

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA UNA PALETIZADORA DE
SACOS DE CEMENTO”**

Caso: Paletizadora # 3 de la Planta Pertigalete

**REALIZADO POR:
EDGAR EDUARDO PÉREZ MEDINA**

Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial
para Optar al Título de

INGENIERO MECÁNICO

Puerto La Cruz, Diciembre de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA UNA PALETIZADORA DE
SACOS DE CEMENTO”**

Caso: Paletizadora # 3 de la Planta Pertigalete

ASESORES:

Prof. Delia Villarroel
Asesor Académico

Ing. Pedro Juárez
Asesor Industrial

Puerto La Cruz, Diciembre de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA UNA PALETIZADORA DE
SACOS DE CEMENTO”**

Caso: Paletizadora # 3 de la Planta Pertigalete

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. Delia Villarroel
Asesor Académico

Prof. Edgar Rodríguez
Jurado Principal

Prof. Luis Griffith
Jurado Principal

Puerto La Cruz, Diciembre de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al **Artículo 41** del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”



DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso, por la oportunidad de traerme a este mundo, por ponerme en el camino adecuado con las personas indicadas llenas de amor, alegrías, felicidad, sabidurías y muchas bendiciones, por enseñarme amar, a querer y respetar.

A una mujer que le hubiese gustado ver uno de sus grandes sueños hecho realidad, mujer a la que amo y amare en cualquier vida en la que me encuentre, por ella estoy aquí, por ella soy quien soy, con su amor, comprensión, humildad, ternura me supo cuidar, criar, educar, a vivir en armonía con mi familia, se que no estas físicamente para celebrar este sueño que tanto anhelabas pero de donde estas siento tu sonrisa y tus palabras diciéndome, lo lograste hijo, lo lograste. Sigue guiándome e iluminándome. *TE AMO ABUELA* Carmen *ERES SANGRE DE MI CORAZÓN*.

A mi **abuelo** Juan Pérez, por ser mi fiel acompañante y padre, pilar fundamental de la familia que con su forma de ser, de sentir, de amar con su preocupación y entusiasmo me alentaba a seguir adelante y no caer.

A mis **padres**, Edgar G. Pérez B. y Cruz G. Medina por ser un ejemplo a seguir como padres, hermanos, hijos, amigos, profesional, los amo y los respeto con todo mi corazón, estos seres que colaboraron con Dios para traerme a este mundo, personas que me apoyaron desde el comienzo.

A mi grande y unida familia Pérez, que creyeron en mí, que con su apoyo incondicional, dedicación, entusiasmo y alegría lograron que esta meta se cumpliera.

A Kelly, mujer que Dios ha puesto en mi camino, mujer a la que respeto, amo y siempre ha estado en esta etapa de mi vida, su amor es inspiración del futuro. Te Amo

AMEN

AGRADECIMIENTOS

Trabajo de mi esfuerzo que no hubiese sido posible concretar sin el apoyo de muchas personas. A Dios, único señor y creador de vida, fuente de toda fe, bendiciones y felicidad.

A mi abuela, Carmen Pérez, siempre fuiste y serás mi madre, gracias abuela por no dudar en recibirme en tus brazos cuando lo necesité en darme esa familia tan bella a la que pertenezco. A Chiquitín, abuelo eres un padre, hermano y gran amigo, mi gran compañero, te dejaron a cargo de mí y lo has hecho como nadie, contigo hasta el final. Te amo Abuelo Juan

A mis padres, por el cariño, amor, esfuerzos que en todo momento pudieron demostrar conmigo. Gracias por ser hijo de ustedes este logro se lo dedico.

A mi familia Pérez, por su apoyo incondicional, su fortaleza, su amor hacia mí, en creer en mi, ayudarme, escucharme, orientarme, cuidarme, protegerme en fin es una súper familia que dejo mi bella abuela. A todos mis tíos y sus familias en especial a Marlene, Anita, Gabriel y Danny que son mis compañeros, por ellos le doy las gracias de corazón y con el alma les digo que son los mejores. A todos mis tíos que no nombré gracias por estar conmigo. Gracias y que Dios nos mantenga unidos

A mi novia Kelly, por estar siempre presente en mi vida, con tu cariño, amor, sinceridad ha logrado cautivarme y entrelazar mi corazón con el suyo, Gracias mi reina por apoyarme y orientarme siempre. A la Sra. Inés Hernández y familia, por ser excelentes personas al motivarme y aconsejarme en todo momento.

A mi familia Medina, a mi abuela Placida que se encuentra pendiente desde algún rincón del cielo, gracias por quererme viejita, a mis tíos y primos, por estar pendiente de mi carrera gracias familia.

A mis hermanos Tagliani, Edgar G, Guillermo J, Edwin, Yano, Haidee, Arsenio Alejandro, gracias por estar ahí cuando los necesité, sigan este camino es un ejemplo

a seguir hermanos. A mis primos, John, Mariangel, Junior, Danny, Keyla, Marianny, Anthony, Albani, Sergio, Alberto, Goyo, Liskel, Ángel, Jefferson, y Elianny gracias por compartir y apoyarme en esta meta alcanzada, felicidades a los colegas y bienvenido a los que vengan nunca es tarde para comenzar. Gracias Primos

A la Universidad de Oriente, que me albergó entre sus espacios, a todo profesor que hace vida en el núcleo en especial a los del Departamento de Mecánica, donde se encuentra una profesional con principios y valores educativos, amiga y asesora académica de mi persona, gracias Prof. Delia Villarroel por todos los conocimientos emitidos, por la disponibilidad de su tiempo y espacio, optimismo y seriedad en todo momento. Su innegable gestión diaria para formar nuevos profesionales es digna de corazón. Gracias profesora que Dios me la cuide y la protejan hoy y siempre.

A todos los que laboran en el Área de ensacado de Cemex de Venezuela. Su apoyo siempre fue vital para mí, y permitieron la consecución exitosa de este trabajo, Al Sr. Mario A, Miguel B, Jesús M, Cesar V, Cesar R, en especial a mi asesor Industrial el Ing. Pedro Juárez, a mis amigos en la empresa Osmar, Lilibeth S, Carlos R., José.

A mis amigos, José Mayattis, Jesús Lameda, Carlos Patete, Carlos González, Rosanny Mongua, Edgardo Marchan, Abraham Rodríguez, Jonathan Duarte, Manuel Fariña más que amigos son mis hermanos con su esfuerzo, dedicación, arrogancia, chiste y su apoyo en todo momento lograron ser parte de esta historia Dios nos mantenga unidos. A mis amigos Villalba, Rottenberg, Alfredo, Will, Richard I, María A, David, Jonathan, Jesús S, Tayupo, Aníbal, Ángel. Gracias por compartir sus conocimientos, alegrías y tristeza conmigo **Gracias Amigos**

A unas personas que estuvieron pendiente, interesados en mi superación como profesional sin recibir nada a cambio, amigos, compañeros y colegas gracias. Team

NOMENCLATURA

Ton/Día	Toneladas por Día
CEMEX	Cemento de Venezuela
MCC	Mantenimiento Centrado Confiabilidad
AMEF	Análisis de Modos y Efectos de Fallas
ALD	Árbol Lógico Decisiones
ENT	Equipo Natural de Trabajo
D.S.	Diógenes Suárez
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
m ³	Metros Cúbicos
Pulg	Pulgadas
Kg.	Kilogramo
mg	Miligramo
Kw.	Kilovoltios

RESUMEN

El objetivo fundamental de este proyecto, es diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se ajuste a la necesidad de la empresa específicamente al sistema paletizador # 3 del área de ensacado de la planta, Cemex de Venezuela (Pertigalete). Para el logro de este objetivo, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la paletizadora, recopilando información referente al tipo de mantenimiento que se le aplica, así como también las características y funcionamiento de los equipos que la integran en función del contexto operacional, estos fueron agrupados en 6 sub-sistemas, posteriormente utilizando la matriz de Impacto-Esfuerzo se logró jerarquizar los sub-sistemas, dando como resultado los sub-sistema de Entrada, Banda Transportadora, y Transferencia de Sacos seguidamente se realizó un análisis de criticidad a través de la metodología D.S. a los equipos pertenecientes a los sub-sistemas priorizados con la finalidad de dirigir los recursos de mantenimientos; estos equipos son: Rodillos Aceleradores, Banda Gira Sacos, Correas Desplazadoras de saco y Rodillos Formadores de Semi Capa. A continuación se ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), donde se establecieron las fallas y los efectos que estas tienen sobre los equipos críticos. Con la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD), se determinó el tipo de mantenimiento a desarrollar en el plan, observándose 84 tareas de las cuales el 88 % son preventivas y el resto correctivas, para finalizar se estimó la confiabilidad a los equipos críticos que dieron cuenta mediante probabilidades estadísticas del estado de vida útil del equipo y de sus componentes basada en encuestas realizadas por el ENT. En función a todos los resultados, se diseñó el plan de mantenimiento, permitiendo elaborar estrategias y frecuencias con las cuales se disminuirán la ocurrencia de fallas, los costos por mantenimiento correctivo, el tiempo de indisponibilidad del sistema así como controlar los recursos económicos garantizando la confiabilidad que requiere la empresa en la producción de su activo con una alta calidad de servicio.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS	VI
NOMENCLATURA.....	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN	20

CAPITULO 1. *EL PROBLEMA*

1.1 CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A. GENERALIDADES	22
1.1.1 Ubicación Geográfica de Cemex de Venezuela	23
1.1.2 Visión.....	23
1.1.3 Misión.....	24
1.1.4 Estructura Organizativa	24
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.3 OBJETIVOS.....	27
1.3.1 Objetivo General.....	27
1.3.2 Objetivos Específicos	27

CAPITULO 2. *MARCO TEÓRICO*

2.1 ANTECEDENTES	28
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	30
2.2.1 Conceptos y Principios Básicos.....	30
2.2.2 Objetivo del Mantenimiento.....	32
2.2.3 Planes de Mantenimiento.....	33
2.2.4 Patrones de Falla.....	34
2.2.5 Gestión de Mantenimiento.....	34
2.2.6 Confiabilidad Operacional (CO).....	35

2.2.7	Equipo Natural de Trabajo. (ENT)	36
2.2.8	Contexto Operacional	37
2.2.9	Análisis de Criticidad	38
2.2.10	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)	46
2.2.11	Distribuciones de Probabilidad	54
2.2.12	Proceso Básico de la Producción de Cemento	57

CAPITULO 3. MARCO METODOLOGÍCO

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1	Según la Estrategia	62
3.1.2	Según el Propósito	62
3.1.3	Según el Nivel de Conocimiento	62
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.3.1	Recopilación Bibliográfica	63
3.3.2	Observación Directa	64
3.3.3	Entrevistas con el Personal	64
3.3.4	La Descripción	64
3.3.5	Encuestas	64
3.4	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS	64
3.4.1	Diagramas de Flujo	64
3.4.2	Gráficas	65
3.4.3	Manejo de Programas de Computación	65
3.5	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	65

CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1	CONTEXTO OPERACIONAL DE LA PALETIZADORA N° 3 DE SACOS DE CEMENTO	68
-----	--	----

4.1.1	Descripción del Proceso Operacional de la Paletizadora N° 3 de Sacos de Cemento.....	69
4.1.2	Diagnóstico de la Situación Actual del Sistema Paletizador.....	71
4.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	96
4.2.1	Análisis Impacto-Esfuerzo.....	96
4.2.2	Metodología D.S.....	102
4.3	ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF).....	112
4.4	ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES (ALD).....	129
4.4.1	Resultado de la Aplicación del ALD.....	134
4.5	ESTIMACIÓN DE CONFIABILIDAD POR MODELO PARAMÉTRICO.....	138
4.5.1	Procedimiento para la Estimación de la Confiabilidad.....	142
4.5.2	Validación del Método Manual de Weibull.....	146
4.6	DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	151
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1	CONCLUSIONES.....	159
5.2	RECOMENDACIONES.....	162
BIBLIOGRAFÍA.....		163
APÉNDICE "A".....		165
APÉNDICE "B".....		¡Error! Marcador no definido.
APÉNDICE "C".....		¡Error! Marcador no definido.
APÉNDICE "D".....		¡Error! Marcador no definido.
APÉNDICE "E".....		¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Ubicación de Cemex de Venezuela en el País. Planta Pertigalete.....	23
Figura 1.2 Organigrama de Gerencia y Despacho Planta Pertigalete.....	24
Figura 2.1 Tipos de Mantenimiento.....	31
Figura 2.2 Patrones de Fallas.....	34
Figura 2.3 Sistema de Confiabilidad Operacional.....	36
Figura 2.4 Equipo Natural de Trabajo.....	37
Figura 2.5 Contexto Operacional.....	38
Figura 2.6 Matriz de Prioridad.....	42
Figura 2.7 Prioridades Según la Matriz.....	42
Figura 2.8 Parámetros de la Metodología D.S.....	43
Figura 2.9 Pasos del MCC.....	47
Figura 2.10 Formato de la Hoja de Información del AMEF.....	49
Figura 2.11 Esquema de Consecuencias y Tipos de Mantenimiento.....	50
Figura 2.12 Hoja de Decisión.....	54
Figura 2.13 Extracción y Trituración.....	58
Figura 2.14 Homogeneización de la Materia Prima.....	59
Figura 2.15 Producción de Clinker.....	59
Figura 2.16 Molienda de Cemento.....	60
Figura 2.17 Área de Ensacado.....	60
Figura 2.18 Etapas del Proceso de Fabricación de Cemento.....	61
Figura 4.1 Diagrama del Sistema Paletizador.....	70
Figura 4.2 Sub-sistema de Entrada.....	72
Figura 4.3 Vía de Rodillos Locos.....	73
Figura 4.4 Cinta Prensadora.....	74
Figura 4.5 Rodillos Aceleradores.....	75

Figura 4.6 Sub-sistema de Banda Transportadora	76
Figura 4.7 Banda Gira Sacos	77
Figura 4.8 Banda Acumuladora	79
Figura 4.9 Banda de Transferencia	80
Figura 4.10 Sub-Sistema de Transferencia de Sacos	81
Figura 4.11 Rodillo Formadores de Semi Capa.....	82
Figura 4.12. Correas Desplazadoras de Sacos	83
Figura 4.13. Rodillos Formadores de Capa	84
Figura 4.14. Carro Desplaza Capa	85
Figura 4.15 Sub-sistema de Elevación.....	86
Figura 4.16 Diafragma	87
Figura 4.17 Mesa de Elevación.....	89
Figura 4.18 Sub-sistema de Paletas Vacías.....	90
Figura 4.19 Mesa de Rodillo Desplaza Paleta	91
Figura 4.20 Alimentador de Paleta.	92
Figura 4.21 Mesa de Paleta Prevenida	93
Figura 4.22 Sub-sistema de Paletas Llena o Salida.	94
Figura 4.23 Mesa de Rodillo Desplaza Paleta.	95
Figura 4.24 Matriz de Prioridad.....	100
Figura 4.25 Prioridades Según la Matriz	100
Figura 4.26 Resultado del Análisis Impacto Esfuerzo.....	102
Figura 4.27 Resultado de los Equipos Críticos	111
Figura 4.28 Resultados de las Fallas Funcionales de los Equipos Crítico.....	127
Figura 4.29 Resultados de los Modos de Falla para Cada Equipo.....	128
Figura 4.30 Resultados de los Efectos de Falla para Cada Equipo.....	128
Figura 4.31 Árbol Lógico de Decisiones	130
Figura 4.32 Distribución Porcentual de las Tareas Propuesta	134
Figura 4.33 Distribución Porcentual de los Tipos de Mantenimientos.....	135
Figura 4.34 Tareas del Mantenimiento Preventivo	136

Figura 4.35 Tareas del Mantenimiento Correctivo	136
Figura 4.36 Consecuencias Operacionales de los Equipo Críticos.....	137
Figura 4.37 Encuesta del Equipo Correas Desplazadoras de Sacos	139
Figura 4.38 Datos del Equipo	142
Figura 4.39 Resultados de la Frecuencia Acumulada.....	143
Figura 4.40 Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo E-RA.....	143
Figura 4.41 Comportamiento de los Rodillos Aceleradores en el Tiempo	144
Figura 4.42 Parámetros del Equipo E-RA	144
Figura 4.43 Reporte Final e Individual de cada Equipo	145
Figura 4.44 Método Manual para el Equipo Rodillos Aceleradores	147
Figura B.1 Rodillos Aceleradores.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura B.2 Banda Gira Saco	¡Error! Marcador no definido.
Figura B.3 Rodillos Formadores de Semi Capa.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura B.4 Correas Desplazadoras de Sacos.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.1. Gráficas en el Papel de Weibull para el Gira Sacos;	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.2. Comportamiento del Gira Sacos en el Tiempo.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.3. Parámetros del Equipo Gira Sacos	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.4. Reporte Final para el Gira Sacos	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.5. Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo de RFSC.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.6. Comportamiento del Equipo de RFSC en el Tiempo..	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.7 Parámetros del Equipo RFSC	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.8. Reporte Final para el Equipo RFSC	¡Error! Marcador no definido.
Figura D.9. Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo de CDC	¡Error! Marcador no definido.

Figura D.10. Comportamiento del Equipo de CDC en el Tiempo.. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura D.11. Parámetros del Equipo CDC..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura D.12. Reporte Final del Equipo de CDC **¡Error! Marcador no definido.**

Figura E.1 Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo de GS. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura E.2 Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo de CDC **¡Error! Marcador no definido.**

Figura E.3 Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo RFSC. **¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE TABLA

Tabla 2.1 Guía de Impacto	39
Tabla 2.2 Criterio de Evaluación de Impacto.....	41
Tabla 2.3 Criterio de Evaluación de Esfuerzo.	41
Tabla 2.4 Matriz de Criticidad en el Área de Mantenimiento.....	45
Tabla 2.5 Parámetros para Clasificar la Criticidad de los Equipos	46
Tabla 4.1 Equipo Natural de Trabajo	68
Tabla 4.2 Sub-Sistema y Equipos del Sistema Paletizador.....	71
Tabla 4.3 Equipo Vía de Rodillos Locos	73
Tabla 4.4 Equipo Cinta Prensadora.....	74
Tabla 4.5 Equipo Rodillos Aceleradores.....	75
Tabla 4.6 Equipo Banda Gira Sacos.....	78
Tabla 4.7 Equipo Banda Acumuladora	79
Tabla 4.8 Equipo Banda de Transferencia	80
Tabla 4.9 Equipo Rodillo Formadores de Semi Capa.....	82
Tabla 4.10 Equipo Correas Desplazadoras de Sacos	83
Tabla 4.11 Equipo Rodillos Formadores de Capa	84
Tabla 4.12 Equipo Carro Desplaza Capa	85
Tabla 4.13 Equipo Diafragma	87
Tabla 4.14 Equipo Mesa de Elevación.....	89
Tabla 4.15 Equipo Mesa de Rodillo Desplaza Paleta	91
Tabla 4.16 Equipo Alimentador de Paleta	92
Tabla 4.17 Equipo Mesa de Paleta Prevenida.....	93
Tabla 4.18 Equipo Mesa de Rodillo Desplaza Paleta	95
Tabla 4.19 Guía de Impacto	97
Tabla 4.20 Ejemplo para el Sub-sistema de Entrada.....	98
Tabla 4.21 Criterio de Evaluación de Impacto.....	99

Tabla 4.22 Criterio de Evaluación de Esfuerzo.....	99
Tabla 4.23 Resultados del Análisis de Impacto-Esfuerzo.....	101
Tabla 4.24 Equipos de los Sub-sistemas que tienen Mayor Prioridad.....	103
Tabla 4.25 Ponderación del ENT a los Factores de la Metodología D.S.....	104
Tabla 4.26 Método de Selección para Evaluar el Criterio del Factor	104
Tabla 4.27. Matriz de Criticidad para los Rodillos Aceleradores	105
Tabla 4.28 Parámetros para Clasificar la Criticidad de los Equipos.....	106
Tabla 4.29 Resultados de los Criterios en la Metodología D.S	107
Tabla 4.30 Hoja de Cálculo para el Análisis de Criticidad	108
Tabla 4.31 Clasificación de los Resultados en el Análisis de Criticidad	110
Tabla 4.32 Hoja de Información para el Equipo de Rodillos Aceleradores.....	113
Tabla 4.33 Hoja de Información para el Equipo Banda Gira Sacos.	116
Tabla 4.34 Hoja de Información para el Equipo Rodillos Formadores Semi capa..	120
Tabla 4.35 Hoja de Información para el Equipo Correas Desplazadoras Sacos	123
Tabla 4.36 Resultados del Análisis de Modo y Efecto de Fallas	127
Tabla 4.37 Hoja de Decisión para los Rodillos Formadores de Semi Capa.....	131
Tabla 4.38 Tareas de Mantenimiento a los Equipos Críticos.....	134
Tabla 4.39 Tipos de Mantenimientos para las Distintas Tareas.....	135
Tabla 4.40 Cantidad de Consecuencias para los Equipos en Estudio	137
Tabla 4.41 Data de Falla para los Rodillos Aceleradores	140
Tabla 4.42 Data de Falla para el Gira Sacos	140
Tabla 4.43 Data de Falla para los Rodillos Formadores de Semi Capa.....	141
Tabla 4.44 Data de Falla para los Correas Desplazadoras de Sacos	141
Tabla 4.45 Tiempo entre Falla y Frecuencia Acumulada para Equipo Rodillos Aceleradores.....	146
Tabla 4.46 Tiempo Entre Falla Corregidos para el Equipo Rodillos Aceleradores.	148
Tabla 4.47 Parámetros entre el Método Computacional de Weibull y el Manual. ..	150
Tabla 4.48 Confiabilidad de los Equipos por el Método Computacional	150
Tabla 4.49 Tiempo de Intervención para una Confiabilidad de 90 %.....	151

Tabla 4.50 Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Diaria de los Equipos Críticos de la Paletizadora	152
Tabla 4.51 Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Mensual de los Equipos Críticos de la Paletizadora.....	153
Tabla 4.52 Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Trimestral de los Equipos Críticos de la Paletizadora.....	154
Tabla 4.53. Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Semestral de los Equipos Críticos de la Paletizadora.....	156
Tabla 4.53. Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Semestral de los Equipos Críticos de la Paletizadora.....	157
Tabla B.1. Partes del Equipo Rodillos Aceleradores . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla B.3. Partes del Equipo Rodillos Formadores de Semi Capa . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla B.4. Partes del Equipo de Correas Desplazadoras de Sacos . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla C.1. Hoja de Decisión para el Equipo de Rodillos Aceleradores ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla C.2., Hoja de Decisión para el Equipo de Banda Gira Sacos; ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla C.3., Hoja de Decisión para el Equipo de Correas Desplazadoras de sacos ¡Error! Marcador no definido.	

INTRODUCCIÓN

La empresa Cemex de Venezuela, es una empresa actualmente del Estado Venezolano, líder en producción y comercialización de cemento, clinker u otros a nivel nacional e internacional, garantizando la rentabilidad de la empresa y contribuyendo al desarrollo económico del país. La empresa, utiliza en sus instalaciones máquinas, equipos, herramientas y dispositivos los cuales requieren para lograr su objetivo, que estos se mantengan en un estado de funcionamiento confiable procurando que su vida útil sea la máxima posible al mínimo costo, lo cual se logra a través del mantenimiento que actúa como una entidad de servicio a la producción, la manera más fácil de hacer cumplir a los activos es mediante el conocimiento y aplicaciones de herramientas que se relacionan con el mantenimiento.

La Gerencia de Ensacado, área perteneciente al Cemex Pertigalete en especial el departamento de mantenimiento, es el encargado de asegurar el servicio de manera continua, segura y de conformidad con el ambiente, en busca de la mayor eficiencia posible con la utilización de diferentes herramientas y estrategias de mantenimiento.

El área de mantenimiento de Ensacado, decidió llevar a cabo el siguiente trabajo de grado “Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para una Paletizadora de Sacos de Cemento”, ajustado a las necesidades de los equipos que conforman la Paletizadora, estableciendo importancia en los efectos que producen las fallas y sus consecuencias, creando una integridad en el núcleo entre trabajador y sistema con respecto al mantenimiento de los equipos y éste a su vez que actúe sobre los costos de mantenimiento, incremente la confiabilidad operacional y disminuyan las ocurrencia de fallas.

El trabajo está conformado por cinco (5) capítulos y tiene como finalidad emplear la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a fin de diseñar un plan de mantenimiento preventivo a la Paletizadora de Sacos de Cemento N° 3

Capítulo I. *El Problema:* Está dedicado a describir brevemente la reseña histórica de la empresa, así como su visión, misión y su respectiva ubicación geográfica. Se menciona de igual manera el problema que se presenta en la paletizadora, el objetivo general que se persigue y los objetivos específicos necesarios para lograr el objetivo general.

Capítulo II. *Marco Teórico:* Se muestran algunos antecedentes de este trabajo así como bases teóricas consultadas, necesarias para reforzar los conocimientos sobre el área de mantenimiento y paletizadora de sacos de cemento.

Capítulo III. *Marco Metodológico:* Expone la metodología utilizada para la realización del proyecto abarcando las etapas necesarias para el desarrollo del mismo así como el tipo de investigación empleada la cual comprende investigación aplicada, descriptiva, de campo y documental. Además, se indica la población y muestra objeto del estudio, integrada por los equipos que operan y el personal que labora.

Capítulo IV. *Desarrollo de la Investigación:* Se presentan paso a paso cada una de las etapas cumplida para la obtención de los resultados y finalmente se emitieron las conclusiones y recomendaciones más relevantes, producto del análisis de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1.

EL PROBLEMA

1.1. CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A. GENERALIDADES

El 23 de Septiembre de 1943, se registra el documento constitutivo de la C.A. Venezolana de Cemento. Se elaboraron los proyectos y se realizaron exploraciones en las distintas regiones del país para localizar los yacimientos de materias primas.

En el mes de octubre de 1945, arranca la planta de Vencemos Lara, ubicada a cinco kilómetros de la ciudad de Barquisimeto, con una capacidad de producción de 50 toneladas por día (Ton/Día). En Noviembre de 1947, se inaugura la planta de Vencemos Mara, ubicada actualmente dentro de la propia ciudad de Maracaibo con una producción de 300 Ton/Día. El 18 de Noviembre de 1949, arranca la tercera planta, Vencemos Pertigalete, ubicada al sur del Edo. Anzoátegui en la localidad de Guanta con una producción de 300 Ton/Día.

En el año de 1956, inicia actividades productivas la planta de yeso en Pertigalete con seis tipos de yeso calcinado. En ese mismo año se inician las operaciones en el Terminal Marítimo Catia La Mar con el Despacho de Cemento Gris Tipo I, en 1999 se comienzan operaciones para envasado de Yeso Tipo I 5Kg y en el 2004 comienza el Ensacado y Despacho de Cemento Gris Tipo III.

En 1973, es puesta en marcha la Planta Pertigalete II con un Horno Polysius de proceso seco de 2.700 Ton/Día de Clinker, inaugurándose oficialmente el 18 de Febrero de 1974. A principios de 1994, la Corporación Vencemos es adquirida por Cemento Mexicanos (CEMEX), uno de los grupos cementeros más grandes en el ámbito mundial. Actualmente la empresa lleva por nombre CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A.

1.1.1. Ubicación Geográfica de Cemex de Venezuela

CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A. Con oficinas principales administrativas en la capital de la república, posee 3 plantas cementeras ubicadas en Venezuela en los estados Zulia (Planta Mara), Lara (Planta Lara) y Anzoátegui (Planta Pertigalete), ubicada en la carretera nacional de la región Nor-Oriental de Venezuela, en la carretera Guanta-Cumana, kilómetro 6 a las afueras de Puerto La Cruz. Adicionalmente opera una molinera de cemento en la región de Guayana, un terminal cementero en Catia La Mar y cuatro puertos ubicados en Pertigalete, Mara, Guayana y Catia La Mar. Figura 1.1

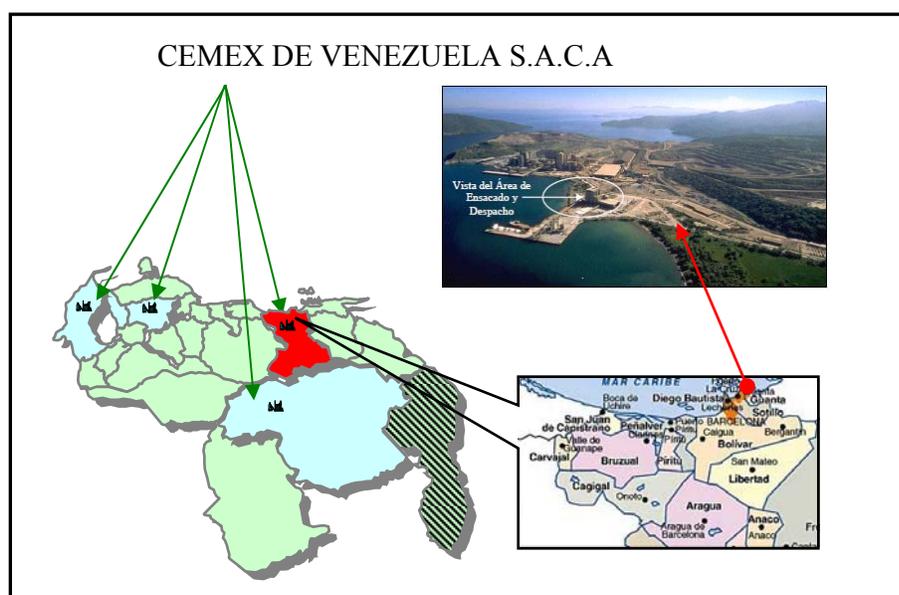


Figura 1.1 Ubicación de Cemex de Venezuela en el País. Planta Pertigalete.
(Fuente: Propia)

1.1.2. Visión

Ser una empresa líder al contribuir con sus clientes a la construcción de un mundo mejor, suministrándoles oportunamente productos y servicios de calidad, creciendo y posicionándose mundialmente como la mejor opción dentro de la industria global de la construcción, así como también para el país logrando así apoyar el desarrollo del estado y la satisfacción de sus clientes.

1.1.3. Misión

Ser una empresa productora y comercializadora de cemento, clinker, yeso calcinado, morteros, concreto y agregados con la misión de apoyar el desarrollo del estado, lograr la satisfacción de las necesidades de los ciudadanos y ciudadanas y la de sus clientes.

1.1.4. Estructura Organizativa

La figura 1.2, muestra el organigrama de la gerencia de despacho y comercialización de CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A. planta Pertigalete donde se efectuó el siguiente trabajo de grado.

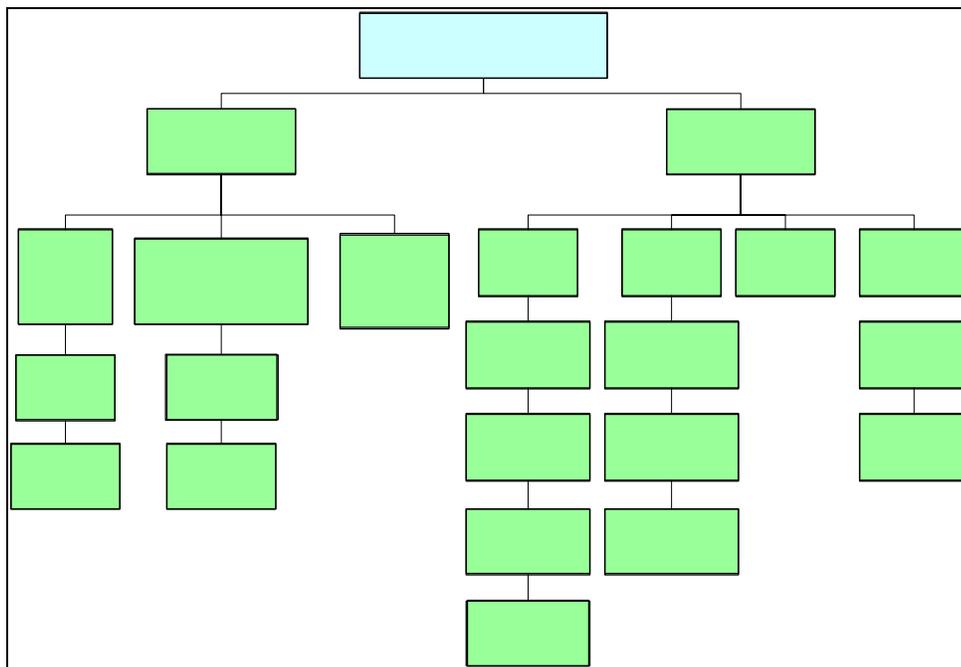


Figura 1.2 Organigrama de Gerencia y Despacho Planta Pertigalete.
(Fuente: Cemex)

Gerente

Coordinador de
Producción

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La corporación CEMEX DE VENEZUELA S.A.C.A., nace en 1994 con la fusión entre VENEZOLANA DE CEMENTO S.A.C.A. (VENCEMOS) Y CEMENTO MEXICANOS (CEMEX), es una empresa líder en el mercado de cemento y concreto premezclado. Posee una molienda de Clinker ubicada en el Estado Bolívar y tres plantas de cemento en el territorio nacional ubicadas en los estado Lara, Zulia y Anzoátegui. Pertigalete, ubicada al noreste del estado Anzoátegui siendo productora y comercializadora de cemento Pórtland Tipo I y Tipo III, yeso, piedra picada y clinker entre otros. Está dividida en dos (2) plantas: Pertigalete I (Proceso Vía Húmeda) y Pertigalete II (Proceso Vía Seca). La Planta Pertigalete I, dispone de 5 hornos de vía húmeda para una capacidad total cercana al millón de toneladas métricas de clinker al año (1.000.000 Ton/Año). Pertigalete II, dispone de 2 hornos de la más alta tecnología, su capacidad de producción está cerca de dos millones de toneladas métricas de clinker al año (2.000.000 Ton/Año). Ambas plantas de producción, constan de una serie de etapas las cuales son: Extracción de materias primas, trituración, almacenamiento, molienda de crudo, homogeneización, cocción, molienda de cemento y ensacado. Siendo esta última de carácter medular para la empresa, puesto que sirve a las dos unidades productoras (planta 1 y planta 2).

