminación por polvos, humos, vapores, gases, durante el desarrollo de la tarea?					Tiempos reducidos de exposición. El uso de sustancias químicas es limitado y en bajas dosis.
43 ¿Los trabajadores utilizan elementos de protección personal respiratoria durante la exposición a estos contaminantes?					La contaminación en el taller es alta, debido a que cerca se almacena Carbon,es un mineral que por su composición física al ser manipulada desprende gran cantidad de polvo.
11. ILUMINACION EN LOS LUGARES DE TRABAJO	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
44 ¿La iluminación de los puestos de trabajo es suficiente para realizar la tarea?			X		No existe control en la exposición a los rayos ultravioleta (UV) Percepción de algunas sombras al ejecutar actividad de trabajos a los equipos Reach stacker.
45 Existe iluminación artificial?			X		Si existe iluminación artificial pero es deficiente.....!!!
46 Existe iluminación natura?		X			Si bien es cierto el area se encuentra abierta (iluminación natural) para la realización de trabajos a los equipos Reach stacker.
47 ¿Iluminación en zonas donde se efectuan tareas de precision: es el doble que en condiciones normales?			X		Es necesario la iluminación al container adecuado para el Tool Room, es evidente la falta de iluminación este tipo de resguardo de herramientas.
48 ¿Los niveles de iluminación son uniformes?			X		Deficiente.....!!!
49 ¿No hay deslumbramientos por iluminación?			X		Deficiente.....!!!
50 ¿No hay deslumbramientos por superficies reflectantes?			X		Deficiente.....!!!
51 ¿Los sistemas de iluminación utilizados son seguros de acuerdo con la normativa?			X		No existe formato de Plano Iluminación Talleres, donde se evidencia inspecciones periódicas.


Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 38. Evidencia Observacional (5)

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL					
					
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA					
12. SERVICIOS HIGIENICOS Y LOCALES DE DESCANSO	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
52 ¿Disponen de agua potable?	X				El taller presenta un dispensador de agua.
53 ¿Se evita contaminar el agua potable?			X		Se encuentra al aire libre.....!!!
54 Disponen de vestuario?			X		No se disponen de vestuario
55 ¿Disponen de duchas?			X		No se disponen de duchas
56 ¿Potabilidad del agua señalizada?			X		No se dispone de Potabilidad del agua señalizada
57 ¿Los vestuarios y aseos estan en proporcion con el numero de trabajadores?			X		No se dispone vestuarios.
58 ¿Existen locales de descanso?			X		No existen locales de descanso dentro del taller
59 ¿Existen Dormitorios?			X		No existen dormitorios.
60 ¿Los locales estan acondicionados para ser usados por fumadores y no fumadores?			X		No existe locales para fumadores: La zona de fumadores debe hallarse en presión negativa respecto a los locales adyacentes y debe tenerse en cuenta que el sentido de la circulación del aire de ventilación será siempre de la zona menos contaminada a la más contaminad
61 ¿Existen aseos en la proximidades de los puestos de trabajo?			X		No se evidencia aseos en la proximidades de los puestos.
62 ¿Disponen de comedores?			X		No disponen de comedores.
13. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
63 ¿Disponen de material para primeros auxilios?			X		No se dispone de materiales
64 ¿Esta adecuado en proporcion al numero de trabajadores?			X		No se dispone de materiales
65 ¿Disponen de un botiquin portatil?			X		Dentro del area del taller no existe Botiquin Portatil.
66 ¿Disponen de una camilla?			X		No se evidencia camillas para primeros auxilio dentro del taller.
67 ¿Los locales estan proximos a los lugares de trabajo?			X		No se dispone de materiales
68 ¿El material y locales estan claramente señalizados?			X		No se dispone de materiales

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Tabla 39. Evidencia Observacional (6)**

CONDICIONES GENERALES / SITUACION OBSERVACIONAL					
					
CT: CONTROL TOTAL - CP:CONTROL PARCIAL - SC:SIN CONTROL - NA:NO APLICA					
14. COMUNICACIÓN Y ACTIVIDADES	CT	CP	SC	NA	OBSERVACIONES
69	X				Las tareas que realizan las personas son variadas y pueden tomar decisiones
70	X				Las relaciones entre compañeros son de colaboracion
71	X				Las personas se pueden comunicar facilmente entre si
72	X				La retroalimentacion que suministran los jefes a los colaboradores es positiva y respetuosa
73				X	N.A
74				X	N.A
75				X	N.A (No existe estrategias...!!!)
76	X				Si las jornada laborales son de 8 Horas.
77				X	N.A (No existe este programa...!!!)
78		X			Existen Gruas Hidraulicas para carga entre 25 Kg. Cabe anotar que no existe mantenimiento a este equipo soporte.
79	X				Si realizan unicamente las tareas de mantenimiento a los equipos Reach stacker.

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.7 Ficha de Evaluación Taller Reach Stacker

La ficha de evaluación es una herramienta estructurada que permite calificar la información recolectada, la calificación permite clasificar los riesgos de acuerdo a la criticidad de los mismos en el taller. Una vez recolectada la información se debe valorar y priorizar cuáles son los factores de riesgo ocupacionales a intervenir.

Igualmente se realiza las recomendaciones para eliminar o minimizar estos riesgos.

La evaluación busca cuantificar el impacto efectivo, positivo o negativo de los riesgos dentro del taller, sirve para verificar la coincidencia de las labores, su objeto consiste en explicarla e identificarlas, provee información a quien o quienes deben tomar decisiones.

Tabla 40. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (1)

PANORAMA DE RIESGO PUERTO DE BARRANQUILLA		FICHA DE EVALUACION			RESUMEN	
Cra. 39 Calle 1a. Chía del Rio. PB01-457 5 3715209 - Ext. 261						
Riesgo	Clasificación	Normas / Escala / Valoración	Area	Trabajadores	Horas	Factores
Ficha 1	Temperatura	<p><b>Parametros del Indice del BGT(Temperatura de Globo y Bulbo Humedo) &amp; ISO 7243, ACGIH, SHA(Normas)</b> El ser humano mantiene un equilibrio térmico a través de mecanismos reguladores internos que permiten conservar su temperatura basal en 37 °C con pequeñas variaciones, de 0,5 °C alrededor de este valor, según los individuos. Las alteraciones a esta temperatura provocan trastornos de tipo fisiológico que, mientras no alcance límites superiores a 39 °C o inferiores a 34 °C, no implican trastornos graves a la salud de la persona:</p> <p><b>ALTO:</b> Percepción subjetiva de calor o frío, luego de permanecer 5 minutos en el sitio que se valora.</p> <p><b>MEDIO:</b> Percepción de algún disconfort</p> <p><b>Norma: ISO 8995. GTC 8:</b></p>	Taller	16	8	Temperaturas extremas : calor o frío ( Percepción de algún disconfort con la temperatura luego de permanecer 15 min)
	Iluminación	<p>1. Pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos: <b>Nivel mínimo de iluminación: 50 luxes.</b></p> <p>2. Areas de servicio al personal, almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, <b>Nivel mínimo de iluminación: 200 luxes.</b></p> <p>3. Talleres, áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas. <b>Nivel mínimo de iluminación: 300 luxes.</b></p> <p>4. Talleres de precisión, salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios. <b>Nivel mínimo de iluminación: 500 luxes.</b></p> <p><b>ALTO:</b> Ausencia de luz natural o deficiencia de luz artificial, con sombras evidentes y dificultad para leer</p> <p><b>MEDIO:</b> Percepción de algunas sombras o reflejos al ejecutar una</p>	Taller	16	8	Iluminación deficiente y exceso de la exposición a los rayos ultravioleta (UV)

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 41. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (2)

