



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICERRECTORADO DE PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS  
DE GIRO RÁPIDO UBICADAS EN EL TALLER DE  
EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG  
FERROMINERA ORINOCO**

**TUTOR ACADÉMICO:**

**MSc. Ing. Iván Turmero**

**TUTOR INDUSTRIAL:**

**Ing. Josefina Landeta**

**AUTOR:**

**González G. Raúl A.**

**Puerto Ordaz, Enero de 2015**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS  
DE GIRO RÁPIDO UBICADAS EN EL TALLER DE  
EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG  
FERROMINERA ORINOCO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICERRECTORADO DE PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS  
DE GIRO RÁPIDO UBICADAS EN EL TALLER DE  
EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG  
FERROMINERA ORINOCO**

**AUTOR: GONZÁLEZ G. RAÚL A.**

Trabajo de Investigación que se  
presenta ante el departamento  
de Ingeniería Industrial como  
requisito académico para aprobar  
el Trabajo de Grado,

---

**MSc. ING. IVÁN TURMERO  
(TUTOR ACADEMICO)**

---

**ING. JOSEFINA LANDETA  
(TUTOR INDUSTRIAL)**

**PUERTO ORDAZ, ENERO DE 2015**

**GONZÁLEZ GRUBER, RAÚL ALEJANDRO**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO UBICADAS  
EN EL TALLER DE EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG  
FERROMINERA ORINOCO.**

Puerto Ordaz, Enero de 2015

Pág. 163

TRABAJO DE GRADO

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”

Vice-rectorado de Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Josefina Landeta

Capítulos: I El Problema. II La Empresa. III. Marco Teórico. IV Marco Metodológico. V  
Situación Actual. VI Análisis y Resultados. Conclusiones. Recomendaciones.  
Bibliografía. Apéndices. Anexos.

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICERRECTORADO DE PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por el departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, para evaluar el Trabajo de Grado presentado por el ciudadano: GONZÁLEZ GRUBER RAÚL ALEJANDRO portador de la cedula de identidad N° 20.224.382 titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO UBICADAS EN EL TALLER DE EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG FERROMINERA ORINOCO**. Consideramos que este cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos: **APROBADO**.

En Ciudad Guayana, Puerto Ordaz, a los 31 días del mes de enero, del año dos mil quince.

---

**MSc. Ing. Iván Turmero**  
**(Tutor Académico)**

---

**Ing. Josefina Landeta**  
**(Tutor Industrial)**

---

**Ing. Félix Martínez**  
**(Jurado Evaluador)**

---

**Ing. Natasha Alarcón**  
**(Jurado Evaluador)**

## DEDICATORIA

**A Dios,** Por ser mi guía, protector, darme la fuerza y sabiduría necesaria para llegar al lugar donde estoy ahora mismo y por cada éxito que he logrado conseguir.

**A mi mamá,** Haydee, por darme la vida, apoyarme en mis objetivos, darme la educación necesaria para ser una gran persona y por obsequiarme siempre todo su amor incondicional.

**A mi papá,** Arnoldo, por convertirse en mi ejemplo a seguir, por brindarme un apoyo incondicional, por ser una de las personas que me inspira a seguir adelante cada día y ser como es conmigo siempre.

**A mi hermano mayor,** Miguel, por simplemente ser el mejor hermano y por siempre cuidar de mi y velar por que nunca me falte nada.

**A mi tía,** Marlen, por ser mi segunda madre y brindarme todo su amor y cariño en los momentos mas duros.

**A la familia Díaz que considero otra familia,** la Sra. Victoria, la Sra. Teresa, el sr Humberto, Luis David, Ángela y Yuri, porque simplemente son maravillosas personas que me han enseñado a valorar cada una de las cosas y que siempre hay un lado bueno de las cosas que pasan.

**A mis dos abuelas,** Aurora y Dominga, porque me han regalado muchas alegrías de la vida y me han sido una gran inspiración para hacer realidad mis sueños, a pesar de la pérdida de una de ellas, me enseñó lo valioso que es la familia.

**A mis amigas** Germarys, Franca y Eliana **y a mis amigos,** José, Daniel, Oscar, Guillermo, Wilmer y Jesús por apoyarme en mi carrera y por su amistad condicional.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera durante mi carrera me apoyaron y ayudaron a llegar a esta etapa de mi vida.

**A todos ellos, les dedico este proyecto.**

**Raúl González.**

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por guiarme por el buen camino y darme la oportunidad de disfrutar esta etapa de mi vida y bendecir cada paso que me propongo a dar.

**A mi mamá**, quien me ha dado la enseñanza necesaria y me ha guiado para conseguir este gran logro.

**A mi papá**, quien trabajó duro para yo tener todo lo necesario para vivir bien y por apoyarme siempre incondicionalmente en lo que me propongo.

**A la UNEXPO**, por ser mi casa de estudio donde me formé para ofrecer y contribuir a la sociedad con mis conocimientos adquiridos en dicha institución.

**A mi tutor académico, MSc. Ing. Iván Turmero**, porque me brindo su asesoría y apoyo para lograr terminar este objetivo y dar el paso final para cumplir mi meta y convertirme en Ingeniero.

**A la empresa CVG Ferrominera Orinoco**, por abrirme sus puertas y permitirme realizar este proyecto de Trabajo de grado en sus instalaciones y prestarme la información necesaria para la finalización de dicho proyecto.