El área de ensacado, se encuentra instalada en secciones (silos, elevadores de cangilones, aerodeslizadores, tornillo sin fin (Rosca), tamices, filtros, tolvas) hasta llegar a las despachadoras de granel y ensacadoras propiamente dichas siendo estas las que permiten el empaquetado de sacos de cemento con capacidad 42,5 Kg. cada uno, para luego ser transportado por redes de bandas transportadoras hasta el sistema paletizador N° 3, el cual esta conformado por bajante de rodillos locos, cintas prensadoras, rodillos aceleradores, banda gira saco, banda de acumulación, banda de transferencia, rodillos de formadores de semi capa, correas desplazadoras de sacos, rodillos formadores de capa, carro desplaza capa, diafragma, mesa de elevación, mesa de rodillos de paleta prevenida y mesas de rodillos de paletas llenas.

El sistema paletizador N° 3, está presentando fallas por la falta de planes de mantenimiento, caracterizado por desgastes y rotura en cintas transportadoras, desajuste en la rotación del saco por el accionamiento de la leva, desgaste, rotura y alargamiento en cadenas y correas, motor reductores con altas temperaturas, sensores y contadores desnivelados, atascamiento de paletas, mala evacuación de paleta llena, desalineación en centraje de la mesa de paletas prevenida, rodillos bloqueados por llegada de sacos rotos o desnivelados. La demora en la reparación de los equipos por la indisponibilidad de repuestos, la falta de planes de mantenimientos, organización y deficiencia de las actividades de mantenimiento, ha llevado a la necesidad de esperar que el equipo falle generando alto costo por mantenimiento correctivo e influyendo en las labores personales con riesgo de enfermedades, seguridad, así como daño al ambiente por el derramamiento del material alrededor de la paletizadora.

En vista de la situación planteada, surge la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, cuyos programas aseguren una confiabilidad acorde con las políticas de la empresa, garantizando la continuidad de operación, la seguridad del personal, así como la preservación del ambiente permitiendo reducir los costos de mantenimiento correctivo. Las características técnicas como el estado físico y la funcionalidad de los equipos del sistema Paletizador estuvo sustentado con el diagnóstico de la condiciones actuales de la paletizadora, seguido con la aplicación del Análisis de Criticidad, para verificar los equipos críticos de la paletizadora y así darle prioridad a los mismos, mediante la aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Falla se analizaron las funciones, falla funcionales, modo de falla y efecto de las falla de todos los quipos críticos y posteriormente mediante el modelo paramétrico de weibull se estimó la confiabilidad de los equipo críticos, para regular la frecuencia de intervención y llevar un indicador en el sistema, con todas estas herramientas se aseguraran las acciones preventivas y correctivas con mayor firmeza, con las cuales se elaboró el plan de mantenimiento con la finalidad de hacerlo rentable y asegurar los niveles de calidad y productividad de la empresa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para el sistema paletizador # 3 de saco de cemento de la Planta Pertigalete.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Diagnosticar las condiciones actuales de la paletizadora de sacos de cemento en función del contexto operacional.
2. Realizar un análisis de criticidad a los equipos que conforman la paletizadora de sacos de cemento.
3. Analizar los Modos y Efectos de Fallas de los equipos críticos de la paletizadora de sacos de cemento.
4. Estimar la confiabilidad mediante un modelo paramétrico a los equipos críticos de la paletizadora de sacos de cemento.
5. Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Paletizadora de sacos de cemento

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Mediante el estudio de trabajos realizados en el área de mantenimiento centrado en confiabilidad, se pretendió conocer la información necesaria que contribuyó al desarrollo del presente proyecto, los cuales fueron tomados en cuenta puesto que los logros obtenidos aportaron un gran valor en cualquier problemática relacionada con el área y son de gran importancia como punto de partida para el estudio de los objetivos propuestos en dicho proyecto.

- **Paolucci, M., Alejandro, E., (2009).** Realizó un trabajo de grado que consiste en un “Diseño de un plan de mantenimiento basado en la evaluación de la confiabilidad para los equipos críticos que conforman la planta de Policloruro de Aluminio perteneciente a la empresa LIPESA”, para el desarrollo del objetivo principal se diagnosticó el contexto operacional de los equipos en estudio en la planta, con la ayuda de un software se logró estimar la confiabilidad, se establecieron las funciones, fallas funcionales, modo de fallas y efectos de falla de los equipos críticos con sus respectivas tareas de mantenimiento. Gracias a todos los objetivos se logró que el plan propuesto presentara 46 tareas a condición, 36 de reacondicionamiento cíclico y 11 sustitución cíclica, las cuales representan un 80% de Mantenimiento Preventivo y 20% de Mantenimiento Correctivo y una tarea de rediseño. Finalmente con la evaluación y seguimiento de los indicadores de gestión de mantenimiento de esta investigación se podrá comprobar la eficiencia del plan propuesto, el cual disminuirá la incidencia de falla de los equipos y la contaminación ambiental obteniéndose un aumento en la confiabilidad y productividad. [2]

- **Suárez, E., Isaivi, Del V., (2009).** Realizó un trabajo de grado titulado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos rotativos y estáticos que

conforman la planta procesadora de sal refinada de la distribuidora sal Bahía.” Tuvo como objetivo fundamental, el diseño de un plan de mantenimiento preventivo ajustado a los equipos estáticos y rotativos a través de la utilización de la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), método que permite formular estrategias de mantenimiento a fin de mejorar la confiabilidad apoyados en la planificación y ejecución de dichas acciones, buscando minimizar la ocurrencia de fallas y los costos de mantenimiento. La descripción de la situación actual de la planta, inventario y recopilación de información de los equipos fue primordial para el estudio, luego estos fueron agrupados en cinco (5) sistemas, la aplicación de la matriz Impacto-Esfuerzo se generó para desviar el estudio hacia el sistema de mayor prioridad. La metodología D.S. para la criticidad, determinó los equipos críticos, los modos y efecto de falla fueron el origen de la determinación de las fallas, se aplicó el Árbol Lógico de Decisión (ALD), para recabar las acciones de mantenimiento a incorporar en el plan, observándose que de un total de 216 tareas, el 75,46% son preventivas y el 24,53% son correctivas. Con todas las acciones de mantenimiento a ejecutar se diseñó el plan de mantenimiento, según la frecuencia de aplicación de cada actividad, y por último se formularon algunos indicadores de gestión de mantenimiento ajustados a la organización de la empresa y que permitirán calcular desviaciones en planes de mantenimiento futuros. [2]

- **Salazar, R., Orlando, J., (2008).** Realizó un trabajo de grado titulado “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para las líneas de recepción-secado de maíz, caso: Planta Solagro II Valle de la Pascua estado Guárico.” Tiene como objetivo fundamental el diseño de un plan de mantenimiento que se ajuste a la realidad de la agroindustria nacional permitiendo formular estrategias de confiabilidad para mejorar la planificación y ejecución del mantenimiento, minimizar la ocurrencia de falla, disminuir los costos de mantenimiento e incrementar la confiabilidad operacional de la planta. Se procedió a describir el contexto operacional

de la planta, seguido de un análisis de Impacto- Esfuerzo con el objetivo de priorizar los dos sistemas de recepción-secado y orientar las acciones de mantenimiento a la prioridad más alta, con la ayuda del Análisis de Criticidad, se logró dirigir los esfuerzos de la gestión de mantenimiento a los equipos cuya indisponibilidad tenga mayor impacto en producción, seguridad y medio ambiente, la frecuencia de ejecución de las tareas de mantenimiento, se obtuvieron gracias a las recomendaciones del fabricante del equipo y las sugerencias hechas por el personal que labora en la empresa.

Con toda la información, se logró la incidencia de falla de los equipos, obteniéndose un considerable ahorro de recursos económicos y una alta confiabilidad y disponibilidad de las líneas de recepción-secado con un notorio aumento de la producción y una alta calidad en el servicio que garantice la satisfacción de los clientes [1]

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Conceptos y Principios Básicos

- **Equipo**

Es un bien económico, técnico y sujeto a mantenimiento. [4]

- **Sistema**

Conjunto de equipos que interactúan para el cumplimiento de una función determinada. [4]

- **Mantenimiento:**

Es el conjunto de actividades, que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumplan con las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde. [4].

La figura 2.1 muestra un organigrama detallado de cada uno de los tipos de mantenimiento existentes.

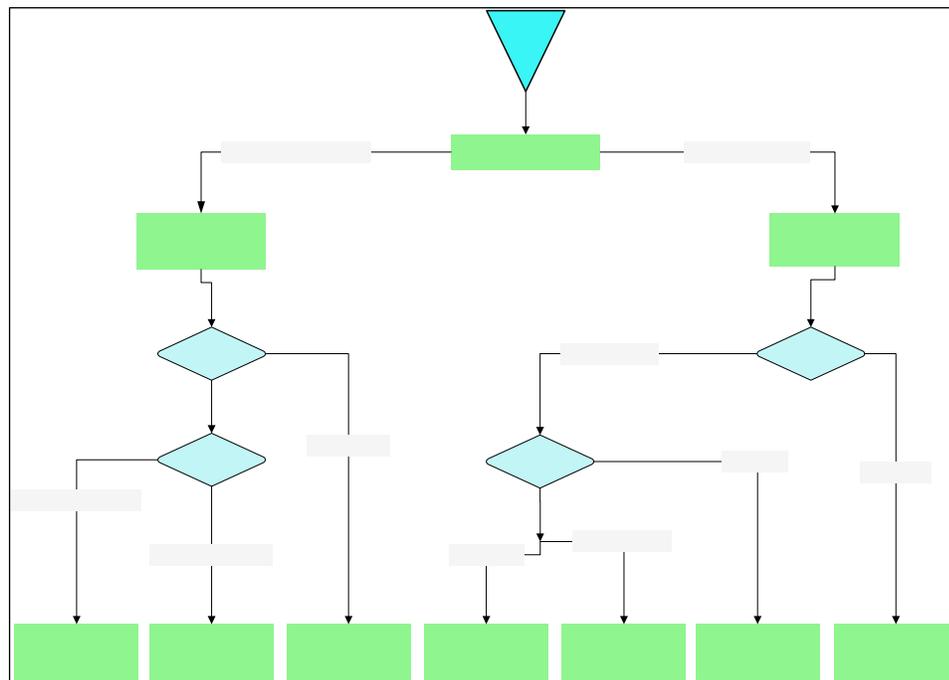


Figura 2.1 Tipos de Mantenimiento.

(Fuente: Suárez Diógenes)

Después de la Falla

- **Mantenimiento Preventivo**

Se puede definir como, el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos [2].

- **Mantenimiento Predictivo**

Monitoreo de condiciones y análisis del comportamiento de los equipos para predecir intervención, según los niveles de admisibilidad.

Intervención

Mantenimiento
Correctivo
Correctivo

Reparación

Provisional

Con Modificación

Sin Modificación

- **Mantenimiento Condicional**

Actividades basadas en seguimiento del equipo mediante diagnóstico de sus condiciones.

- **Mantenimiento Sistemático**

Son actividades establecidas en función del uso del equipo (Horas, kilómetros, etc.).

- **Mantenimiento de Ronda**

Son actividades que consisten en una vigilancia regular que se realiza a frecuencias cortas las cuales no están contempladas en un programa de mantenimiento.

- **Mantenimiento Correctivo**

Es una actividad que se realiza luego de la ocurrencia de falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar a los equipos después de ocurrida la falla a sus condiciones originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes del equipo, debido a desgastes daños o roturas. [4].

2.2.2. Objetivo del Mantenimiento

El Objetivo del mantenimiento, es el de conseguir el más alto nivel de operatividad en la producción mediante los incrementos de indicadores como lo son, disponibilidad, efectividad y confiabilidad en condiciones de calidad exigible, al mínimo costo, con el máximo nivel de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene como también una mínima degradación del medio ambiente.

Tiene como finalidad la de conservar la planta industrial con los equipos, los servicios, la estructura y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectada con la calidad y capacidad específica, pudiendo ser utilizada en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación

y a un programa de usos definidos por los requerimientos de producción[4]. Entre sus funciones principales se pueden mencionar:

- Planificar, programar y ejecutar las actividades de mantenimiento.
- Instalar y controlar equipos y sistemas.
- Registrar, controlar y evaluar sus actividades y fallas
- Desarrollar nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Asesorar al departamento de adquisición de materiales y repuestos.
- Formación y adiestramiento de su personal.
- Garantizar la seguridad y eficiencia operacional de los equipos al costo mas bajo.

2.2.3. Planes de Mantenimiento

Es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas.

Se pueden establecer el Plan Estratégico que es el mismo Corporativo o Divisional que consolida las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimiento en un período determinado y que determina el nivel de inversión y de recursos que se requiere para ejecutar dicho plan, o el Plan Operativo que definen y establecen todos los parámetros de cómo hacer el trabajo, se relacionan con los objetivos específicos, medibles y alcanzables de las divisiones, los departamentos, los equipos de trabajo y las personas dentro de una organización deben lograr comúnmente a corto plazo y en forma concreta. Se emplean como instrumento de implementación a corto plazo para la consecución de los objetivos de cada una de las acciones que conforman los planes estratégicos que por sí solos no pueden garantizar el éxito de su ejecución [11]

2.2.4. Patrones de Falla

Nuevas investigaciones están cambiando muchas de las tradicionales creencias sobre la relación existente en un equipo entre el envejecimiento y el fallo. En particular, se ha demostrado que es mucho más compleja la relación entre el tiempo de operación y la probabilidad de falla. Existen 6 patrones de falla distintos como se muestra en la figura 2.2 las cuales representan la probabilidad de falla que puede presentar un equipo en función al tiempo. [11]

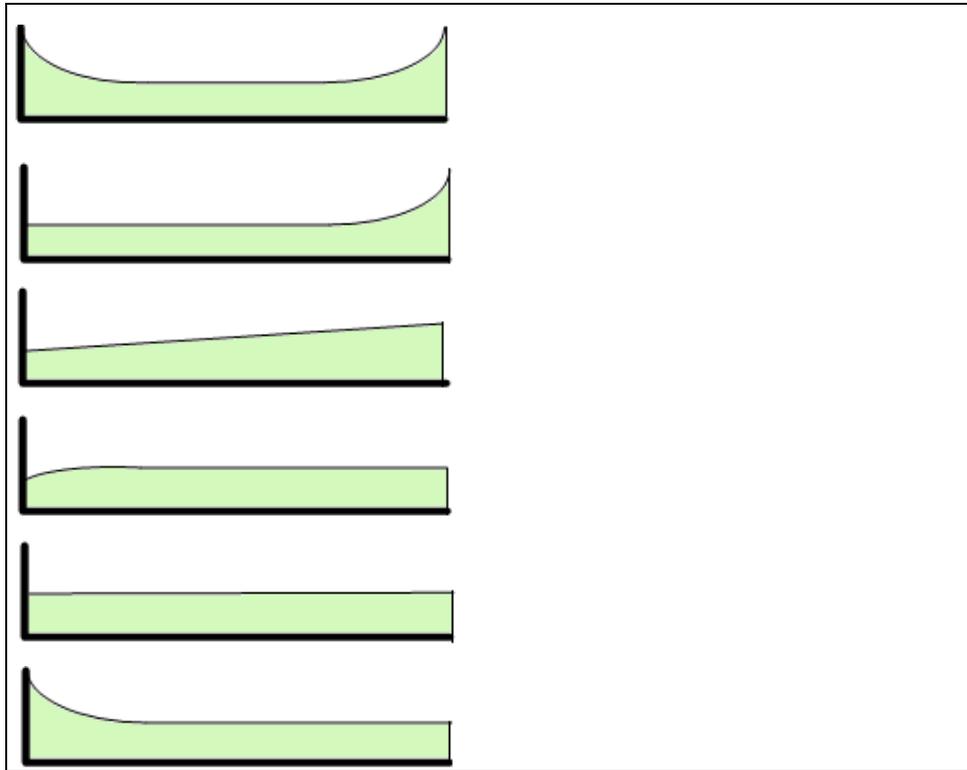


Figura 2.2 Patrones de Fallas
(Fuente: Suárez D.)

A

2.2.5. Gestión de Mantenimiento

Se relaciona con la dirección de empresas, aplicadas a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes y/o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad, formado como un conjunto de hombres, máquina, tecnología,

B

C

información, planeación y recursos financiero de cualquier índole, manipulando adecuadamente los recursos disponible y a su vez protegiendo con mayor efectividad la naturaleza. [5]

2.2.6. Confiabilidad Operacional (CO)

Es la capacidad que posee una instalación (infraestructura, persona, tecnología), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico, y en caso de que falle, lo haga del modo menos dañino posible. Una instalación confiable debe incluir, tanto continuidad operacional como control de riesgos. A partir de este concepto, un proceso de Gestión de Confiabilidad se basa en cuatro parámetros fundamentales [6]

- **La confiabilidad humana** que involucra “la parte blanda” de la empresa, es decir, la estructura organizacional de todo el personal, tipo de gerencia, cultura de la empresa, sistemas administrativos, etc.
- **La confiabilidad de procesos** que engloba todo lo concerniente a procedimientos, procesos y operaciones.
- **La confiabilidad de equipos** que se orienta hacia la confiabilidad desde su diseño, es decir, involucra el tipo de diseño, cambios del tipo material, la forma y procedimientos del ensamblaje. El objetivo fundamental de incluir los aspectos de confiabilidad desde el diseño, está relacionado con el aumento del tiempo promedio operativo (TPO).
- **La confiabilidad de los procesos de Mantenimiento (Mantenibilidad)** que se enfoca hacia el mantenimiento de los activos, las habilidades básicas que puede desarrollar el personal, la efectividad y calidad del mantenimiento con el objetivo de disminuir el tiempo promedio para repara (TPPR).

La variación en conjunto individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros presentados en la figura 2.3, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema. [7]

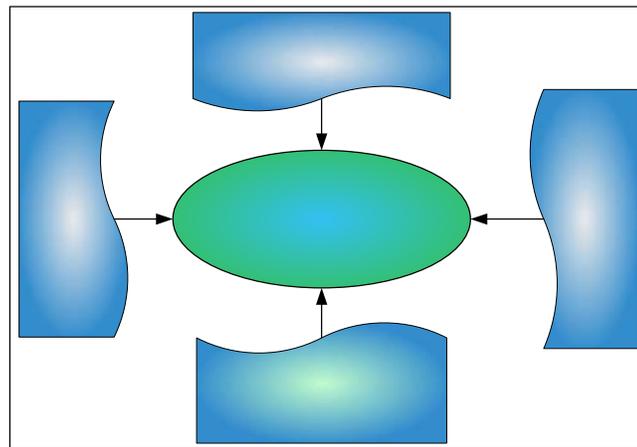


Figura 2.3 Sistema de Confiabilidad Operacional
(Fuente: Amendola, L (2.002))

2.2.7. Equipo Natural de Trabajo. (ENT)

Es un grupo multidisciplinario que pertenece a una organización que trabaja en conjunto durante un periodo de tiempo, para solucionar problemas específicos con ayuda del valor agregado que suministra cada miembro de un área específica, para mejorar la gestión a corto plazo.

Los miembros principales que conforman este equipo se muestran en la figura 2.4 y se describen a continuación:

CONFIABILIDAD DEL PROCESO

CONFI
HU

CONFI
OPER

CONFI
EQ

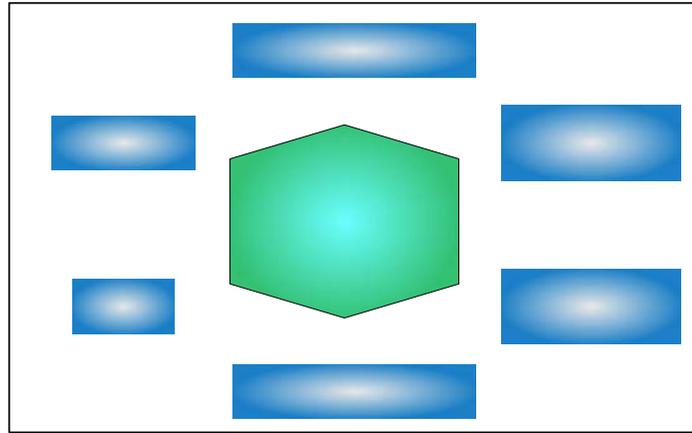


Figura 2.4 Equipo Natural de Trabajo
(Fuente: Suárez D.)

- **Operadores y/o Supervisores de Producción:** Aportan conocimientos sobre el efecto y consecuencias de las fallas.
- **Técnicos y/o Supervisor de Mantenimiento (mecánico, electricista e instrumentistas):** Aportan el conocimiento de las causas de las fallas y manera de evitarla.
- **Especialista en Procesos:** Participan para resolver las controversias en las reuniones de trabajo.
- **SIAHO:** informan sobre el impacto en seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional.
- **Planificador:** se encarga de incorporar las actividades que minimizan la ocurrencia de las fallas en el programa de mantenimiento, con su frecuencia correspondiente.
- **Facilitador:** Es un miembro extra del grupo, su labor consiste en fijar reuniones, coordinarlas y verificar que el trabajo del equipo se adapte a la metodologías y herramientas aplicadas. [8]

2.2.8. Contexto Operacional

Define en forma precisa todos los elementos que serán considerados en el análisis, desde la definición de las fronteras hasta los distintos activos y/o elementos que

Facili

E

Especial

forman parte del sistema a evaluar, así como también el régimen de operaciones al cual estará sujeto el activo. En la figura 2.5 se muestra la estructuración de contexto operacional.

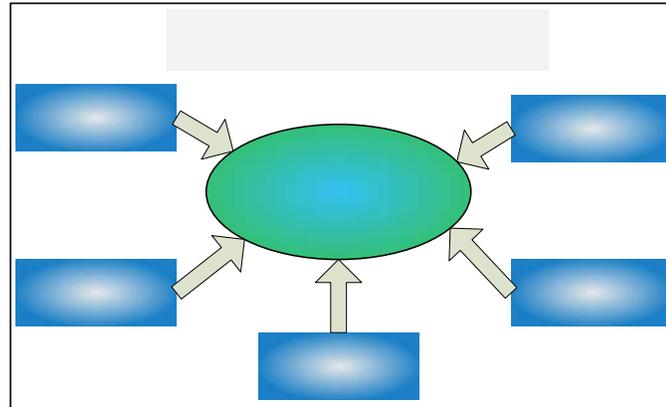


Figura 2.5 Contexto Operacional
(Fuente: Suárez D.)

2.2.9. Análisis de Criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando los esfuerzos y recursos en el área donde sea más importante. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes.

El objetivo de un análisis de criticidad, es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos para una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para.

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión
- Diseñar políticas de mantenimiento
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

ENTORN

EL

Est

2.2.9.1. Matriz Impacto-Esfuerzo

La matriz impacto- esfuerzo, permite priorizar sistemas en función a la que estas generan en cuanto a la seguridad, ambiente, costo de reparación, el tiempo para reparar, el impacto a la producción y el porcentaje en cuanto a la materia prima que maneja. También es considerado el esfuerzo requerido en función a tres preguntas básicas que tienen que ver con la disponibilidad de recursos y personal para la realización de las actividades propuestas.

En la tabla 2.1 se muestran los factores que intervienen en la guía de impacto, los cuales se describen a continuación:

- **Porcentaje de procesamiento afectado (Materia Prima) (% PA.):** Es la cantidad porcentual materia prima que se ve afectado debido a una falla o evento del sub-sistema
- **Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR):** Es el tiempo promedio que transcurre durante la reparación de la falla, incluye desde que se inicia la reparación hasta que arranca el equipo.
- **Impacto de producción (IP):** Es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre una falla.
- **Costo de Reparación (CR):** Es el costo de la falla para la restauración del equipo, es decir todo lo necesario para reestablecer las condiciones aceptables de operación.
- **Impacto en Seguridad (IS):** Es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas o equipos.
- **Impacto Ambiental (IA):** Es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente

Tabla 2.1 Guía de Impacto

(Fuente: Confima & Consultores)

GUÍA DE IMPACTO	
1. Porcentaje de Materia Prima Afectado (P.A)	Puntaje
$0 \leq \% \leq 10$	1
$10 < \% \leq 20$	2
$20 \leq \% \leq 35$	4
$35 \leq \% \leq 50$	6
$50 \leq \% \leq 70$	9
$70 \leq \% \leq 100$	12
2. Tiempo Promedio Para Reparar (TPRR)	
Menor a 4 Horas	1
$4 \leq \text{horas} \leq 8$	2
$8 \leq \text{horas} \leq 24$	4
Más de 24 horas	6
3. Impacto en la Producción (IP) (Por falla)	
No Afecta producción	0,05
25 % de impacto	0,3
50 % de impacto	0,5
75 % de impacto	0,8
La impacta totalmente	1
4. Costo de Reparación (CR)	
Menos de 25.000 MBsF	3
$25 \leq \text{MBsF} \leq 50$	5
$50 \leq \text{MBsF} \leq 100$	10
Más de 100 MBsF	25
5. Impacto en Seguridad (IS)	
Bajo	0
Medio	25
Alto	30
6. Impacto Ambiental (IA)	
Bajo	0
Medio	25
Alto	30

El Impacto es clasificado según la escala que corresponda en Bajo, Medio y Alto asignándole los números 1,3 y 5 respectivamente en la tabla 2.2 según el rango que se encuentre la evaluación del impacto hecha por la ecuación 2.1

$$\text{Impacto} = (\% \text{ P.A} \times \text{TPRR} \times \text{I.P}) + \text{C.R} + \text{I.S} + \text{I.A}$$

EC. 2.1

Tabla 2.2 Criterio de Evaluación de Impacto.

(Fuente: Confima & Consultores)

	Clasificación del Impacto	ESCALA
Evaluación Obtenida	Bajo ($3 \leq$ Ponderación total ≤ 32)	1
	Medio ($32 \leq$ Ponderación total ≤ 97)	3
	Alto ($97 \leq$ Ponderación total ≤ 162)	5

Para los criterios de esfuerzo se aplica las tres preguntas básicas las cuales se clasifican en Fácil, Moderado o Difícil de igual manera asignándole los números 1,3 y 5 respectivamente, los cuales se muestran en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Criterio de Evaluación de Esfuerzo.

(Fuente: Confima & Consultores)

ESFUERZO	ESCALA
Solución directa. Se dispone de recursos propios (Humano, material y repuesto)	1
Se identificaron alternativas de solución, sin embargo no se dispone del 100 % de los recursos para ejecutar la actividad	3
Se requiere de la intervención de especialistas externos o recursos no disponibles	5

La matriz de prioridades compuesta por el impacto y esfuerzo ubicados en el eje horizontal y vertical respectivamente se puede mostrar en la figura 2.6 y las prioridades según la matriz en la figura 2.7.

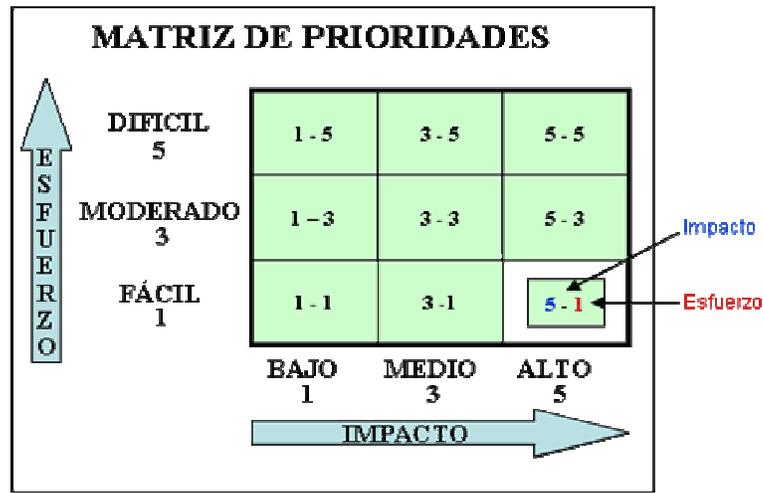


Figura 2.6 Matriz de Prioridad
(Fuente: Suárez D.)

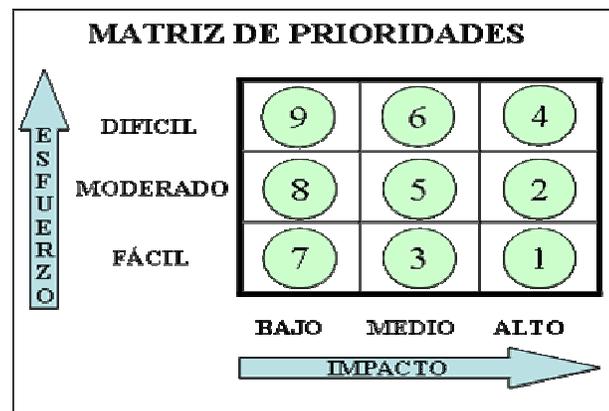


Figura 2.7 Prioridades Según la Matriz
(Fuente: Suárez D.)

2.2.9.2. Metodología D.S.

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de sistemas o equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar, basado en la realidad actual.

El objetivo de esta metodología, va dirigido a ofrecer una herramienta que ayude en la determinación de la jerarquía de sistemas y equipos de una planta, que permita manejarla de manera controlada y en orden de prioridades.[9]

En la figura 2.8 se muestran los parámetros que utiliza la metodología D.S. para el análisis de criticidad.

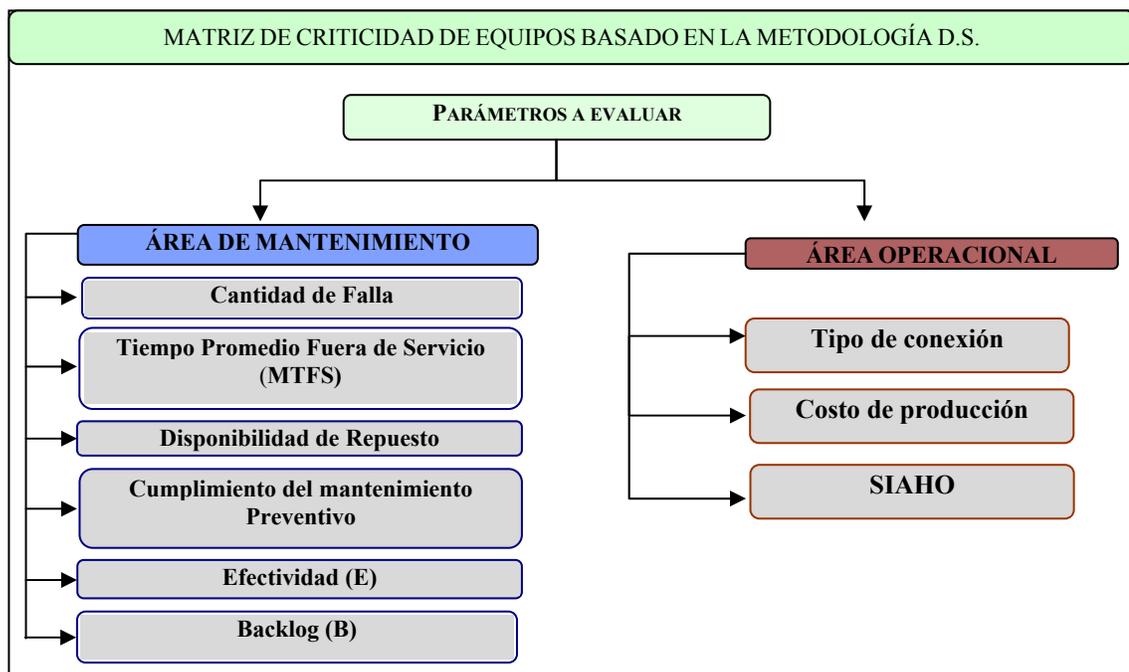


Figura 2.8 Parámetros de la Metodología D.S.
(Fuente: Suárez D)

Definición de los factores que intervienen en la metodología D.S.

Área de mantenimiento

- **Frecuencia de fallas ocurrida (F):** Son las cantidades de falla que se pueden presentar en un equipo durante un tiempo determinado.

- **Tiempo promedio fuera de servicio (TPFS):** Son los tiempos en que el equipo no se encuentra operando por causa de falla o problema de funcionamiento.
- **Disponibilidad de repuestos (DR):** Es la relación entre los repuestos necesitados para reestablecer el funcionamiento del equipo dañado, con los disponibles o suministrados en el momento
- **Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP):** Es el indicador del cumplimiento de las actividades ejecutadas de mantenimiento al equipo en relación a las programadas.
- **Efectividad (E):** Indica el tiempo en horas de producción en relación a las horas de funcionamiento
- **Backlog (B):** Indica el trabajo de mantenimiento acumulado o no ejecutado durante un tiempo determinado y se representa en semana.

Área de operaciones

- **Tipo de conexión:** Se refiere a la interconexión que poseen entre equipos para la producción, estas pueden ser en serie, paralela o mixta.
- **Costo de producción:** Resulta de la comparación de los costos por consecuencia de falla al equipo, con los costos que se propone como meta la empresa.
- **Seguridad industrial, ambiente y la higiene ocupacional (SIAHO):** se refiere a las consecuencias que el producto pueda producir por falla sobre la seguridad personal, los equipos y el medio ambiente.

En la tabla 2.4 se muestran las ponderaciones a evaluar de los diversos factores en el área de mantenimiento y operaciones para la matriz de criticidad.

Tabla 2.4 Matriz de Criticidad en el Área de Mantenimiento

		Realizado por:			Evento de Control:			
		Sistema:			Sub-sistema:			
		Equipo:			Código:			
ÁREAS	FACTOR A EVALUAR	CRITERIOS			PONDERACIÓN	CRITERIO SELECCIONADO	PUNTOS	
			ROTATIVO	ESTÁTICO				
ÁREA DE MANTENIMIENTO	1. FRECUENCIA DE FALLAS OCURRIDAS	1 a)	$F = 1$	$0 \leq F \leq 1$	1			
		1 b)	$1 < F \leq 12$	$1 \leq F \leq 3$	2			
		1 c)	$F > 12$	$F > 3$	3			
	2. TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN HORAS (TPFS)	2 a)	$TPFS \leq 4$		1			
		2 b)	$4 < TPFS \leq 8$		2			
		2 c)	$TPFS \geq 8$		3			
	3. DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS (DR)	3 a)	$DR \geq 80\%$		1			
		3 b)	$50\% \leq DR < 80\%$		2			
		3 c)	$DR < 50\%$		3			
	4. CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CMP)	4 a)	$75\% \leq CMP < 100\%$		1			
		4 b)	$50\% \leq CMP < 80\%$		2			
		4 c)	$0\% \leq CMP < 50\%$		3			
	5. EFECTIVIDAD (E)	5 a)	$E \geq 80\%$		1			
		5 b)	$50\% \leq E < 80\%$		2			
		5 c)	$0\% \leq E < 50\%$		3			
	6. BACKLOG (B)	6 a)	$0 \leq B < 2$		1			
		6 b)	$2 \leq B < 5$		2			
		6 c)	$B > 5$		3			
	TOTAL DE PUNTOS OBTENIDOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO (Σ A.M.)							
	ÁREA OPERACIONAL	7. TIPO DE CONEXIÓN	7 a)	SISTEMA PARALELO		1		
7 b)			COMBINADO		2			
7 c)			SISTEMA SERIE		3			
8. COSTO DE PRODUCCIÓN		8 a)	IGUAL A LA META		1			
		8 b)	MENOR A LA META		2			
		8 c)	MAYOR A LA META		3			
9. SEGURIDAD DEL PERSONAL, EQUIPOS Y AMBIENTE		9 a)	SIN CONSECUENCIA		1			
		9 b)	EFECTO TEMPORAL		2			
		9 c)	EFECTO PERMANENTE		3			
TOTAL DE PUNTOS OBTENIDOS EN EL ÁREA OPERACIONAL (Σ A.O.)								