PANORAMA DE RIESGO PUERTO DE BARRANQUILLA		FICHA DE EVALUACION													RESUMEN									
Cra. 39 Calle 1a. Chía del Rio. PB01-457 5 3715209 - Ext. 261																								
Riesgo	Clasificación	GP	IR	RE	IP	(Riesgo RE)	IGP	PR	MP	NC	TNE	IPR	FP	GR	IGR	CP	RR	RAC	GR	Controles Actual	RDC	RR	Controles Requeridos	
Ficha 5	Psicosocial	Labores Propias del Taller	160				BAJO	40				BAJO	4	640	CRITICO	0,5	320	CRITICO			Tempos de descanso establecidos. Información suficiente para la realización de los tareas. Programas de selección, entrenamiento y desarrollo profesional permanentes.	CRITICO		Capacitar al personal permanentemente en manejo del estrés. Revisar posibilidad de contratar personal adicional de apoyo para el área de mantenimiento. Registro diario de charlas de seguridad y temas tratados. Verificación de condiciones de trabajo y morbilidad sentida. Registro de evaluaciones de desempeño.
Ficha 6	Ambiental	Desastres Naturales	400				MEDIO	200				MEDIO	4	1600	CRITICO	0,5	800	CRITICO			Paramentos y atenuamiento de equipos de operación Reach cracker.	CRITICO		Reforzar el entrenamiento en procedimientos seguros para labores bajo diferentes condiciones climáticas. Continuar con el trabajo en el plan de emergencia (Procedimiento de evacuación). Realizar simulacros periódicos con el fin de evaluar fallos en respuesta los brigadistas de puerto de barranquilla. La Ubicación del Botiquín se debe encontrar en un sitio seguro, de fácil acceso.
Ficha 7	Mecanico		1080				CRITICO	1080				CRITICO	4	4320	CRITICO	0,5	2160	CRITICO			Uso de ayudas mecánicas para el manejo de cargas.	CRITICO		Utilización EPP, guantes, gafas, cascos de protección facial, pechos y mangas de vaqueta o camasa , protectores auditivos, botas de seguridad. Revisión equipo y herramientas de trabajo en buen estado. Verificar que martillos o circos no tengan cabeza de hierro.

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 42. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (3)

PANORAMA DE RIESGO PUERTO DE											
Riesgo	Clasificación	GP = NC NE NP (Riesgo NE)	Grado de Peligrosidad = NC * NE * NP						RR	RAC	GR
Físicos	Temperatura	450	MEDIO	300	ALTO	4	1800	CRITICO	0,5	900	CRITICO
	Iluminación	450	MEDIO	450	CRITICO	4	1800	CRITICO	0,5	900	CRITICO
	Ruido	20	BAJO	20	BAJO	4	80	MEDIO	0,5	40	MEDIO

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Tabla 43. Ficha de evaluación Panorama de Riesgo (4)

Riesgo	Clasificación	Normas / Escala / Valoración	Area	Trabajadores/Horas	Factores	Fuente	Efectos	Actividad	NC	NE	NP	ID	Nivel Deficiencia						
Físicos	Temperatura	Parámetros del Índice del BIOT (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo) & ISO 7243, ACCIEN, SIA (Normas) El ser humano mantiene un equilibrio térmico a través de mecanismos reguladores internos que permiten conservar su temperatura basal en 37 °C con pequeñas variaciones de 0,5 °C alrededor de este valor, según los individuos. Las alteraciones a esta temperatura provocan trastornos de los fisiológicos que, mientras no alcancen límites superiores a 39 °C o inferiores a 34 °C, no implican trastornos graves a la salud de la persona. <b>ALTO:</b> Percepción subjetiva de calor o frío. Luego de permanecer 5 minutos en el sitio que se valora. <b>MEDIO:</b> Percepción de algún discomfort. Normas: ISO 8995, GTC B.	Taller	15	8	Temperaturas extremas - calor o frío. (Percepción de algún discomfort con la temperatura luego de permanecer 15 min)	Fuentes artificiales de calor (motores y piezas recalentadas de los equipos). Vapor de agua de radiadores, flujos calientes. Trabajos a la intemperie en campo, con exposición directa al sol.	Fatiga física, deshidratación y quemaduras, discomfort, agotamiento por calor y cambios hemodinámicos.	RUTBARGA	25	GRAVE	2	1	1. ACEPTABLE: No se ha detectado anomalías detectables alguna. 2. MEJORABLE: Se ha detectado factores de Riesgo de menor importancia. 3. DEFICIENTE: Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. 4. MUY DEFICIENTE: Se ha detectado factores de riesgo significativo que determinan como muy posible la generación de fallos.					
	Iluminación	1. Pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos. Nivel mínimo de iluminación: 20 Luas. 2. Áreas de servicio al personal, almacén, rudo, recepción y despacho, control de vigilancia. Nivel mínimo de iluminación: 200 Luas. 3. Talleres, áreas de empaque y ensamblaje, taller y oficinas. Nivel mínimo de iluminación: 300 Luas. 4. Talleres de precisión, salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios. Nivel mínimo de iluminación: 500 Luas. <b>ALTO:</b> Ausencia de luz natural o deficiencia de la artificial, con sombras evidentes y dificultad para leer. <b>MEDIO:</b> Percepción de algunas sombras o reflejos al ejecutar una	Taller	15	8	Iluminación deficiente y exceso en la exposición a los rayos ultravioleta (UV)	Trabajos a la intemperie con exposición directa al sol. Labores en espacios reducidos con carencia de luz natural, obligando el uso de iluminación artificial.	Fatiga visual, disturbios, discomfort, en algunos casos cefaleas, posible disminución del rendimiento y aumento del riesgo de accidentes.	RUTBARGA	25	GRAVE	2	3	FRECUENTE	3	6	MEDIO	150	ALTO
	Ruido	NORMA CAN/CSA * 2107.56-06 NFC 4033, ISO 9612, ISO 1999 La Norma NIOSH Recomendado a No a la exposición de ruido mayor a 85(2) decibeles en 3072. <b>ALTO:</b> No escuchar una conversación en tono normal a una distancia entre 40 a 50 cm. <b>MEDIO:</b> Escuchar la conversación en tono normal a una distancia de 2 mt. <b>BAJO:</b> No hay dificultad para escuchar	Taller	15	8	Pérdida de factores de variabilidad del oído y pérdida de calidad. Fatiga auditiva, Efecto máscara, Acúfenos.	Motores de los equipos, herramientas mecánicas, neumáticas, acción de herramientas manuales, martillos, bombas, compresores. Equipos de carpas, pulidoras y herramientas de impacto. Tránsito de equipo pesado en campo. Nivel medio de exposición: 85,98 dBA	Hipocacalia neurosensorial, fatiga auditiva, cefaleas, estrés, alteraciones en la comunicación verbal y seguridad del trabajo, cambios conductuales y del sistema autónomo (irritabilidad, ansiedad), disminución del rendimiento y la calidad en el trabajo.	RUTBARGA	10	LEVE	2	1	ESPORADICA	1	2	BAJO	20	BAJO