**A la familia Díaz**, Como ya mencione son parte importante de mi vida y ellos me han enseñado muchas cosas, como valorar las cosas por mas pequeñas que sean y a seguir adelante por los sueños que se quieren lograr con mucha paciencia y mucha fe, Gracias eternamente por esas enseñanzas.

**A todo el departamento de equipos ferroviarios**. Gracias por recibirme, apoyarme y por compartir día a día durante estos seis meses de estadía y por adquirir nuevos conocimientos que me ayudara a desarrollarme como Ingeniero, gracias a José Atay, José López, Oscar Marchan, Rodolfo Quintero, Joan Cedeño, Oscar Merling, Néstor Urbano, Jonathan Castillo,



Richard Guevara y todos los demás trabajadores que me acompañaron en esta buena etapa de mi carrera a todos ellos GRACIAS.

**A mi vecino y amigo,** Roger Salazar quien me ayudo a conseguir la entrada a las instalaciones de CVG Ferrominera Orinoco y poder culminar mi carrera profesional de Ingeniero Industrial.

**A mi tía, Marlen,** por la insistencia en realizar mi pasantía y lograr dar un paso más que me lleve a culminar mi carrera y por siempre en cualquier momento darme su amor infinito.

**A todos mis amigos,** Germayrs, Franca, Eliana, Guillermo, Oscar, Daniel, Jesús, José y Wilmer por su gran apoyo.

**A todos ellos, les agradezco eternamente.**

**Raúl González.**

# **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO UBICADAS EN EL TALLER DE EQUIPOS FERROVIARIOS DE LA EMPRESA CVG FERROMINERA ORINOCO.**

**Autor:** Raúl Alejandro González Gruber

**Tutor Industrial:** Ing. Josefina Landeta

**Tutor Académico:** MSc. Ing. Iván Turmero

**Fecha:** Enero 2015

## **RESUMEN**

En el siguiente trabajo de grado se realizó una evaluación del rendimiento de las grúas de giro rápido Pettibone y Swingmaster. Es una investigación de campo, la cual se llevó a cabo en la superintendencia de equipos Ferroviarios en la empresa CVG Ferrominera Orinoco, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual y el procedimiento que estos equipos emplean para trabajar. Para determinar las causas y efectos de la problemática que subyace en esta área, se utilizó el diagrama de Ishikawa o espina de pescado; de igual modo se evaluó el cumplimiento de la norma COVENIN 2500-93 del sistema de mantenimiento actual, se realizó un análisis FODA con las posibles estrategias a implementar como oportunidad de mejorar el rendimiento de las grúas, se procedió a efectuar un estudio de tiempo, que determinó el tiempo estándar del plazo permisible para la realización de las actividades, en jornadas de rehabilitación de la vía férrea, por parte de las grúas de giro rápido, dando como resultado, que la grúa Pettibone tarda 2.06575 Minutos de tiempo, la grúa Swingmaster tarda 2.59023 Minutos; todo ello cotejado con el procedimiento de muestreo de trabajo que demostró el desempeño de las grúas; siendo de 66% para la grúa Pettibone y un 59% para la grúa Swingmaster. Se realizó un análisis de costos de producción de ambas grúas, encontrándose que generan el mismo costo por jornada de trabajo; finalmente se elaboró un plan de acción para mejorar el rendimiento operativo de las grúas, donde destaca establecer un seguimiento a las actividades realizadas por los equipos para verificar donde decae el rendimiento y a las actividades de mantenimiento que estas requieren para estar en óptimas condiciones para operar.

**Palabras claves:** Norma COVENIN, Tiempo, Ejecución, Actividades, Muestreo, Rendimiento, Plan de acción.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	viii
RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	6
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
CAPITULO II .....	9
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	9
2.2. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	9
2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	10
2.4. MISIÓN .....	11
2.5. VISIÓN .....	11
2.6. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....	12
2.7. POLÍTICA INTEGRAL DE SISTEMAS DE GESTIÓN .....	12
2.8. VALORES ORGANIZACIONALES .....	13
2.9. OPERACIONES MINERAS .....	15
2.10. PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO (PMH) .....	16
CAPITULO III .....	18
3.1. OPERACIONES FERROVIARIAS .....	18
3.2. MEDICIÓN DEL TRABAJO .....	19
3.3. ANÁLISIS FODA .....	20
3.4. TIEMPO ESTÁNDAR .....	20
3.5. ESTUDIO DE TIEMPO .....	21
3.5.1 REQUISITOS DEL ESTUDIO DE TIEMPO .....	21