La criticidad de los equipos, se calcula mediante la ecuación 2.2, en ella se encuentra la constante del área de mantenimiento (K_1) y la del área operacional (K_2) los cuales mantienen los valores del autor de la metodología para los factores en

estudio 0,028 y 0,055 respectivamente a modo de garantizar que el valor de la criticidad nunca superase la cifra 100%. Mientras que en la tabla 2.5 se muestra los parámetros para clasificar la criticidad de los equipos.[9]

$$\text{Criticidad} = [K_1 * (\Sigma \text{Á M}) + K_2 * (\Sigma \text{A.O})] * 100$$

EC. 2.2

Tabla 2.5 Parámetros para Clasificar la Criticidad de los Equipos

Parámetros para establecer Criticidad	
No Crítico	32% ≤ Ponderación Total < 50%
Semi-Crítico	50% ≤ Ponderación Total < 70%
Crítico	Ponderación Total ≥ 70%

2.2.10. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

Es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, útil para el desarrollo o mejoramiento de un plan de mantenimiento. Desarrollada por la United Airline de Estados Unidos, el MCC analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente.

La idea central del MCC, 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 debe conocer con gran detalle donde y cómo se esta usando dicho equipo (contexto operacional), es decir, las condiciones en que se realiza esta función y sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional a

partir del análisis de las siete preguntas básicas presentadas en la figura 2.9, integrando al *Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)*, como la parte más importante del proceso donde se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias y el efecto de las posibles fallas. [1]

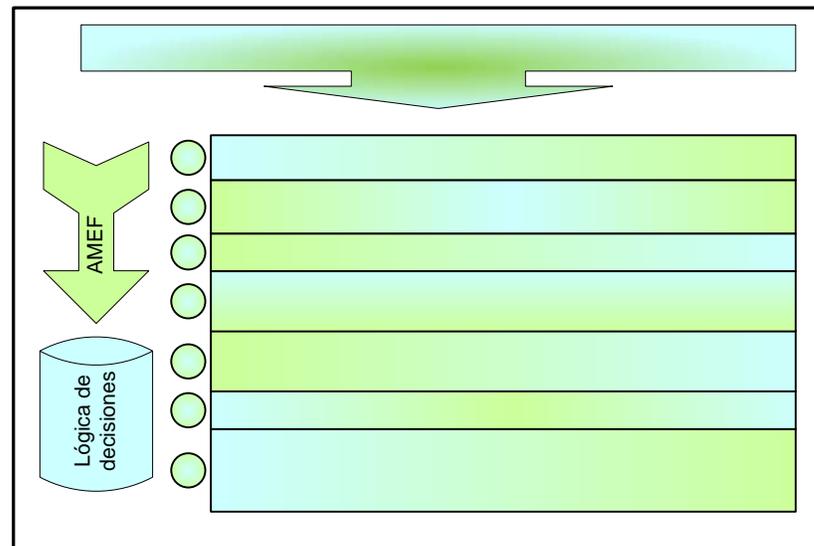


Figura 2.9 Pasos del MCC.
(Fuente: Suárez D)

2.2.10.1. Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F.)

Es un proceso ordenado para la identificación de las fallas de un producto, maquina, sistema o proceso de manufactura antes de que estas ocurran o en su defecto detectarlas. El AMEF puede ser considerado como un método analítico que tiene como objetivos principales: Identificar los modos por los cuales los sistemas pueden dejar de cumplir sus funciones (fallas funcionales), identificar las causas (modos de fallas) que provocan las fallas funcionales, evaluar los modos de fallas y las causas asociadas a ellas, determinar las consecuencias de las fallas en el desempeño del sistema e identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.

- **Funciones**

PREGUNTA

- 1 ¿Cuáles...
- 2 ¿De qué manera...
- 3 ¿Cuáles...
- 4 ¿Qué pasa y...
- 5 ¿Cuál es la i...
- 6 ¿Cómo se pu...
- 7 ¿Qué control...

Se define como lo que se desea que realice un activo físico o sistema. Todo activo físico tiene más de una función, frecuentemente tiene varias. Si el objetivo de mantenimiento es asegurarse de que continúe realizando estas funciones, entonces todas ellas deben ser identificadas junto con los parámetros de funcionamiento deseados actuales. Las funciones se dividen en dos categorías principales: funciones primarias y funciones secundarias.

a) Funciones primarias: Son aquellas razones principales por la que el equipo existe, es lo que se quiere que haga el sistema y de lo que sea capaz, Alguna pérdida de la función principal de un componente afectará el desempeño total de éste en su contexto operacional. [1]

b) Funciones secundaria: Son aquellas funciones cuyas pérdidas afectan la operación del sistema, pero solo parcialmente y estas se pueden clasificar en el campo de acuerdo al ambiente, seguridad, confort, apariencia, protección, economía, eficiencia y superfluos. [1]

- **Falla funcional**

Se define como el incumplimiento de una función o incapacidad para satisfacer los estándares o parámetros de operación requeridos. El negado de la función puede ser parcial o total, razón por la cual un componente o equipo puede presentar más de una falla funcional.

- **Modo de falla**

Son las causas de cada falla funcional, en otras palabras el modo de falla es lo que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada falla funcional puede tener mas de un modo de falla).

- **Efecto de falla**

Es lo que sucede al producirse cada modo de falla, permite definir lo que ocurre al producirse una falla, con lo cual es posible determinar el nivel de mantenimiento que se debe aplicar. [8]

El objetivo del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo durante un proceso e identificar las posibles consecuencias o efectos de fallas, para lograr esto se cuenta con una hoja de información como se muestra en la figura 2.10

		Realizado por:		Revisado por:		Fecha:	
		Área:		Sistema:		Hoja:	
		Sub sistema:		Equipo:		Código:	
Función		Falla Funcional ¿Perdida de Función?		Modo de Falla ¿Qué causa la falla?		Efecto de falla (¿Qué ocurre cuando falla?)	
1		A		1			

Numero correspondiente a la función

Letra correspondiente a la Falla funcional

Numero correspondiente al Modo de falla

Figura 2.10 Formato de la Hoja de Información del AMEF
(Fuente: Suárez D.)

2.2.10.2. Árbol Lógico de Decisiones

Es una herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar la actividad de mantenimiento más adecuada para evitar o prevenir la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos, luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del ALD, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de tarea de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del

MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas. En la figura 2.11 se observa un esquema de las consecuencias y tipos de mantenimiento.

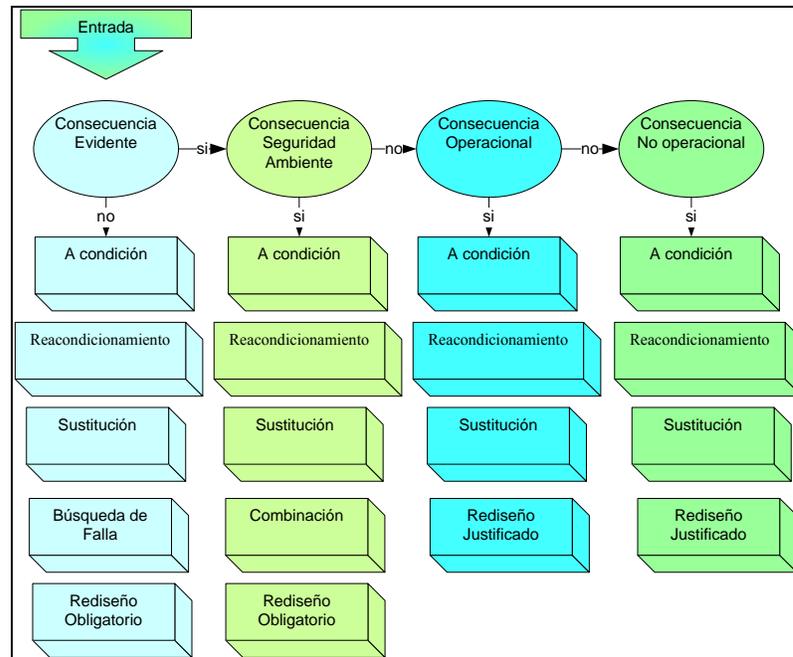


Figura 2.11 Esquema de Consecuencias y Tipos de Mantenimiento
(Fuente: Suárez D.)

a) Consecuencia de las Fallas

El objetivo primordial de este paso, es determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro consentimiento si una falla requiere o no prevenirse. El MCC clasifica las consecuencias de los fallas de la siguiente forma:

- **Consecuencia de fallas no evidentes:** son aquellas consecuencias que no tienen un impacto directo, pero que pueden originar otras fallas con mayores consecuencias a la organización. Por lo general este tipo de fallas es generada por dispositivos de protección, los cuales no poseen seguridad inherente. El MCC le da a

este grupo de fallas una alta relevancia, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- **Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad:** Son aquellas causas que intervienen en la pérdida de una función o al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, así como las repercusiones en la seguridad (tomando en consideración los artículos y disposiciones de leyes y reglamentos hechas para legislar en este campo) haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento.

- **Consecuencias operacionales:** son aquellas que afectan la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales, además de los costos de reparación).

- **Consecuencias no operacionales:** son aquellas ocasionadas por cierta clase de fallas que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación [1].

b) Tareas Preventivas.

Son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y de la tarea.

- **Tareas a condición:** consisten en chequear mediante la identificación de fallos potenciales si los equipos están presentando condiciones de funcionamiento anormales de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de los mismos. Están basadas en el hecho de que un gran número de fallas no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan a

partir de un período de tiempo. Los equipos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado [1].

Entre las tareas a condición más utilizadas se encuentran:

- Técnicas de monitoreo de condiciones (Condition Monitoring).
- Técnicas de monitoreo de los efectos primarios.
- Técnicas de chequeo basadas en el sentido humano: mirar, tocar, oír y oler
- Técnicas que detectan la falla potencial tomando como base las variaciones en la calidad del producto.

- **Tareas cíclicas de reacondicionamiento:** consiste en revisar a intervalos fijos un elemento, componente u equipo, independientemente de su estado original o de ese momento. La frecuencia de una tarea de reacondicionamiento cíclico, está determinada por la edad en que el elemento o componente y si este exhibe un incremento rápido de la probabilidad condicional de falla, la frecuencia con la que tendrá que realizarse una tarea de reacondicionamiento cíclico se determina sobre la base de antecedentes fiables, los cuales normalmente no están disponibles cuando el equipo entra en servicio por primera vez, por lo cual es difícil predecirlos de antemano, ante esta situación lo que se recomienda es someter a los elementos susceptibles a fallo muy costosos a programas exploratorios de vida útil para determinar si podrían beneficiarse con el uso de actividades de reacondicionamiento cíclico.

- **Tareas de sustitución cíclicas:** Esta tarea consisten en reemplazar un equipo o componentes por otro a frecuencias o intervalos determinados, independientemente de su estado en ese momento. si esta sustitución restituye la resistencia original al fallo. Las tareas de sustitución cíclica son técnicamente factibles si existe una relación directa entre el aumento de la probabilidad de falla y la edad operacional del

elemento a sustituir, la frecuencia de una tarea de sustitución cíclica está gobernada por la “vida útil” de los elementos [1].

C) Tareas Correctivas.

Ultimas preguntas que se utilizan para cuando no es posible definir las tareas preventivas apropiadas, las cuales se dividen en tareas “a falta de”.

- **Tareas cíclicas de búsqueda de fallas:** Consiste en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado, no se consideran como preventivas porque su objeto es evitar las fallas múltiples que pueden ocurrir si la falla oculta permanecen inadvertida.

- **Ningún mantenimiento preventivo:** Consiste en dejar en servicio al equipo hasta que se produzca una falla funcional, es aplicable solo si el mantenimiento preventivo es mas costoso que el monto involucrado en las consecuencias operacionales y/o el costo de reparar la falla

- **Rediseño:** Comprende una modificación de las especificaciones de un componente, la adición de un elemento nuevo, la sustitución de una maquina entera por una de otra marca o tipo, o el cambiar una maquina de sitio [1].

La hoja de decisión, es la encargada de recoger toda la información referente a la aplicación del ALD con referencia de la hoja de información de AMEF los cuales clasifica el tipo de consecuencia que tiene la falla, más aún el tipo de tarea preventiva o tareas “a Falta de” que se van a realizar con sus respectivas actividades y frecuencia con la que se aplicará y por último se designara el personal encargado de realizar dicha practica. En la figura 2.12 se muestra la hoja de decisión para el árbol lógico de decisiones.

Algunas de las distribuciones de probabilidad paramétricas más usadas para variables aleatorias continuas son las siguientes: Distribución Normal, Distribución Lognormal, Distribución Exponencial, Distribución Weibull, Distribución Beta, Distribución Gamma, Distribución Triangular, Distribución Uniforme. [12].

a) **Distribución Weibull**

Fue establecida por el físico suizo Walodi Weibull quien demostró que el esfuerzo al que se someten los materiales puede modelarse de manera adecuada mediante el empleo de esta distribución. También se ha usado para modelar situaciones del tipo tiempo - falla, ó bien puede indicar la vida útil de cierto artículo, planta o animal, confiabilidad de un componente. El análisis de Weibull es la técnica mayormente elegida para estimar probabilidad, basada en datos medidos o asumidos. Es compleja y se usa cuando se sabe de antemano que se han producido muchas fallas (al menos 10) y los tiempos correspondientes no se ajustan a una distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la mecánica.

Confiabilidad.

Es uno de los parámetros de mantenimientos que permite evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipo y componentes se define como: La probabilidad de que un sistema, equipo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo o intervalo de tiempo dado $[0, t]$, bajo condiciones de operaciones previamente definidas. [8].

Confiabilidad en un instante t definida por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{EC 2.3}$$

Donde:

$R(t)$ = Confiabilidad β = Parámetro de forma t = Tiempo

η = Parámetro de escala γ = Parámetro de posición

Parámetro de forma (β): Define en qué fase de la vida se encuentra el componente o equipo (Curva de la bañera o similar) [4].

Casos:

$\beta < 1 \Rightarrow$ Mortalidad Infantil; Es el período al inicio de la operación, donde con frecuencia ocurren fallas prematuras debidas a defectos no detectados, defectos de diseño no corregidos, errores en la fabricación y el montaje.

$\beta = 1 \Rightarrow$ Operación Normal; Indica que las fallas son totalmente aleatorias y no depende del tiempo transcurrido desde la última falla.

$\beta > 1 \Rightarrow$ Envejecimiento o Desgaste: Periodo donde los elementos del equipo sufren un proceso de deterioro físico debido al roce mecánico u otras consideraciones.

Parámetro de Escala (η): Es un parámetro que ayuda a definir la vida característica del equipo y corresponde al tiempo para el cual los equipos tienen una probabilidad de fallas de 63,2 %, la cual pasa por el punto Weibull. [4].

Parámetro de posición (γ): Define, si la nube de puntos (TEF, Fi) en la grafica de weibull se ajusta a una recta.

- Si es posible ajustar la nubes de puntos a una recta, entonces $\gamma = 0$
- Si la nube de puntos, resulta una curva, el valor de γ es distinto a cero.

Procedimientos para la aplicación de la distribución de weibull sin el uso de software es el siguiente:

1. Preparación de los datos (TEF) de los equipos a estudiar.
2. Clasificar los TEF por orden creciente (orden i atribuido a cada TEF al menor TEF le corresponderá el orden 1 y así sucesivamente), El número de observaciones realizadas es el tamaño de la muestra (η).
3. Aproximación de la función de acumulación de fallas $F(i)$

Para tamaño de muestra

- $n > 50$
$$F(i) = \frac{i}{n} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

- Para $20 < n \leq 50$
$$F(i) = \frac{i}{n+1} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

- Para $n \leq 20$
$$F(i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad \text{Ec. (2.6)}$$

4. Graficar las coordenadas de los puntos (TEF, F_i) en el papel de weibull.
5. Unir la nube de puntos obtenidos y prolongarla si es una recta, hasta la línea de Weibull para lograr conseguir " η ". De no ser una recta se utiliza la ecuación 2.7 para ajustar la línea, tomando los puntos t_1 , t_2 y t_3 equidistante en la curva. (No se recomienda tomar los extremos).

$$\gamma = \frac{t_2^2 - t_1 * t_3}{2t_2 - t_1 - t_3} \quad \text{Ec. (2.7)}$$

2.2.12. Proceso Básico de la Producción de Cemento

El proceso de fabricación del cemento, comprende cuatro etapas principales: La primera etapa es la *Extracción y Trituración de la Materia Prima*, la cual se extrae (caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso) de canteras o minas, el sistema de explotación y equipos utilizados varía, la trituración comprende en reducir la materia

prima a un tamaño aproximadamente de 2,54 cm (1 pulg.), para luego ser almacenadas en su respectivos patios. Esta etapa se observa en la figura 2.13

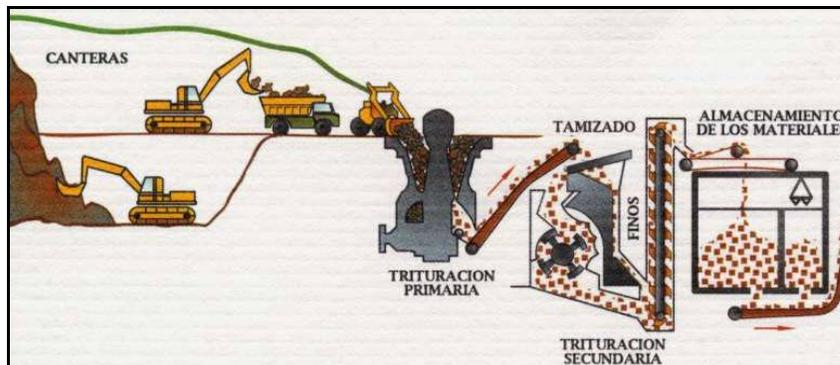


Figura 2.13 Extracción y Trituración
(Fuente: Cemex)

La segunda etapa es la **Homogeneización de la Materia Prima**, el proceso se realiza por vía húmeda a través de planta I y por Vía Seca en planta II, desde donde se transportan la materia de los patios en camiones o bandas hacia los molinos de crudo, en estos molinos se obtiene un material muy fino, conocido como “harina cruda”, para el proceso de vía seca y pasta cruda para el proceso de vía húmeda (por estar mezclado con agua). Una vez obtenida la harina o pasta cruda, se deposita en los silos de homogeneización respectivos y luego en silos de almacenamiento. En la figura 2.14, se observa el proceso de la etapa.

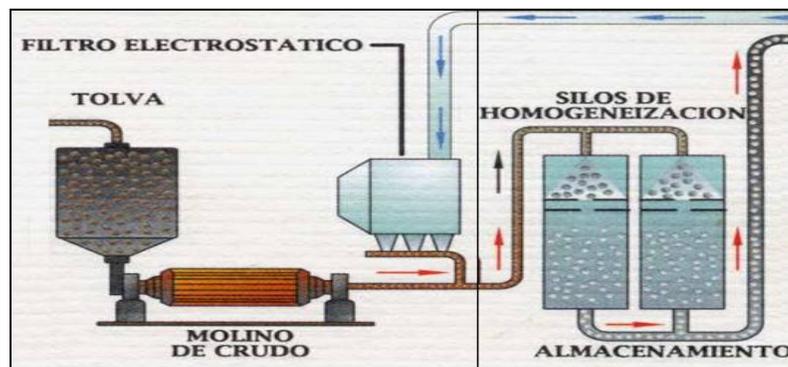


Figura 2.14 Homogeneización de la Materia Prima
(Fuente: Cemex)

La Tercera etapa es la **Producción del Clíinker**, la materia prima es precalentada por las torres de calentamientos ante de entrar a los horno para su cocción a temperatura aproximada de 1.450 °C, luego es enfriado por aire hasta una temperatura de 90°C favoreciendo reacciones químicas que dan lugar al clinker para ser depositado en los silos. La figura 2.15, se muestra la etapa de producción de clinker.

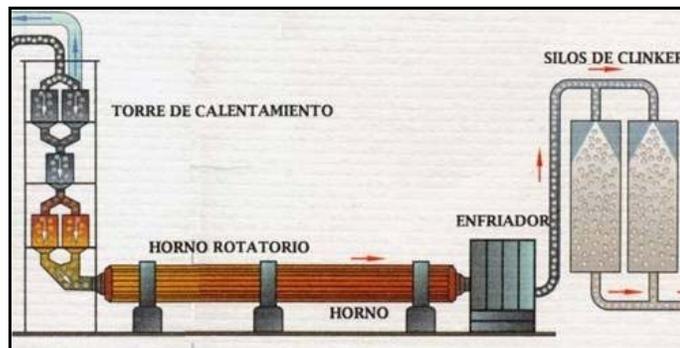


Figura 2.15 Producción de Clinker
(Fuente: Cemex)

La última etapa del proceso es la **Molienda del Cemento y Ensacado** consiste en la alimentación de clinker conjuntamente con pequeñas porciones de yeso el cual actúa como regulador de fraguado y aportador de resistencia, es la única materia prima que entra en la parte final del proceso en los molinos de cemento obteniendo el producto terminado, el cual es bombeado neumáticamente por tuberías y almacenado en silos en el área de ensacado, el cemento es extraído desde los silos por rosca transportadora, haciendo pasar el material por diferentes sistemas y así ser empaquetado en saco de 42,5 Kg. o distribuidos en granel, en camiones y/o barcos. La figura 2.16 muestra de forma general la etapa de molienda de cemento y ensacado, mientras que la figura 2.17 se observa más detallada el área de ensacado.

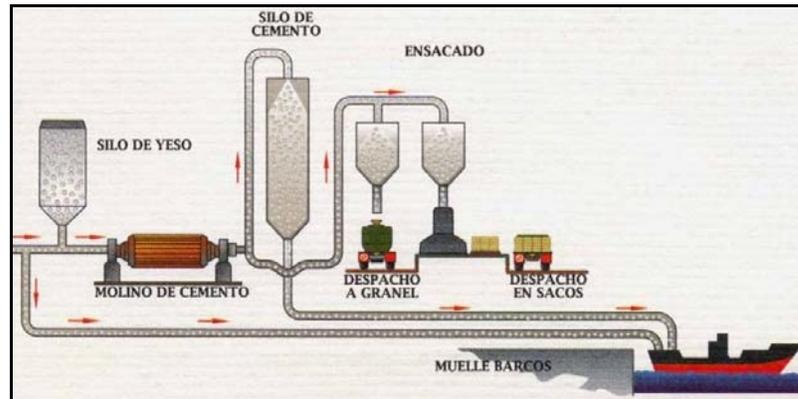


Figura 2.16 Molienda de Cemento
(Fuente: Cemex)

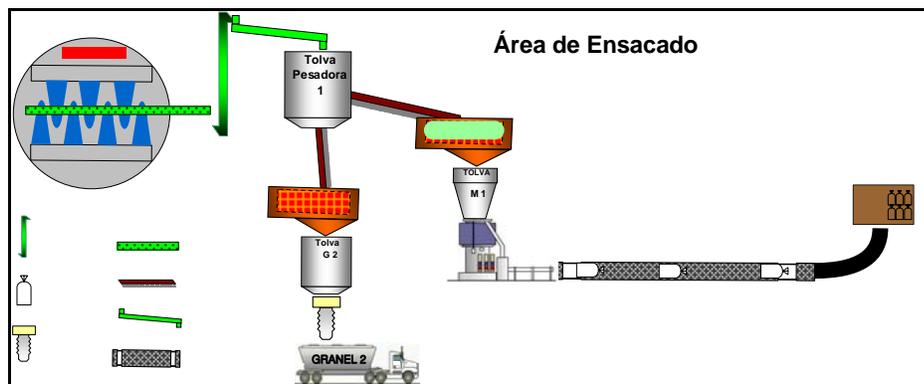


Figura 2.17 Área de Ensacado
(Fuente: Cemex)

La figura 2.18 muestra un esquema integral de todas las etapas del proceso de producción de cemento.

SILO 2
C B A
D E F G

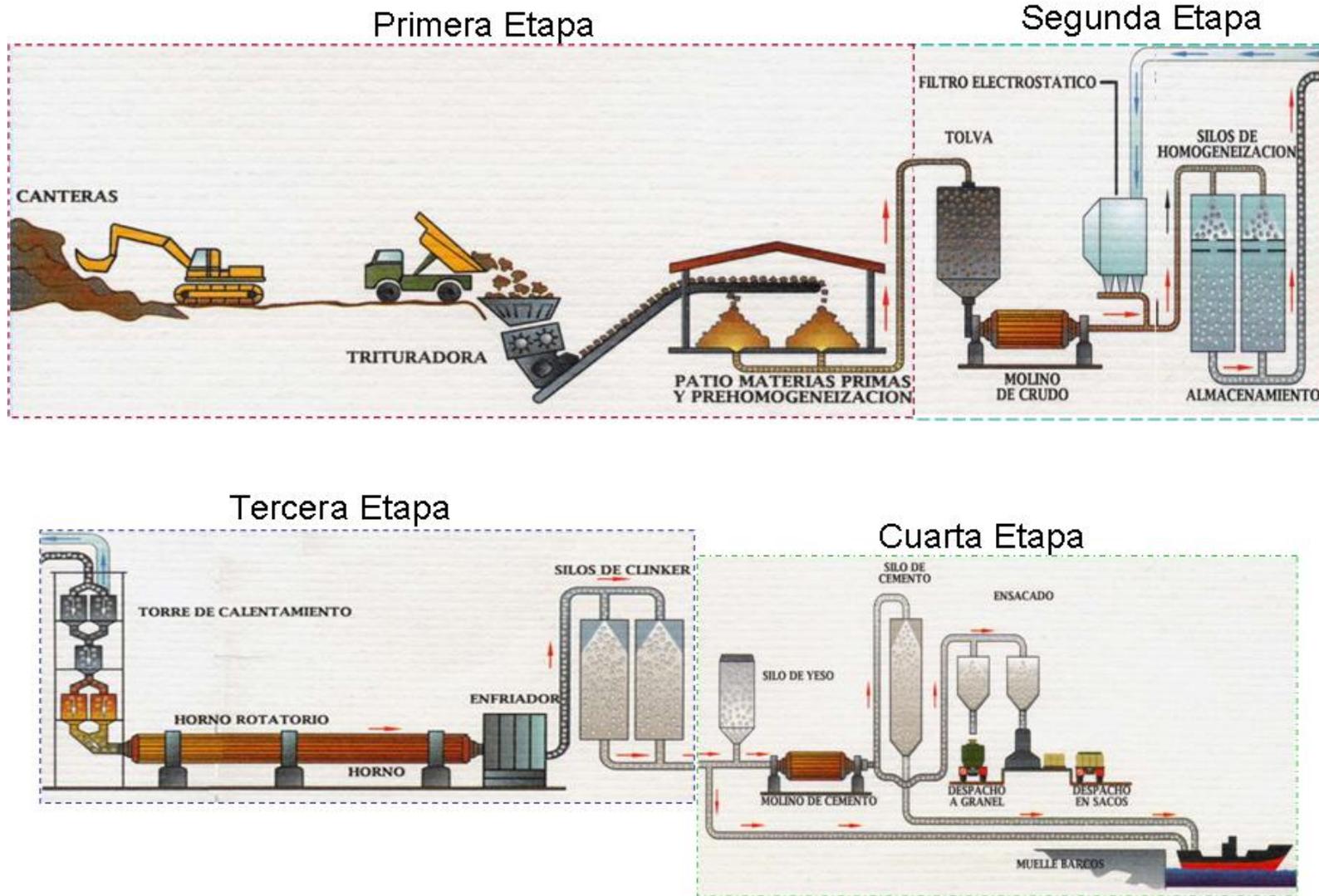


Figura 2.18 Etapas del Proceso de Fabricación de Cemento
(Fuente: Cemex)

CAPÍTULO 3.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Según la Estrategia

Este trabajo de investigación se desarrolló bajo una **Investigación Documental** según la estrategia, ya que se basó en la revisión de fuentes, planos, revista, artículos y documentos bibliográficos, así como también en manuales de especificaciones técnicas de los equipos, procedimientos utilizados en éstos y la consulta de criterios y metodologías de mantenimiento de diversos autores. También se fundamentó en una **Investigación de Campo**, lo cual permitió la recopilación de datos en el tiempo de ejecución y el lugar donde se desarrolló el estudio, la información se obtuvo en el área de la paletizadora pudiéndose de esta forma observar las necesidades físicas reales de las actividades.

3.1.2. Según el Propósito

Referida a una investigación **Aplicada** según el propósito ya que consistió en diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad en el sistema paletizador # 3 del área de ensacado y despacho de cemento y los resultados arrojados permitirán a la empresa mejorar el desempeño de los equipos

3.1.3. Según el Nivel de Conocimiento

Según el nivel de conocimiento la investigación fue de tipo **Descriptiva** debido a que se obtuvo la información acerca del proceso del sistema paletizador para describir, analizar, registrar e interpretar datos sobre la problemática actual.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

La población de este proyecto de investigación se cuantificó en 10 equipos: Vía de Rodillos Locos, Cinta Prensadora, Rodillos Aceleradores, Banda Gira Sacos, Banda de Acumulación, Banda de Transferencia, Rodillos Formadores de Semi Capa, Correas Desplazadoras de Sacos, Rodillos Formadores de Capa, Carro Desplaza Capa mientras que la población humana estuvo conformado por veinticuatro (24) personas que están vinculadas y hacen vida en el área de ensacado.

Muestra:

La muestra, está conformada por los 4 equipos críticos: Rodillos Aceleradores, Banda Gira Sacos, Rodillo Formadores de Semi Capa y las Correas Desplazadoras de Sacos, mientras que la muestra humana fueron ocho (8) personas que conforman el ENT.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización de este trabajo, se revisó y recolectó una serie de datos concernientes a las actividades de planificación y ejecución del mantenimiento, con la finalidad de actualizar y mejorar estas acciones. La información recolectada necesaria para cumplir con los objetivos planteados fue teórica - práctica, Entre las técnicas empleadas se encuentran:

3.3.1. Recopilación Bibliográfica

La recopilación bibliográfica, se realizó para la revisión de documentos bibliográficos así como registro de los equipos relacionados con el funcionamiento del sistema paletizador, se extrajo información importante, que sirvió como punto de partida para dar apoyo a la elaboración del trabajo.

3.3.2. Observación Directa

La observación directa, técnica que permitió visualizar en el área de estudio las condiciones actuales y funcionamiento del sistema paletizador, así como también las actividades desarrolladas en el área, logrando tener una mayor interrelación con el personal del área y poder elaborar el plan de mantenimiento.

3.3.3. Entrevistas con el Personal

La entrevistas con el personal, permitió extraer información del personal que labora en el área siendo el enlace principal con el ENT permitiendo conocer en detalles los trabajos realizados en la paletizadora, así como también el funcionamiento de las condiciones en la que se encontraba el sistema.

3.3.4. La Descripción

La descripción está intrínsecamente relacionada con la observación directa, esta técnica reunió los resultados de las observaciones con el objeto de crear un registro detallado de la información recabada.

3.3.5. Encuestas

La técnica de encuesta, fue utilizada para la adquisición de conocimiento e información directa y específica del personal involucrado directamente con el sistema paletizador en cuanto a la matriz de impacto-esfuerzo así como el análisis de criticidad aplicado en el trabajo.

3.4. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Diagramas de Flujo

El diagrama de flujo, permitió analizar el funcionamiento del sistema paletizador, ayudando a visualizar la configuración de los equipos en el sistema así como también el proceso de fabricación de cemento.

3.4.2. Gráficas

La gráfica, es una técnica que permite ver la información recabada y obtenida del estudio, de una manera que facilita la explicación y el análisis de los resultados de cada objetivo realizado, siendo las gráficas de torta circulares y barras las utilizadas en el trabajo.

3.4.3. Manejo de Programas de Computación

El manejo de programas de computacional, permite reducir el tiempo en la aplicación de formula, en el ordenamiento de datos, así como también la presentación de resultados y búsqueda de la confiabilidad a través del programa Autocom versión 1.0 fueron agilizados con la ayuda y manejo de programas.

3.5. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa I. Revisión Bibliográfica

En esta etapa, se indagó y revisó las fuentes bibliografías en búsqueda de información concerniente al área de mantenimiento y paletizadora de sacos de cemento ya sea en texto, revistas, trabajos de grados previos y en aquellas fuentes que ayudaron al desarrollo del presente trabajo.

Etapa II. Diagnóstico de la Situación Actual del Sistema en Estudio

Esta etapa, fue enfocada al reconocimiento de los sub-sistemas y equipos que conforman el sistema paletizador, así como también los parámetros de funcionamientos de cada equipo el cual se pudo verificar el estado en la que se encontraban los mismos. De igual manera se procedió a la creación del Equipo Natural de Trabajo integrado con el personal técnico cuya responsabilidad fue en tomar decisiones para definir como estimar características no documentadas de acuerdo a la experiencia en el área.

Etapa III. Análisis de Criticidad

Previo al análisis de criticidad, el Equipo Natural de Trabajo, decidió aplicar la matriz Impacto-Esfuerzo a los sub-sistemas que conforman a la paletizadora para orientar los esfuerzos a los que se consideren prioritarios a demás de hacer uso de la metodología DS para la selección de los equipos críticos involucrados en el proceso.