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

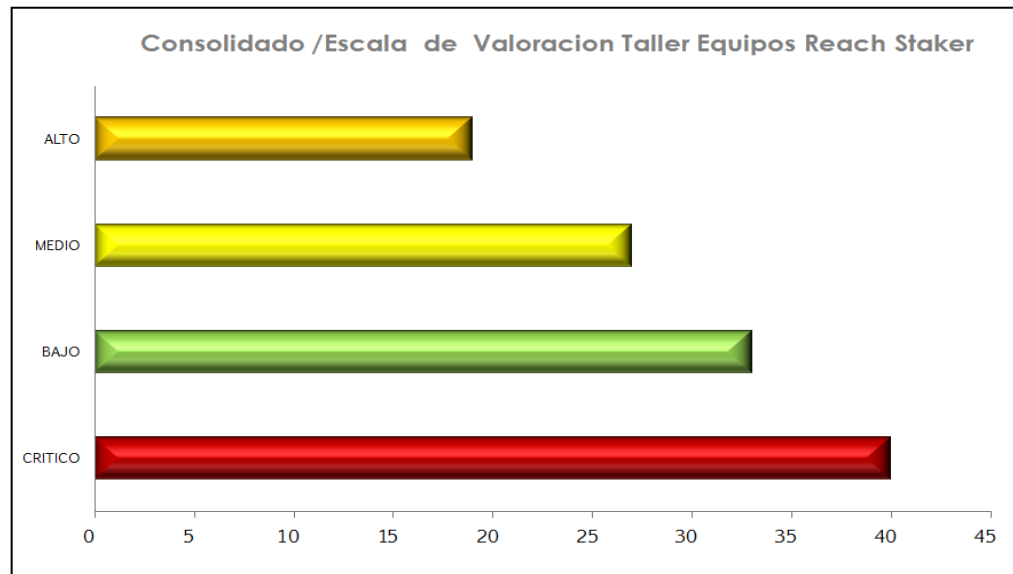


**Tabla 46. Diagnostico General Interpretación de prioridades**

TABLA DE DIAGNOSTICO GENERAL "INTERPRETACION DE PRIORIDADES"											
CLASIFICACION	#	HORAS	INE	NP	NR	GP	PR	GR	RAC	RDC	
TEMPERATURA	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
ILUMINACION	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	MEDIO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
RUIDO	16	8	ESPORADICA	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	BAJO	
VIBRACION	16	8	ESPORADICA	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	BAJO	
RADIACIONES NO IONIZANTES	16	8	OCCASIONAL	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO	
GASES & VAPORES (HUMOS)	16	8	OCCASIONAL	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO	
MATERIAL PARTICULADO	16	8	CONTINUA	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
VIRUS	16	8	OCCASIONAL	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO	
BACTERIAS	16	8	OCCASIONAL	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO	
HONGOS	16	8	OCCASIONAL	MEDIO	MEDIO	BAJO	MEDIO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
CARGA DINAMICA	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
CARGA ESTATICA	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
LABORES PROPIAS DEL TALLER	16	8	CONTINUA	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
DESASTRES NATURALES	16	8	CONTINUA	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
MECANICO	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
LOCATIVOS	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
ELECTRICOS	16	8	FRECUENTE	MEDIO	ALTO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	CRITICO	
Consolidado	NIVEL I	FRECUENCIA	NIVEL II	NP	NR	GP	PR	GR	RAC	RDC	
	CRITICO	40	CRITICO	0	0	3	4	11	11	11	
	BAJO	33	BAJO	9	7	8	7	0	0	2	
	MEDIO	27	MEDIO	8	3	6	2	2	2	4	
	ALTO	19	ALTO	0	7	0	4	4	4	0	

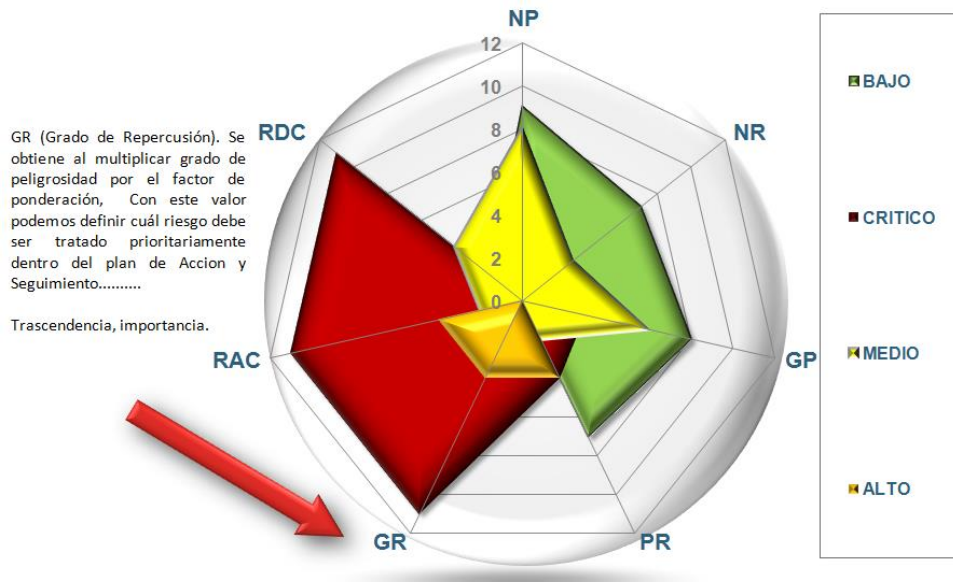
Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 76. Consolidación / Escala de valoración**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 77. Grafica de Consolidación de Riesgo**



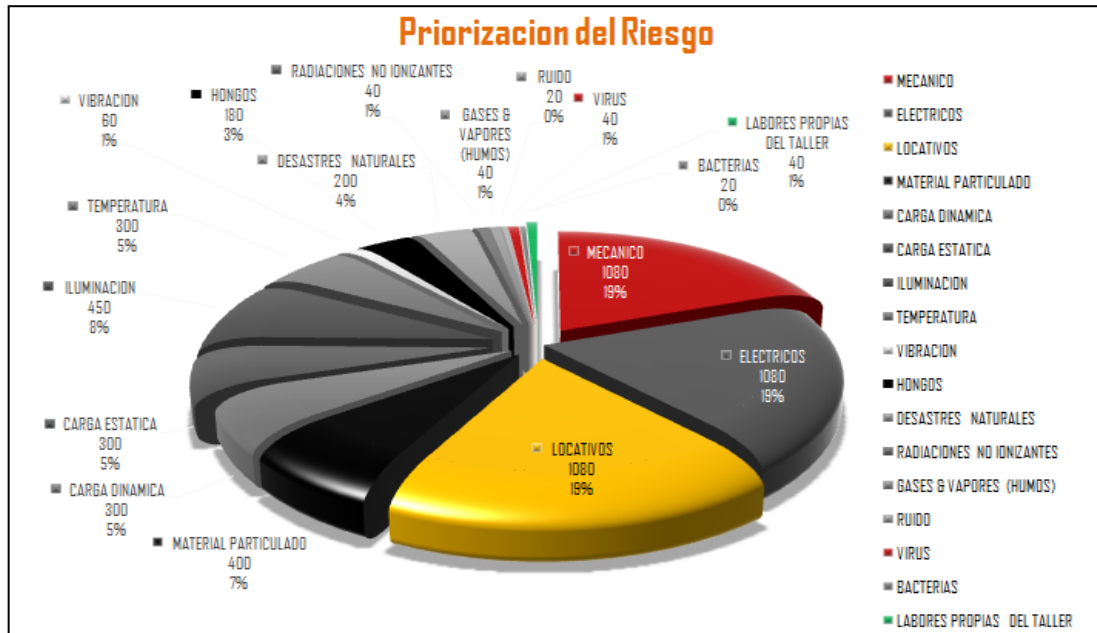
Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

GR (Grado de Repercusión). Se obtiene al multiplicar grado de peligrosidad por el factor de ponderación, Con este valor podemos definir cuál riesgo debe ser tratado prioritariamente dentro del plan de Acción y Seguimiento, de mayor importancia para este caso predomina (Mecánico, Eléctrico y locativos) tal y como se muestra en la figura: 78, 79 y 80.

Grado de repercusión (GR) Porcentaje de expuestos Factor de ponderación 1 – 20% 1 21 – 40% 2 41 – 60% 3 61 – 80% 4 81 – 100% 5 El grado de repercusión es el resultado del producto entre el grado de peligrosidad y el factor de ponderación.