3.6	MUESTREO DEL TRABAJO .....	23
3.6.1	APLICACIONES .....	23
3.7	MANTENIMIENTO .....	24
3.7.1	BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO.....	24
3.7.2	TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	25
3.7.3	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....	28
CAPITULO IV.....		29
4.1.	DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
4.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	30
4.3.	INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	30
4.3.1	INSTRUMENTOS.....	30
4.1.	EQUIPOS Y RECURSOS UTILIZADOS .....	31
4.4.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	33
4.4.1	DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO. ....	33
4.4.2	EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA. ....	33
4.4.3	REALIZAR UN ESTUDIO DE TIEMPO A LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS POR LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO. ....	34
4.4.4	APLICAR EL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE TRABAJO A LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO.....	34
4.4.5	REALIZAR UN ESTUDIO DE COSTOS A LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER.....	35
4.4.6	ELABORAR UN PLAN DE ACCIÓN ORIENTADO A OPTIMIZAR LOS RENDIMIENTOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO. ....	35
CAPÍTULO V.....		36
5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SUPERINTENDENCIA DE EQUIPOS FERROVIARIOS.....	36
5.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	37
5.3.	ENCUESTA PARA EL DIAGNOSTICO DE LA OPERATIVIDAD DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO .....	39
5.4.	AGRUPACIÓN DE CAUSAS POR MEDIO DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	48
5.5.	EVALUACIÓN DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL .....	49
5.6.	ELABORACIÓN DE MATRIZ FODA DE LA GRÚA PETTIBONE .....	52

5.7. ELABORACIÓN DE MATRIZ FODA DE LA GRÚA SWINGMASTER...	55
CAPITULO VI.....	60
6.1. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CAUSA – EFECTO.....	60
6.2. ANÁLISIS DE LA EVLUACIÓN DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL .....	62
6.3. ANÁLISIS DE LA MATRIZ FODA PARA LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE.....	66
6.4. ANÁLISIS DE LA MATRIZ FODA PARA LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO SWINGMASTER.....	69
6.5. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR PARA LA GRÚA PETTIBONE ..	72
6.5.1 CÁLCULO DE TPS: .....	74
6.5.2 CALCULAR TC:.....	74
6.5.3. DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR S .....	75
6.5.4. INTERVALO DE CONFIANZA .....	75
6.5.5. CÁLCULO DEL INTERVALO DE LA MUESTRA .....	76
6.5.6. CRITERIO DE SELECCIÓN.....	76
6.5.7. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR .....	76
6.5.8. CÁLCULO DE TOLERANCIAS.....	77
6.5.9. CÁLCULO DE FATIGA .....	78
6.5.10. CÁLCULO DE JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET):.....	81
6.5.11. NORMALIZANDO.....	81
6.5.12. CÁLCULO DE TE .....	81
6.6. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR PARA LA GRÚA SWINGMASTER.....	82
6.6.1 CÁLCULO DE TPS: .....	84
6.6.2 CÁLCULAR TC:.....	84
6.6.3 DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR S .....	85
6.6.4 INTERVALO DE CONFIANZA .....	85
6.6.5 CÁLCULO DEL INTERVALO DE LA MUESTRA .....	85
6.6.6 CRITERIO DE SELECCIÓN.....	86
6.6.7 CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR .....	86
6.6.8 CÁLCULO DE TOLERANCIAS.....	88
6.6.9 CÁLCULO DE FATIGA .....	88
6.6.10 CÁLCULO DE JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET) .....	92

6.6.11	NORMALIZANDO.....	92
6.6.12	CÁLCULO DE TE .....	92
6.7.	MUESTREO DE TRABAJO .....	93
6.7.1	DETERMINAR EL OBJETIVO .....	93
6.7.2	IDENTIFICAR LOS ELEMENTOS .....	93
6.7.3	DEFINIR EL NIVEL DE CONFIANZA.....	94
6.7.4	APLICACIÓN DE LOS NÚMEROS ALEATORIOS .....	94
6.7.5	CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE OCURRENCIA DEL EVENTO DE LA GRÚA PETTIBONE.....	105
6.7.6	CÁLCULO DE LA EXACTITUD (S') .....	108
6.7.7	CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA GRÚA PETTIBONE	108
6.7.8	LÍMITES DE CONTROL .....	109
6.7.9	CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE OCURRENCIA DEL EVENTO DE LA GRÚA SWINGMASTER .....	113
6.7.10	CÁLCULO DE LA EXACTITUD (S') .....	116
6.7.11	CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA GRÚA SWINGMASTER.....	117
6.7.12	LÍMITES DE CONTROL .....	117
6.8.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER .....	123
6.9.	PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER.....	128
	CONCLUSIONES .....	130
	RECOMENDACIONES.....	132
	BIBLIOGRAFÍA .....	134
	APÉNDICES.....	136
	APÉNDICE A.....	137
	APÉNDICE B.....	140
	ANEXOS.....	148
	ANEXO A.....	149
	ANEXO B.....	151
	ANEXO C.....	153

ANEXO D.....	155
ANEXO E.....	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA Nº 1:</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	11
<b>FIGURA Nº 2:</b> ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	12
<b>FIGURA Nº 3:</b> DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	48
<b>FIGURA Nº 4:</b> FORMATO DE MUESTREO DEL TRABAJO EL DÍA 1...98	
<b>FIGURA Nº 5:</b> FORMATO DE MUESTREO DEL TRABAJO EL DÍA 2...99	
<b>FIGURA Nº 6:</b> FORMATO DE MUESTREO DEL TRABAJO EL DÍA 3..100	
<b>FIGURA Nº 7:</b> FORMATO DE MUESTREO DEL TRABAJO EL DÍA 4..101	
<b>FIGURA Nº 8:</b> FORMATO DE MUESTREO DEL TRABAJO EL DÍA 5..102	