Etapa IV. Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

Se procedió aplicar el Análisis para la identificación de fallas potenciales, antes de que estas ocurran, con el propósito de minimizar o erradicar dichas fallas, identificando los modos de fallas y las consecuencias que estos traen. Además de aplicar el Árbol Lógico de Decisiones para definir el tipo de mantenimiento con su respectiva tarea de mantenimiento.

Etapa V. Estimación de la confiabilidad

En esta etapa de la investigación a pesar de no llevar un histórico sustentable, el ENT consideró utilizar la encuesta, técnicas que permitió complementar los datos del historial de falla facilitado por la empresa y de esta manera estimar la confiabilidad, ya que es de forma directa y específica para la adquisición de información a los integrantes del ENT. La información recolectada de cada uno de los equipos fue de gran ayuda para la elaboración de la data, la cual fue utilizada en el estudio por la distribución paramétrica de weibull y ejecutada a través del programa computacional Autocom en su versión 1.0 diseñado por el Ingeniero Msc Darwin Bravo. Profesor de la Universidad de Oriente para estimar la confiabilidad de los equipos mediante la distribución de Weibull, el cual arroja tres (3) parámetros esenciales para la

confiabilidad de los equipos como los son el parámetro de forma (β), posición (γ) y escala (η), con estos se podrá conocer la fase de vida que se encuentran los equipos (arranque, operación normal, envejecimiento o desgaste), además de conocer el tiempo de intervención para obtener la confiabilidad que rige la empresa y así encausar los planes de mantenimiento venideros hacia una gestión rentable.

Etapa VI. Diseño del Plan de Mantenimiento

A partir de la información contenida en las hojas de trabajo de decisión para cada modo de falla así como las actividades de mantenimiento con su respectiva frecuencia se procedió al diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos críticos de la paletizadora.

Etapa VII. Redacción y Presentación del Trabajo de Grado

En esta etapa se realizó la redacción del trabajo de grado, con el fin de perfeccionar los detalles para ser presentado de acuerdo a lo que contempla la ley.

CAPÍTULO 4.

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. CONTEXTO OPERACIONAL DE LA PALETIZADORA N° 3 DE SACOS DE CEMENTO

La paletizadora de sacos de cemento N° 3, también llamado sistema paletizador, es el último sistema por donde fluye el saco de cemento después de haber pasado por diferentes sistemas desde la extracción, empaquetamiento y traslado de los mismos, posee una producción de 3600 sacos por hora (Sacos/ h) y se encuentra ubicado en el área de ensacado.

Para la creación del contexto operacional fue necesario la agrupación de un equipo multidisciplinario conformado por el personal que laboran en el área. En la tabla 4.1 se muestran los integrantes con sus respectivos cargo que ejercen en la empresa así como la función que delega en del equipo natural de trabajos.

Tabla 4.1 Equipo Natural de Trabajo

Nombre	Cargo en la Empresa	Función en ENT
Pedro Juárez	Coordinador Mantenimiento	Especialista en Proceso
Cesar Villaruel	Coordinador Producción	
José Villahermosa	Planificador	Planificador
Jesús Marcano	Supervisor Mtto Mecánico	Técnico o Supervisores Mantenimiento
Cesar Rivas	Supervisor Mtto Eléctrico	
Jesús Fermín	Supervisor Producción	Operadores o Supervisores Producción
Wilmer Mata	Operador de Sala de Control	
Cesar Mendoza	Seguridad Industrial	SIAHO
Edgar Pérez	Pasante de Ing. Mecánica	Facilitador

4.1.1. Descripción del Proceso Operacional de la Paletizadora N° 3 de Sacos de Cemento.

La paletizadora o sistema paletizador, está conformado por 6 subsistemas; el de Entrada, Banda Transportadora, Transferencias de Sacos, Elevación, Paletas Vacías y Paletas Llenas o de Salidas. Inicia su proceso con el desplazamiento del saco de cemento por vías de rodillos, pasando los sacos por cintas transportadoras, formando filas de sacos que se deslizan sobre láminas de acero hasta el momento en que es colocado sobre la tarima o paleta vacías para la formación de ocho capas con seis sacos de cemento cada capa, para luego ser almacenada en naves estructurales. Estos subsistemas se encuentran conectados en series, donde el funcionamiento será exitoso si y solo si todos los subsistemas tienen un desempeño satisfactorio.

El sistema paletizador # 3, se encuentra en funcionamiento las 24 horas del día, operada en tres turnos (7:00am a 3:00pm; 3:00pm a 11:00pm; 11:00pm a 7:00am) con presencia de supervisores que controlan el proceso, operadores para cargar y descargar las tarimas o paletas y un mecánico de turno.

Los equipos del sistema paletizador, que trabajan con aire comprimido lo hacen con una presión máxima de 6 bar. El sistema posee un filtro de 25 micron a un punto de rocío de 5°C y con una concentración máxima de aceite de 0,05 mg/m³. El sistema trabaja con una potencia eléctrica instalada de 40 kw, a una temperatura permitida de funcionamiento de 55 °C y con tiempo máximo de producción sin paradas de 23,5 horas.

En la figura 4.1 se observa el diagrama de proceso de la paletizadora N° 3 de sacos de cemento, los sub sistema y los equipos correspondientes.

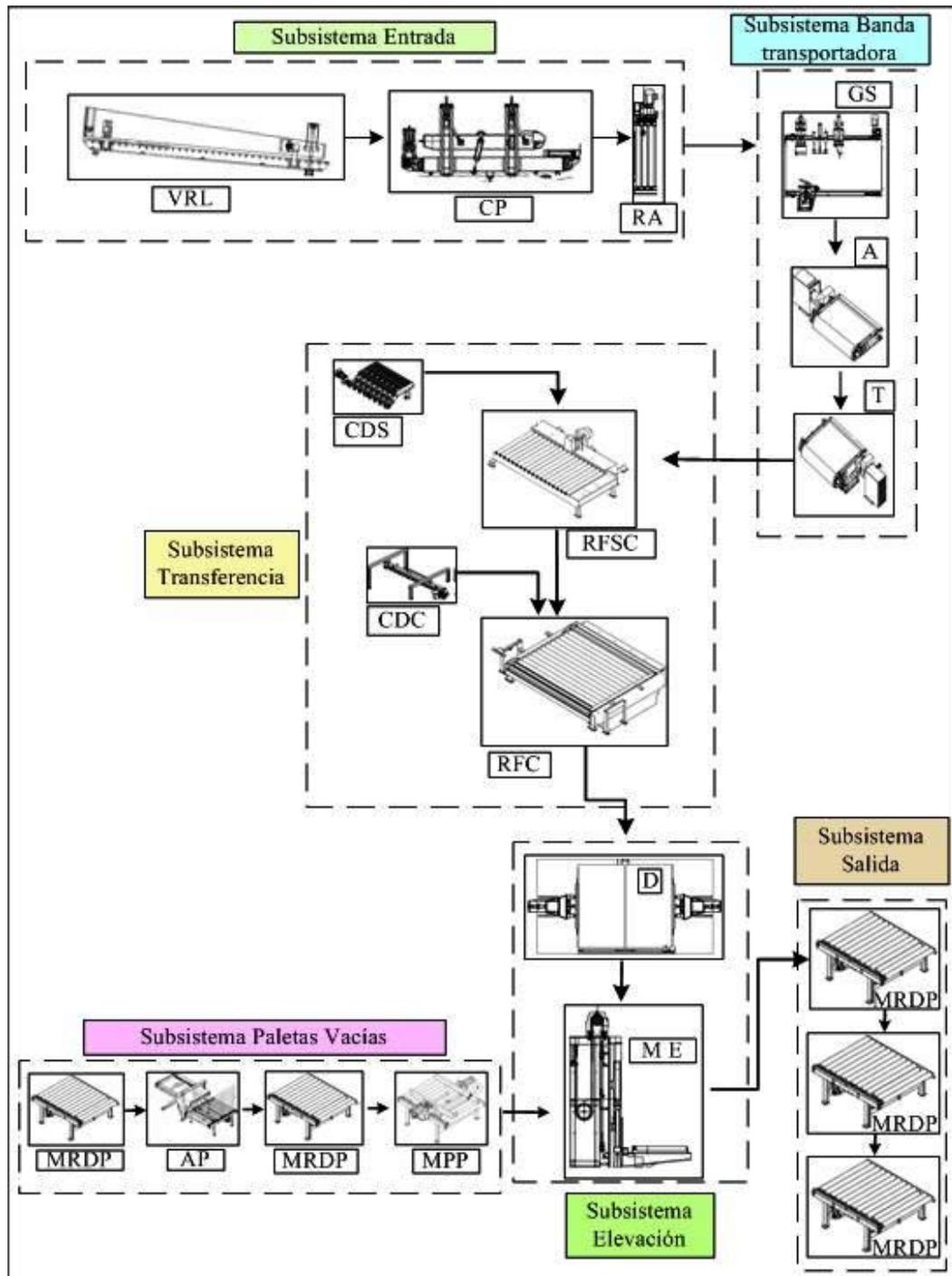


Figura 4.1 Diagrama del Sistema Paletizador
(Fuente: Cemex)

En la tabla 4.2 se muestran los sub-sistemas que conforman el sistema paletizador así como los equipos que lo integran.

Tabla 4.2 Sub-Sistema y Equipos del Sistema Paletizador

Sub-Sistema	Equipo	Código
Entrada	Vía de Rodillos Locos	E-VRL
	Cinta Prensadora	E-CP
	Rodillos aceleradores	E-RA
Banda Transportadora	Banda Gira Sacos	BT-GS
	Banda Acumuladora	BT-A
	Banda Transferencia	BT-T
Transferencia de Sacos	Rodillo Formadores de Semi-Capa	TS-RFSC
	Correas Desplazadoras de Sacos	TS-CDS
	Rodillo Formadores de Capa	TS-RFC
	Carro Desplaza Capa	TS-CDC
Elevación	Diafragma	ELE-D
	Mesa de Elevación	ELE-ME
Paletas Vacías	Mesa de Rodillo Desplaza Paleta	PV-MRDP
	Alimentador de paleta	PV-AP
	Mesa Paleta Prevenida	PV-MPP
Paletas Llenas o de Salida	Mesa de Rodillo Desplaza Paleta	S-MRDP

4.1.2. Diagnóstico de la Situación Actual del Sistema Paletizador

El diagnóstico de la situación actual del sistema paletizador, permite definir y conocer cómo debe funcionar y cómo está funcionando la instalación, los subsistemas y los equipos que lo conforman, mediante la observación directa en pleno funcionamiento, entrevista no estructurada al personal que labora y opera en el sistema, manual del sistema, diagramas elaborados de funcionamiento, planos del sistema, es posible conocer aspectos importantes de diseño como también la operación, las condiciones de trabajo y estándares de funcionamiento los cuales se describen a continuación con la finalidad de conocer su funcionamiento, así como también la función para los

cuales fueron diseñados además del mantenimiento que se lleva a cabo para cada subsistema.

4.1.2.1. Sub-sistema de Entrada

Es el conjunto de equipos, donde se inicia el proceso de paletizado, conformado por 3 unidades la vía de rodillos locos, la cinta prensadora y los rodillos aceleradores. En la figura 4.2 se puede observar como está conformado el sub-sistema de entrada.

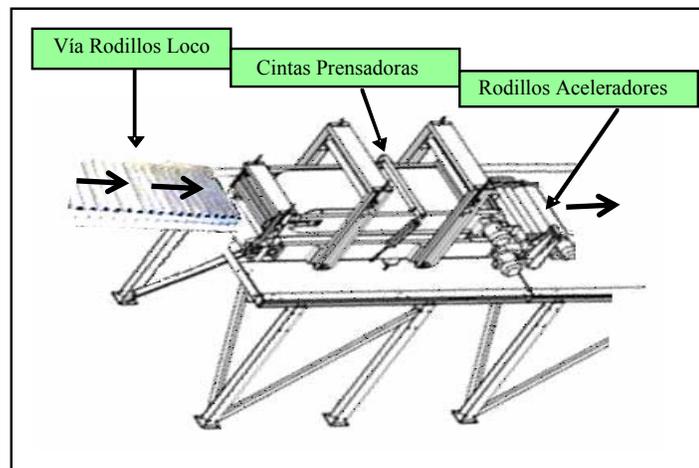


Figura 4.2 Sub-sistema de Entrada.

(Fuente: Propia)

- **Vía de Rodillos Locos (E-VRL)**

La vía de rodillos locos, es el equipo inicial de la paletizadora encargada de recibir el saco de cemento proveniente del área de bandas transportadoras, dicho equipo cuenta con una inclinación de 30° con el suelo permitiéndole el deslizamiento del saco de cemento por 55 rodillos de acero los cuales no se encuentran conectados entre sí, en donde la gravedad es la fuerza de empuje de los sacos, consta de 2 cilindros neumático que trabajan a una presión de 6 bar. Permitiendo la linealidad de los sacos en el momento de la evacuación. La figura 4.3 muestra el equipo de vía de rodillos

locos, mientras que en la tabla 4.3 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

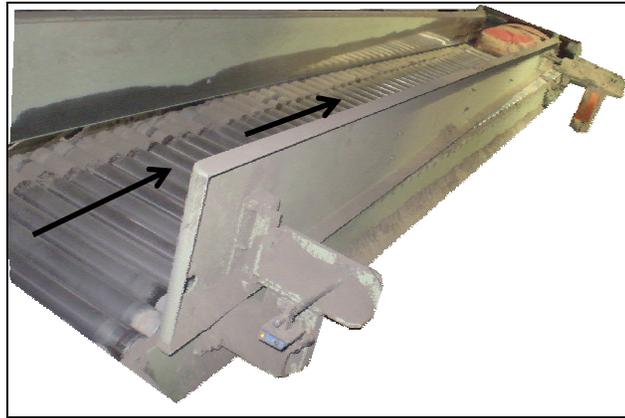


Figura 4.3 Vía de Rodillos Locos.
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.3 Equipo Vía de Rodillos Locos
(Fuente: Propia)

Equipo: Vía Rodillos Loco			Código: E-VRL	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Rodillos	Rulmeca	60/20X608 W150	55	Ø = 60mm L=608 mm Material: Acero Cap. Carga: 153 T/h Temp. -20°C a 80°C
Cilindro Neumático	Parker	P1DSO32MSO100	2	Material: Aluminio y acero Presión: 3-10 bar Ø pistón: 32 mm Carrera pistón: 100 mm Temp. -10 °C a +150 °C

- **Cinta prensadora (E-CP)**

La cintas prensadora, consta de dos cintas de gomas vulcanizadas una superior y otra inferior, de longitudes 4300 mm y 5930 mm. respectivamente, la superior es basculante y permite la introducción de sacos no correctamente posicionados proveniente del equipo de vía de rodillos locos, motorizada por dos motores reductores de potencia 1,1 kw, accionados por un único transformador de frecuencia, este equipo posee dos cilindros neumáticos de aluminio encargados de presionar la

cinta superior contra el saco y este con la inferior a una presión de 6 bar, para darle una desaireación y distribuir el producto en todo su espacio disponible, cuenta con ocho rodillos que hacen deslizar a las cintas. La figura 4.4 muestra el equipo de cinta prensadora, mientras que en la tabla 4.4 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

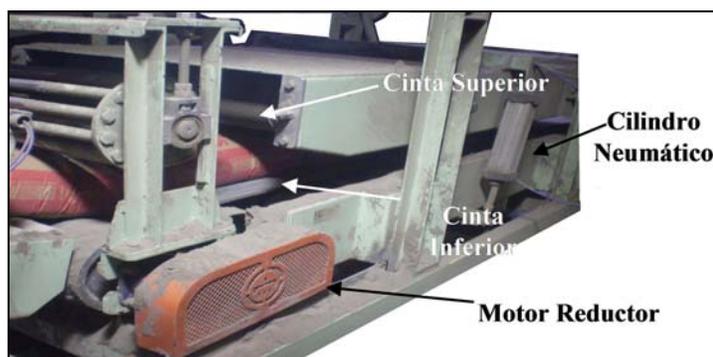


Figura 4.4 Cinta Prensadora.
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.4 Equipo Cinta Prensadora.
(Fuente: Propia)

Equipo: Cinta Prensadora			Código: E-CP	
Descripción	Marca	Código	Cant	Datos técnicos
Cinta Superior	Cervino	650 SV.4300	1	Ancho: 650 mm Largo: 4300 mm Cap. carga: 120 Ton/h Material: Goma Vulcanizada
Cinta Inferior	Cervino	650 SV5930	1	Ancho: 650 mm Largo: 5930 mm Cap carga: 153 Ton/h
Rodillos Guía	Rumelca	30X655 L	8	Ø = 30mm L=655 mm Material: Acero Material: Goma Vulcanizada
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	A47DT90S4	2	Potencia: 1,1 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1740 rpm
Cilindro Neumático	Parker	P1DSO32MSO100	2	Material: Aluminio y acero. Presión: 3-10 bar Ø pistón: 32 mm Carrera vástago: 100 mm Temp. -10 °C a +150 °C
Cilindro Neumático	Parker	P1D-S063MS0250	2	Material: Aluminio y Acero. Presión: 3-10 bar Ø pistón: 63 mm

				Carrera vástago: 250 mm Temp. -10 °C a +150 °C
--	--	--	--	---

- **Rodillos Aceleradores (E-RA)**

Ultimo equipo que comprende el sub-sistema de entrada, conformado por cuatro (4) rodillos conectados entre si por correa de 456 mm de longitud y acoplado a un motor-reductor con potencia de 0,75 Kw, Cada uno de estos rodillos posee a sus alrededor 8 barras de acero de igual longitud que el rodillo con un ancho de 2.5 cm, esto con la finalidad de que los sacos no deslicen sobre los mismos. La figura 4.5 se observa el equipo de rodillos aceleradores, mientras que en la tabla 4.5 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

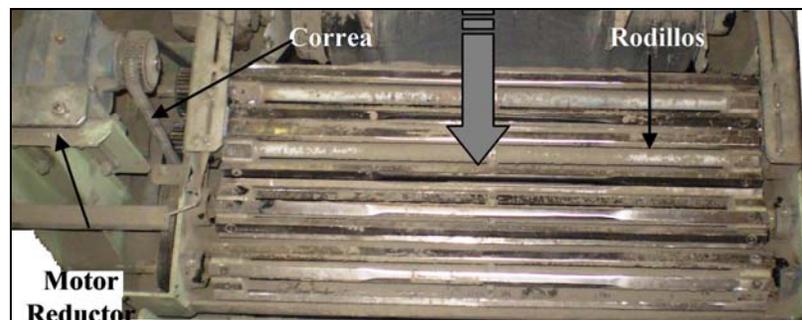


Figura 4.5 Rodillos Aceleradores
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.5 Equipo Rodillos Aceleradores.

(Fuente: Propia)

Equipo: Rodillos aceleradores			Código: E-RA	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Rodillos	Rulmecha	50/20X655 W	4	Ø = 50mm L= 655 mm Material: Acero Temp. -20°C a 80°C
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.R37DT80K2	1	Potencia: 0,75 Kw. Voltaje: 460 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 3300 rpm
Correa	Poly Chain	GT-8M-456X21 3	3	Pasos :8 L = 456mm Anchura 21mm

Correa	Poly Chain	GT-8M-800X21	1	Pasos :8 L = 800mm Anchura: 21mm
--------	------------	--------------	---	-------------------------------------

El sub-sistema de entrada, viene operando de manera normal, en ocasiones presentando fallas por agentes externos como la llegada de saco roto al equipo de vía de rodillos locos, produciéndose atascamiento en los rodamientos de los rodillos por el derrame de material. El paso sucesivo del saco produce el desgaste en el equipo de cinta prensadora por no llevar una inspección constante, la cinta se desprende y paraliza el funcionamiento de la paletizadora de igual forma sucede con el equipo de rodillos aceleradores, la ausencia de supervisión hace que las barra de los rodillos lleguen a desprenderse ocasionando el rompimiento del saco así como el atascamiento de los mismo, esperando de esta manera que el subsistema presente alguna falla para aplicarle el mantenimiento correctivo.

4.1.2.2. Sub-sistema Banda Transportadora

El sub-sistema de banda transportadora, está conformada por tres cintas o bandas transportadoras que son: Banda Gira Sacos, Banda Acumuladora y Banda de Transferencia, todas ellas de diferentes longitudes, encargadas de transportar, girar, acumular y transferir los sacos de cemento. La figura 4.6 se observa como está conformado el sub-sistema de banda transportadora.

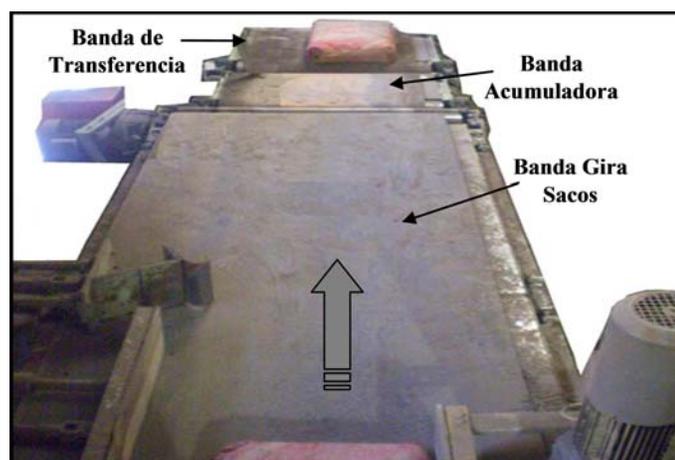


Figura 4.6 Sub-sistema de Banda Transportadora.
(Fuente: Cemex)

- **Banda Gira Saco (BT-GS)**

La banda gira saco, es la primera de las cintas que recibe los sacos de cemento de manera uniforme. Esta cinta de 6450 mm de longitud y 1000 mm de ancho es accionada por un motor reductor de potencia 2,2 Kw, con cinco rodillos a su disposición permitiendo el traslado del saco de cemento por toda su trayectoria. La banda gira saco cuenta con una leva que se acciona mediante un motor reductor de potencia 0,55 Kw, esta se encuentra ubicada en la parte superior y a un borde de la cinta que hace girar el saco, dándole continuidad al traslado del saco hasta llegar a la banda de acumulación. La figura 4.7 se observa la banda gira saco, mientras que en la tabla 4.6 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

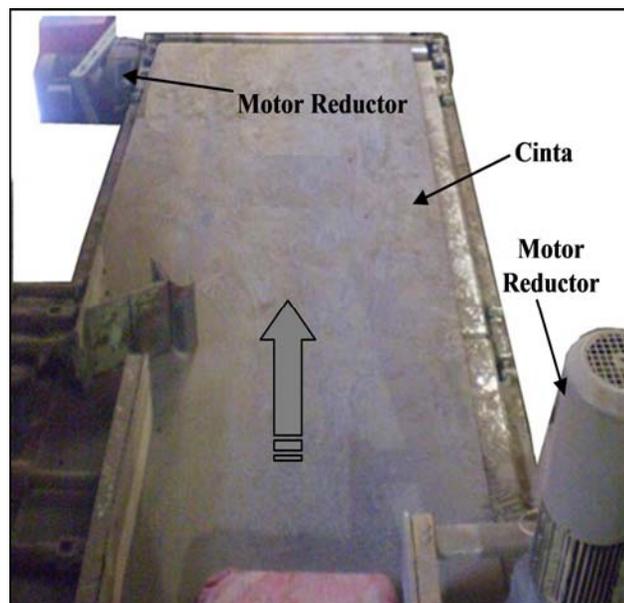


Figura 4.7 Banda Gira Sacos
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.6 Equipo Banda Gira Sacos

(Fuente: Propia)

Equipo: Banda Gira Sacos			Código: BT-GS	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Cinta	Sampla	PV10 1000X6540	1	Ancho: 1000 mm Largo: 6545 mm Cap. carga: 153 Ton/h Material: Goma Vulcanizada
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.FA37DV100M4 BMG	1	Potencia: 2,2 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 2220 rpm
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.RF37DT80N6B MG	1	Potencia: 0,55 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1700 rpm
Rodillo	Parker	D. 89X1066 CH 17	5	Ø = 89mm L=1066 mm Material: Acero Temp. -20°C a 80°C
Rodillo	Parker	D. 38X1160 CH 17	1	Ø = 38mm L=1160 mm Material: Acero Temp. -20°C a 80°C

- **Banda Acumuladora (BT-A)**

La banda de acumulación, trabaja por sensores (fotocélula) de movimiento. Esta banda de 1370 mm de longitud y 800 mm de ancho se desliza sobre dos tambores de 165 mm de diámetro ubicados en los extremos de la estructura a través de un motor reductor con potencia de 1,1 Kw, permitiendo la acumulación de uno o dos sacos después de un cierto intervalo de tiempo necesario para definir la distancia entre los sacos, para luego transferir los sacos hacia la banda de transferencia. La figura 4.8 muestra la banda de acumulación, mientras que en la tabla 4.7 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

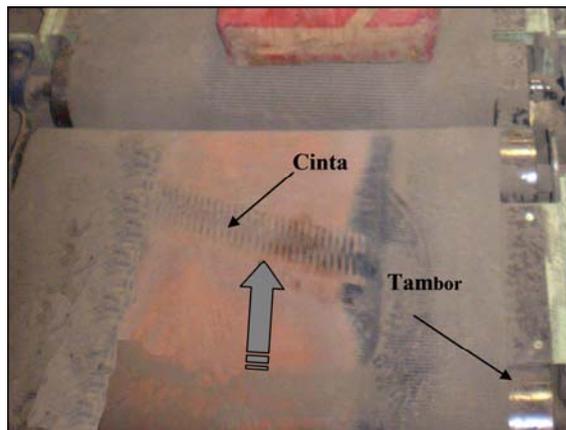


Figura 4.8 Banda Acumuladora.
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.7 Equipo Banda Acumuladora
(Fuente: Propia)

Equipo: Banda Acumuladora			Código: BT-A	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Tambor	Rulmeca	165/20X850 WT	2	Ø = 165mm L=850 mm Material: Acero Temp. -20°C a 60°C
Cinta	Habasit	800 SV.1370	1	Ancho: 800 mm Largo: 1370 mm Cap. carga: 80 Ton/h Material: Goma Vulcanizada
Motor Reductor	Sew Eurodrive	A47DT90S4	1	Potencia: 1,1 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1740 rpm

- **Banda de Transferencia (BT-T)**

La banda de transferencia, es la última banda que funciona de manera sincronizada con la banda de acumulación, tiene una longitud de 1770 mm por 800 mm de ancho con 2 tambores de 165 mm de diámetro ubicados en los extremos de la estructura, gira a través de un motor reductor de potencia 1,1 Kw, tiene la finalidad de agrupar los sacos en fila o columnas de tres sacos para luego ser enviados a los rodillos formadores de semi capa. La figura 4.9 muestra la banda de transferencia, mientras que en la tabla 4.8 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

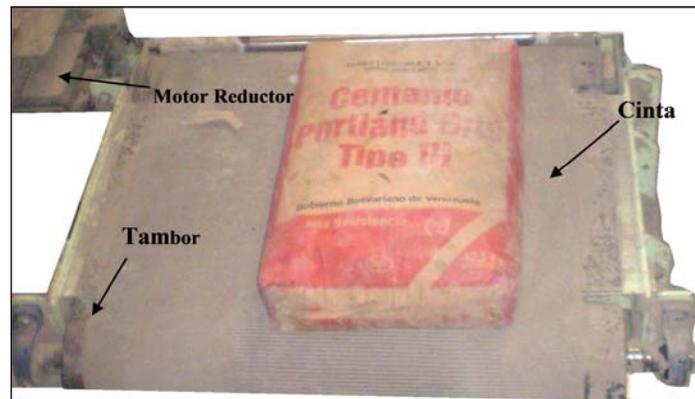


Figura 4.9 Banda de Transferencia.
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.8 Equipo Banda de Transferencia
(Fuente: Propia)

Equipo: Banda Transferencia			Código: BT-T	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Tambor	Rulmeca	165/20X850 WT	2	Ø = 165mm L=850 mm Material: Acero Temp. -20°C a 60°C
Cinta	Sampla	800 SV.1770	1	Ancho: 800 mm Largo: 1770 mm Cap. carga: 80 Ton/h Material: Goma Vulcanizada
Motor Reductor	Sew Eurodrive	A47DT90S4	1	Potencia: 1,1 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1740 rpm

El subsistema de banda transportadora, mantiene su operación de manera satisfactoria, solo se ve afectada por el transcurrir de los sacos de cemento produciendo desgaste en las bandas, sensores de movimiento que se activan por suciedad y golpes, ocasionando la paralización del sistema, la falta de inspección y actividades de mantenimiento hacia los equipos perteneciente al subsistema, provoca perdida de tiempo en la producción y costos innecesarios por la aplicación del mantenimiento correctivo.

4.1.2.3. Sub-sistema Transferencia de Sacos

Este sub-sistema, está conformado por 4 equipos diferentes físicamente pero de igual funcionamiento. Estos equipos son los Rodillos Formadores de Semi Capa, las Correas Desplazadoras de Sacos, los Rodillos Formadores de Capas y el Carro Desplaza Capa. En la figura 4.10 se observa los equipos que conforman el sub-sistema de transferencia de sacos.

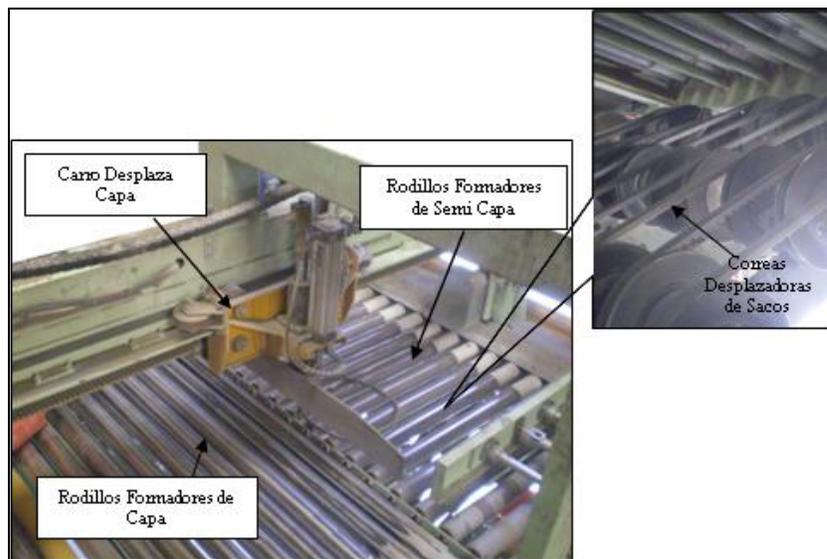


Figura 4.10 Sub-Sistema de Transferencia de Sacos
(Fuente: Cemex)

- **Rodillos Formadores de Semi-Capa (TS-RFSC)**

El equipo de rodillos formadores de semi capa, está compuesto por 18 rodillos de acero con longitud de 898 mm y 70 mm de diámetro, conectados entre sí por 15 correas de 456 mm de longitud y 21 mm de ancho, este equipo es el encargado de recibir los sacos provenientes del sub-sistema anterior, cuenta con un motor reductor de potencia 1,5 Kw, que permite el movimiento controlado provocado por un

variador de frecuencia con el fin de no descomponer las fila. Los rodillos se encuentran separados entre si a una distancia de 50 mm. La figura 4.11 muestra el equipo TS-RFSC, mientras que en la tabla 4.9 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

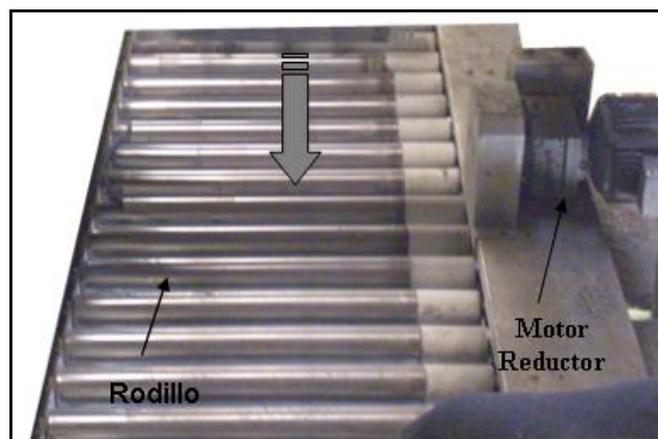


Figura 4.11 Rodillo Formadores de Semi Capa
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.9 Equipo Rodillo Formadores de Semi Capa
(Fuente: Propia)

Equipo Rodillo Formadores Semi-Capa			Código: TS-RFSC	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Rodillo	Rulmeca	70/20X898 C40/C45	18	Ø = 70mm L=898 mm Material: Acero Temp. -20°C a 120°C
Correa	Polychain	GT-8M-456x21	15	Pasos:8 L = 456mm Anchura 21mm
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.R37DT90L4	1	Potencia: 1,5 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz. Velocidad: 1720 rpm

- **Correas Desplazadoras de Sacos (TS-CDS)**

El equipo de correas desplazadoras de sacos, está constituido por 14 correas de 2043 mm de longitud el cual se encuentran en constante movimiento por un motor reductor que genera una potencia de 1,5 Kw, y un cilindro neumático que permite levantar el soporte contenedora de correas a una altura de 350 mm con una presión de 6 bar, de esta manera sobrepasar el nivel del equipo rodillo formadores de semi capa y así desplazar la semi capa de saco de cemento de manera perpendicular hacia el equipo de rodillos formadores de capa. La figura 4.12 muestra el equipo TS-CDS, mientras que en la tabla 4.10 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

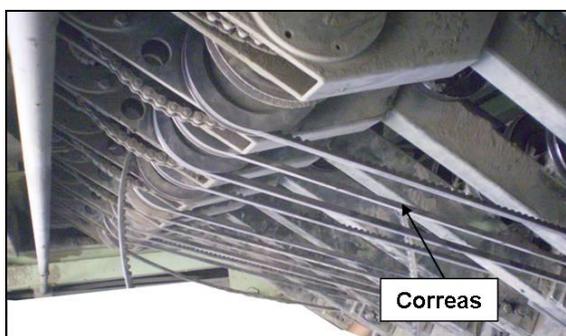


Figura 4.12. Correas Desplazadoras de Sacos
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.10 Equipo Correas Desplazadoras de Sacos
(Fuente: Propia)