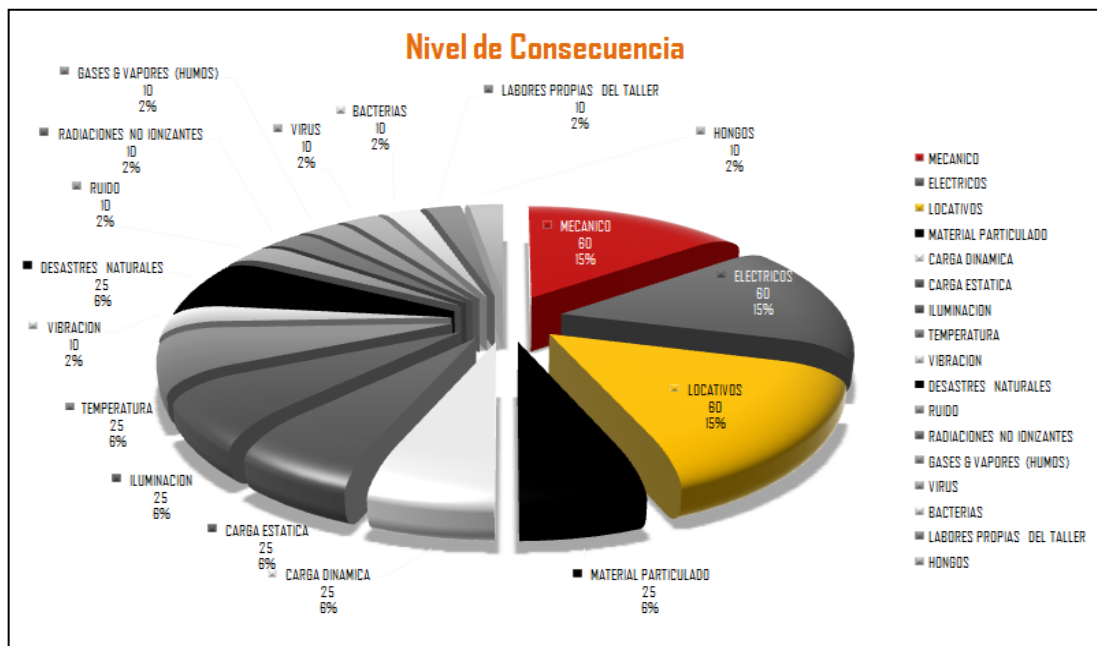
Es importante tener en cuenta el siguiente principio: Los factores de riesgo que presentan igual valoración del grado de peligrosidad o del factor de riesgo se priorizarán con base en el número de expuestos.

Figura 78. Grafica Priorización de Riesgo Taller Equipo Reach Stacker



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Figura 79. Grafica Nivel de Consecuencia Taller Equipo Reach Stacker

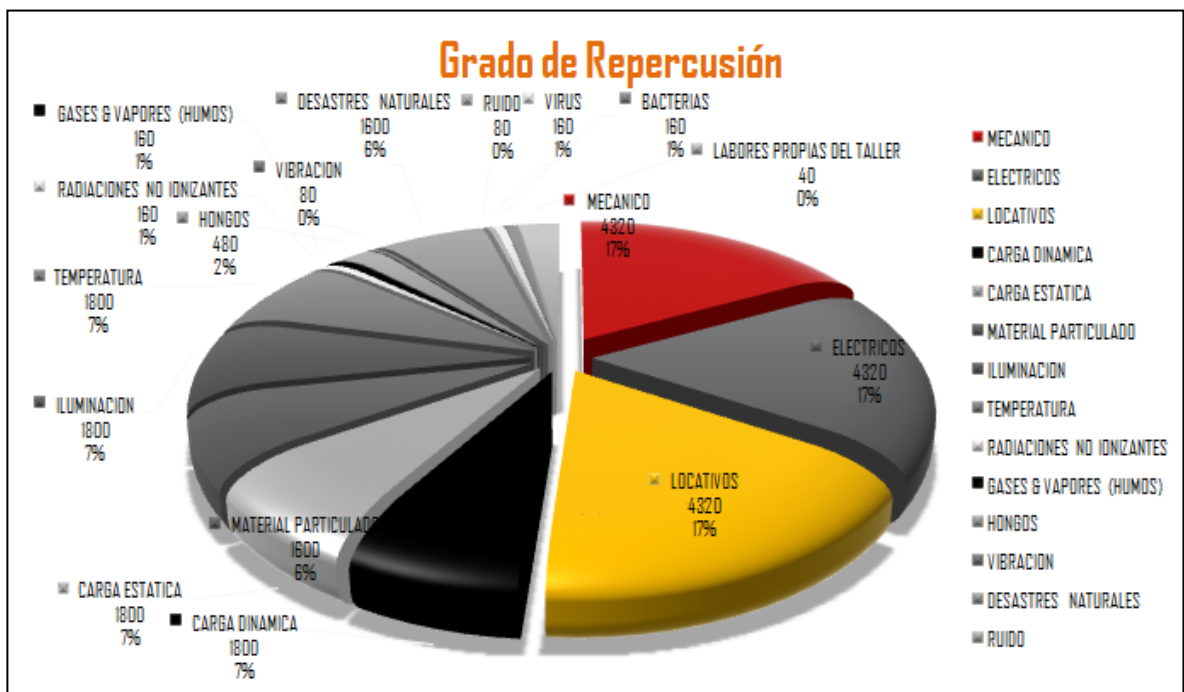


Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

Una vez establecida la valoración consideramos la población afectada por cada riesgo a través del grado de repercusión, el cual refleja la incidencia de un riesgo con relación a la población expuesta.

Para determinar el grado de repercusión se establece un porcentaje de trabajadores expuestos y a cada porcentaje se le da un factor de ponderación.

**Figura 80. Grafica Grado de Repercusión Taller Equipo Reach Stacker**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.8 Resultado Estimación del Riesgo

La tabla de priorización o estimación del riesgo (NC Vs NP) Está dada de acuerdo con la combinación realizada entre probabilidad y consecuencias, tal y como se muestra en las Tablas: 47 y 48.

**Tabla 47. Interpretación de Prioridades**

RIESGO	RECOMENDACIONES
TRIVIAL	No se requiere acción específica si hay riesgos mayores.
TOLERABLE	No se necesita mejorar las medidas de control pero deben considerarse soluciones o mejoras de bajo costo y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es tolerable.
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos por reducir el riesgo y en consecuencia debe diseñarse un proyecto de mitigación o control. Como está asociado a lesiones muy graves debe revisarse la probabilidad y debe ser de mayor prioridad que el moderado con menores consecuencias.
IMPORTANTE	En presencia de un riesgo así no debe realizarse ningún trabajo. Este es un riesgo en el que se deben establecer estándares de seguridad o listas de verificación para asegurarse que el riesgo está bajo control antes de iniciar cualquier tarea. Si la tarea o la labor ya se ha iniciado el control o reducción del riesgo debe hacerse cuanto antes.
INTOLERABLE	Si no es posible controlar este riesgo debe suspenderse cualquier operación o debe prohibirse su iniciación.