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO Nº 1:</b> CONFORTABILIDAD.....	41
<b>GRÁFICO Nº2:</b> VELOCIDAD Y EFICIENCIA.....	42
<b>GRÁFICO Nº 3:</b> DISPONIBILIDAD.....	42
<b>GRÁFICO Nº 4:</b> MANEJO EN ESPACIOS CONFINADOS.....	43
<b>GRÁFICO Nº 5:</b> MENOS COSTO DE PARADAS POR FALLAS.....	44
<b>GRÁFICO Nº 6:</b> EFICIENCIA EN CONDICIONES AMBIENTALES INADECUADAS.....	45
<b>GRÁFICO Nº 7:</b> CAPACIDAD DE CARGA.....	46
<b>GRÁFICO Nº 8:</b> PETTIBONE VS SWINGMASTER.....	47
<b>GRÁFICO Nº 9:</b> EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO...64	
<b>GRÁFICO Nº10:</b> DEFINICIÓN DE LA BRECHA.....	64
<b>GRÁFICO Nº 11:</b> GRÁFICO DE CONTROL GRÚA PETTIBONE.....	110
<b>GRÁFICO Nº 12:</b> DIAGRAMA DE PARETO GRÚA PETTIBONE.....	112
<b>GRÁFICO Nº 13:</b> GRÁFICO DE CONTROL GRÚA SWINGMASTER...118	
<b>GRÁFICO Nº 14:</b> DIAGRAMA DE PARETO GRÚA SWINGMASTER...120	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA Nº 1:</b> RESULTADOS DE ENCUESTA PARA EL DIAGNOSTICO DE LAS GRÚAS PETTIBONE Y SWINGMASTER.....	40
<b>TABLA Nº 2:</b> FICHA DE EVALUACIÓN AL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	50
<b>TABLA Nº 3:</b> FICHA DE EVALUACIÓN AL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	51
<b>TABLA Nº 4:</b> MATRIZ FODA GRÚA PETTIBONE.....	54
<b>TABLA Nº 5:</b> MATRIZ FODA GRÚA SWINGMASTER.....	58
<b>TABLA Nº 6:</b> RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	63
<b>TABLA Nº 7:</b> MATRIZ FODA GRÚA PETTIBONE.....	67
<b>TABLA Nº 8:</b> MATRIZ FODA GRÚA SWINGMASTER.....	70
<b>TABLA Nº 9:</b> TIEMPOS EFECTIVOS DE TRABAJO DE LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE.....	74
<b>TABLA Nº 10:</b> CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD DE LA GRÚA PETTIBONE.....	77
<b>TABLA Nº 11:</b> CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE FATIGA.....	80
<b>TABLA Nº 12:</b> TIEMPOS EFECTIVOS DE TRABAJO DE LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO SWINGMASTER.....	84
<b>TABLA Nº 13:</b> CALIFICACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA GRÚA SWINGMASTER.....	87
<b>TABLA Nº 14:</b> CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE FATIGA.....	91
<b>TABLA Nº 15:</b> NÚMEROS ALEATORIOS.....	94
<b>TABLA Nº 16:</b> HORAS PARA EL ESTUDIO.....	95
<b>TABLA Nº 17:</b> NÚMEROS ALEATORIOS ADICIONALES PARA EL ESTUDIO.....	96
<b>TABLA Nº 18:</b> HORAS ORDENADAS.....	96



<b>TABLA Nº 19:</b>	LEYENDA DE FORMATO DE MUESTRO.....	97
<b>TABLA Nº 20:</b>	RESUMEN FORMATO MUESTREO GRÚA PETTIBONE.....	103
<b>TABLA Nº 21:</b>	RESUMEN FORMATO MUESTREO GRÚA SWINGMASTER.....	104
<b>TABLA Nº 22:</b>	PORCENTAJE DE EFICIENCIA E INEFICIENCIA DE LA GRÚA PETTIBONE.....	107
<b>TABLA Nº 23:</b>	LÍMITES DE CONTROL Y PROBABILIDAD.....	109
<b>TABLA Nº 24:</b>	ELABORACIÓN DIAGRAMA DE PARETO GRÚA PETTIBONE.....	111
<b>TABLA Nº 25:</b>	PORCENTAJE DE EFICIENCIA E INEFICIENCIA DE LA GRÚA SWINGMASTER.....	116
<b>TABLA Nº 26:</b>	LÍMITES DE CONTROL Y PROBABILIDAD.....	118
<b>TABLA Nº 27:</b>	ELABORACIÓN DIAGRAMA DE PARETO GRÚA SWINGMASTER.....	119
<b>TABLA Nº 28:</b>	COSTOS DE EQUIPOS PARA REHABILITAR.....	124
<b>TABLA Nº 29:</b>	COSTOS DE MANO DE OBRA PARA REHABILITAR..	125
<b>TABLA Nº 30:</b>	COSTOS DE MATERIALES FERROVIARIOS PARA REHABILITAR.....	126

## INTRODUCCIÓN

CVG Ferrominera Orinoco es la principal empresa encargada de la extracción y procesamiento de mineral de hierro. Esta empresa del Estado venezolano tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral del hierro y sus derivados, con eficiencia, productividad, calidad y a bajo costo, con el objetivo de abastecer en forma oportuna y suficiente a la industria siderúrgica nacional, y a aquellos mercados internacionales que resulten económica y estratégicamente atractivos, logrando con ello contribuir con el desarrollo económico del país.