Equipo: Correas Desplazadoras de Sacos			Código: TS-CDS	
Descripción	Marca	Código	Cant	Datos técnicos
Correa	Polychain	B79 SV.2000, 17X 16	14	Tipo: B79 L. int. : 2000mm L. Ext.: 2043mm
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.R37DT90L4	1	Potencia: 1,5 Kw. Voltaje: 440V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1720 rpm
Cilindro Neumático	Parker	PH.PNE P1D-S080MS-0100	1	Material: Aluminio y Acero. Presión: 3-10 bar Ø pistón: 80 mm Carrera vástago: 350mm

				Temp. -10 °C a 140 °C
--	--	--	--	-----------------------

- **Rodillos Formadores de Capa (TS-RFC)**

El equipo de rodillos formadores de capa, está conformado por 12 rodillos en total de 1600 mm de longitud, se encuentran conectados entre si por 9 correas de 456 mm de longitud, posee 2 motores reductores de potencia 1.75 kw y 0.75 kw. Los primeros 10 rodillos de 76 mm de diámetro se encuentran cerca de las correas desplazadoras de sacos y entran en movimiento en el mismo momento de la llegada de los sacos, con respecto a los dos últimos rodillos de 70 mm de diámetro mantienen un giro elevado para producir fila de sacos y la no deformación de las capa. La figura 4.13 muestra el equipo Rodillo formadores de capa y la tabla 4.11 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

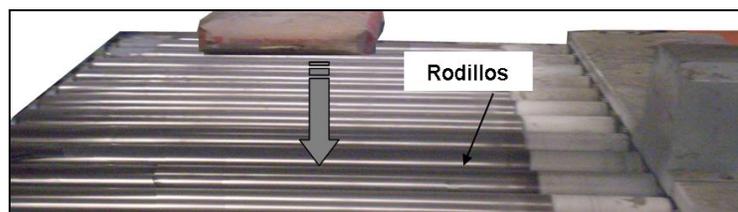


Figura 4.13. Rodillos Formadores de Capa
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.11 Equipo Rodillos Formadores de Capa

(Fuente: Propia)

Equipo: Rodillos Formadores de Capa			Código: TS-RFC	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Rodillo	Rulmeca	76/20X1600 C301/C45	10	Ø = 76mm L=1600 mm Material: Acero. Temp. -20°C a 120°C
Rodillo	Rulmeca	70/20X1600 C40	2	Ø = 70mm L=1600 mm Material: Acero. Temp. -20°C a 120°C
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.R37DT90L4	1	Potencia: 1,5 Kw. Velocidad: 1720 rpm Voltaje: 440V Frecuencia: 60 Hz
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.R27DT80K2BMG	1	Potencia: 0,75 Kw. Velocidad: 3300 rpm Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz
Correa	Polychain	GT-8M-896X21	2	Pasos:8 L = 896mm Ancho: 21mm

Correa	Polychain	GT-8M-456X21 Z57	9	Pasos:8 L = 456mm Ancho: 21mm
--------	-----------	------------------	---	-------------------------------

- **Carro Desplaza Capa (TS-CDC)**

El carro desplaza capa, es el último equipo que realiza el movimiento del sub-sistema de transferencia, compuesto por una estructura metálica que contiene una correa dentada de 7200 mm de longitud por 85 mm de ancho, la cual es accionada por un motor reductor de 2,2 kw. de potencia haciendo deslizar un carro con dos cilindros neumáticos que desciende una distancia de 225 mm a la posición de la capa para trasladar los sacos formados anteriormente. La figura 4.14 muestra el equipo TS-CDC, mientras que en la tabla 4.12 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

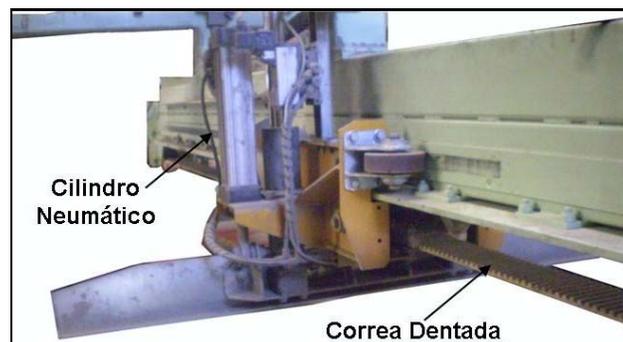


Figura 4.14. Carro Desplaza Capa
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.12 Equipo Carro Desplaza Capa
(Fuente: Propia)

Equipo: Carro Desplaza Capa			Código: TS-CDC	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Cilindro Neumático	Parker	P1D-S050MS-0225	2	Material: Aluminio y Acero. Presión: 3-10 bar Ø pistón: 50 mm Carrera vástago:225mm Temp. -10 °C a 70 °C

Correa Dentada	HDT	14 M SV.7200X85	1	Pasos:14 L = 7200mm Anchura 85mm
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	M.FH67GDV100M4	1	Potencia: 2,2 Kw. Velocidad: 2220 rpm Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz

El sub-sistema de transferencia de sacos, realiza su función de manera satisfactoria, no obstante el no cumplimiento de actividades de mantenimiento conlleva a esperar que los equipos fallen para realizar algún cambio de componente, las poleas de los rodillos sufren agrietamiento con desprendimiento de correas y rodillos. El desplazamiento sucesivo del saco produce desgaste y alargamiento en las correas, rodillos desgastados por la no alineación de las correas en el levantamiento de ellas, por ende la aplicación del mantenimiento correctivo es el que se realiza a los equipos esperando a que falle cualquiera de los componentes para remplazarlos.

4.1.2.4. Sub-sistema de Elevación

El sub-sistema de elevación, es el que posee menos equipos del sistema pero es igual de importante que los demás para el proceso. Está conformado por 2 unidades las cuales son, el Diafragma y la Mesa de Elevación como se observan en la figura 4.15

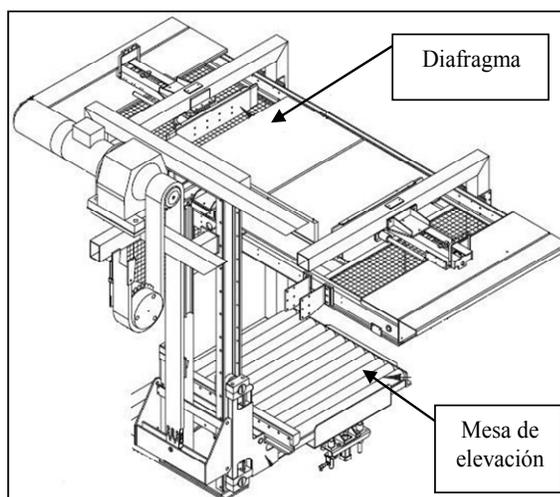


Figura 4.15 Sub-sistema de Elevación.
(Fuente: Cemex)

- **Diafragma (ELE-D)**

El diafragma, está conformado por dos láminas de acero de 3mm de espesor encargadas de recibir las capas de sacos de cemento, consta de igual manera con 4 correas dentadas de 3724 mm de longitud por 55 mm de ancho c/u, ubicadas en el extremo de la parte inferior de la plancha, cuya función es deslizar los planos a lo largo de unas guías, movimiento que ejerce de forma perpendicular al equipo de correas desplazadoras de capa por un motor reductor de 2,2 kw de potencia. La figura 4.16 muestra el equipo de diafragma, mientras que en la tabla 4.13 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

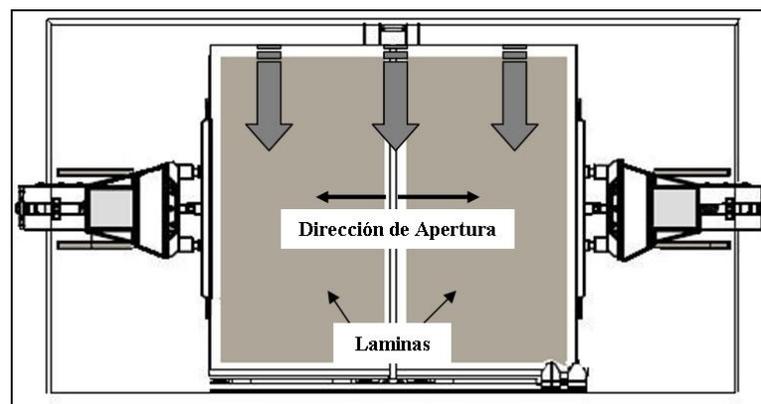


Figura 4.16 Diafragma
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.13 Equipo Diafragma
(Fuente: Propia)

Equipo: Diafragma			Código: ELE-D	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Lámina		-	2	Dimensione: 1600 x 1500 mm Material Acero. Espesor: 3mm

Correa dentada	HDT	14M-55 L=3724	4	Pasos: 14 L = 3724mm Ancho 55mm Material: Goma con Nylon
Motor reductor	Sew-Eurodrive	FH57DV100M4TH	1	Potencia: 2,2Kw. Velocidad: 2220 rpm Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz

- **Mesa de Elevación**

La mesa de elevación, está compuesta por una mesa de 11 rodillos de acero con 1380 mm de longitud, comandada por un motor reductor de 1,1 Kw, de potencia que es utilizado para la evacuación de la tarima llena, a su vez utiliza un motor reductor de 11 kw de potencia para hacer elevar la mesa y así recibir la capa de cemento, previamente a la primera capa, se desliza hasta la mesa de elevación la paleta o tarima vacía que es la encargada de recibir los sacos de cemento, una vez que la capa se ha depositado en la tarima, ésta baja lentamente permitiéndoles que el diafragma se puedan cerrar, esta mesa vuelve a subir para comprimir la capa dándole la uniformidad necesaria para la distribución de ocho capas de cemento en una paleta. Cuando se han depositado todas las capas, esta baja rápidamente para poder evacuar la tarima llena y seguidamente tomar una vacía y subir con velocidad máxima para comenzar el ciclo nuevamente. En la figura 4.17 se muestra el equipo de mesa de elevación y en la tabla 4.14 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

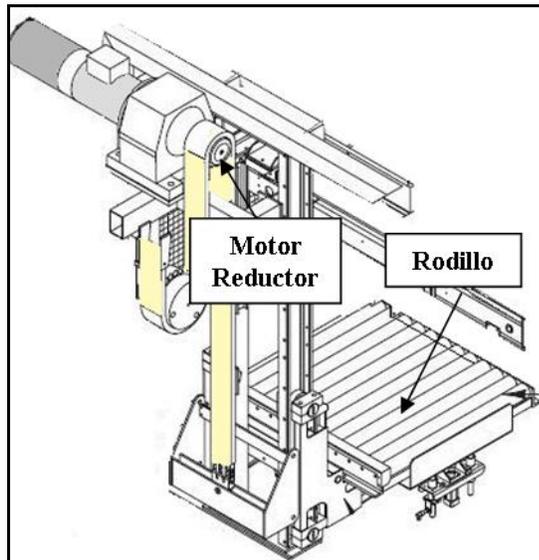


Figura 4.17 Mesa de Elevación
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.14 Equipo Mesa de Elevación
(Fuente: Propia)

Equipo: Mesa Elevación			Código: ELE-ME	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.R137DV160M4BM	1	Potencia: 11 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1740 rpm
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.FH57DV100M4-TH	1	Potencia: 1,1 Kw. Voltaje: 440 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 3330 rpm
Rodillo	Rumelca	D.89 L1380 Z14 5/8"S	3	Ø = 89mm L=1380 mm Material: Acero Temp. -20°C a 100°C
Rodillo	Rumelca	D.95 L1380 Z14 5/8"S	8	Ø = 95mm L=1380 mm Material: Acero Temp. -20°C a 100°C

El subsistema de elevación, se encuentra realizando la función para la cual fue diseñado, el paso sucesivo de sacos produce desgaste en las láminas ocasionando la

detención del proceso, no se cuenta con unas actividades que ayuden aplicarle un mantenimiento preventivo, el rompimiento del saco con las láminas afecta el sistema de levantamiento a través del derrame del material, lo que ocasiona una intervención inmediata no planificada

4.1.2.5. Sub-sistema Paletas Vacías

El sub-sistema de paletas vacías, está conformado por dos mesas de rodillo desplaza paleta, el alimentador de paleta y una mesa de paletas prevenida. En la figura 4.18 se observa como está conformado el sub-sistema de paletas vacías.

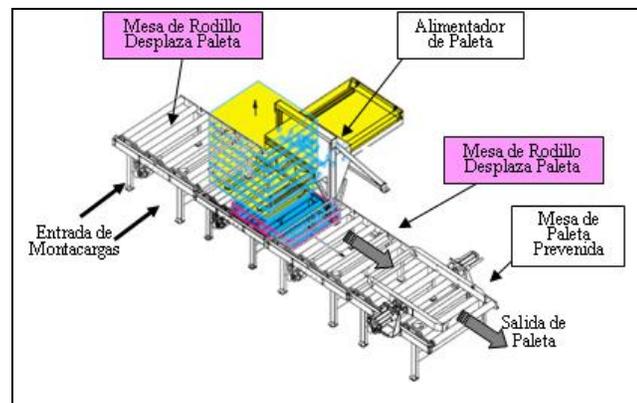


Figura 4.18 Sub-sistema de Paletas Vacías.
(Fuente: Propia)

- **Mesa de Rodillo Desplaza Paleta (PV-MRDP)**

La mesa de rodillo desplaza paleta, está conformada por una estructura metálica que soporta 7 rodillos de acero de 1393 mm de longitud, los cuales se encuentran conectados entre si, motorizados por un motor reductor de 0,37 Kw, de potencia, unos de los rodillos hace la función de paleador de paleta, que no es mas, que un rodillos suspendidos que mantienen un sensor de bloqueo y este registra la presencia de paleta, tiene la función de desplazar la pila de paleta de un lado a otro. La figura 4.19

muestra el equipo mesa de rodillo desplaza paleta, mientras que en la tabla 4.15 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

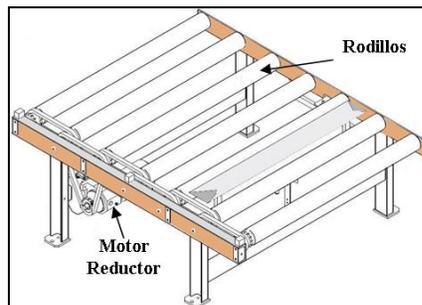


Figura 4.19 Mesa de Rodillo Desplaza Paleta
(Fuente: Propia)

Tabla 4.15 Equipo Mesa de Rodillo Desplaza Paleta
(Fuente: Propia)

Equipo: Mesa de rodillo desplaza paleta			Código: PV-MRDP	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Rodillo	Rumelca	D.89 L=1393 M12	7	Ø: 89mm L=1393 mm Material: Acero Temp. -20°C a 100°C
Motor reductor	Sew-Eurodrive	MR17DT71D4	1	Potencia: 0,37 Kw. Voltaje: 440 Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1700 rpm

- **Alimentador de Paleta (PV-AP)**

El alimentador de paleta, es el encargado de suministrar paleta de la pila de una en una, se encuentra en la parte superior y al borde de una mesa, posee dos uñas de acero que se deslizan perpendicular al movimiento de las paletas para sujetar y levantar la segunda paleta de la pila con un cilindro neumático de 240 mm de diámetro a una presión de 6 bar y así hacer pasar la primera de ellas con el movimiento de los rodillos ejercido por un motor reductor de 0,37 kw de potencia, de ese modo comienza el ciclo hasta no tener mas tarima sobre el alimentador de paletas. La figura

4.20 muestra el equipo alimentador de paleta, mientras que en la tabla 4.16 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

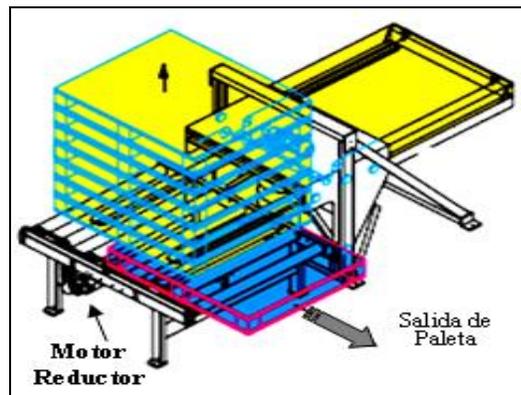


Figura 4.20 Alimentador de Paleta.

(Fuente: Cemex)

Tabla 4.16 Equipo Alimentador de Paleta

(Fuente: Propia)

Equipo: Alimentador de paleta			Código: PV-AP	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Cilindro Neumático	Parker	P-S240MS-0400	1	Material: Aluminio y Acero. Presión: 3-10 bar Ø pistón: 240 mm Carrera vástago: 400mm Temp. -10 °C a 70 °C
Motor Reductor	Sew-Eurodrive	MR17DT71D4	1	Potencia: 0,37 Kw. Voltaje: 440 Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1700 rpm

- **Mesa de Paleta Prevenida (PV-MPP)**

El equipo de la **paleta prevenida**, es una mesa metálica que contiene 7 rodillos de acero de 1393 mm de longitud, un motor reductor de 0,37 kw de potencia que hace girar los rodillos, en la parte superior de la mesa se encuentran dos cilindros neumáticos de aluminio con presión de 3 bar encargados del centraje de la paleta vacía, la paleta proveniente de la mesa anterior queda prevenida. En la figura 4.21 se

muestra el equipo PV-MPP, mientras que en la tabla 4.17 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

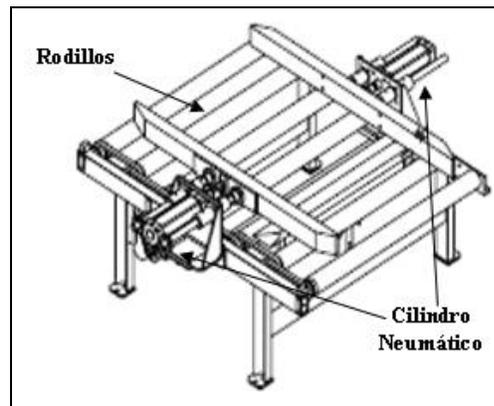


Figura 4.21 Mesa de Paleta Prevenida.

(Fuente: Cemex)

Tabla 4.17 Equipo Mesa de Paleta Prevenida

(Fuente: Propia)

Equipo: Mesa paleta prevenida			Código: PV-MPP	
Descripción	Marca	Código	Cant.	Datos técnicos
Cilindro Neumático	Parker	P1D-S080MS-0200	2	Material: Aluminio y acero. Presión: 3 bar Ø pistón: 80 mm Carrera vástago: 200mm Temp. 0 °C a 50 °C
Rodillo	Rumelca	D.89 L=1393 M12 Z3 3/4"D	7	Ø: 89mm L=1393 mm Material: Acero Temp. -20°C a 100°C
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.R 37DT71D4/2BMG	1	Potencia: 0,25 / 0,37Kw. Voltaje: 440 Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1700 /3320 rpm

Actualmente, el funcionamiento del sub-sistema de paletas vacía está influenciado por agentes externos, como son la selección de paletas deterioradas o rotas, el mal posicionamiento de las pilas de paletas por medio del operador. Esto ocasiona que el movimiento de los rodillos produzcan volcamiento de la paletas sobre

las mesas deteniendo el sistema, también a esto se le añade la falla en el palpador de paleta, que son rodillos suspendidos que se encuentran en la mesa para la detención de la paleta.

4.1.2.6. Sub-sistema Paletas Llenas o de Salida

Este sub-sistema, está conformado por 4 mesas de rodillos desplaza paleta, unidas entre si para el desplazamiento de las paletas llenas, además de ser el último equipo de la paletizadora. En la figura 4.22 se observa como está conformado el sub-sistema de paletas llenas o salida.



Figura 4.22 Sub-sistema de Paletas Llena o Salida.
(Fuente: Cemex)

- **Mesa de Rodillo Desplaza Paleta (S-MRDP)**

La mesa de rodillo desplaza paleta, son 4 mesas que poseen características y capacidades de carga iguales, están conformadas por una estructura metálica que soporta 7 rodillos de acero de 1393 mm de longitud cada mesa, los cuales se encuentran conectados entre si, motorizados por un motor reductor de 0,55 Kw, de potencia para cada mesa, unos de los rodillos hace la función de palpador de paleta, que no es más, que un rodillo suspendido el cual registra la presencia de paleta para su pronta detención e inclusive posee un sensor que indica el movimiento de traslación de la paleta. La función de la mesa, es desplazar la pila de paleta desde la

salida de la mesa de elevación hasta la última mesa donde es sacada por un montacargas para el almacenamiento y despacho. La figura 4.23 muestra el equipo mesa de rodillo desplaza paleta, mientras que en la tabla 4.16 se muestran los estándares de funcionamiento del equipo.

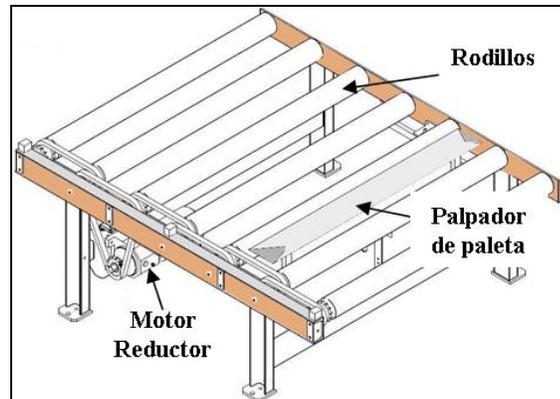


Figura 4.23 Mesa de Rodillo Desplaza Paleta.
(Fuente: Cemex)

Tabla 4.18 Equipo Mesa de Rodillo Desplaza Paleta

(Fuente: Propia)

Equipo: Mesa de rodillo desplaza paleta			Código: S-MRDP	
Descripción	Marca	Código	Cant	Datos técnicos
Rodillo	Rumelca	D.89 L=1393 M12 Z3 3/4"D	24	Ø: 89mm L=1393 mm Material: Acero Temp. -20°C a 100°C
Motor reductor	Sew-Eurodrive	M.R.37DT80K4BMG	4	Potencia: 0,55 Kw. Voltaje: 440 Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 1700 rpm

Actualmente, el sub-sistema de paletas llena o de salida trabaja de manera normal, se ve afectado por el derrame de material con atascamiento en los rodillos, la

mesa no cuenta con una base de soporte para el retiro de las paletas, al momento de retirar las paletas se produce golpes fuertes que fractura a la mesa contenedora, la desalineación en los rodillos y desajuste en el palpador de la mesa.

4.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad, aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función al área de importancia. Dichas áreas se orientan a establecer programas de implantación, mejoras y prioridad a los campos de mantenimiento, inspección, materiales y personal empresarial. Debido a la cantidad de sub-sistemas que conformaban la paletizadora N° 3 de sacos de cemento, el ENT decidió aplicar un análisis de Impacto-Esfuerzo para priorizar y orientar las acciones de mantenimiento.

4.2.1. Análisis Impacto-Esfuerzo

La información técnica y funcionamiento de los equipos obtenidos de los sub-sistemas que conforman el sistema paletizador obligó al ENT a implementar un análisis de Impacto-Esfuerzo previo al análisis de criticidad. Esta metodología permite dirigir las acciones de mantenimiento hacia los sub-sistemas que resulten con prioridades más altas. Análisis que será aplicado a los 6 sub-sistemas que se mencionan a continuación: Sub-sistema Entrada, Sub-sistema de Banda Transportadora, Sub-sistema de Transferencia de Sacos, Sub-sistema de Elevación, Sub-sistema de Paletas Vacías y Sub-sistema de Paletas Llenas o de Salida

La combinación de valores de Impacto y de Esfuerzo, hacen que la metodología priorice la orientación de las acciones de mantenimiento. En la tabla 4.19 se muestra la guía de impacto donde se reflejan los valores numéricos de los factores de la ecuación 2.1 para realizar el estudio de impacto a los sub-sistemas. La matriz fue

adaptada a los requerimientos de la empresa por ejemplo el porcentaje de materia prima de sacos de cemento.

Tabla 4.19 Guía de Impacto

(Fuente: Confima & Consultores)

GUÍA DE IMPACTO	
1. Porcentaje de Sacos de Cemento Afectado	Puntaje
$0 \leq \text{sacos de cemento} \leq 10$	1
$10 < \text{sacos de cemento} \leq 20$	2
$20 < \text{sacos de cemento} \leq 35$	4
$35 < \text{sacos de cemento} \leq 50$	6
$50 < \text{sacos de cemento} \leq 70$	9
$70 < \text{sacos de cemento} \leq 100$	12
2. Tiempo Promedio Para Reparar (TPRR)	
Menor a 4 Horas	1
$4 \leq \text{horas} \leq 8$	2
$8 \leq \text{horas} \leq 24$	4
Más de 24 horas	6
3. Impacto en la Producción de sacos de cemento (Por falla) (IP)	
No Afecta producción	0,05
25 % de impacto	0,3
50 % de impacto	0,5
75 % de impacto	0,8
La impacta totalmente	1
4. Costo de Reparación (CR)	
Menos de 25.000 BSF	3
$25.000 \leq \text{BSF} \leq 50.000$	5
$50.000 \leq \text{BSF} \leq 75.000$	10
Más de 75.000 BSF	25
5. Impacto en Seguridad (IS)	
Bajo	0
Medio	25
Alto	30
6. Impacto Ambiental (IA)	
Bajo	0
Medio	25
Alto	30

El ENT, argumentó que para que se cumpla un 0 % de sacos de cemento afectados en los sub-sistemas en estudio debe de transcurrir sin interrupción la

cantidad de 3600 sacos por horas e igualmente se decidió actualizar de forma estimada y por mayoría los montos de los costos de reparación establecido en la matriz.

A través de la realización de entrevistas al personal que labora en el área, perteneciente o no al equipo natural de trabajo se pudo conocer los datos e informaciones necesarias para la aplicación y ejecución del análisis de Impacto-Esfuerzo. En la tabla 4.20 se muestra un ejemplo de la matriz impacto-esfuerzo para el sub-sistema de entrada.

Tabla 4.20 Ejemplo para el Sub-sistema de Entrada

(Fuente: Propia)

GUÍA DE IMPACTO			
1. Porcentaje de Sacos de Cemento Afectados (PA)		2. Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR)	
0 ≤ sacos de cemento ≤ 10		Menor a 4 Horas	
10 < sacos de cemento ≤ 20		4 ≤ horas ≤ 8	
20 < sacos de cemento ≤ 35		8 ≤ horas ≤ 24	X
35 < sacos de cemento ≤ 50		Más de 24 horas	
50 < sacos de cemento ≤ 70			
70 < sacos de cemento ≤ 100	X		
3. Impacto en la Producción de sacos de cemento (Por falla) (IP)		4. Costo de Reparación (CR)	
No Afecta producción		Menos de 25.000 BSF	
25 % de impacto		25.000 ≤ BSF ≤ 50.000	X
50 % de impacto		50.000 ≤ BSF ≤ 75.000	
75 % de impacto		Más de 75.000 BSF	
La impacta totalmente	X		
5. Impacto en Seguridad (IS)		6. Impacto Ambiental (IA)	
Bajo		Bajo	
Medio	X	Medio	X

Alto			Alto	
------	--	--	------	--

Luego de haber realizado la entrevista a cada integrante del ENT y mediante a aplicación de la ecuación 2.1 se obtuvo el valor de impacto que se muestra a continuación:

$$\text{Impacto} = (\% \text{ P.A} \times \text{TPPR} \times \text{I.P}) + \text{C.R} + \text{I.S} + \text{I.A}$$

$$\text{Impacto} = (12 \times 4 \times 1) + 5 + 25 + 25 = 103$$

Una vez obtenido el valor de 103 para el impacto total del sub-sistema de entrada, es clasificado de acuerdo a la tabla 4.21 la cual indica la escala del impacto.

Tabla 4.21 Criterio de Evaluación de Impacto.

(Fuente: Confima & Consultores)

	Clasificación del Impacto		ESCALA
Evaluación Obtenida	Bajo ($3 \leq$ Ponderación total ≤ 32)		1
	Medio ($32 \leq$ Ponderación total ≤ 97)		3
	Alto ($97 \leq$ Ponderación total ≤ 162)	X	5

Con la tabla 4.22 se obtiene el esfuerzo del sub-sistema de entrada de acuerdo a los criterios que se menciona en dicha tabla. Para este sub-sistema se obtuvo una escala de 3 como se muestra a continuación.

Tabla 4.22 Criterio de Evaluación de Esfuerzo.

(Fuente: Confima & Consultores)

ESFUERZO		ESCALA
Solución directa. Se dispone de recursos propios (Humano, material y repuesto)		1

Se identificaron alternativas de solución, sin embargo no se dispone del 100 % de los recursos para ejecutar la actividad	X	3
Se requiere de la intervención de especialistas externos o recursos no disponibles		5

Con los valores obtenidos del impacto y el esfuerzo se le asigna una prioridad al sub-sistema. En la figura 4.24 y 4.25 se observan la matriz de prioridades y las prioridades según la matriz respectivamente, para el sub-sistema de entrada.

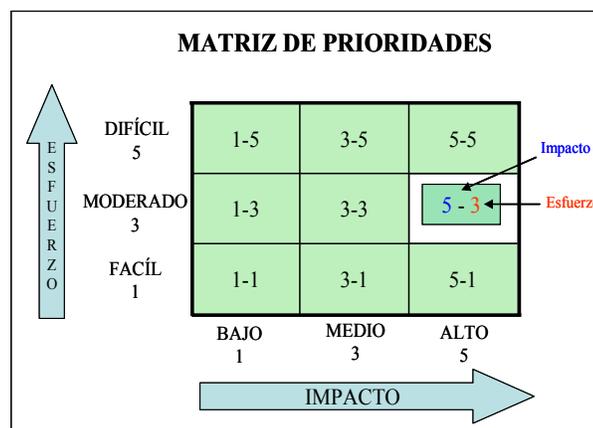


Figura 4.24 Matriz de Prioridad
(Fuente: Confima & Consultores)

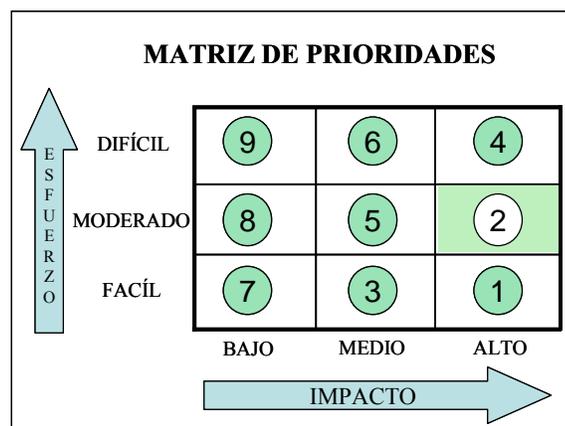


Figura 4.25 Prioridades Según la Matriz
(Fuente: Confima & Consultores)

4.2.1.1. Resultados del Análisis Impacto - Esfuerzo.

Los resultados de la aplicación del análisis de impacto esfuerzo a los subsistemas de la paletizadora se observan en la tabla 4.23 con sus respectivas prioridades para la empresa.

Tabla 4.23 Resultados del Análisis de Impacto-Esfuerzo.

(Fuente: Propia)

Sub-sistemas	% Porcentaje de sacos de cemento afectado	Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)	Impacto en la Producción de sacos de cemento (por falla)	Costo de Reparación	Impacto Seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Total	Escala Impacto	Esfuerzo	PRIORIDAD
Entrada	12	4	1	5	25	25	103	5	3	2
Banda Transportadora	12	4	1	10	30	25	113	5	3	2
Transferencia de sacos	12	4	1	25	30	25	128	5	3	2
Elevación	12	2	1	10	30	25	89	3	3	5
Paletas Vacías	2	2	0,05	10	30	0	40,2	3	3	5
Paletas Llenas o de Salida	9	1	1	5	30	25	69	3	3	5

La aplicación de análisis de impacto esfuerzo a los subsistemas que conforma la paletizadora de sacos de cemento, arrojó de acuerdo a los factores de evaluación tres subsistemas de prioridad para la empresa presentando escala de impacto igual a 2 y escala de esfuerzo igual a 5 para obtener una prioridad de 2 mientras que los otros subsistemas presentaron prioridad de 5 dirigiendo todos los recursos a los sub

sistemas que mas efecto produce. La Figura 4.26 refleja de manera grafica los resultados del análisis de impacto esfuerzo.

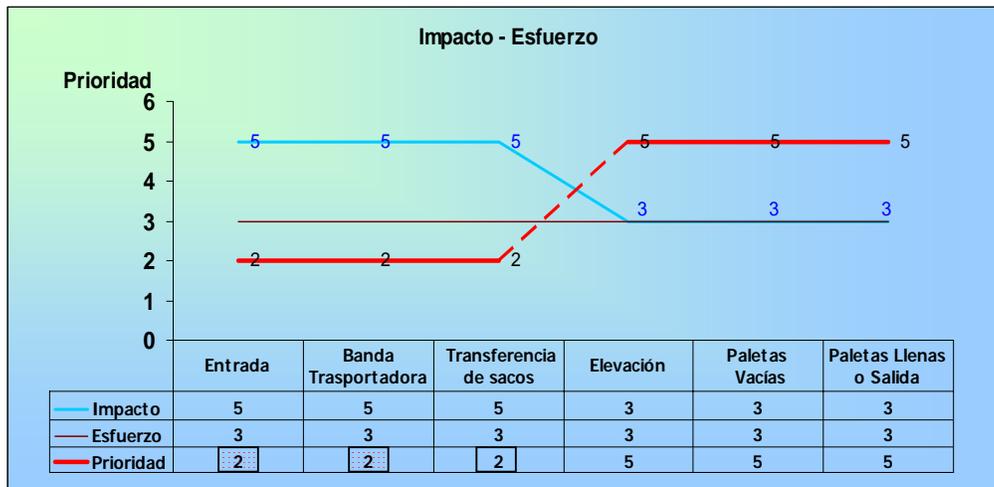


Figura 4.26 Resultado del Análisis Impacto Esfuerzo
(Fuente: Propia)

Describiendo la figura 4.26 se observa que la línea azul esta referida al impacto producido y la línea de color marrón al esfuerzo ejercido en el análisis de los subsistemas de la paletizadora, obteniendo de esta forma la línea de color rojo para definir la prioridad de los subsistemas.

4.2.2. Metodología D.S

Según la matriz impacto-esfuerzo, los sub-sistemas que presentaron un alto impacto con un bajo esfuerzo de acuerdo a la tabla 4.23 fueron los sub-sistemas de Entrada, Banda Transportadora y Transferencia de Sacos. Se procedió a la aplicación de la metodología D.S de análisis de criticidad a los equipos que conforman estos sub-sistemas, los cuales se pueden observar en la tabla 4.24 y así determinar los equipos críticos para facilitar y dirigir todos los esfuerzos y metodología de mantenimiento para el buen funcionamiento del sistema.