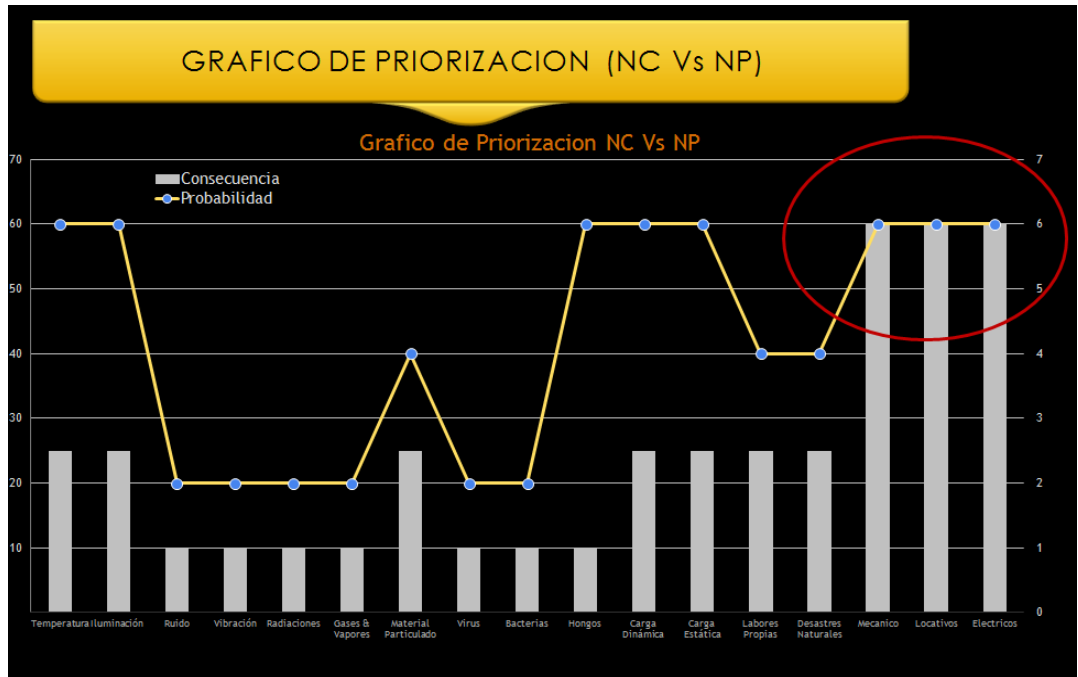
Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Tabla 48. Tabla de Priorizaciones NC Vs NP**

PANORAMA DE RIESGO PUERTO DE BARRANQUILLA					
Cra. 38 Calle 1a. Orilla del Rio. PBX: +57 5 3716200 - Ext. 361					
TABLA DE PRIORIZACION (NC Vs NP)					
		CONSECUENCIAS			
		LEVE	GRAVE	MUY GRAVE	MORTAL o CATASTROFICO
PROBABILIDAD	BAJA	RIESGO TRIVIAL Radiaciones No Ionizantes, Gases & Vapores, Virus, Bacterias, Hongos, Labores propios del taller	RIESGO TOLERABLE Iluminación, Ruido, Material Particulado, Desastres naturales	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
	MEDIA	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO Temperatura, Carga Dinámica, Carga Estática.	RIESGO IMPORTANTE Mecánico, Eléctricos, Locativos.	RIESGO INTOLERABLE
	ALTA	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE	RIESGO INTOLERABLE
	CRITICO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE	RIESGO INTOLERABLE	RIESGO INTOLERABLE

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

**Figura 81. Grafico de Priorización NC Vs NP**



Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx

### 5.1.9 Plan de Acción y Seguimiento

El plan de acción surge como resultado del proceso previo de análisis y reflexión entorno a la realidad del taller, mediante dicho proceso la organización conoce su situación real.

Una vez se encuentran evaluados los riesgos es necesario determinar los controles requeridos para permitir que los riesgos sean tolerables para la organización.

Teniendo en cuenta la inspección realizada y la información recolectada se determinan las recomendaciones pertinentes para eliminación y/o minimización de los riesgos, en el plan de acción se establecen medidas correctivas, preventivas y de mejora las cuales quedan registradas en el formato del "Panorama de Riesgo".

**Tabla 49. Plan de Acción y Seguimiento**

ANORAMA DE RIESGO PUERTO DE BARRANQUILLA								
a. 38 Calle 1a. Orilla del Rio. PBX: +57 5 3716200 - Ext: 361								
PLAN DE ACCION & SEGUIMIENTO								
Riesgo	Clasificación	Solución implementada y/o avance	Grado Importancia "Repercusión"	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Finalización	Estado	% Avance
Físicos	Temperatura	<p>Gestionar la implementación de hangares, con el fin de realizar los mantenimientos a los equipos Reach stacker, de tal manera que se mejore las condiciones laborales.</p> <p>Por otra parte la realización de exámenes médicos ocupacionales con énfasis en el sistema cardiovascular, endocrino, renal, respiratorio y cutáneo</p>	CRITICO					
	Iluminación	<p>Tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual. Una iluminación general con un alto grado de uniformidad, garantiza total libertad a la hora de situar la maquinaria y los bancos de trabajo. Buena iluminación vertical: En ciertos trabajos la tarea visual está localizada en el plano vertical.</p> <p>Es necesario la iluminación al container adecuado para el Tool Room, es evidente la falta de iluminación este tipo de resguardo de herramientas.</p> <p>Implementar un programa de gimnasia</p>	CRITICO					
	Ruido	<p>Implementar un programa de gimnasia</p> <p>Aislamiento acústico, maquinarias más silenciosas.</p> <p>Proporcionando al trabajador equipos de protección individual, orejeras, tapones, etc., teniendo en cuenta que siempre hay que anteponer las protecciones colectivas a las individuales.</p> <p>Debe tenerse en cuenta, que tan importante es la selección de los equipos de protección más adecuados, como un buen programa de mantenimiento con las</p> <p>Es importante un diseño ergonómico de los</p>	MEDIO					

Fuente: Archivo Panorama de Riesgo Puerto de Barranquilla.xlsx



Se toma como primera fuente de experiencia en la manutención y operación de los equipos, los manuales de mantenimiento de los equipos, donde se extraen las actividades, las competencias técnicas y las frecuencias para la realización de las tareas de mantenimiento preventivo.

Para la fabricación de los planes de mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones del fabricante es primordial contar con los manuales de manutención y operación, para extraer las actividades y frecuencias de mantenimiento de cada uno de los sistemas que componen el equipo Reach Stacker.

### **6.1.2 Matriz de Mantenimiento**

Para la elaboración del plan de mantenimiento se deben de consultar las tablas pautas de mantenimiento, las cuales se componen de listas de controles a efectuar para el mantenimiento ordinario de la máquina.

En la primera columna de la izquierda, denominada puntos a controlar pertenecientes a los sistemas o partes de la maquina donde se ejecutara el mantenimiento. La segunda columna es el tipo de operación a efectuar. La tercera columna hace referencia a las frecuencias del mantenimiento, las cuales serán el factor determinante en las hojas de ruta a seguir periódicamente, tal y como se muestra en la tabla: 51.

La finalidad de todo ello, es disponer en todo momento de la información relativa al que, como, cuando y donde de todo lo que se ha cambiado o modificado a la matriz. Para poder sacar conclusiones, es necesario que todo lo que se modifique o cambie quede registrado en la ficha con el fin de que todas las personas de mantenimiento conozcan el estado real de la maquina.