Cuenta con diversas Gerencias que se encargan de planificar y ejecutar las distintas operaciones de producción, como lo son la Gerencia de PMH, Gerencia de Calidad, Gerencia de planta de Briqueta, Gerencia de planta de Pellas y la Gerencia de Ferrocarril.

La gerencia de Ferrocarril de la empresa CVG Ferrominera Orinoco constituye una de las áreas operativas más importantes dentro de la producción, esta área es la encargada del traslado del mineral de hierro desde la mina ubicada en el cerro Bolívar en Ciudad Piar hasta Puerto Ordaz, haciendo interconexión en Puerto Ordaz con el Puerto de Palúa, la red ferroviaria hacia las plantas de reducción directa en los sectores Industrial Matanzas y Punta Cuchillos (Sidor, Planta de Pellas de Ferrominera, Orinoco Iron y Comsigua). Con un total de 320 km de vía férrea constituye la mayor red ferroviaria del país.

Adscrito a la Gerencia de Ferrocarril, se encuentra la superintendencia de equipos ferroviarios el cual tiene el propósito de establecer normas, procedimientos y controles que regulen el programa preventivo y la ejecución del mantenimiento correctivo de los equipos ferroviarios utilizados para el mantenimiento de la vía férrea. Uno de los equipos de mayor uso en el mantenimiento de la vía férrea es la grúa de giro rápido.

Este es un equipo fundamental en la ejecución de mantenimiento preventivo, correctivo y construcción de nuevas vías férreas.

La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con dos modelos diferentes de grúa de giro rápido; una marca Pettibone, modelo 445-E y otra marca Swingmaster, modelo 181, ambas tienen como principal función, la carga y descarga de equipos pesados, la mayor parte de su trabajo es realizado en el mantenimiento de la vía férrea. El traslado de los equipos hasta el sitio de trabajo, se hace mediante plataformas. Anexo de las funciones mencionadas, las grúas permiten alinear durmientes nuevos.

El siguiente proyecto busca diagnosticar y generar propuestas a cerca de cual de las dos grúas de giro rápido (Pettibone o Swingmaster) tiene mayor y mejor rendimiento, enfocándose en las fallas que posean ambos equipos, el tiempo de trabajo que ejecuten sin presentar alguna deficiencia significativa que produzca que el equipo pare su operación, así como determinar los costos en lo que esta incurre durante su parada. Para recopilar información que ayude a determinar parte del estudio, se toma en cuenta la opinión tanto de los operarios de las maquinas como la de los mecánicos en cuanto, a cual equipo es mejor para trabajar en las rehabilitaciones de la vía férrea.

Finalmente, el presente informe se encuentra estructurado en seis capítulos, a continuación se describen brevemente cada uno de ellos:

- Capítulo I: Se describe la problemática y se incluyen los objetivos a cumplir, alcance, justificación y limitaciones de dicha problemática.
- Capítulo II: Se describe la empresa, desde sus objetivos hasta la descripción de su proceso de producción.
- Capítulo III: En este capítulo se realiza el marco teórico de los términos a utilizar durante la investigación.
- Capítulo IV: En este capítulo se detallan los aspectos procedimentales a seguir durante la elaboración del proyecto.

- Capítulo V: En este capítulo se describe la situación actual del área donde se realizó la investigación.
- Capítulo VI: Finalmente en este capítulo se exponen los análisis y resultados de la investigación.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Bibliografías.
- Apéndices.
- Anexos.

## **CAPITULO I EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

CVG Ferrominera Orinoco representa una de las empresas procesadoras de mineral de hierro más importantes del país. Esta tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral del hierro y sus derivados, con eficiencia, productividad, calidad y a bajo costo, con el objetivo de abastecer en forma oportuna y suficiente a la industria siderúrgica nacional y a aquellos mercados internacionales que resulten económica y estratégicamente atractivos, logrando con ello contribuir con el desarrollo económico del país.

Anualmente se transporta alrededor de 30 millones de toneladas de mineral de hierro no procesado (todo-en-uno), fino, grueso, pellas y briquetas hacia y desde las plantas siderúrgicas lo cual se realiza con 38 locomotoras con potencias que oscilan entre 2000, 4000 Y 4300 HP de capacidad y 1784 vagones: 1233 vagones góndola de 90 toneladas de capacidad para el transporte de mineral desde las minas, 885 vagones tolva o de descarga por el fondo para el transporte de mineral fino, pellas y briquetas y 17 vagones de volteo lateral para el transporte de mineral grueso.

En la superintendencia de equipos ferroviarios de la Gerencia de Ferrocarril de la empresa CVG Ferrominera Orinoco se encuentran las grúas de giro rápido marca Pettibone, modelo 445-E y marca Swingmaster, modelo 181, ambas cumplen la misma función pero poseen diferentes características, es aquí donde se generan ciertas incógnitas como ¿Cuál grúa trabaja con mayor eficiencia? ¿Cuál es más comfortable

para el operador? ¿Cuál de las dos grúas es mas confiable? pero una de las más importantes es saber ¿que equipo es más eficiente en cuanto a costos y tiempo de operación?, ya que en la jefatura de mantenimiento de equipos ferroviarios no existe un documento escrito donde haya una comparación de rendimiento de ambos equipos y se pueda conocer que grúa es mas sustentable para CVG Ferrominera Orinoco.