Tabla 4.24 Equipos de los Sub-sistemas que tienen Mayor Prioridad

(Fuente: Propia)

Sub-sistema	Equipo	Código
Entrada	Vía Rodillos locos	E-VRL
	Cinta Prensadora	E-CP
	Rodillos Aceleradores	E-RA
Banda Transportadora	Banda Gira Sacos	BT-GS
	Banda Acumuladora	BT-A
	Banda Transferencia	BT-T
Transferencia de Sacos	Rodillo Formadores de Semi-Capa	TS-RFSC
	Correas Desplazadoras de Sacos	TS-CDS
	Rodillo Formadores de Capa	TS-RFC
	Carro Desplaza Capa	TS-CDC

La metodología D.S. para la aplicación del análisis de criticidad, fue la más adecuada en consenso por el ENT, adaptándose a la vida operativa de los equipos de la empresa, dependiendo ésta significativamente de la cantidad y calidad de información que se le maneja a los equipos en estudio, basando sus criterios en factores operacionales y de mantenimiento como se mencionó en el capítulo II.

Esta metodología, otorga distintos valores a los factores para su evaluación, los parámetros pueden ser modificados y adaptados al proceso productivo de una empresa en específico, el ENT decidió hacer el estudio desde enero del año 2009 hasta Agosto del mismo año (8 meses). La información para el análisis de criticidad, fue recopilada mediante entrevistas directas hechas a los integrantes del ENT mediante formatos de encuestas realizadas por el facilitador, esta se puede observar en el apéndice A.

Los criterios seleccionados en la encuesta por el ENT, para el análisis de criticidad se basaron en ponderaciones de acuerdo al conocimiento de los factores de la metodología y el área en que se desempeñan en la empresa obteniendo un porcentaje para cada integrante, dichas ponderaciones se pueden observar en la tabla 4.25 Mientras que en la tabla 4.26 se observa un ejemplo del método de selección para elegir el criterio del factor de disponibilidad de repuesto en el equipo de Rodillos Aceleradores

Tabla 4.25 Ponderación del ENT a los Factores de la Metodología D.S

Nombre	ENT	Ponderación (%)
Pedro Juárez	Especialista en Proceso	20
Cesar Villarroel		
José Villahermosa	Planificador	15
Jesús Marcano	Técnico. y/o Supervisores Mantenimiento	25
Cesar Rivas		
Jesús Fermín	Operadores y/o Supervisores Producción	25
Wilmer Mata		
Cesar Mendoza	SIAHO	10
Edgar Pérez	Facilitador	5
		100 %

Tabla 4.26 Método de Selección para Evaluar el Criterio del Factor Disponibilidad de Repuesto del Equipo Rodillos aceleradores.

Sub-sistema: Entrada	Opciones		
Equipo: E-RA	3 a)	3 b)	3 c)
	$DR \geq 80\%$	$50\% \leq DR \leq 80\%$	$DR < 50\%$
Especialista en Proceso			20
Planificador			15
Supervisores Mantenimiento		25	
Supervisores de producción			25
SIAHO		10	
Facilitador		5	

Criterio seleccionado	3 c)
-----------------------	------

En la tabla 4.27 se muestra un ejemplo de la matriz de criticidad para el equipo de los rodillos aceleradores perteneciente al sub-sistema de Entrada.

Tabla 4.27. Matriz de Criticidad para los Rodillos Aceleradores

		Realizado por: Edgar Pérez		Evento de Control: Enero- Agosto		
		Sistema: Paletizador N° 3		Sub-sistema: Entrada		
		Equipo: Rodillos aceleradores		Código: E-RA		
ÁREAS	FACTOR A EVALUAR	CRITERIOS		PONDERACIÓN	CRITERIO SELECCIONADO	PUNTOS
			Rotativo			
ÁREA DE MANTENIMIENTO	1. FRECUENCIA DE FALLAS OCURRIDAS	1 a)	$F = 1$	1	1b	2
		1 b)	$1 < F \leq 12$	2		
		1 c)	$F > 12$	3		
	2. TIEMPO PROMEDIO FUERA DE SERVICIO EN HORAS (TPFS)	2 a)	$TPFS \leq 4$	1	2b	2
		2b)	$4 < TPFS \leq 8$	2		
		2 c)	$TPFS \geq 8$	3		
	3. DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS (DR)	3 a)	$DR \geq 80\%$	1	3c	3
		3 b)	$50\% \leq DR < 80\%$	2		
		3 c)	$DR < 50\%$	3		
	4. CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CMP)	4 a)	$75\% \leq CMP < 100\%$	1	4b	2
		4 b)	$50\% \leq CMP < 80\%$	2		
		4 c)	$0\% \leq CMP < 50\%$	3		
	5. EFECTIVIDAD (E)	5 a)	$E \geq 80\%$	1	5c	3
		5 b)	$50\% \leq E < 80\%$	2		
		5 c)	$0\% \leq E < 50\%$	3		
	6. BACKLOG (B) SEMANAS	6 a)	$0 \leq B < 2$	1	6b	2
		6 b)	$2 \leq B \leq 5$	2		
		6 c)	$B > 5$	3		
TOTAL DE PUNTOS OBTENIDOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO (Σ A.M.)						14
ÁREA OPERACIONAL	7. TIPO DE CONEXIÓN	7 a)	SISTEMA PARALELO	1	7c	3
		7 b)	COMBINADO	2		
		7 c)	SISTEMA SERIE	3		
	8. Costo de producción	8 a)	Igual a la meta	1	8b	2
		8 b)	Menor a la meta	2		
		8 c)	Mayor a la meta	3		
	9 SEGURIDAD DEL PERSONAL, EQUIPOS Y AMBIENTE	9 a)	SIN CONSECUENCIA	1	9b	2
		9 b)	EFECTO TEMPORAL	2		
		9 c)	EFECTO PERMANENTE	3		
TOTAL DE PUNTOS OBTENIDOS EN EL ÁREA OPERACIONAL (Σ A.O.)						7

% CRITICIDAD DEL EQUIPO = $[K_1 * (\Sigma A.M.) + K_2 * (\Sigma A.O.)] \times 100$	77,7
--	-------------

La criticidad para el equipo banda gira sacos se calculó mediante la ecuación 2.2, donde la constantes del área de mantenimiento K_1 y K_2 para el área operacional fueron las que dispone el autor con valores de 0,028 y 0,055 respectivamente con el de garantizar que el valor de la criticidad nunca supere la cifra 100%.

$$\text{Criticidad} = [K_1 * (\Sigma \text{Á M}) + K_2 * (\Sigma \text{A.O})] * 100$$

$$\text{Criticidad} = [0,028 * (14) + 0,055 * (7)] * 100 = 77,7\%$$

Una vez obtenido el valor de la matriz se estableció la criticidad mediante la tabla 4.28 resultando el equipo ser crítico.

Tabla 4.28 Parámetros para Clasificar la Criticidad de los Equipos

Parámetros para establecer Criticidad		
No Crítico	$32\% \leq \text{Ponderación Total} < 50\%$	
Semi-Crítico	$50\% \leq \text{Ponderación Total} < 70\%$	
Crítico	$\text{Ponderación Total} \geq 70\%$	X

Ya obtenida la información de las encuestas provenientes del ENT con relación a los equipos de los sub-sistemas en estudio, se procedió a vaciar la información en la matriz de criticidad, con la ayuda del programa Microsoft Office Excel 2003, en el cual se elaboró una hoja de cálculo para disminuir el tiempo empleado en los resultados del análisis de criticidad. En la tabla 4.29 se observa los resultados de los criterios seleccionado por el ENT para las distintas áreas de los equipos en estudio.

Tabla 4.29 Resultados de los Criterios en la Metodología D.S

(Fuente: Propia)

		Área Mantenimiento						Área Operacional		
		Cantidad de Fallas (F)	Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TPFS)	Disponibilidad de Repuesto (DR)	Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo (CMP)	Efectividad (E)	Backlog (B)	Tipo de Conexión	Costo de Producción	SIAHO
SubSistema	Equipo									
ENTRADA	Vía de Rodillo Locos	1a	2a	3b	4a	5b	6b	7c	8a	9a
	Cinta Prensadora	1a	2b	3b	4b	5b	6b	7c	8b	9a
	Rodillos Aceleradores	1b	2b	3c	4b	5c	6b	7c	8b	9b
BANDA TRANSPORTADORA	Banda Gira Sacos	1c	2c	3c	4b	5b	6b	7c	8b	9a
	Banda Acumuladora	1b	2b	3b	4b	5a	6b	7c	8a	9a
	Banda Transferencia	1b	2b	3b	4b	5a	6b	7c	8b	9a
	Rodillo Formadores Semi Capa	1c	2c	3c	4a	5b	6b	7c	8c	9a
TRANSFERENCIA DE SACOS	Correas Desplazadoras de Sacos	1c	2c	3b	4c	5b	6c	7c	8b	9b
	Rodillo Formadores de capa	1b	2b	3a	4b	5a	6b	7c	8b	9a
	Carro Desplaza Capa	1a	2a	3a	4b	5a	6b	7c	8b	9a

En la tabla 4.30 se observa la hoja de cálculo que se utilizó para disminuir el tiempo en los resultados del análisis de criticidad

Tabla 4.30 Hoja de Cálculo para el Análisis de Criticidad

REALIZADO POR:	Edgar Pérez		SISTEMA PALETIZADOR N° 3						Metodología D.S.																					
	Área Mantenimiento												Área Operacional																	
	Cantidad de Fallas (F)			Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TPFS)			Disponibilidad de Repuesto (DR)			Cumplimiento Mantenimiento Preventivo (CMP)			Efectividad (E)			Backlog o (B)			Tipo de Conexión						Costo de producción			SIAHO		
	1a)	1b)	1c)	2a)	2b)	2c)	3a)	3b)	3c)	4a)	4b)	4c)	5a)	5b)	5c)	6a)	6b)	6c)	7a)	7b)	7c)				8a)	8b)	8c)	9a)	9b)	9c)
EQUIPO	Fallas = 1	1 < Fallas < 12	Fallas ≥ 12	MTFS ≤ 4	4 ≤ MTFS ≤ 8	MTFS ≥ 8	DR ≥ 80%	50% ≤ DR ≤ 80%	DR < 50%	75% ≤ CMP ≤ 100%	50% ≤ CMP ≤ 75%	0% ≤ CMP ≤ 50%	E ≥ 80%	50% ≤ E ≤ 80%	E < 50%	0 ≤ B < 2	2 ≤ B ≤ 5	B ≥ 5	Sistema Paralelo	Combinación	Sistema Serie	Igual a la Meta	Menor a la Meta	Mayor a la Meta	Sin Consecuencia	Efecto Temporal	Efecto Permanente	Σ Mito	Σ Opera	% CRITICIDAD
E-VRL	1			1				2		1				2		2				3	1				1			9	5	52,7
E-CP	1				2			2			2			2		2				3		2			1			11	6	63,8
E-RA		2			2			3			2			3		2				3		2			2			14	7	77,7
BT-GS			3			3			3		2			2		2					3		2		1			15	6	75,0
BT-A		2			2			2			2		1			2					3	1			1			11	5	58,3
BT-T		2			2			2			2		1			2					3		2		1			11	6	63,8
TS-RFSC			3			3			3	1				2		2					3			3	1			14	7	77,7
TS-CDS			3			3		2						2			3				3		2		2			16	7	83,3
TS-RFC		2			2		1				2		1			2					3		2		1			10	6	61,0
TS-CDC	1			1			1				2		1			2					3		2		1			8	6	55,4

(Fuente: Propia)

4.2.2.1. Resultados del Análisis de Criticidad.

Los resultados del análisis de criticidad de los equipos pertenecientes a los sub-sistemas jerarquizados, se muestran en la tabla 4.31, mientras que en la figura 4.27 se refleja de manera gráfica los resultados del análisis de criticidad.

Tabla 4.31 Clasificación de los Resultados en el Análisis de Criticidad

(Fuente: Propia)

Sub-sistemas	Código	Equipo	% Criticidad	Clasificación
Entrada	E-VRL	Vía de Rodillos Locos	52,7	Semi-Crítico
	E-CP	Cinta Prensadora	63,8	Semi-Crítico
	E-RA	Rodillos Aceleradores	77,7	Crítico
Banda Transportadora	BT-GS	Banda Gira sacos	75,0	Crítico
	BT-A	Banda de Acumulación	58,3	Semi-Crítico
	BT-T	Banda de Transferencia	63,8	Semi-Crítico
Transferencia de Sacos	TS-RFSC	Rodillos Formadores de Semi Capa	77,7	Crítico
	TS-CDS	Correas Desplazadoras de sacos	83,3	Crítico
	TS-RFC	Rodillos formadores de capa	61,0	Semi-Crítico
	TS-CDC	Carro Desplaza Capa	55,4	Semi-Crítico

De acuerdo a los resultados del análisis de criticidad en los sub-sistemas seleccionados, este arrojó que de los 10 equipos que lo conforman 4 de ellos son críticos mientras que el restante son semi críticos (6 equipos). Los planos de estos equipos se pueden observar en el apéndice B. En las figura B.1 a la B.4.

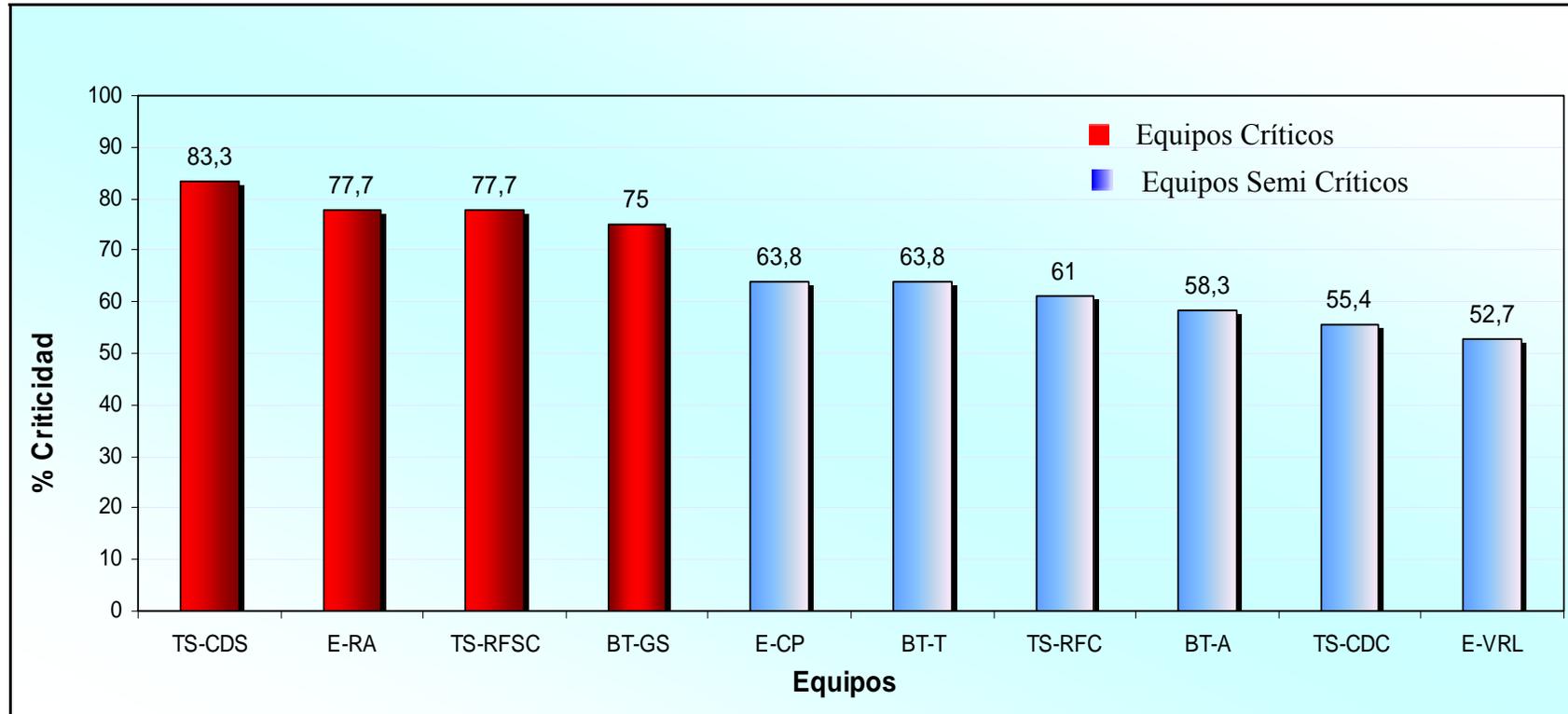


Figura 4.27 Resultado de los Equipos Críticos
(Fuente: Propia)

4.3. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)

El análisis de modo y efecto de fallas, fue aplicado aquellos equipos que resultaron críticos por la aplicación de la metodología D.S. Estos equipos se encuentran descritos en el contexto operacional desarrollado en la primera etapa de este trabajo la cual contiene información concerniente al funcionamiento de los equipos y sus parámetros de operación. En esta etapa se definieron sus funciones principales y secundarias así como también las fallas funcionales, los modos de cada falla funcional y los efectos que produce. Toda la información fue recolectada en la hoja de información las cuales se encuentran en las tablas 4.32 a la 4.35.

- **Funciones del Equipo:** Está referido a lo que el usuario requiere que realice el equipo, esto se logró con información recolectada en manuales de fabricante, observación directa sobre los equipos, consultas a los operadores de igual forma al ENT.
- **Falla Funcionales:** Son criterios bajo los cuales constituyen la negación total y/o parcial de cada una de las funciones, el como puede fallar en la realización de su función.
- **Modo de Falla:** Lo referido a los modos de fallas, el ENT lo definió como cualquier evento que pueda causar la falla funcional del equipo. En consenso con los integrantes del ENT y el manual del fabricante se pudo conocer los modos que intervienen en el estudio.
- **Efecto de Falla:** Es una descripción de lo que ocurre cuando el equipo es detenido por medio de una falla producida por el modo.

Tabla 4.32 Hoja de Información para el Equipo de Rodillos Aceleradores.

		Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09	
		Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 1/ 3	
		Sub-Sistema: Entrada		Equipo: Rodillos aceleradores		Código: E-RA	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?		MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)	
1	Transportar los sacos de cemento a una velocidad promedio 1,8 m/s a razón de 3600 Sacos/H	A	El equipo no transporta los sacos de cemento	1	Componentes mecánicos internos del motor reductor dañados	Alto consumo de energía, altas temperaturas por recalentamiento, no existe ningún movimiento de rodillo, equipo se encuentra fuera de servicio, automáticamente el sistema envía una señal del no funcionamiento del equipo.	
				2	Dispositivos de comunicación dañado	No existe comunicación del equipo con el sistema. El panel de control se encuentra bloqueado, evitando la operación.	
				3	Reductor atascado.	El motor se encuentra encendido pero no existe movimiento, hay un alto consumo de energía lo que tiende a recalentarse y/o quemarse igual que el reductor, el sistema paletizador no esta operativo.	
				4	Motor reductor quemado	No existe ningún movimiento del equipo transportador por ende el sistema se encuentra detenido	
				5	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Se encuentra paralizado el sistema paletizador, por falta de energía para el motor eléctrico.	
				6	Poleas o correas de transmisión dañadas	El motor reductor se encuentra girando sin ninguna carga, produciendo desgaste en la parte interna del mismo y a su vez un alto consumo de energía innecesaria.	
				7	Rodamiento de los soportes para rodillos trancados.	Producto del calentamiento en los rodamientos los rodillos se encuentra paralizados por la falta de lubricación, por ende el equipo se encuentra fuera de servicio lo que acarrea la suspensión del proceso en el sistema paletizador	

Continuación. Tabla 4.32. Hoja de Información para el Equipo de Rodillos Aceleradores.

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 2/ 3
	Sub sistema: Entrada		Equipo: Rodillos aceleradores		Código: E-RA
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?		MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)
	B	El equipo transporta los sacos de cemento con velocidad menor de 1.8 m/s	1	Desgaste en el eje de reductor.	Consumo de energía innecesario para el efecto que produce, produce vibraciones que hace inestable al motor, avance de sacos de cemento lento, produce atascamiento, puede ocasionar ruptura del eje.
			2	Falla en chaveta o pasador.	Altas vibraciones, ruptura de eje de rodillos, desnivelaciones de soportes, abertura de la guía en la polea, desprendimiento de polea, ruptura de correa. El equipo es detenido por el operador y le es notificado al personal de mantenimiento.
			3	Desgaste en los Rodamientos de los rodillos	Los rodillos presentan intensos ruidos produciendo desbalance en los mismos por la falta de lubricación ocasionando el truncamiento y la paralización del sistema.
			4	Falla en polea.	El equipo produce vibraciones, desprendimiento y rupturas de correa de transmisión y sincronismo, elongación de correa, desgaste en el eje de los rodillos.
			5	Correas de transmisión colocadas de mal	Desbalance en las poleas con vibraciones de rodillos, desprendimiento y ruptura de correa, produciendo una transferencia de sacos deficiente

Continuación. Tabla 4.32. Hoja de Información para el Equipo de Rodillos Aceleradores.

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 3/ 3
	Sub-Sistema: Entrada		Equipo: Rodillos aceleradores		Código: E-RA
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?		MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)
			6	Pérdida de Tensión en correa de transmisión	Vibraciones, desbalance en los rodillos los cuales no giran de forma sincronizada, desgaste en los dientes de las poleas, desprendimiento y ruptura de correas.
			7	Falla en las barras de rodillos.	Los sacos de cemento deslizan sin tener la velocidad suficiente produciendo ruido intenso con vibraciones y desgaste en los rodillos, desalineación de los soporte por el golpeteo de las barras, atascamiento en la banda gira sacos ocasionando la paralización del sistema.
			8	Desgaste en el eje del rodillo.	Desbalance de rodillos, vibraciones en los soportes, daño en los rodamientos paralizando el proceso por los operadores.
			9	Rodillos desalineados.	Las barra del los rodillos comienzan a chocar produciendo el desgaste de manera excesiva, con ruido intenso y atascamiento del saco.

Tabla 4.33 Hoja de Información para el Equipo Banda Gira Sacos.

		Realizado por: Edgar Pérez	Revisado por: Jesús Marcano	Fecha: 24/08/09	
		Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3	Hoja: 1/4
		Sub sistema: Banda Transportadora		Equipo: Banda Gira Sacos	Código: BT-GS
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)
1	Transportar sacos de cemento proveniente de los Rodillos Aceleradores a una velocidad de 1.8 m/s	A El equipo no transportar los sacos de cemento	1	Ruptura de Cinta Transportadora.	El equipo se encuentra detenido, no hay operación del sistema paletizador, por lo tanto no hay producción de cemento.
			2	Rodamiento del tambor atascado.	El motor se encuentra encendido pero no posee movimiento alguno, existe un alto consumo de energía lo que tiende a recalentarse y/o quemarse igual que el reductor, el sistema paletizador no opera.
			3	Dispositivos de comunicación dañado	No hay comunicación del equipo con sala de control, el sistema no esta en operación, el panel de control se encuentran bloqueados.
			4	Componentes mecánicos internos del motor reductor dañados	Alto consumo de energía, altas temperaturas por recalentamiento, equipo se encuentra fuera de servicio. El sistema se encuentra detenido.
			5	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Se encuentra paralizado el sistema, por falta de energía para el motor eléctrico.
			6	Motor reductor quemado	No existe ningún movimiento del equipo por ende el sistema se encuentra detenido.

Continuación. Tabla 4.33. Hoja de Información para el Equipo Banda Gira Sacos

	Realizado por: Edgar Pérez	Revisado por: Jesús Marcano	Fecha: 24/08/09																
	Área: Ensacado	Sistema: Paletizador N° 3	Hoja: 2/4																
	Sub sistema: Banda Transportadora	Equipo: Banda Gira Sacos	Código: BT-GS																
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?	EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)																
	B Transporta con una velocidad menor de 1.8 m/s.	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>Elongación de la cinta.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Cinta sin tensar.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Rodillo de giro desalineado.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Desalineación en tambores y rodillos.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Desgaste del tambor de transmisión</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Falla en chaveta o pasador.</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Objetos extraño en el equipo.</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Sensor de movimiento dañado</td> </tr> </table>	1	Elongación de la cinta.	2	Cinta sin tensar.	3	Rodillo de giro desalineado.	4	Desalineación en tambores y rodillos.	5	Desgaste del tambor de transmisión	6	Falla en chaveta o pasador.	7	Objetos extraño en el equipo.	8	Sensor de movimiento dañado	<p>La cinta tiende a deformarse desliza sobre los tambores, puede ocurrir desgaste y ruptura de la cinta, desgaste en rodamiento de los rodillos. La producción de sacos no es la adecuada para cumplir con lo requerido para la empresa</p> <p>El mal deslizamiento de la cinta por la falta de lubricación en tambores y rodillo produce ruido en el equipo así como también vibraciones en el eje del motor reductor ocasionando la demora de los sacos.</p> <p>Mal desplazamiento de la cinta recalentamiento de los soportes, vibraciones en el equipo.</p> <p>Altas vibraciones, ruptura de eje de rodillos desnivelaciones de soportes y poleas.</p> <p>Acumulación de los sacos de cemento, produciendo atascamiento en cinta transportadora y la paralización del proceso automáticamente.</p> <p>La cinta no percibe el saco de cemento, no da señal al gira saco produciendo atascamiento del material se detiene el sistema y se le notifica al personal de mantenimiento.</p>
1	Elongación de la cinta.																		
2	Cinta sin tensar.																		
3	Rodillo de giro desalineado.																		
4	Desalineación en tambores y rodillos.																		
5	Desgaste del tambor de transmisión																		
6	Falla en chaveta o pasador.																		
7	Objetos extraño en el equipo.																		
8	Sensor de movimiento dañado																		

Continuación. Tabla 4.33 Hoja de Información para el Equipo Banda Gira Sacos.

		Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano	Fecha: 24/08/09	
		Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3	Hoja: 3/4	
		Sub sistema: Banda Transportadora		Equipo: Banda Gira Sacos	Código: BT-GS	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?	EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)		
2	Girar los sacos de cemento con una rotación de 90° en dos toque, un primer toque de 30° y el segundo de 60°	A	Es incapaz de girar los sacos de cemento	1	Componentes mecánicos internos del motor reductor dañados	Alto consumo de energía, altas temperatura por recalentamiento, equipo se encuentra fuera de servicio
				2	Dispositivos de comunicación dañado	No hay comunicación del equipo con sala de control, el sistema no esta en operación. Los paneles de control se encuentra bloqueados
				3	Reductor atascado.	Alto consumo de energía en el motor lo que tiende a recalentarse y/o quemarse igual que el reductor, el sistema paletizador no opera.
				4	Sensor de movimiento dañado	El sensor no registra la presencia del saco, haciendo pasar los sacos de forma directa, mal formándolos en los equipos siguientes, deteniendo el sistema.
				5	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Se encuentra paralizado el equipo por falta de energía eléctrica para el motor eléctrico.

Continuación. Tabla 4.33 Hoja de Información para el Equipo Banda Gira Sacos.

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09	
	Área: Ensacado			Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 4/4
	Sub sistema: Banda Transportadora			Equipo: Banda Gira Sacos		Código: BT-GS
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)	
	B	Gira con una rotación diferente a 30°	1	Desgaste en la leva excéntrica	Golpea al saco de manera inadecuada el cual no da seguimiento a la configuración del sistema, el proceso se detiene por el atascamiento de los sacos los cuales pierden su posición.	
			2	Sensor de movimiento dañado	El gira sacos de cemento, emite la señal tarde para el giro produciendo atascamiento de los sacos en la cinta de acumulación y la detención inmediata del sistema	
	C	Gira con una rotación diferente a 60°	1	Mal posicionamiento del rodillo.	Los sacos de cemento no mantienen la dirección adecuada se atascan en el recorrido por acumulación de sacos, se detiene el equipo de manera automática.	
			2	Rodamiento del rodillo de giro trancado.	No hace girar al rodillo, ocasiona el mal posicionamiento de los sacos produciendo atascamiento de los mismos en la cinta transportadora y de esa manera deteniendo el sistema.	

Tabla 4.34 Hoja de Información para el Equipo Rodillos Formadores de Semi capa

		Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha:	24/08/09
		Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja	1/ 3
		Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Rodillo formadores semi capa		Código	TS-RFSC
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)		
1	Transportar los sacos de cemento acumulados en líneas con una velocidad de 1.8 m/s hacia el equipo de rodillos formadores de capa.	A	Transportar los sacos de cemento con una velocidad menor a 1.8 m/s	1	Desgaste en el eje del rodillo.	Desbalance de rodillos produciendo vibraciones en los soportes, daño en los rodamiento La formación de la semi capa requiere mayor tiempo lo que incurre en una pérdida en la producción.	
				2	Pérdida de Tensión en correa de transmisión	Puede ocasionar ruptura de correa, detención o mala sincronización de rodillos, produciendo una desalineación de las poleas, generando vibraciones y calentamiento al eje.	
				3	Falla en chaveta o pasador.	Altas vibraciones, ruptura de eje de rodillos Desnivelaciones de soportes ruptura de correa.	
				4	Rodamiento de los soportes para rodillos trancados.	Produce un recalentamiento en los soportes y ruptura de los rolines, el cambio de los soportes acarrea la paralización del sistema.	
				5	Ruptura de poleas lineales.	Fuertes vibraciones, las correa se rompen los rodillos quedan libres no hay la transferencia de sacos, se produce la acumularon de los mismos y el equipo se detiene paralizando el sistema.	
				6	Desgaste en el eje del motor	Los rodillos comienzan a producir ruido, lo que causas un desgaste en el eje debida a la falta de lubricación en los soporte de los rodamiento, produciendo la paralización del proceso.	
				7	Pérdida de Tensión en correa.	Puede ocasionar ruptura de correa, propenso a desgastar los dientes de las correas, produciendo vibraciones y recalentamiento al motor de mando, ocasionando la paralización del sistema.	

Continuación. Tabla 4.34 Hoja de Información Para el Equipo Rodillos Formadores de semi capa

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 2/ 3
	Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Rodillos formadores semi capa		Código: TS-RFSC
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)	
		8	Desgaste excesivo en borde de correa.	Mal sincronismo con las poleas, ocasionando vibraciones y ruptura de las correas acarreado la detención del sistema.	
		9	Correas de los rodillos mal colocadas.	Se salen las correas de sincronización ocurre ruptura de las mismas, desnivelación y vibraciones en el conjunto de poleas los rodillos quedan de manera libre permitiendo la acumulación de sacos y el atascamiento, por ende la paralización el sistema.	
		10	Rosca aislada o desprendida de los soportes.	Los rodillos se encuentran desajustados produciendo vibraciones al equipo, tiende a desprenderse los rodillos lo que causaría la paralización del sistema.	
		11	Rodillos desalineados.	El constante movimiento produce vibraciones, desgaste en los rodamientos, desprendimiento de los soportes y desalineación de las poleas y por ende la paralización del sistema.	
		12	Objetos extraño en el equipo.	Acumulación de los sacos de cemento produciendo atascamiento en el equipo y la paralización del proceso automáticamente	
		13	Sensor de movimiento dañado	Los rodillos no perciben el saco de cemento, no da señal al motor reductor para que se accione y desplace, produciendo atascamiento del material.	

Continuación. Tabla 4.34 Hoja de Información para el Equipo Rodillos Formadores de semi capa

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 3/ 3
	Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Rodillos formadores semi capa		Código: TS-RFSC
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)
	B	El equipo no transporta los sacos de cemento.	1	Reductor atascado.	Alto consumo de energía en el motor lo que tiende a recalentarse y/o quemarse igual que el reductor, el sistema paletizador no opera.
			2	Desalineación del motor con el reductor.	Consumo de energía, recalentamiento por parte del motor, donde puede sufrir una ruptura del acople o quemadura del motor y reductor.
			3	Componentes mecánicos internos del motor reductor dañados	Alto consumo de energía, altas temperaturas por recalentamiento, equipo se encuentra fuera de servicio y el sistema paletizador detenido.
			4	Dispositivos de comunicación dañado	No existe comunicación del equipo con sala de control el sistema no esta en operación. El panel de control se encuentra bloqueado.
			5	Sensor de movimiento dañado	El sensor no registra la presencia del saco de cemento, y por ende quedan en el lugar hasta que llegan los otros sacos produciendo la deformación de la semi capa y paralizando el sistema.
			6	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Se encuentra paralizado el sistema por falta de energía eléctrica, el motor reducto no ejerce ningún movimiento.

Tabla 4.35 Hoja de Información para el Equipo Correas Desplazadoras Sacos

		Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha:	24/08/09
		Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja	1 / 4
		Sub sistema: Transferencia de Sacos		Equipo: Correas desplazadoras de sacos		Código	TS-CDS
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)		
1	Desplazar las correas desplazadoras de sacos hacia arriba con presión de 6 bar a una distancia de 300 mm, para capturar los sacos de cemento y trasladarlos a los rodillos formadores de capa.	A El equipo no se desplaza hacia arriba	1	Falta de aire en el cilindro neumático	No existe movimiento del cilindro neumático y por ende el sistema se encuentra paralizado.		
			2	Fuga de aire por las conexiones o mangueras.	El sistema se encuentra detenido ya que no existe movimiento sobre el cilindro que pudiera generar el levantamiento del mismo.		
			3	Deformación de cilindro por golpe.	No permite la salida del vástago para desplazarse, el sistema no opera.		
			4	Válvula del cilindro neumático dañada.	No existe el paso de aire comprimido por lo cual hace detener el sistema automáticamente.		
	B El equipo se desplaza hacia arriba pero con una presión menor a 6 bar.	1	Cilindro neumático dañado.	El cilindro extiende el vástago pero no se logra realizar el desplazamiento con lo cual automáticamente se detiene el sistema.			
		2	Desgaste en el vástago.	La presencia de vibraciones se hace presente al momento de subir, al no tener la presión suficiente los sacos quedan acumulados en el equipo de rodillos formadores de capa, de esta manera presentando una mala formación de la misma y la inmediata paralización del sistema.			