**Tabla 51. Matriz de Mantenimiento (1)**

**Base Actividades de mantenimiento preventivo según fabricante**

Puntos a controlar		Tipo de operación	Frecuencias de actividades						TEC
Grupo	Descrpcion		100	250	500	1500	3000	6000	
1	Estructura principal	Control juntas soldadas				x			MEC
		Control juntas pernadas				x			MEC
		Lubricacion		x					AUX
2	Motor Diesel	Verificar fugas y perdidas	x						AUX
		Control nivel aceite	x						AUX
		Control atasco filtros aire	x						AUX
		Lipieza prefiltro Diesel		x					AUX
		Cambio de aceite		x					MEC
		Cambio filtro aceite		x					MEC
		Cambio filtro combustible		x					MEC
		Limpieza filtros de aire		x					MEC
		Cambio filtros de aire					x		MEC
		Control tension correas		x					MEC
		control fijacion turbo compresor				x			MEC
		Control fijacion bomba de inyeccion					x		MEC
		Control fase bomba de inyeccion					x		MEC
		Control y revision inyectores					x		MEC
		Control y registro de valvulas					x		MEC
		Control y puesta a punto alternador					x		ELE
		Limpieza de radiador					x		AUX
Cambio refrigerante radiador						x	MEC		
3	Transmision	Control nivel de aceite	x					MEC	
		Cambio filtro de aceite			x			MEC	
		Cambio aceite				x		MEC	
		Analizar aceite					x	MEC	
4	Eje diferencial	Control visual	x					MEC	
		Comprobacion nivel aceite cubos y diferencial	x					MEC	
		Control visual cardan					x	MEC	
		Lubricar articulaciones del cardan					x	MEC	
					x		MEC		

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Tabla 52. Matriz de mantenimiento (2)**


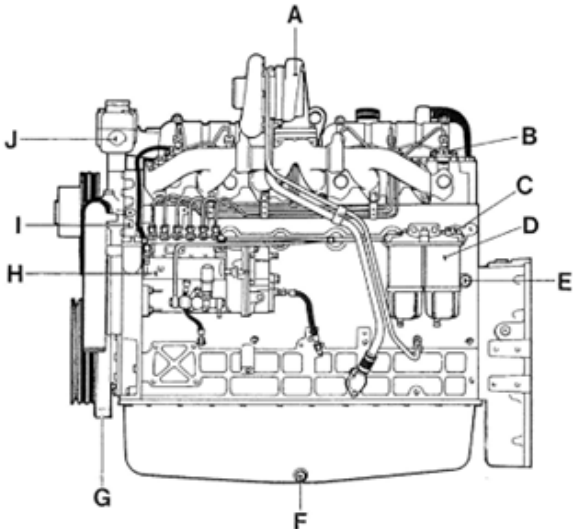
**Base Actividades de mantenimiento preventivo según fabricante**

Puntos a controlar		Tipo de operación	Frecuencias de actividades						TEC
Grupo	Descrpcion		100	250	500	1500	3000	6000	
5	Eje de direccion	Lubricacion							AUX
		limpieza desuperficies	x						AUX
6	Pluma telescopica boom	Control de holgura de los rodamientos y enlace					x		MEC
		Engrase patines de deslizamiento		x					MEC
		Control visual patines deslizamiento					x		MEC
		Cambio patines pluma fija				x			MEC
					x			MEC	
7	Spreader	Cambio patines pluma movil				x			MEC
		Engrase casquillo twistlock		x					MEC
		Engrase esferas cilindros twistlock		x					AUX
		Engrase esferas cilindros extension		x					AUX
		Engrase viga central		x					AUX
		Engrase viga movil		x					AUX
		Engrase pernop cilindro stop		x					MEC
		Engrase corona rotacion		x					MEC
		control alineacion twistlock		x					MEC
		Control fugas de aceite cilindros y tuberias		x					AUX
		Engrase cilindros desplazamiento lateral		x					AUX
		Control sensores de proximidad		x					ELE
		Inspeccion patines deslizadores		x					MEC
		Cambio twistlock					x		x
8	Sistema hidraulico	Control nivel aceite reductor	x						AUX
		Cambio de aceite					x		MEC
		Cambio filtro de aceite			x				MEC
		Analizar aceite					x		MEC
		Cambio aceite					x		MEC
		Limpieza filtros aspiracion bombas		x					AUX
Control tuberia y sujeciones		x					AUX		
Cambio cartucho filtro respiradero				x			AUX		
Control ruido bombas				x			MEC		

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx


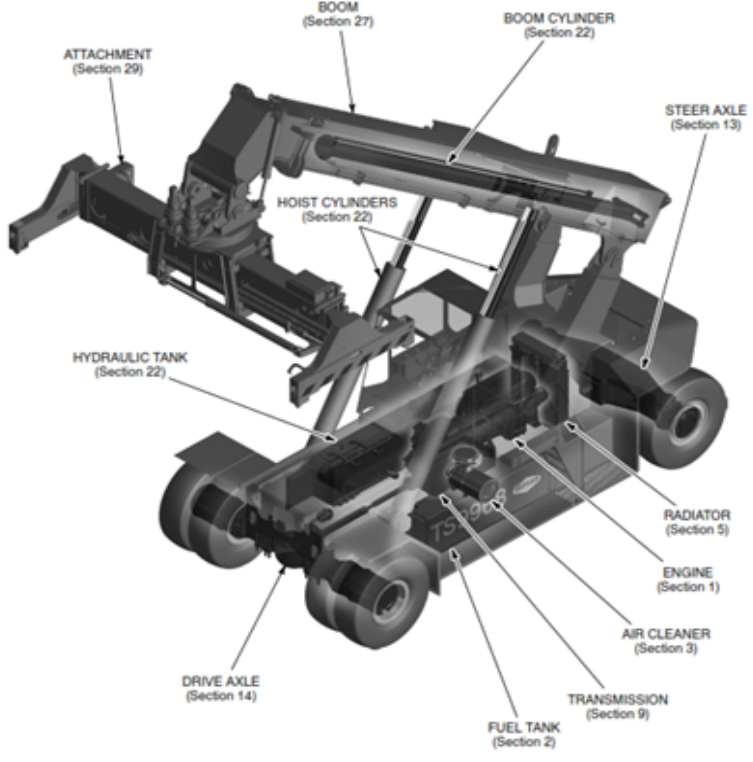
### 6.1.3 Listas de Chequeos

Tabla 53. Lista de Chequeo (1) recomendaciones del fabricante

 <b>LISTA DE CHEQUEO MANTENIMIENTO 500 HORAS</b>					
FECHA:		TECNICO 1:			
EQUIPO:		TECNICO 2:			
HOROMETRO:		ANALISTA:			
MANTENIMIENTO MOTOR	CH	CM	LM	AJ	COMENTARIOS
ACEITE MOTOR		X			
FILTRO ACEITE MOTOR		X			
FILTRO ACEITE RETORNO		X			
FILTROS DE COMBUSTIBLE		X			
FILTRO DE AIRE		X			
FILTRO DE AIRE CICLON			X		
SISTEMA DE ASMISION AIRE	X				
CORREA DEL VENTILADOR				X	
FUGAS DE ACEITE	X				
FUGAS DE COMBUSTIBLE	X				
FUGAS DE REFRIGERANTE	X				
SOPORTES DE MOTOR	X				
SOPORTES DE RADIADOR	X				
COVERTORES Y ENCAUSADORES				X	
NIVEL DE REFRIGERANTE	X				
TORNILLERIA Y PERNOS	X				
VALVULAS	X				
RADIADOR	X				
RPM DE MOTOR VELOCIDAD VACIO	X				
PRM DE MOTOR AL MAXIMO	X				
					<p>A. TURBOCARGADOR            B. INYECTOR            C. MONTAJE DISPOSITIVO DE PRECALENTAMIENTO            D. FILTRO DE COMBUSTIBLE            E. DRENAJE DE REFRIGERANTE            F. PUNTO DRENAJE DE ACEITE            G. RADIADOR            H. SOPORTES DE MOTOR            I. SOPORTES DE RADIADOR            J. TORNILLERIA Y PERNOS</p>
CH: Chequear CM: Cambio, Reemplazo			LM: Limpieza, lavado AJ: Ajuste, Calibracion, Torque		


Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Tabla 54. Lista de Chequeo (2) recomendaciones del fabricante