Estas grúas son fundamentales para el mantenimiento y rehabilitación de la vía férrea, ya que son equipos muy versátiles y de múltiple funciones que ayudan a realizar este tipo de trabajo, el cual CVG Ferrominera Orinoco debe mantener al día y en buen estado para el traslado del mineral de hierro desde Ciudad Piar hasta Puerto Ordaz.

Una de las desventajas que posee la grúa marca Pettibone es que la propia empresa distribuidora de estos equipos, dejo de prestar el apoyo técnico para su respectivo mantenimiento. A pesar de ser un equipo muy bueno en cuanto a maniobrabilidad, velocidad y ejecución, CVG Ferrominera Orinoco no obtiene respuesta de un llamado de emergencia por cambio de pieza o corrección de algún defecto de fábrica de la grúa modelo “445-E”. Esta situación ocasiona ciertas consecuencias siendo una de la más significativa, la generación de costos por parada del equipo, aumentando así los costos de producción de la empresa.

La grúa Swingmaster modelo “181 Swingloader” ha sido muy criticada por los operadores, ya que para muchos la versatilidad, maniobrabilidad y rendimiento de esta, está por debajo de la grúa Pettibone. Pero sin duda alguna la principal ventaja que ha sabido aprovechar la marca Swingmaster, es que esta ha prestado toda la atención necesaria a CVG Ferrominera Orinoco en cuanto a la corrección de las fallas de sus equipos y mantenimiento del mismo. Pero ocurre lo mismo que el modelo “445-E” de la Pettibone, ya que cada vez que el equipo se encuentre fuera de servicio también se generan costos por parada del equipo y a su vez costos de producción que perjudican la realización de un proyecto.

Debido a esta serie de problemáticas es necesario realizar un estudio de tiempo para conocer el rendimiento entre ambas grúas y así comparar que equipo es más sustentable para la empresa, evitando aumentar los costos por parada del equipo y los costos de producción. A su vez también se debe evaluar los aspectos legales de la norma covenin 2500-93 del sistema de mantenimiento de la industria, ya que esto repercute en la eficiencia con la que trabaja cada una de las grúas.

De no solucionarse esta problemática, la empresa se vería afectada significativamente en la productividad, la cual se busca estandarizar y aumentar con las recomendaciones que se generen a partir del estudio a realizar.

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el rendimiento de las grúas de giro rápido, ubicadas en el taller de equipos ferroviarios de la empresa CVG Ferrominera Orinoco.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual de los procesos de las grúas de giro rápido.
- Evaluar el cumplimiento de la Norma Covenin 2500-93 del sistema de mantenimiento en la industria.
- Realizar un estudio de tiempo a las actividades ejecutadas por las grúas de giro rápido.
- Aplicar el procedimiento de muestreo de trabajo a las grúas de giro rápido.
- Realizar un estudio de costos a las grúas de giro rápido Pettibone y Swingmaster.
- Elaborar un plan de acción orientado a optimizar el rendimiento de las grúas de giro rápido.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Jefatura de mantenimiento de equipos ferroviarios, tiene como propósito conocer cual es el rendimiento que posee la grúa de giro rápido Pettibone y Swingmaster, determinando cual equipo es mas eficiente y mas confiable para la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo que se le debe realizar a la vía férrea de CVG Ferrominera Orinoco. Por tal motivo, el presente proyecto busca ofrecer la opción mas adecuada para la empresa la cual genere mayor productividad y menor costo de producción.

### **1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo se basó en estudiar el rendimiento de las grúas de giro rápido marca Pettibone y Swingmaster ubicadas en el taller de mantenimiento de equipos ferroviarios en la Gerencia de Ferrocarril de la empresa CVG Ferrominera Orinoco. Determinando el rendimiento del equipo mediante un estudio de tiempo y muestreo, para conocer cual de estos es más eficiente en la ejecución de sus actividades y así poder presentarle a la empresa el más sustentable para realizar los trabajos de mantenimiento de la vía férrea.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se realizó en un periodo de 24 semanas dando inicio de la misma el día 6 de junio de 2014 y culminando el día 6 de diciembre de 2014.

Las principales limitaciones son las siguientes:

- Parada del equipo (grúa de giro rápido), ocasionando dificultades para observar directamente el trabajo que estos ejecutan y así poder realizar el análisis de sus operaciones.



- Dificultad para hacerle seguimiento y aplicar los estudios necesarios para determinar el rendimiento de las grúas Swingmaster, debido a que estas se encuentran operando en Ciudad Piar.

## **CAPITULO II GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

CVG Ferrominera Orinoco (FMO) es una compañía que empezó a operar en el año 1976 se dedica a la extracción, procesamiento, comercialización y venta de mineral de hierro y sus derivados. Opera a nivel nacional, donde provee a una acería y cinco plantas de reducción directa. Asimismo, exporta a varios países de Europa, Asia y de la región. Según la ferrominera, poseen una capacidad instalada de producción de 25Mt/a. En cuanto a las reservas probadas, la empresa alcanza los 4.184Mt. Por otro lado, cuenta con una estación de transferencia de mineral que puede almacenar hasta 180.000t del mismo, lo cual le permite una capacidad de transferencia anual de aproximadamente 6,5Mt. También opera una red ferroviaria de 320km. FMO es controlada por la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) y se encuentra adscrita al Ministerio de Industrias Básicas y Minería.