Continuación. Tabla 4.35 Hoja de Información para el Equipo Correas Desplazadoras Sacos

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09	
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 2 /4	
	Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Correas desplazadoras de sacos		Código: TS-CDS	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)		
		3	Fuga de aire en la conexión de la electro válvula.	Ruidos, escape de aire, envía una señal de detención del equipo por el desplazamiento vertical, afectando al proceso.		
		4	Ruptura de sellos en el cilindro neumático.	El cilindro trabaja inadecuadamente, con ruido de escape de aire, automáticamente se detiene el sistema para su intervención		
		5	Alineación del soporte de las correas	Existe alta vibración, el recorrido del cilindro neumático se ve afectado y obstruido, los brazos que poseen las correas sufren deformaciones provocando desgaste en las correas desplazadoras de sacos.		
	C	El equipo se desplaza hacia arriba pero no hay desplazamiento de los sacos.	1	Mala instalación de correa.	Las correa tienden a salirse de las poleas, no existe la transferencia de sacos, el equipo se detiene automáticamente.	
			2	Desgaste en el eje del motor	El motor trabaja de manera normal no hay sincronización con el movimiento de las correas produciendo vibraciones al motor y mal funcionamiento del equipo el sistema es detenido de forma inmediata	
			3	Falla en chaveta o pasador.	Altas vibraciones con recalentamiento en la zona de contacto pudiendo ocasionar el desprendimiento de poleas y así la ruptura de correa, eje y rodillos. El sistema es detenido para su intervención.	

Continuación. Tabla 4.35 Hoja de Información para el Equipo Correas Desplazadoras Sacos

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 3 /4
	Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Correas desplazadoras de sacos		Código: TS-CDS
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)	
		4	Desprendimiento del empalme para las cadenas	El ruido excesivo se hace presente con vibraciones constantes por la falta apriete, pudiendo ocasionar el desprendimiento de cadena, soporte, rodamiento de igual forma, deshabilitando el equipo provocando la paralización del sistema.	
		5	Ruptura de cadena.	Se detiene el conjunto de polea que se encuentra en ese brazo, no hay movimiento de la correa por consiguiente queda inhabilitado el brazo.	
		6	Ruptura de piñón.		
		7	Rodamiento de las poleas y rodillos atascado.		
		8	Fractura en polea.	La correa producen ruido extraños, los rodamientos comienzan a vibrar produciendo desgaste, aumentando el riesgo de ruptura de las correas.	
		9	Componentes mecánicos internos del motor reductor dañados	Alto consumo de energía, altas temperatura por recalentamiento, equipo se encuentra fuera de servicio	
		10	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Ausencia de energía eléctrica, el motor reductor del equipo no realiza su función.	
		11	Desalineación del motor con el reductor.	Consumo de energía, recalentamiento por parte del motor, donde puede sufrir una ruptura del acople o quemadura del motor y reductor.	

Continuación. Tabla 4.35 Hoja de Información para el Equipo Correas Desplazadoras Sacos

	Realizado por: Edgar Pérez		Revisado por: Jesús Marcano		Fecha: 24/08/09
	Área: Ensacado		Sistema: Paletizador N° 3		Hoja: 4/4
	Sub sistema: Transferencia de sacos		Equipo: Correas desplazadoras de sacos		Código: TS-CDS
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿PERDIDA DE FUNCIÓN?	MODO DE FALLA ¿QUÉ CAUSA LA FALLA?		EFEECTO DE FALLA (¿QUÉ OCURRE CUANDO FALLA?)	
		12	Reductor atascado.	Alto consumo de energía en el motor lo que tiende a recalentarse y/o quemarse igual que el reductor, el sistema paletizador no opera.	
		13	Dispositivos de comunicación dañado	No existe comunicación del equipo con sala de control el sistema no esta en operación. Los paneles de control se encuentran bloqueados.	
		14	Correas sin tensar.	Transferencias de sacos descontinuo, acumulación y atascamiento de sacos.	
	D El equipo se desplaza hacia arriba, captura los sacos pero desplaza los sacos de forma incorrecta,	1	Levantamiento del cilindro neumático deficiente.	Los sacos se quedan en el equipo de rodillos formadores de semi capa produciendo atascamiento y paralización del sistema.	
		2	Correa desgastada.	Las poleas pegan de los sacos rompiéndolos, la transferencia de sacos es nula produce deformación de filas, causando el derramamiento del material.	
		3	Desajuste de los brazos.	Ruptura de correas por contacto con rodillos, desgaste en las poleas de los brazos, inhabilitación del brazo afectado	

La tabla 4.36, muestra la cantidad de funciones, fallas funcionales, modos y efectos de fallas que se presentaron en el AMEF, mientras que la figura 4.28 muestra de manera porcentual las fallas funcionales para cada equipo crítico. Con este análisis se pudo generar gran cantidad de datos de manera sistemática, ordenada y estructurada,

Tabla 4.36 Resultados del Análisis de Modo y Efecto de Fallas

(Fuente: Propia)

Equipo	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Rodillos Aceleradores	1	2	16	16
Banda Gira sacos	2	5	23	21
Rodillos Formadores de Semi Capa	1	2	19	19
Correas Desplazadoras de Sacos	1	4	26	24
Total	5	13	84	80

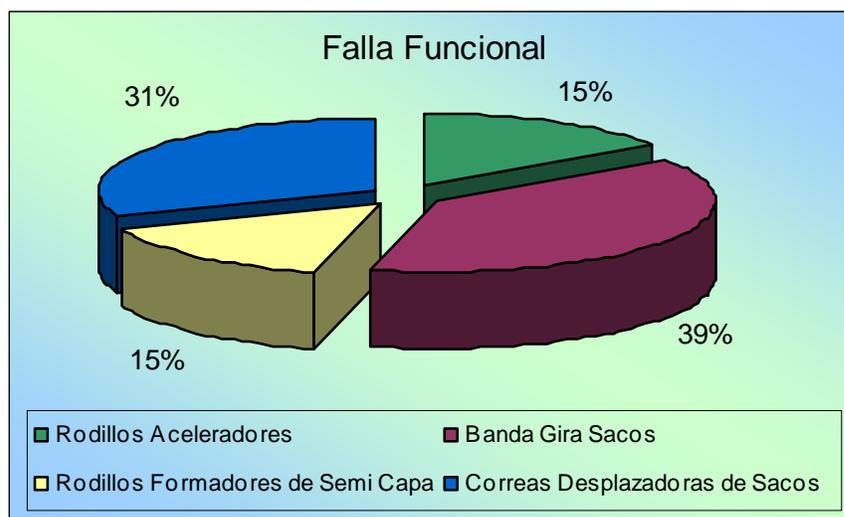


Figura 4.28 Resultados de las Fallas Funcionales de los Equipos Crítico.

(Fuente: Propia)

Los resultados obtenidos en la figura 4.29 y 4.30 muestran de manera porcentual los modos y efectos de fallas respectivamente para cada equipo en estudio.

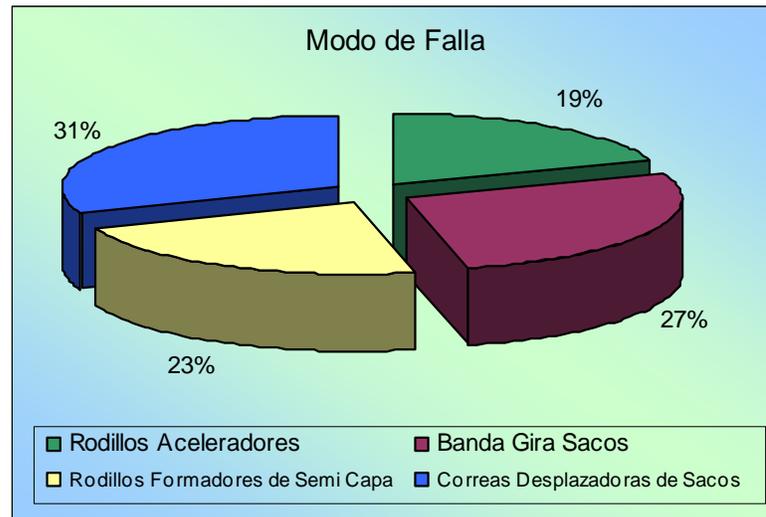


Figura 4.29 Resultados de los Modos de Falla para Cada Equipo
(Fuente: Propia)

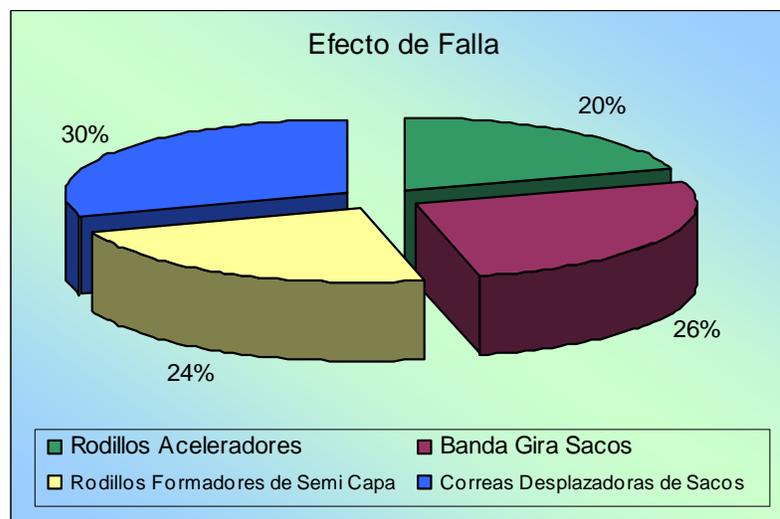


Figura 4.30 Resultados de los Efectos de Falla para Cada Equipo
(Fuente: Propia)

4.4. ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES (ALD)

El Arbol Lógico de Decisiones, responde las últimas 3 preguntas que contemplan el MCC, las cuales indican el tipo de mantenimiento a realizarse según el análisis desarrollado por el AMEF. Siguiendo la secuencia lógica de preguntas dando como respuesta una afirmación o negación de la consecuencia seleccionada, las cuales se basan en: las **consecuencias de la fallas**, que son los impactos que producen cada modo de falla sobre el sistema productivo en el cual forma parte, entre estas consecuencias de falla se encuentran la fallas ocultas o no evidentes a la seguridad o ambiente y las fallas operacionales o no operacionales, seguido del **que hacer para prevenir la falla**, en las cuales se toman acciones para asegurar que los equipos continúen desempeñando las funciones para la cuales fueron diseñados y asignados, estas acciones son preventivas, ya sean como una tarea o condición cíclica, reacondicionamiento cíclico o sustitución cíclica, y como ultima pregunta el **que hacer si no se puede prevenir la falla**, las cuales contemplan las tareas “A FALTA DE” como la tarea cíclica de búsqueda de fallas, o el no realizar ningún mantenimiento preventivo o por su parte el rediseñar, todos estos factores se encuentran descritos en el capítulo II de este trabajo. El ENT en la aplicación de ésta herramienta sostuvo que la consecuencia al medio ambiente por los equipos críticos no generaban impacto en el estudio.

La figura 4.31 muestra la secuencia del Árbol Lógico de Decisiones, que a su vez describe un ejemplo de la aplicación tomando como referencia de información el modo de falla 1.A.1 del equipo rodillos formadores de semi capa, el cual se encuentra denotado por líneas oscura que indica la secuencia de la información. En las tablas 4.37, muestra las hojas de decisiones para el mismo equipo anterior perteneciente al subsistema de transferencia de sacos. Mientras que en el las tabla C.1 a la C.3 del apéndice C se encuentran las hoja de decisiones para los otros equipos críticos.

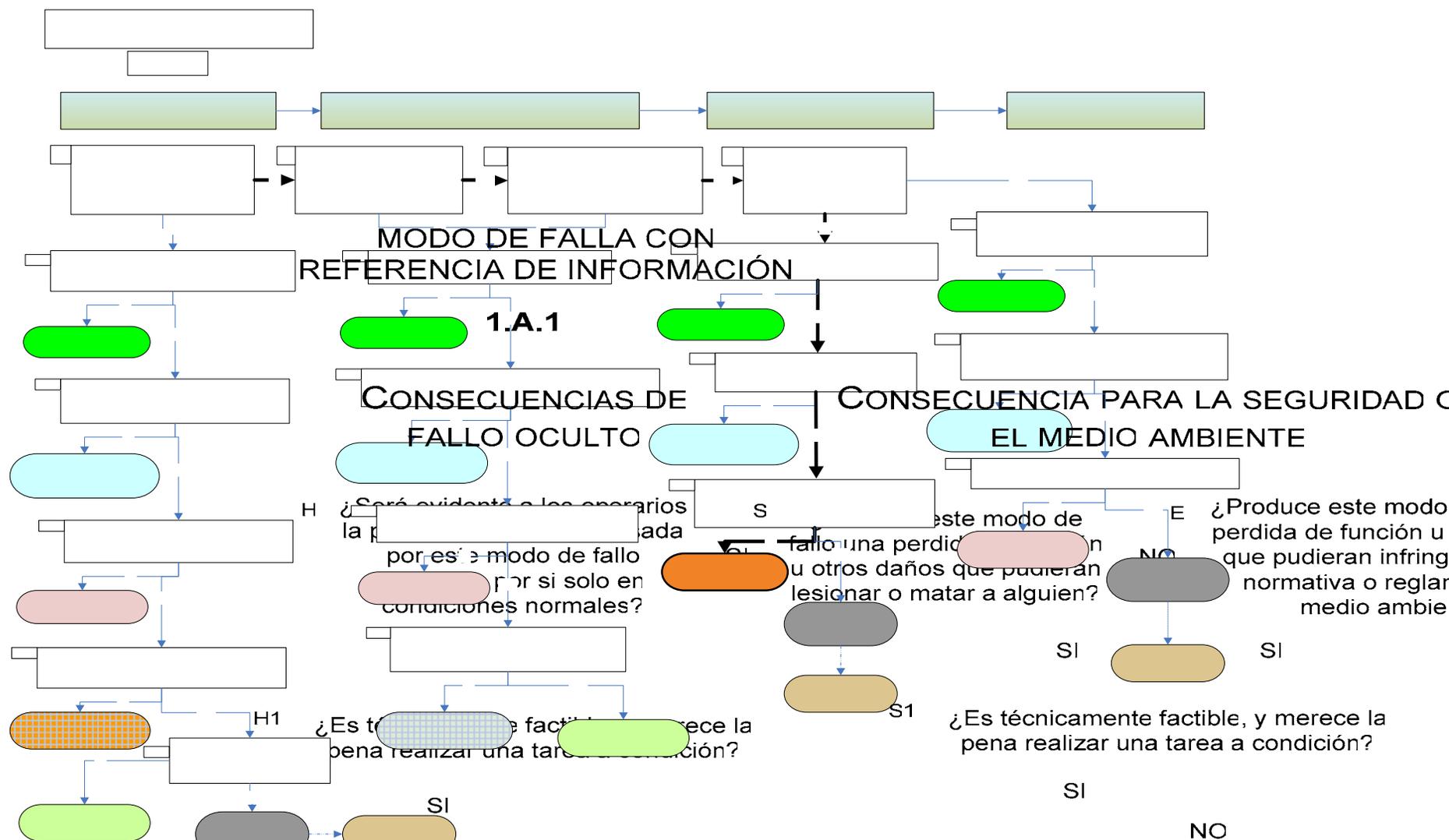


Figura 4.51 Arbol Lógico de Decisiones (Fuente: Confima & Consultores)

H2 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?

S2 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?

Tabla 4.37 Hoja de Decisión para los Rodillos Formadores de Semi Capa

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN DEL MCC							SISTEMA PALETIZADOR N° 3						REALIZADO POR:	FECHA:	HOJA:
							SUB SISTEMA TRANSFERENCIA DE SACOS						EDGAR PEREZ		
							EQUIPOS:			CÓDIGOS:			REVISADO POR:	FECHA:	DE:
							Rodillo Formadores de Semi Capa			TS-RFSC			Jesús Marcano		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS “A FALTA DE”			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de sustitución cíclica: Reemplazar el rodillo, verificar en el momento de reemplazar el estado de las poleas y rodamientos de ser necesario reemplazar al momento de ser intervenido	6 Meses	Mecánico/ Ayudante
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Tensar la correa de transmisión al momento de intervenir el equipo	3 Meses	Mecánico/ Ayudante
1	A	3	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Verificar el estado del pasador, de ser necesario reparar y/o cambiar	3 Meses	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Monitorear la temperatura, verificar la existencia de ruido y vibraciones en los rodamientos de los rodillos. Inspeccionar visualmente el eje del rodillo	3 Meses	Inspector Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento preventivo: Al romper la polea reemplazarla, Verificar visualmente el eje del rodillo y condiciones de la correas.	-	Mecánico
1	A	6	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Verificar la existencia de ruidos, vibraciones y mediciones de la holgura entre el eje del motor y los rodamientos de la polea.	3 Meses	Inspector Mtto

Continuación. Tabla 4.37 Hoja de Decisión para los Rodillos Formadores de Semi Capa

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN DEL MCC							SISTEMA PALETIZADOR N° 3						REALIZADO POR:	FECHA:	HOJA:		
							SUB SISTEMA TRANSFERENCIA DE SACOS						EDGAR PEREZ				
							EQUIPOS:			CÓDIGOS:			REVISADO POR:	FECHA:	DE:		
							Rodillo Formadores de Semi Capa			TS-RFSC			Jesús Marcano			24/09/09	3
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS “A FALTA DE”			TAREAS PROPUESTAS			FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4					
1	A	7	S	N	N	S	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Tensar la correa de transmisión al momento de intervenir el equipo			3 Meses	Mecánico
1	A	8	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de sustitución cíclico: Reemplazar correa, verificar el estado de las poleas de ser necesario reparar o cambiar, al momento de ser intervenido el equipo.			3 Meses	Mecánico/ Ayudante
1	A	9	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Verificar el estado de las correas y poleas visualmente, reemplazar de ser necesario			3 Meses	Mecánico/ Ayudante
1	A	10	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento preventivo: Ajustar de manera adecuada las rosca, de ser necesario cambiar el soporte			-	Mecánico/ Ayudante
1	A	11	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Verificar la existencia de ruido y vibraciones en los rodillos, alinear de ser necesario o de lo contrario reparar o reemplazar.			3 Meses	Mecánico/ Ayudante
1	A	12	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Verificar la presencia de objeto extraño, sacos de cemento mal posicionado alrededor del equipo en caso de existir retirar			Diario	Supervisores Mantenimiento
1	A	13	S	N	N	S	N	S					Tarea a reacondicionamiento cíclico: Limpiar, nivelar los sensores en caso de daño reemplazar			Diario	Operador del equipo

Continuación. Tabla 4.37 Hoja de Decisión para los Rodillos Formadores de Semi Capa

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN DEL MCC							SISTEMA PALETIZADOR N° 3						REALIZADO POR:	FECHA:	HOJA:
							SUB SISTEMA TRANSFERENCIA DE SACOS						EDGAR PEREZ		
							EQUIPOS:			CÓDIGOS:			REVISADO POR:	FECHA:	DE:
							Rodillo Formadores de Semi Capa			TS-RFSC			Jesús Marcano		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	TAREAS "A FALTA DE"			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	B	1	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Monitorear la temperatura, verificar la existencia de ruido y vibraciones en los rodamiento del reductor, mantener el nivel de lubricación adecuado.	3 Meses	Inspector Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Chequear la alineación, verificar la existencia de ruidos o vibraciones en el motor reductor, en caso de existir detener el equipo y reparar.	3 Meses	Supervisor Mecánico/ Ayudante
1	B	3	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Realizar monitoreo de la temperatura y presencia de vibración en el motor reductor	Mensual	Inspector Mtto
1	B	4	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Verificar las conexiones de comunicaciones del panel de control al equipo	6 Meses	Operador sala control/ Electricista
1	B	5	S	N	N	S	N	S					Tarea a reacondicionamiento cíclico: Limpiar, nivelar los sensores en caso de daño reemplazar	Diario	Operador del Equipo
1	B	6	S	N	N	S	S						Tarea a Condición: Verificar las conexiones eléctricas del motor. Si es necesario realizar tomas alternas.	6 Meses	Electricista/ Ayudante

4.4.1. Resultado de la Aplicación del ALD

La tabla 4.38 muestra los tipos de mantenimientos a los equipos críticos. Mientras que la figura 4.32 muestra de manera porcentual las tareas propuestas por y las tareas a condición para los equipos críticos respectivamente.

Tabla 4.38 Tareas de Mantenimiento a los Equipos Críticos.

(Fuente: Propia)

Equipo	Tarea para el Mto Preventivo			Tarea para el Mto Correctivo			Modo de Falla
	A Condición	Reacondicionamiento Cíclico	Sustitución Cíclica	Búsqueda de falla	Ningún Mto Preventivo	Rediseño	
Rodillos Aceleradores	15	0	0	0	1	0	16
Banda Gira Sacos	13	6	3	0	1	0	23
Rodillos Formadores Semi Capa	11	4	2	0	2	0	19
Correas Desplazadoras de Sacos	17	2	1	0	6	0	26
Total	56	12	6	0	10	0	84

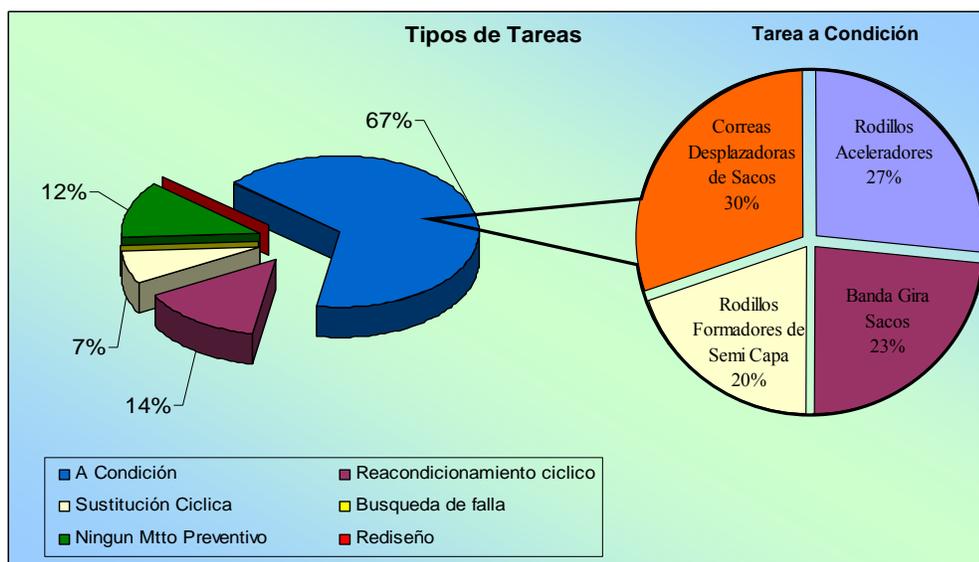


Figura 4.32 Distribución Porcentual de las Tareas Propuesta
(Fuente: Propia)

La tabla 4.39 muestra los tipos de mantenimiento a los equipos en estudio, mientras que la figuras 4.33, muestran la distribución porcentual de los mismos.

Tabla 4.39 Tipos de Mantenimientos para las Distintas Tareas
(Fuente: Propia)

Tareas	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Correctivo
A Condición	56 (66,5 %)	-
Reacondicionamiento cíclico	12 (14,3 %)	-
Sustitución Cíclica	6 (7,2 %)	-
Búsqueda de falla	-	0
Ningún Mtto Preventivo	-	10 (12 %)
Rediseño	-	0
Total	74 (88 %)	10 (12 %)



Figura 4.33 Distribución Porcentual de los Tipos de Mantenimientos.
(Fuente: Propia)

La figura 4.34 y 4.35 se observan de manera porcentual el total de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo respectivamente.

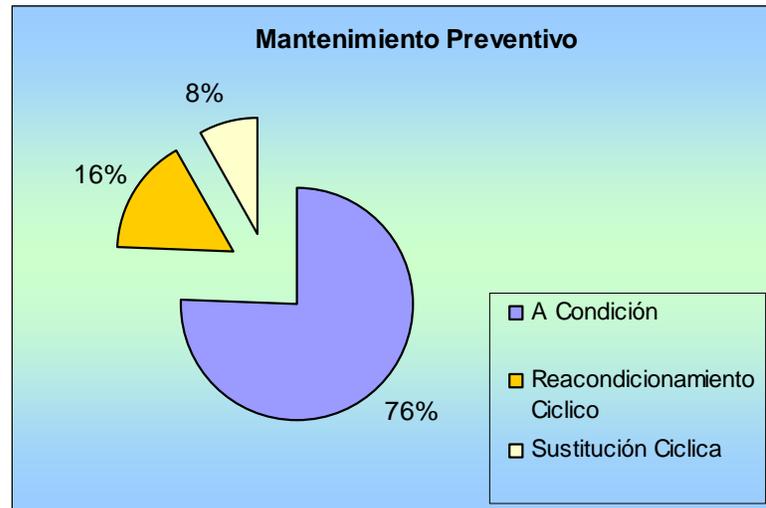


Figura 4.34 Tareas del Mantenimiento Preventivo
(Fuente: Propia)

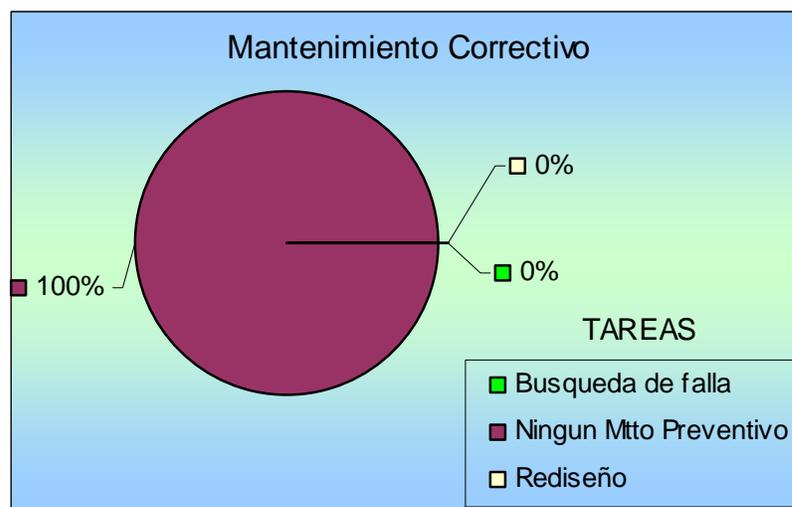


Figura 4.35 Tareas del Mantenimiento Correctivo
(Fuente: Propia)

La tabla 4.40 muestra las cantidades de consecuencias por modo de falla para los equipo en estudio. Mientras que en la figura 4.36 se observa de manera porcentual las consecuencias operacionales para los equipos críticos

Tabla 4.40 Cantidad de Consecuencias para los Equipos en Estudio

(Fuente: Propia)

Equipo	Consecuencias				Modo de Falla
	Operacional	No Operacional	Seguridad	Ambiente	
Rodillos Aceleradores	16	0	0	0	16
Banda Gira Sacos	23	0	0	0	23
Rodillos Formadores Semi Capa	19	0	0	0	19
Correas Desplazadoras de Sacos	25	0	1	0	26
Total	83	0	1	0	84

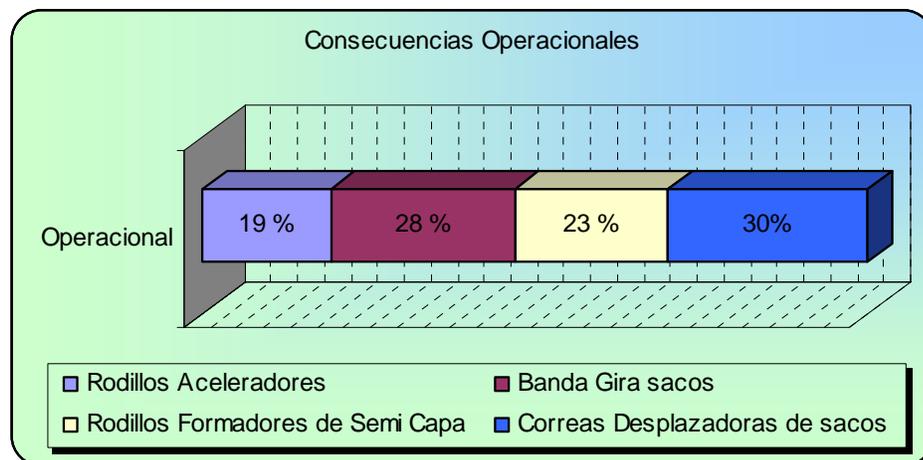


Figura 4.36 Consecuencias Operacionales de los Equipo Críticos
(Fuente: Propia)

4.5. ESTIMACIÓN DE CONFIABILIDAD POR MODELO PARAMÉTRICO

Es importante hacer notar en este punto, que la empresa facilitó un historial de falla deficiente en información, señalando de manera general la falla, el día del inicio de la falla y la culminación de la misma, sin detallar el tiempo fuera de servicio, tiempo de reparación, componentes y causas que ocasionaron las fallas. La empresa no manejaba información de equipos parecidos por el cual el ENT, determinó como alternativa de complementar la información suministrada, la elaboración de una encuesta a fin de recaudar la información de las fallas que más afectaban, así como también el tiempo fuera de servicio de los equipos críticos. Esta encuesta se observa en la figura 4.37 con el resultado para el equipo correas desplazadoras de sacos.

La estimación de la confiabilidad a los equipos críticos, se realizó mediante la data histórica analizada y complementada por el ENT. Estas datas se observan en la tabla 4.41 a la 4.44. El estudio estadístico sirvió como instrumento para establecer frecuencia de intervención a los equipos críticos, para así poder generar actividades y planes de mantenimiento acorde al estudio.

Para la estimación de la confiabilidad de los equipos críticos, se utilizó una herramienta computacional como lo es el Autocom en su versión 1.0 para modelo paramétrico el cual trabaja con la distribución de weibull, ofreciendo la posibilidad de trabajar en función de los tres parámetros asociados a ella, como lo son el parámetro de forma (β), el parámetro de escala (η), y el parámetro de posición (γ).



**ENCUESTA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS
CRÍTICOS PERTENECIENTE AL SISTEMA PALETIZADOR** Fecha: 21/09/2009

La siguiente encuesta tiene como finalidad la corroboración y complementación de la data histórica facilitada por la empresa sobre los equipo de la paletizadora. Esta recolección de información es de gran importancia para la empresa.
Se le agradece contestar de forma objetiva cada pregunta

Periodo de Evaluación

Nombre: Cesar Villarroel Cargo: Coordinador de Producción Desde: ene-09

Equipo: Correa Desplaza Sacos Código: TS-CDS Hasta: oct-09

1- Tiene usted conocimiento de que la empresa maneja data histórica de falla de los equipos?. En caso de que su repuesta sea afirmativa continúe con las preguntas siguientes, en caso contrario vaya a la pregunta n° 3 e indique posibles falla presentada durante la evaluación.

SI X NO

2- Como considera usted, la información que se encuentra reflejada en el registro de falla facilitado por la empresa, si su repuesta es Buena explique porque las consideras de esta manera, de no ser así menciones las fallas posibles presentada por el equipo y sus sugerencias.

Buena Regular Deficiente X

OBSERVACIONES U COMENTARIOS :

Este equipo ha presentado falla durante el periodo a evaular con el desplazador de sacos, correas, cilindro neumático, poleas ya sea por ruptura, cambio o alineación.

3- De acuerdo a su experiencia y conocimiento hacia el equipo, indique el tiempos fuera de servicio expresado en horas de cada falla posible durante la evaluación o las mencionada anteriormente o la facilitada por la empresa.