 <b>LISTA DE CHEQUEO MANTENIMIENTO 1000 HORAS (A)</b>				TECNICO 1:	
FECHA:				TECNICO 2:	
EQUIPO:				TECNICO 3:	
HOROMETRO:				ANALISTA:	
MOTOR	CH	CM	LM	AJ	OBSERVACIONES
TUERCAS DEL TURBOCARGADOR				X	
TORNILLO Y PERNOS DE MOTOR				X	
<b>SERVOTRANSMISION</b>					
FILTRO DE SERVOTRANSMISION		X			
ACEITE DE SERVOTRANSMISION		X			
ALMUADILLAS EJE DE DIRECCION	X				
RODAMIENTO RUEDAS *lubricar	X				
EJE CARDAN *lubricar	X				
<b>FRENOS</b>					
FRENO DE PARKEO	X				
FRENO DE SERVICIOS	X				
					
<b>CH: Chequear</b> <b>CM: Cambio, Reemplazo</b>			<b>LM: Limpieza, lavado</b> <b>AJ: Ajuste, Calibracion, Torque</b>		

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

Tabla 55. Lista de Chequeo (3) recomendaciones del fabricante

		<h2>CHECK LIST TECNICO REACH STACKER</h2>		
FECHA:		TECNICO		
		EQUIPO		
CHASIS PRINCIPAL	B	M	RP	COMENTARIOS
ESCALAS DE ACCESO				
PIVOTEOS CILINDROS DE LEVANTE				
PIVOTEOS VIGA DEL BOOM				
MECANISMO DE LEVANTE				
LUCES DE DIRECCION				
LUCES DE TRABAJO				
MOTOR DIESEL				
SERVOTRANSMISION				
SISTEMA HIDRAULICO PRINCIPAL				
SENSORES DE ESTABILIDAD				
TREN DE DIRECCION				
EJE CARDAN				
EJE DIFERENCIAL				
CAJAS ELECTRICAS Y DE CONTROL				
LLANTAS				
BOOM Y SPREADER				
MECANISMO DE EXTENSION Y RETRACCION				
CABLEADO Y TUBERIA HIDRAULICA				
MECANISMO DE ROTACION				
MECANISMO DE SIDE SHIFT				
MECANISMO TELESCOPICO				
MECANISMO DE LANDIN				
MECANISMO TWISLOCK				
CAJAS ELECTRICAS Y DE CONTROL				
SEÑALIZADORES				
CABINA DE OPERADOR				
SILLA				
VIDRIOS				
LIMPIAVIDRIOS				
PANEL DE CONTROL Y MONITOREO				
PALANCA DE CONTROL				
ENCENDIDO DEL MOTOR				
FRENO DE PARQUEO				
FRENO DE SERVICIO				
TIMON DE DIRECCION				
SEÑALIZADORES Y AUXILIARES				

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### 6.1.4 Flujograma Proceso Generación de Ordenes de Trabajo

El flujograma o diagramas de proceso de órdenes de trabajo son importantes para el área de mantenimiento porque le ayudan en la definición formulación, análisis y solución del problema. El diagrama de flujo ayuda a comprender el sistema de información de acuerdo con las operaciones de procedimientos incluidas, le ayudará a analizar esas etapas, con el fin tanto de mejorarlas como de incrementar la existencia de sistemas de información para la administración.

**Figura 82. Flujograma Proceso Generación de Ordenes de Trabajo**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### 6.1.5 Inspección Preoperacional Equipos Reach Stacker

Se implemento los formatos de pre operacionales a los equipos Reach Stacker, los mas importante al momento de de iniciar una operación es visualizar en qué condiciones se encuentra el equipo asignado para generar una muy buena operación y no estar expuesto a un grave accidente.

**Figura 83. Inspección Pre operacional Equipos Reach Stacker**

Portuaria Regional de Barranquilla  
Inspección Preoperacional Equipos Reach Stacker.

Equipo : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_  
Cronometro : \_\_\_\_\_ Operador / Técnico : \_\_\_\_\_ Supervisor : \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN OPERACIONAL	INSPECCIÓN VISUAL
Botón de Emergencia	<input type="checkbox"/> Nivel Aceite Hidráulico
Angulo de arranque posición neutral	<input type="checkbox"/> Nivel Aceite Motor
Altimómetro o volante	<input type="checkbox"/> Nivel Refrigerante
Barra de reserva	<input type="checkbox"/> Nivel de Combustible
Revisar Sistema Frenos y Dirección	<input type="checkbox"/> Control de seguridad
Revisar Sistema de Levantamiento	<input type="checkbox"/> Alarma de luz
Cilindros de elevación e inclinación	<input type="checkbox"/> Estado Carrocería y Cabina
Estado Montura de cilindros	<input type="checkbox"/> Panel de tablero (indicadores)
Estado todas las líneas hidráulicas	<input type="checkbox"/> Luces direccionales
Grase adecuada de cadenas	<input type="checkbox"/> Bocina (Pito)
	<input type="checkbox"/> Extintor de incendio
	<input type="checkbox"/> Estado Escalera de Acceso-Cabina
	<input type="checkbox"/> Espejos laterales
	<input type="checkbox"/> Lantas libres de rasaduras y desgaste.

COMENTARIOS

**ADVERTENCIA**

Reach Stacker deberán ser operados exclusivamente por personal debidamente autorizado

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

### 6.1.6 Matriz de Roles y Responsabilidades

Con el propósito de precisar actividades en el taller de equipos Reach Stacker, se diseñó la matriz de las asignaciones de responsabilidades, para ayudar a la gestión y ejecución de nuevas políticas de mantenimiento, que se está desarrollando en puerto de barranquilla, tal y como se muestra en la tabla: 55.

**Tabla 56. Matriz de Roles y Responsabilidades**

FOTOS	CARGO	ROLES	ENTREGABLE	PERIODICIDAD
	Gerente	<ol style="list-style-type: none"> <li>Contribuir a la definición de la estrategia del mantenimiento.</li> <li>Revisar los reportes generados de las acciones necesarias para el</li> <li>Controlar sistemáticamente la aplicación del programa de</li> <li>Velando por el cumplimiento de las normas de mantenimiento</li> <li>Garantizar Estándares de calidad en las reparaciones de los equipos.</li> <li>Generar un compromiso con el personal en la prevención de impactos</li> </ol>	Indicadores de Efectividad(Cumplimiento)	Trimestral
	Ingeniero de Proyectos	<ol style="list-style-type: none"> <li>Elaborar el plan general anual de mantenimiento para el equipo</li> <li>Revisar y aprobar el programa de mantenimiento de equipos.</li> <li>Assegurar el suministro oportuno de recursos humanos y técnicos</li> <li>Revisar y evaluar los reportes de mantenimiento y protocolos</li> <li>Prestar asistencia técnica en la ejecución e imprevistos</li> <li>Revisar y actualizar indicadores de servicio de mantenimiento.</li> </ol>	Avaces de proyectos, costos operacionales, tiempo de entrega.	Mensual
	Coordinador de Planeación	<ol style="list-style-type: none"> <li>Estructurar el plan y las actividades de mantenimiento.</li> <li>Realiza proyecciones a largo y mediano plazo teniendo en cuenta las</li> <li>Realiza seguimiento a la ejecución de los planes.</li> <li>Contribuidor clave en la definición de la estrategia</li> <li>Evalúa, interpreta, comunica y administra los resultados del Proceso.</li> <li>Provee análisis técnico oportuno del desempeño del taller.</li> </ol>	Indicadores de Gestión Basados en CMO(Kpis) & planes de mejoramiento	Mensual / Mensual
	Supervisor de Areas	<ol style="list-style-type: none"> <li>Participar en la elaboración del plan general anual de mantenimiento.</li> <li>Velar por la capacitación y entrenamiento del personal a su cargo</li> <li>Definir y llevar a cabo las actividades de preparación para la ejecución</li> <li>Definir y comunicar el procedimiento de ejecución y supervisar</li> <li>Prestar asistencia técnica en la ejecución</li> <li>Comprobar la correcta ejecución de las tareas y rutinas programadas</li> </ol>	Reportes de Ejecución, Cambios, procesos, eficiencia mano de Obra.	Diario
	Tecnico	<ol style="list-style-type: none"> <li>Realizar mantenimientos y reparaciones a equipos.</li> <li>Hacer listado para consecución de repuestos</li> <li>Mantener informado al Jefe de los resultados de su gestión</li> <li>Tener criterio de calidad y cumplimiento de un servicio de</li> <li>Conocer especificaciones técnicas de los repuestos de recambio en el</li> <li>Reporte del estado antes y después del mecanismo</li> </ol>	Resultados eficaz de las actividades planteadas en el programa	Diario