### **2.2. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

- Explotar y extraer el mineral de hierro de las minas a cielo abierto de San Isidro garantizando el volumen de producción y suministros de mineral de hierro requerido por el mercado nacional, a precios competitivos.
- Ampliar y profundizar el conocimiento de las características fisicoquímicas del mineral, factibles de explotar a corto y mediano plazo a fin de satisfacer adecuadamente las exigencias del mercado.

- Ampliar y crear la infraestructura productiva necesaria para garantizar el suministro del mineral de hierro, de acuerdo con el incremento de la demanda nacional y mantener la participación relativa en el mercado de exportación.
- Asegurar los recursos financieros necesarios para la consolidación y expansión de la capacidad productiva de la empresa.
- Transportar el mineral de hierro desde la mina de San Isidro, por vía férrea, hasta la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.) en Puerto Ordaz.
- Minimizar los efectos negativos que puedan originar los procesos productivos en el medio ambiente.
- Transportar el mineral hasta el apilador que lo deposita en camadas hasta conformar una pila de mineral homogenizado, física y químicamente, de acuerdo con la calidad exigida.
- Garantizar el suministro de aglomerados requeridos por el mercado nacional a precios competitivos internacionalmente.
- Consolidarse como suplidor seguro de aglomerados en aquellos mercados, que resulten económicamente rentables.
- Suministrar vía férrea y marítima, a la industria de acero local e internacional, del mineral de hierro procesado según sus demandas.
- Impulsar la investigación y el desarrollo del mercado de aglomerados y pre – reducidos a nivel internacional.

### **2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Ferrominera Orinoco, se encuentra ubicada en Venezuela (América del Sur), específicamente en el estado Bolívar. Cuenta con dos centros de operaciones: Ciudad Piar, donde se encuentran los principales yacimientos de mineral de hierro, denominado Cuadrilátero Ferrífero San Isidro; y Puerto Ordaz, lugar en el que están las plantas de procesamiento de mineral de hierro, pellas y briquetas, así como el muelle, parte de las operaciones ferroviarias y oficinas principales (Ver figura N°1).



**Figura N°1:** Ubicación geográfica

**Fuente:** [www.Ferrominera.com](http://www.Ferrominera.com)

## 2.4. MISIÓN

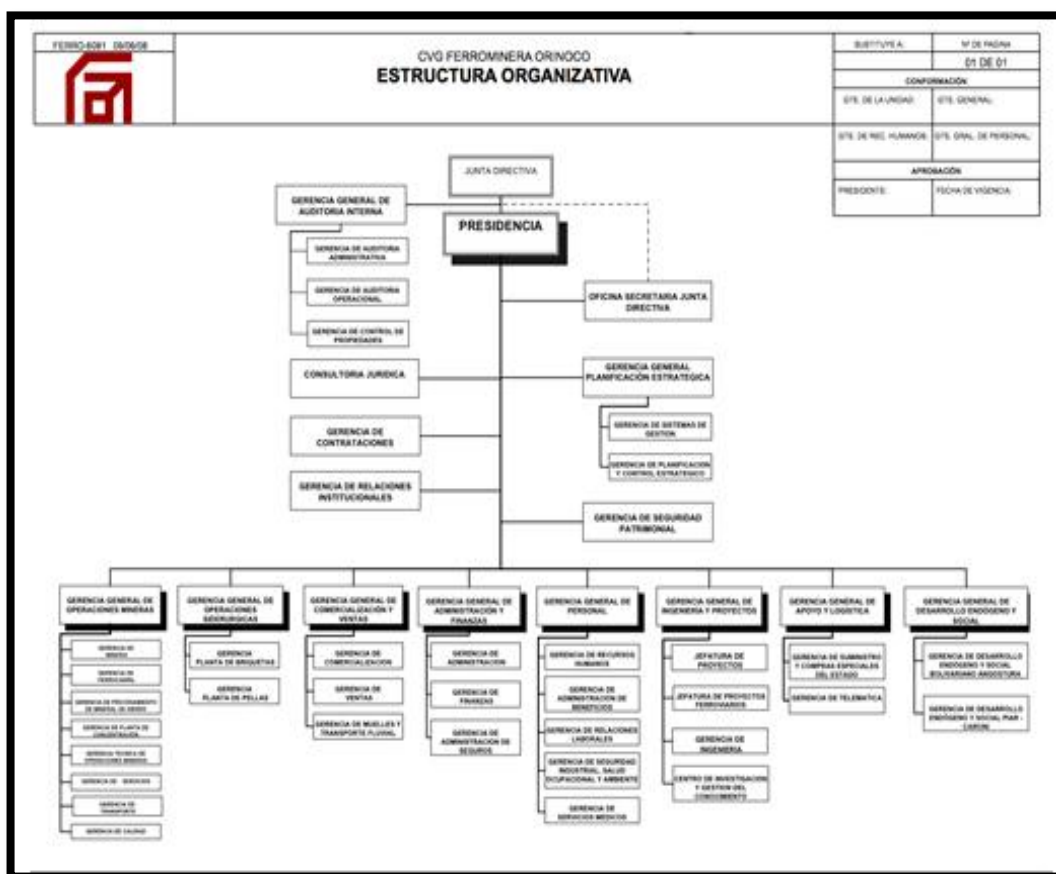
Extraer, beneficiar, transformar y comercializar mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector siderúrgico nacional, manteniendo relaciones de producción que reconozcan como único valor creador al trabajo y apoyando la construcción de una estructura social incluyente.