<u>FALLAS</u>	<u>TFS (Hs)</u>	<u>FALLAS</u>	<u>TFS (Hs)</u>	<u>FALLAS</u>	<u>TFS (Hs)</u>
<u>Cambio de Correa por rotura</u>	<u>2</u>	<u>Polea Fisurada</u>	<u>4</u>	<u>Cilindro</u>	<u>4</u>
<u>Cambio de Soporte de Correa</u>	<u>6</u>	<u>Cambio de Polea</u>	<u>4</u>	<u>Rodamientos</u>	<u>6</u>

Falla en el Desplazador de Saco 2

4- Que sugerencia adicional considera usted pertinente en mejorar el registro de falla en los equipos:

Recabar la mayor información posible durante un evento de falla, teniendo en cuenta el tiempo fuera de servicio, tiempo en reparar el equipo, herramienta e instrumento necesario para la aplicación

El análisis y discusión de todas esta información aquí descrita se realizara en la próxima reunión del ENT

Figura 4.37 Encuesta del Equipo Correas Desplazadoras de Sacos
(Fuente: Propia)

Tabla 4.41 Data de Falla para los Rodillos Aceleradores

(Fuente: Propia)

RODILLOS ACELERADORES						
	Inicio de parada	Fin de parada	Descripción de la falla	TEF (Días)	TEF (Horas)	TFS (Horas)
1	01/01/09	01/01/09				
2	12/01/09	12/01/09	Ajuste de rodillos impulsores	11	264	2
3	27/01/09	27/01/09	Cambio de correas en rodillos impulsores	15	360	4
4	10/02/09	10/02/09	Cambio de rodamiento en rodillo	14	336	6
5	08/03/09	08/03/09	Alineación de correas	26	624	2
6	20/03/09	20/03/09	Cambio de barras en rodillos impulsores	12	288	6
7	11/04/09	11/04/09	Ajuste de rodillos impulsores	22	528	2
8	01/05/09	01/05/09	Cambio de correas en rodillos impulsores	20	480	4
9	22/05/09	22/05/09	Alineación de correas	21	504	2
10	08/06/09	08/06/09	Ruptura de chaveta	17	408	2
11	09/07/09	09/07/09	Cambio de barras en rodillos impulsores	31	744	6
12	12/08/09	12/08/09	Cambio de correas en rodillos impulsores	34	816	4

Tabla 4.42 Data de Falla para el Gira Sacos

(Fuente: Propia)

GIRA SACOS						
	Inicio de parada	Fin de parada	Descripción	TEF (Días)	TEF (Horas)	TFS (Horas)
1	01/01/09	01/01/09				
2	13/01/09	13/01/09	Ajuste en la banda gira sacos	12	288	3
3	26/01/09	26/01/09	Cambio de banda Gira Sacos	13	312	6
4	15/02/09	15/02/09	Falla en gira saco	20	480	4
5	18/03/09	18/03/09	Ruptura del ventilador del motor	31	744	2
6	03/04/09	03/04/09	Ajuste en la banda gira sacos	16	384	3
7	25/04/09	25/04/09	Reparaciones en la plancha	22	528	8
8	22/05/09	22/05/09	Cambio de rodamiento de tambor	27	648	4
9	14/06/09	14/06/09	Alineación del rodillo Gira Saco	23	552	3
10	02/07/09	02/07/09	Cambio de poleas	18	432	4
11	27/07/09	27/07/09	Ajuste en la banda gira sacos	25	600	3
12	10/08/09	10/08/09	Ajuste en la banda gira sacos	14	336	3

Tabla 4.43 Data de Falla para los Rodillos Formadores de Semi Capa
(Fuente: Propia)

RODILLOS FORMADORES SEMI CAPA						
	Inicio de parada	Fin de parada	Descripción	TEF (Días)	TEF (Horas)	TFS (Horas)
1	01/01/09	01/01/09				
2	12/01/09	12/01/09	Cambio de correas en rodillo	11	264	3
3	01/02/09	01/02/09	Ajustes en los rodillos	20	480	2
4	19/02/09	19/02/09	Ruptura de correa	18	432	3
5	14/03/09	14/03/09	Ajuste en poleas de los rodillos	23	552	2
7	11/04/09	11/04/09	Cambio de rodillos	28	672	4
8	28/04/09	28/04/09	Cambio de correas en rodillo	17	408	3
9	22/05/09	22/05/09	Ajustes en los rodillos	24	576	2
10	03/06/09	03/06/09	Ajuste en poleas de los rodillos	12	288	2
11	25/06/09	25/06/09	Cambio de polea en rodillos	22	528	3
12	14/07/09	14/07/09	Cambio de polea tensora en rodillos	19	456	2
14	30/07/09	30/07/09	Ruptura de correa	16	384	3
15	30/08/09	30/08/09	Cambio de correas en rodillo	31	744	3

Tabla 4.44 Data de Falla para los Correas Desplazadoras de Sacos
(Fuente: Propia)

CORREA DESPLAZADORA DE SACOS						
	Inicio de parada	Fin de parada	Descripción	TEF (Días)	TEF (Horas)	TFS (Horas)
1	01/01/09	01/01/09				
3	22/01/09	22/01/09	Cambio de correas en desplazador de semi capa	21	504	6
4	06/02/09	06/02/09	Reemplazo del cilindro neumático	15	360	4
5	16/02/09	16/02/09	Falla Desplazador de Sacos	10	240	2
6	17/03/09	17/03/09	Falla Desplazador de Sacos	29	696	2
7	08/04/09	08/04/09	Cambio de poleas por fractura	22	528	4
8	24/04/09	24/04/09	Cambio de correas en desplazador de semi capa	16	384	6
9	14/05/09	14/05/09	Falla Desplazador de Sacos	20	480	2
11	09/06/09	09/06/09	Falla rodamientos de polea	26	624	6
12	20/06/09	20/06/09	Falla Desplazador de Sacos	11	264	2
13	14/07/09	14/07/09	Falla rodamientos de polea	24	576	3
14	13/08/09	13/08/09	Cambio de correas en desplazador de semi capa	30	720	6
15	30/08/09	30/08/09	Falla Desplazador de Sacos	17	408	2

A continuación se realizan los procedimientos para estimar la confiabilidad del equipo de rodillos aceleradores, mientras que los otros equipos de estudio se encuentran en el apéndice D.

4.5.1. Procedimiento para la Estimación de la Confiabilidad

Introducción de los datos: Se necesita crear un usuario y a su vez una contraseña para entrar al programa, luego de introducido se debe colocar el nombre del operador del programa así como también el de la empresa donde se realizará el estudio, se escoge el modelo estadístico a utilizar, en este caso en particular se seleccionó el modelo paramétrico, seguidamente se introducen los datos del equipo a estudiar, su nombre, código y ubicación, en esta parte también se introducen uno a uno los Tiempos Entre Fallas (TEF) del equipo, ver figura 4.38. El programa presenta limitaciones de aceptar un mínimo de cinco valores de TEF por equipo, para nuestro caso se muestra con más de cinco valores de TEF para cada equipo.

Figura 4.38 Datos del Equipo
(Fuente: Autocom versión 1.0)

Después de haber introducido los TEF se da clic al cuadro “Aceptar” inmediatamente se muestra un pantalla donde indica la frecuencia acumulada como se observa en la figura 4.39

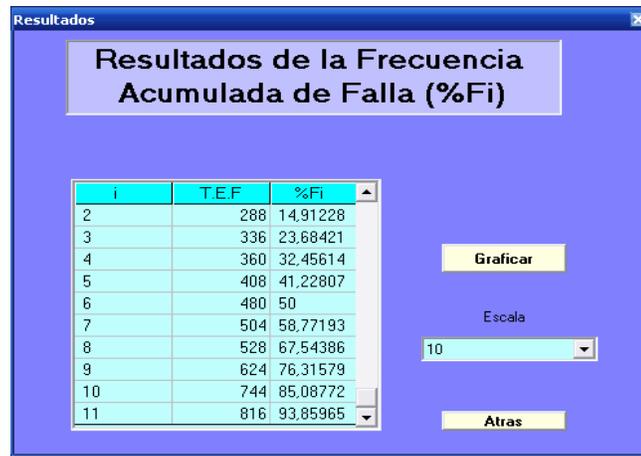


Figura 4.39 Resultados de la Frecuencia Acumulada
(Fuente: Autocom versión 1.0)

Se marca la opción de “Graficar” de la pantalla anterior, donde aparecerá el papel de weibull con tres (3) líneas de resultados como se muestra en la figura 4.40. La línea roja proviene de los tiempos de frecuencia acumulada, el cual se hace un proceso de iteración al parámetro de posición (γ), hasta llegar al punto que se asemeje a una recta para linealizar y esta a su vez se convierte en la línea de color azul, ya siendo una recta se traslada al punto de weibull como indica la línea verde.

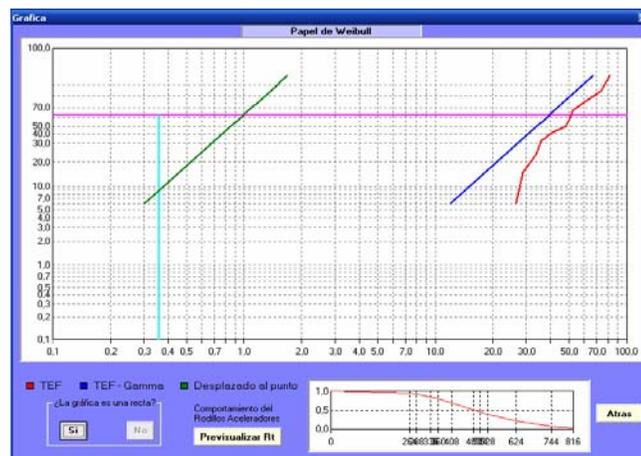


Figura 4.40 Gráficas en el Papel de Weibull para el Equipo E-RA
(Fuente: Autocom versión 1.0)

En la figura 4.41 se muestra el comportamiento de la confiabilidad en el tiempo.

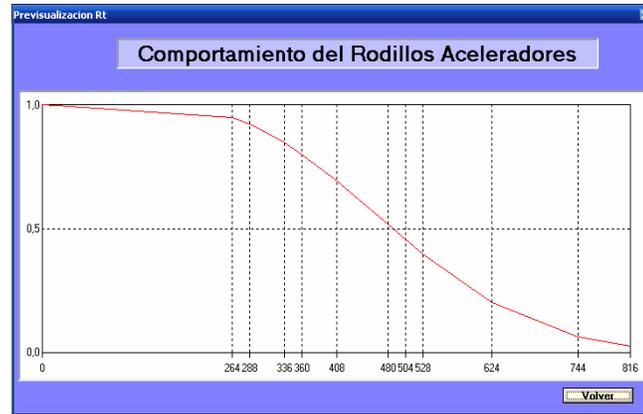


Figura 4.41 Comportamiento de los Rodillos Aceleradores en el Tiempo
(Fuente: Autocom versión 1.0)

El programa ajusta la curva de la línea roja que se observa en la figura 4.40 refiriéndose a la línea de color verde ubicada en el punto de weibull de inmediato el software arroja los tres parámetros de la distribución de weibull, los cuales son el de forma (β), escala (η) y posición (γ), se introduce el tiempo de estudio regido por la empresa para el cual fue de 360 horas reflejando automáticamente el resultado de la confiabilidad. como se observa en la figura 4.42.

Resultados

Resultados de parámetros y Estimación de Confiabilidad

Parámetro de Forma (β)	2.462332
Parámetro de Escala (η) (Horas)	397.6956
Parámetro de Posición (γ) (Horas)	143.5
Tiempo en Estudio (Horas)	360 <input checked="" type="checkbox"/>
La Confiabilidad del Equipo Rodillos Aceleradores es:	.7995346 <input checked="" type="checkbox"/>

Atras Aceptar

Figura 4.42 Parámetros del Equipo E-RA
(Fuente: Autocom versión 1.0)

La figura 4.43 muestra para los rodillos aceleradores el reporte final del equipo el cual resalta la etapa de desgaste en que se encuentra el mismo, una probabilidad de no ocurrencia de falla de 143.5 horas con la confiabilidad de 79.95 %

Reporte Individual de Equipo	
Usuario	Edgar Pèrez
Operador de Turno	Jesus Marcano
Planta	Cemex-Peritigalete
Ubicación del Equipo	Paletizadora de cemento # 3
Nombre del Equipo	Rodillos Aceleradores
Código del Equipo	E-RA
Fecha de Estudio	28/07/2010 02:02:46 p.m.
Etapa del Equipo	Etapa de Desgaste
Probabilidad de Fallas	No hay HASTA t= 143,5
La Confiabilidad de Rodillos Aceleradores a los 360horas es 0,7995346	

Figura 4.43 Reporte Final e Individual de cada Equipo
(Fuente: Autocom versión 1.0)

La confiabilidad del equipo E-RA se encuentra por debajo de 90 %, valor fijado como mínimo por la empresa para el tiempo seleccionado, es decir que requerirá ajuste en el tiempo de intervención, para permitir mantener la confiabilidad deseada y así la disminución de frecuencia de falla. Por esta razón a través de la ecuación 2.3, se calculó el tiempo mínimo de intervención para cumplir la confiabilidad exigida por la empresa.

$$t = \gamma + \eta * [\ln (1 / R_{(t)})]^{1/\beta}$$

Sustituyendo los valores

$$t = 143,5 + 397,69 * [\ln (1 / 0,9)]^{1/2,46} = 302,83 \text{Horas}$$

El valor de 302,83 horas, indica el tiempo mínimo en el cual el equipo rodillos aceleradores debe ser intervenido de tal forma de disminuir la ocurrencia de falla y a su vez mantener la confiabilidad en 90 % exigida por la empresa

4.5.2. Validación del Método Manual de Weibull

Para la validación del método manual de weibull se realizó una comparación del valor de la confiabilidad del equipo rodillos aceleradores obtenidos mediante el método manual de Weibull y el software Autocom. Describiéndose a continuación el procedimiento del método manual de Weibull:

- Se calcularon los tiempos entre fallas (TEF).
- Se ordenó los (TEF) en forma creciente y el número total de anotaciones realizadas es el tamaño de la muestra (n).
- La frecuencia acumulada F(i), se calculó mediante la ecuación 2.6
- Se graficó F(i) con los TEF (ordenados) en el papel de weibull.
- Se obtuvo una línea curva TEF vs. F (i) la cual se muestra de color azul en la figura 4.44

La tabla 4.45 muestra para el equipo rodillos aceleradores, el tamaño de la muestra (n), los tiempos entre fallas (TEF) y la frecuencia acumulada F(i)

Tabla 4.45 Tiempo entre Falla y Frecuencia Acumulada para Equipo Rodillos

Aceleradores. (Fuente: Autocom versión 1.0)

i	TEF (Horas)	TEF (Ordenados)	% F(i) = (i - 0,3) / (n + 0,4)
1	264	264	6,14
2	360	288	14,91
3	336	336	23,68
4	624	360	32,46
5	288	408	41,23
6	528	480	50,00
7	480	504	58,77
8	504	528	67,54
9	408	624	76,32
10	744	744	85,09
11	816	816	93,86

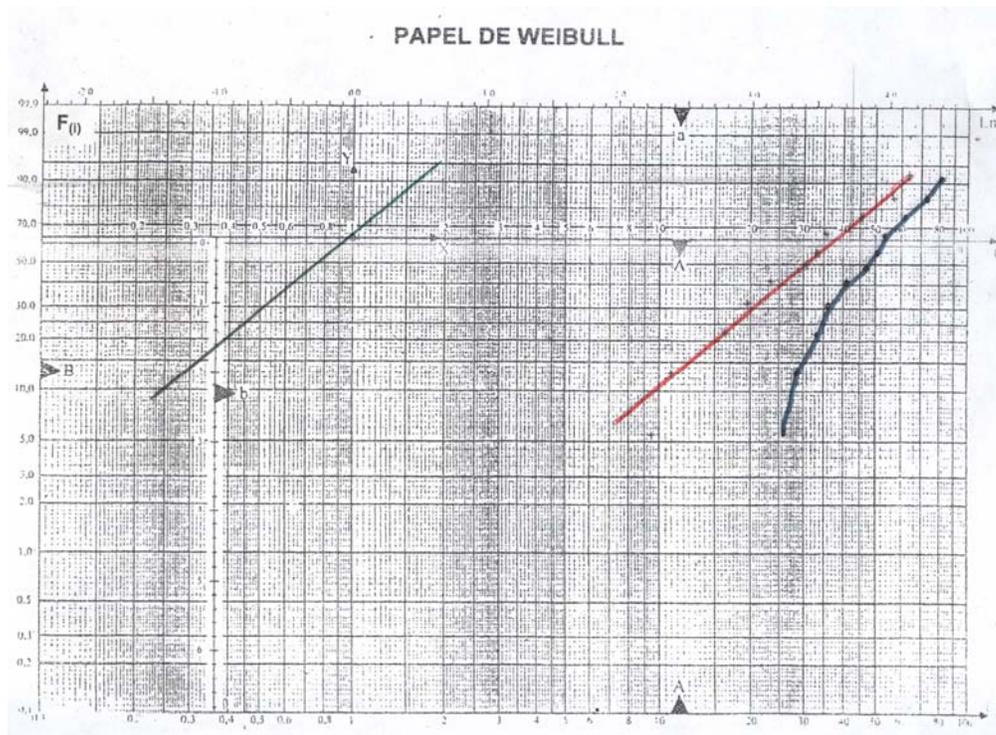


Figura 4.44 Método Manual para el Equipo Rodillos Aceleradores (Fuente: Propia)

Se verifica si la línea que se obtuvo es una recta, de no ser así, como es en este caso, se procede a la linealización de la curva, para lo cual se seleccionan tres (3) puntos de la gráfica en el eje de la frecuencia acumulada con sus respectivos tiempos y se calcula el parámetro de posición “ γ ” por la ecuación 2.7

Punto 1: $F(i) = 10$ ----- $t_1 = 270$

Punto 2: $F(i) = 19$ ----- $t_2 = 325$

Punto 3: $F(i) = 42$ ----- $t_3 = 410$

El parámetro de posición (γ), se le resta a cada TEF y así obtener un nuevo término que será $TEF - \gamma$, el cual será graficado nuevamente en el papel de Weibull sustituyendo los valores de TEF y se construye la tabla 4.46. Nuevamente se verifica la línea en caso de ser una recta como es en nuestro caso (véase la línea de color rojo en la figura 4.44) se calcula el parámetro de escala (η) en la horizontal y trasladando una paralela a la recta sobre el punto de Weibull (línea de color verde en la figura 4.44) se halla el valor del parámetro de forma (β).

Tabla 4.46 Tiempo Entre Falla Corregidos para el Equipo Rodillos
Aceleradores (**Fuente:** Propia)

TEF (Ordenados)	TEF - γ $\gamma = 169,2$
264	94,80
288	118,80
336	166,80
360	190,80
408	238,80
480	310,80
504	334,80
528	358,80
624	454,80
744	574,80
816	646,80

Ya con los tres parámetros obtenidos $\gamma = 169,2$; $\eta = 430$ y $\beta = 1,7$ se estima la confiabilidad mediante la ecuación 2.3 de la siguiente manera.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad \text{Donde } R(t) = 77,8 \%$$

Para la verificación del porcentaje de error para el método computacional y el método manual de weibull se utilizó la ecuación 4.1

$$\% \text{ Error} = \frac{R_{(t) \text{ Mayor}} - R_{(t) \text{ menor}}}{R_{(t) \text{ Mayor}}} \times 100 \text{ debe de ser menor al } 10 \% \quad \text{EC. 4.1}$$

Sustituyendo las confiabilidades del equipo rodillos aceleradores en la ecuación 4.1 el porcentaje de error resultante es:

$$\% \text{ Error} = \frac{79,95 - 77,8}{79,95} \times 100 = 2,7\% < 10 \%$$

El error calculado indica que los dos métodos tienen consistencia en la búsqueda de la confiabilidad dando para el equipo rodillos aceleradores un error de 2,7 % estando este por debajo del error permitido

La validación del método manual de weibull de los otros equipos se puede mostrar a partir de la figura E.1 a la E.3 del apéndice E.

En la tabla 4.47 se muestra la comparación de parámetros y la confiabilidad para el equipo rodillos aceleradores. Mientras que el resto de los equipos se encuentran en la tabla 4.48 para el programa computacional.

Tabla 4.47 Parámetros entre el Método Computacional de Weibull y el Manual.

(Fuente: Propia)

Rodillos aceleradores							
Parámetro β		Parámetro η		Parámetro γ		Confiabilidad R(t)	
Software Autocom	Weibull Manual	Software Autocom	Weibull Manual	Software Autocom	Weibull Manual	Software Autocom	Weibull Manual
2,46	1,7	397,7	430	143,5	169,2	79,95	77,8

Tabla 4.48 Confiabilidad de los Equipos por el Método Computacional

(Fuente: Propia)

EQUIPO	Parámetro B	Parámetro η	Parámetro γ	Confiabilidad R(t)
Banda Gira Sacos	2,77	376,23	153,09	82,71
Rodillos Formadores de Semi Capa	2,78	379,368	133,21	78,8
Correas Desplazadoras de Sacos	3,25	436,99	71,08	77,1

La confiabilidad de cada uno de los 4 equipos en estudio se encuentra por debajo del 90 %, confiabilidad establecida por la empresa, siendo el equipo correas desplazadoras de sacos el que posee la menor confiabilidad de 77,1 %, el equipo rodillos aceleradores tiene una confiabilidad de 79,95 %, el equipo rodillos formadores de semi capa con una confiabilidad de 78,8 % y el equipo que tiene la mayor confiabilidad en el estudios es la banda gira sacos con 82,71 %, todos los equipos en estudio se encuentran en la etapa de desgaste de acuerdo al parámetro de forma que resultó por la distribución de weibull.

De acuerdo a la confiabilidad que la empresa requiere, se realizó el cálculo del tiempo de intervención necesario para cumplir con las expectativas deseada. Estos tiempos se pueden observar en la tabla 4.49

Tabla 4.49 Tiempo de Intervención para una Confiabilidad de 90 %
(Fuente: Propia)

EQUIPO	Tiempo (Hora)
E-RA	302,83
BT-GS	320,06
TS-RFSC	302,06
TS-CDS	289,73

4.6. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a las consideraciones obtenidas en la aplicación de las hojas de decisiones se procedió a diseñar el programa de mantenimiento, el cual fue dividido en 52 semanas para cada equipo críticos, para la cuales se emplearon las frecuencias diarias, mensuales, trimestrales y semestrales, estas frecuencias fueron seleccionadas de acuerdo al ENT ya que se compararon, analizaron y discutieron las frecuencias entre la experiencia del personal, juicio de experto recomendaciones del fabricante y con mayor peso las del análisis del parámetro de mantenimiento calculados.

Recalcando que los equipos se encuentren en series el ENT recomendó aplicar el plan diseñado de forma tal que el formato integre todos los equipos y componentes necesarios al momento de intervenirlo, mostrando además las actividades correspondientes de la hoja decisión para que el personal ejecute sin problema el trabajo a realizar con las horas hombres estimadas. En las tablas 4.50 a la 4.53 muestra el diseño del plan de mantenimiento a los equipos críticos de la paletizadora.

Tabla 4.50 Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Diaria de los Equipos Críticos de la Paletizadora

	A realizar por:	H-H estimado	Tipo de Frecuencia:		DIARIA		Sistema Paletizador N° 3										EQUIPOS												Rodillos aceleradores		Hoja N°																									
			Mantenimiento Planificado				Mantenimiento Ejecutado				X		AÑO: 2010														Gira Saco		1																											
															Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Rodillo Formadores de Semi Capa de		de			
															1 2 3 4			5 6 7 8			9 10 11 12			13 14 15 16			17 18 19 20			21 22 23 24			25 26 27 28			29 30 31			32 33 34			35 36 37 38			39 40 41 42			43 44 45 46			47 48 49 50			51 52		
Verificar la presencia de objeto extraño, sacos de cementos mal posicionado alrededor del equipo en caso de existir retirar	Operador del Equipo	0.25	[Grid with alternating light blue and grey cells]																																																					
Limpiar, nivelar los sensores en caso de daño reemplazar	Operador del Equipo	0.25	[Grid with alternating light blue, orange, and grey cells]																																																					
Chequear las conexiones de aire del sistema.	Ayudante Mecánico	0.33	[Grid with yellow cells]																																																					
Chequear la presencia de fuga de aire alrededor de las mangueras.	Mecánico	0.25	[Grid with yellow cells]																																																					

Tabla 4.51 Plan de Mantenimiento para la Frecuencia Mensual de los Equipos Críticos de la Paletizadora.

 ACTIVIDAD	A realizar por:	HH Estimado	Tipo de Frecuencia:		Sistema Paletizador N° 3		EQUIPOS		Rodillos aceleradores												Hoja N°																																	
			MENSUAL						Gira Saco												1																																	
			Mantenimiento Planificado						Mantenimiento Ejecutado						X	AÑO:	2010	Rodillo Formadores de Semi Capa												de																								
			Enero		Febrero				Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		1																									
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52																																																						
Regular la presión de trabajo para los cilindros neumáticos.	Mecánico	0.5	[Yellow blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Verificar conexiones en sala de control y las entrantes al motor	Mecánico/ Ayudante	2	[Yellow blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Inspeccionar las correas y ajustar la tensión	Supervisor Mecánico.	2	[Yellow blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Realizar monitoreo de la temperatura y presencia de vibración en el motor reductor	Inspector Mecánico	2	[Stacked blocks: Orange (top), Cyan (middle), Grey (bottom), Yellow (bottom) in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
			[Orange blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
			[Cyan blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
			[Grey blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Verificar la existencia de ruido y vibraciones en el rodamiento de poleas y rodillos. En caso de imperfecciones reparar o reemplazar	Inspector mecánico/ Ayudante	1	[Orange blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
			[Yellow blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Verificar la existencia de ruido y vibraciones en el rodamiento del rodillo de giro. En caso de imperfecciones reparar o reemplazar	Mecánico/ Ayudante	1	[Cyan blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			
Verificar la existencia de ruido y vibraciones en el rodamiento de la polea, inspeccionar el estado de las correas y el ajuste del brazo.	Mecánico/ Ayudante	2	[Yellow blocks in columns 2, 5, 9, 14, 18, 22, 26, 31, 35, 39, 44, 48]																																																			

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al diagnóstico de la situación actual, fue posible conocer el sistema paletizador, el cual está conformado por 6 sub-sistemas; Entrada, Banda Transportadora, Transferencias de Sacos, Elevación, Paletas Vacías y Paletas Llenas o de Salidas y estos a su vez por diversos equipos, resaltando que los mismos se encuentran conectados en series.
2. La matriz Impacto-Esfuerzo, permitió priorizar el sistema paletizador en 3 sub sistemas, el de Entrada, Banda Transportadora y Transferencias de Sacos los cuales generaron la mayor prioridad para la empresa. Cada subsistema presentó criterios de esfuerzo iguales a 5 y criterios de impacto iguales a 3 para una prioridad de 2 en donde las acciones de mantenimientos debe ir sin distinción entre ellos, ya que presentan las mismas importancias dentro del proceso.
3. El análisis de criticidad, basada en la metodología D.S. fue aplicado únicamente a los equipos pertenecientes a los sub-sistemas priorizados, con un total de 10 equipos en los cuales 4 resultaron críticos: Rodillos Aceleradores con criticidad de 77,7 %, Banda Gira Saco de criticidad 75 %, el equipo Rodillos Formadores de Semi-Capa con 77,7 % de criticidad y el equipo Correas Desplazadoras de Sacos con criticidad de 83,3 %. Mientras que el resto de los equipos resultaron semi críticos, direccionado los esfuerzos y recursos a los equipos críticos.
4. Con la aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Fallas a los equipos críticos de la paletizadora de sacos de cemento, fue posible conocer las funciones para las

cuales están diseñados los equipos, dando como resultado 5 funciones principales: 1 para cada uno de los equipos, Rodillos Aceleradores, Rodillos Formadores de Semi Capa y Correas Desplazadoras de Sacos mientras que 2 funciones para el equipo de Banda Gira Sacos; se obtuvieron 13 fallas funcionales, 84 modos de fallas distribuidos en, 16 modos para el equipo rodillos aceleradores para 19 %, 23 modos para el equipo banda gira saco para un 27 %, 19 modos en el equipo rodillos formadores de semi capa con un 23 % y 26 modos del equipo correas desplazadoras de saco para un de 33 % del total de los modos, a demás de tener un total de setenta y siete (77) efectos de fallas. Lo que le permitirá al personal de mantenimiento de la paletizadora conocer más profundo las causas de fallas que pueden ocurrir a los equipos, disminuyendo los costos innecesarios al sistema y el tiempo por parada inesperada.

5. Mediante el Árbol Lógico de Decisiones, se logró constatar que el 100% de las fallas de los equipos críticos de la paletizadora de sacos de cemento eran evidentes, obteniendo un 99 % de los modos como consecuencias operacionales, mientras que el restante con consecuencias en la seguridad.

6. Los tipos de tareas a los equipos críticos de la paletizadora de sacos de cemento fue de 88 % de mantenimiento preventivo, distribuido en 66.5 % de tareas a condición, 14.3 % de tareas de reacondicionamiento cíclico y 7.2 % de tareas de sustitución cíclica, así como también un 12 % por mantenimiento correctivo distribuido en su totalidad a la tarea de ningún mantenimiento preventivo. Indicando que el plan de mantenimiento planifica el 88 % de las actividades preventivas, pudiendo mejorar de esta manera la organización de los recursos humanos y económicos de la empresa.

7. La estimación de la confiabilidad para los equipos críticos de la paletizadora, se basó de la data suministrada por una encuesta realizadas por los integrantes del ENT

ya que no contaba con historial detallado de las fallas, permitiendo recabar las fallas que más afectaban a los equipos críticos.

8. Apoyándose del modelo paramétrico de weibull a través del software Autocom, se estimó la confiabilidad de los equipos críticos para un tiempo en estudio de 360 horas, en el cual se obtuvo para el equipo Rodillos Aceleradores la Confiabilidad de 79.95 %, Banda Gira Sacos 82.71 %, Rodillos Formadores Semi Capa con 78.8 % y 77.1 % para el equipo Correas Desplazadoras de Saco, además permitió conocer el parámetro de forma (β), encargado de verificar la etapa de vida de los equipos, presentando todos los equipos críticos en la etapa de desgaste.

RECOMENDACIONES

En concordancia con los resultados y las conclusiones obtenidas luego del desarrollo del presente trabajo se recomienda lo siguiente para el sistema paletizador.

- Actualizar los datos recabados de acuerdo al año para la estimación de la confiabilidad e implementar las actividades con sus respectivas frecuencias de inspección en el plan de mantenimiento diseñado a los equipos críticos de la paletizadora, con el objeto de garantizar el despacho de paletas de cemento.
- Mejorar el proceso de recolección de datos detallando de manera clara y precisa haciendo énfasis en el tiempo fuera de servicio, tiempo de reparación efectivo con la finalidad de mantener registros históricos confiables.
- Promover la creación y aplicación de formatos de registros de fallas en donde se explique con mayor detalle el modo y la causa de la falla, así como las acciones ejecutadas para solventar la situación.
- Incorporar indicadores de mantenimiento a medida que el área vaya creciendo, para tener mayor control del desempeño de las actividades de mantenimiento.
- Realizar un inventario de repuestos, materiales y herramientas a utilizar por el sistema paletizador para evitar pérdida de tiempo al momento de intervenir el equipo.
- Capacitar, orientar, concientizar, familiarizar y adiestrar al personal de mantenimiento en la aplicación de herramientas y equipos de trabajo para el buen funcionamiento del sistema.
- Preservar el ENT para concentrar estrategias y definir las acciones más acertadas a la hora de ejecutar algún trabajo aprovechando los recursos y capital humano.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1- Salazar, R., Orlando, J. **“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para las líneas de recepción-secado de maíz, caso: Planta solagro II valle de la pascua estado Guárico”**. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de ing. mecánico (2008).

- 2- PAOLUCCI Alexandro, **“Diseño de un Plan de Mantenimiento Basado en la Evaluación de la Confiabilidad de los equipos críticos, para una Planta de policloruro de Aluminio” Caso: LIPESA, El tigre, Edo. Anzoátegui**. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de ing. mecánico (2009).

- 3- Suárez, E., Isaivi, Del V. **“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos rotativos y estáticos que conforman la planta procesadora de sal refinada de la distribuidora sal Bahía”**, trabajo de grado presentado en la Universidad de Oriente como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Mecánico (2009).

- 4- Bravo D. y Suárez, D. **“Guía teórico – práctica de mantenimiento mecánico”**. Universidad de Oriente. 2008.

- 5- Gutiérrez A. **“Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales”** Editorial AMG, primera edición, Medellín, Colombia (2005)

- 6- Amendola, Luis **“Modelos mixtos de confiabilidad”** Universidad politécnica Valencia-España, Departamento de proyecto de ingeniería (2003)

7. Mosquera, L., **“Apoyo Logístico para la Administración del Mantenimiento”**. UCV. Venezuela (1987)
8. Suárez, D. **“Programa de Actualización Profesional Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad”** Universidad de Oriente
9. Suárez, D. **“Clasificación de equipos en función de su criticidad”**. Introducción para el estudio de equipos. Confima y Consultores. Puerto la Cruz (2007)
10. Villarroel C **“Estudio De Reemplazo De Las Turbinas Del Sistema De Transporte De Materiales De Una Fábrica De Cemento.”**. Universidad de Oriente (1998)
11. GONZÁLEZ, J. **“Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: Desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)”**, Tesis de Master, Instituto de Postgrado y Formación Continua, Universidad Pontificia Comillas, Madrid (2004)
12. Huerta R. **“Procesos de análisis integral de disponibilidad y confiabilidad como soporte para el mejoramiento continuo de las empresas”** Reliability World Latín América (2006)
13. Ventomatic S.p.A. **Manual de Uso y Mantenimiento POLIMAT C UM00001E04**. Pertigalete (2004)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSOS**

TÍTULO	DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC) PARA UNA PALETIZADORA DE SACOS DE CEMENTO
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
EDGAR E. PÉREZ M.	CVLAC: EMAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

diseño, plan, mantenimiento, confiabilidad, paletizadora, sacos, cemento

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSOS

ÁREA	SUB ÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	INGENIERIA MECANICA

RESUMEN (ABSTRACTO):

El objetivo fundamental de este proyecto, es diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se ajuste a la necesidad de la empresa específicamente al sistema paletizador # 3 del área de ensacado de la planta, Cemex de Venezuela (Pertigalete). Para el logro de este objetivo, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la paletizadora, recopilando información referente al tipo de mantenimiento que se le aplica, así como también las características y funcionamiento de los equipos que la integran en función del contexto operacional, estos fueron agrupados en 6 sub-sistemas, posteriormente utilizando la matriz de Impacto-Esfuerzo se logró jerarquizar los sub-sistemas, dando como resultado los sub-sistema de Entrada, Banda Transportadora, y Transferencia de Sacos seguidamente se realizó un análisis de criticidad a través de la metodología D.S. a los equipos pertenecientes a los sub-sistemas priorizados con la finalidad de dirigir los recursos de mantenimientos; estos equipos son: Rodillos Aceleradores, Banda Gira Sacos, Correas Desplazadoras de saco y Rodillos Formadores de Semi Capa. A continuación se ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), donde se establecieron las fallas y los efectos que estas tienen sobre los equipos críticos. Con la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD), se determinó el tipo de mantenimiento a desarrollar en el plan, observándose 84 tareas de las cuales el 88 % son preventivas y el resto correctivas, para finalizar se estimó la confiabilidad a los equipos críticos que dieron cuenta mediante probabilidades estadísticas del estado de vida útil del equipo y de sus componentes basada en encuestas realizadas por el ENT. En función a todos los resultados, se diseñó el plan de mantenimiento, permitiendo elaborar estrategias y frecuencias con las cuales se disminuirán la ocurrencia de fallas, los costos por mantenimiento correctivo, el tiempo de indisponibilidad del sistema así como controlar los recursos económicos garantizando la confiabilidad que requiere la empresa en la producción de su activo con una alta calidad de servicio.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSOS**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO / CVLAC / E-MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
PROF. DELIA VILLARROEL	CVLAC:				
	E MAIL				
	E MAIL				
	E MAIL				
Prof. Edgar Rodríguez	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E-MAIL				
	E-MAIL				
Prof. Luis Griffith	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E-MAIL				
	E-MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E-MAIL				
	E-MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2010	07	13

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSOS:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE**ESPACIAL:** (opcional)**TEMPORAL:** (opcional)**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**Ingeniero Mecanico**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**Pregrado**ÁREA DE ESTUDIO:**Departamento de Mecanica**INSTITUCIÓN:**UNIVERSIDAD DE ORIENTE/ Núcleo Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSOS

“Los Trabajos de Grado son de Exclusiva propiedad de la Universidad, y sólo podrán ser utilizados a otro fin con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién lo participará al Consejo Universitario”

EDGAR E. PÉREZ M.**AUTOR****Prof. Delia Villarroel****TUTOR****Prof. Edgar Rodríguez****JURADO****Prof. Luis Griffith****JURADO****POR LA SUBCOMISION DE TESIS**