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

- **Descripciones Generales**

**Gerente**

- ✓ Contribuir a la definición de la estrategia del mantenimiento.
- ✓ Revisar los reportes generados de las acciones necesarias para el cumplimiento de Objetivos.
- ✓ Controlar sistemáticamente la aplicación del programa de mantenimiento.
- ✓ Velando por el cumplimiento de las normas de mantenimiento
- ✓ Garantizar Estándares de calidad en las reparaciones de los equipos.
- ✓ Generar un compromiso con el personal en la prevención de impactos ambientales

- **Coordinador de Planeación**

- ✓ Estructurar el plan y las actividades de mantenimiento
- ✓ Realiza proyecciones a largo y mediano plazo teniendo en cuenta las actividades y los recursos requerido
- ✓ Realiza seguimiento a la ejecución de los planes, equipos Reach Stacker
- ✓ Contribuidor clave en la definición de la estrategia
- ✓ Evalúa, interpreta, comunica y administra los resultados del Proceso
- ✓ Provee análisis técnico oportuno del desempeño del taller.

- **Supervisor de Areas**

- ✓ Participar en la elaboración del plan general anual de mantenimiento.
- ✓ Velar por la capacitación y entrenamiento del personal a su cargo
- ✓ Definir y llevar a cabo las actividades de preparación para la ejecución
- ✓ Definir y comunicar el procedimiento de ejecución y supervisar
- ✓ Prestar asistencia técnica en la ejecución.
- ✓ Comprobar la correcta ejecución de las tareas y rutinas programadas

- **Técnicos**

- ✓ Realizar mantenimientos y reparaciones a equipos Reach Stacker
- ✓ Hacer listado para consecución de repuestos.
- ✓ Mantener informado al Jefe de los resultados de su gestión.
- ✓ Tener criterio de calidad y cumplimiento de un servicio de mantenimiento
- ✓ Conocer especificaciones técnicas de los repuestos de recambio en el mantenimiento
- ✓ Reporte del estado antes y después del mecanismo

### **6.1.7 Indicadores de Desempeño**

- Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad

**Figura 84. Indicadores de Desempeño I**



Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

**Figura 85. Indicadores de Desempeño II**

Indicador	
MTBS	$MTBS = \frac{\text{Operating Hours}}{\text{Number of Shutdowns}} \quad (\text{hours})$
MTTR	$MTTR = \frac{\text{Total Downtime Hours}}{\text{Number of Shutdowns}} \quad (\text{hours})$
Índice de Disponibilidad	$\text{Availability Index} = \frac{MTBS}{MTBS + MTTR} \times 100 \quad (\%)$
Disponibilidad Física	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$

Fuente: Archivo de Análisis RCM Equipo\_Reach Stacker.xlsx

## 7. CONCLUSIONES

Este modelo metodológico de RCM, efectuado a los equipos Reach Stacker estuvo diseñado para un estudio de tercer nivel, sub-sistemas de propulsión (Cigüeñales, Cojinetes de bancadas, Bielas, Pistones, etc.) constituyéndose así en una herramienta fundamental para garantizar la optimización de los recursos.

El **RCM** ayudo de gran manera a la toma de decisiones asertivas en cuanto a las posibles fallas de los equipos Reach Stacker.

Mediante los instrumentos y herramientas establecieron que el sub-sistema más crítico, **SISTEMA DE MOTOR (Cummins QSM11 diesel)** criticidad total: 92, adquirió mayor valor de criticidad, ubicándose como el sub-sistema donde se enfoco la gestión de mantenimiento.

Se realizo el análisis de causa y efecto (**Diagrama de Ishikawa**) donde se pudo establecer la relación cualitativa de los fallos funcionales del sub- sistemas de propulsión del motor.

Una de la conclusiones importante para resalta seria la disminucion los costos de mantenimiento y la proyección de los presupuestos que se realizar anualmente.

Por medio análisis del Modo, Efecto y Criticidad de las Falla Potencial (**FMECA**) se pudo identificar cada una de las funciones del los sistemas con sus correspondientes fallas de función, modos de fallas y efecto de falla, permitiendo posteriormente el análisis de las consecuencias y criticidad de cada modo de falla, ayudando a la selección de las tareas de mantenimiento adecuadas.

El análisis efectuado de **FMECA** a los sub-sistema (**Motor Cummins QSM11 diesel**) arrojó como resultado que las actividades de mantenimiento proactivo llegara al **35%** y las actividades mantenimiento reactivo de un **89%** quedaran en un **65%**.

Promover la seguridad y la salud en el desempeño de los trabajadores sus tareas debe ser uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, por tal razón a través de la implementación de panorama de riesgo el taller de los equipos Reach Stacker, se consiguió establecer un documento de planes de acciones y seguimiento de los factores de riesgo de seguridad que impactaron en la tabla de priorización (Mecánico, Eléctrico y Locativos).

En base al panorama de riesgo se obtendrán la posibilidad de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos, por otra parte formalizar acciones de mejoramiento, que aseguren la exclusión del riesgo, su intervención o la disminución de su impacto en las personas involucradas en el taller de los equipos Reach Stacker de puerto de barranquilla.

## BIBLIOGRAFIA

A.KELLY, M.J. HARRIS MJ. Gestión de Mantenimiento. Madrid España: Editorial REPSOL 1998 Vol. 1. 1-58 p.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Correctivo. Madrid España: Editorial RENOVETEC 2009 Vol. 4. 5-9-11-16 p.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid Esp: Ed. FC 2004. 259 p.

GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Editorial: Norma 2 ed. Bogotá: INCONTEC, 1998.p 1-27 (NTC 4490)

JEZDDIMIR Knezevic. Mantenimiento. Madrid España: Editorial ISDEFE- 1996 Vol. 1. 92-101-114-124 p.

KALMAR INDUSTRIES INC, Work Shop Manual DRF 450 65S5, November 13 Del 2006. 1105 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento - Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Estratégico. Medellín: Editorial AMG- 2009. 19-45 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Metodología de Mantenimiento Proactivo. Medellín: 1991. 133 p.

NACHLAS, Joel A. Fiabilidad. Madrid España: Editorial ISDEFE -Noviembre 1995 Vol. 1. 17-19-45 p.

PRANDO, Raúl R. Manual de Gestión de Mantenimiento. El salvador: Editorial PIEDRA SANTA 1996 Vol. 1. 27-28-29-35-37 p.

REY SACRISTAN, Francisco. Hacia la Excelencia en Mantenimiento. Madrid España: Editorial TGP HOSHIN 1996 Vol. 1. 1-52 p.

TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p. 370 p.

SOCIEDAD PORTUARIA REGIONAL DE BARRANQUILLA (2009): Manual del Puerto de Barranquilla 2009-2012. 109 p.

SÁNCHEZ IGLESIAS, Ángel Luis. Manual de gestión de prevención de riesgos laborales, Madrid España: Editorial: FREMAP 2009. 418 p.