## 2.5. VISIÓN

Ser una empresa socialista del pueblo venezolano, administrada por el Estado, base del desarrollo siderúrgico del país, que responda al bienestar humano, donde la participación en la gestión de todos los actores, el reconocimiento del trabajo como único generador de valor y la conservación del medio ambiente, sean las fortalezas del desarrollo de nuestra organización.

## 2.6. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

A continuación se presenta la estructura organizativa vigente de la empresa CVG Ferrominera Orinoco (Ver Figura N°2).



**Figura N°2: Estructura Organizativa**

**Fuente:** www.Ferrominera.com

## 2.7. POLÍTICA INTEGRAL DE SISTEMAS DE GESTIÓN

Nuestra política en CVG Ferrominera Orinoco es extraer, procesar y suministrar mineral de hierro y derivados, cumpliendo con la normativa legal, los compromisos acordados con nuestros clientes y los requisitos aplicables relacionados con la calidad, el medio ambiente, la seguridad y la salud ocupacional.

Demostramos nuestro compromiso al mejorar continuamente el sistema de gestión, con el objeto de:

- Satisfacer las necesidades de nuestros clientes.
- Evitar, reducir y controlar los riesgos e impactos ambientales asociados a las actividades, productos y servicios
- Promover la participación y el bienestar de nuestros trabajadores, contratistas, proveedores, visitantes y el entorno donde operamos.

## 2.8. VALORES ORGANIZACIONALES

- **Solidaridad:** Participación solidaria, manifestada en el desprendimiento personal, en el trabajo en equipo, en la colaboración recíproca, en el aprecio y respeto por lo que hace cada quien, y en la manifestación de la igualdad de todos.
- **Ética:** Conducta con estricto apego a principios y valores morales, modelando nuestra actuación ante los demás, y desarrollando un impulso que nos convierta en ciudadanos justos, solidarios y felices.
- **Cultura de trabajo:** Labor creadora y productiva, impulsada por la colaboración e iniciativa, con el fin de superar las diferencias y la discriminación entre el trabajo físico e intelectual y reconocer al trabajo como única actividad que genera valor y por tanto, que legitima el derecho de propiedad.
- **Calidad:** Herramienta dinamizadora de la sustentabilidad y sostenibilidad de la actividad, con el fin de obtener productos de calidad, de tal modo que compitan exitosamente en el mercado nacional e internacionalmente en los países con los cuales se intercambian bienes y servicios.
- **Disciplina:** Compromiso de cumplir con los deberes y obligaciones que nos exige el trabajo y la misión de la empresa, actuando

ordenadamente para lograr los objetivos, cumpliendo con los valores éticos y haciendo lo que se debe de forma entusiasta.

- **Responsabilidad ambiental:** Incentivo del modelo de producción ambientalmente sustentable, optimizando el uso de los recursos naturales y protegiendo, preservando, restaurando y mejorando el ambiente donde operamos.
- **Responsabilidad social:** Suprema felicidad social manteniendo una visión de largo plazo que tiene como punto de partida la construcción de una estructura social incluyente, a fin de formar una nueva sociedad, con base en un nuevo modelo social, productivo, socialista, humanista y endógeno.
- **Honestidad:** Referencia moral para nuestras actuaciones en el trabajo, vida familiar y social, lo cual significa exhibir una conducta moral, en la relación con el pueblo y en la vocación del servicio, enfrentado la corrupción y promoviendo una conciencia ética.
- **Respeto:** Promoción de excelentes relaciones interpersonales hacia nuestros compañeros de trabajo, clientes, proveedores, integrantes de las comunidades y medio ambiente donde operamos.
- **Equidad:** Conciencia de que todos, por igual, tenemos el mismo grado de responsabilidad, sin distinciones de jerarquía o nivel. Humanismo: Significación social positiva enlazada al desarrollo de la vida de cada individuo y de toda la sociedad en su conjunto.
- **Patriotismo:** Sentimiento por la tierra natal o adoptiva a la que se siente ligado por valores, cultura, historia y afectos.
- **Cooperación:** Beneficio mutuo en la interrelación humana; fundamentada en el principio del respeto, con base en la consideración, el cuidado y la participación.

- **Sentido de pertenencia:** Identificación con la empresa, región y el país, impulsando el papel de la empresa estatal socialista como eslabón fundamental del desarrollo económico.

## 2.9. OPERACIONES MINERAS

La producción del mineral de hierro se realiza con base en los planes de minas a corto, mediano y largo plazo, los cuales se elaboran tomando como referencia la cantidad y calidad de las reservas, así como la demanda exigida por los clientes. Para la evaluación de recursos, planificación y diseño de la secuencia de excavación en los yacimientos se utilizan sistemas computarizados.

Los procesos involucrados en la explotación del mineral son:

- **Exploración:** El paso inicial en la explotación del mineral de hierro consiste en la prospección y exploración de la mena ferrífera, con el propósito de identificar la cantidad de recursos, así como sus características físicas y químicas.
- **Perforación:** Esta operación se realiza con cuatro taladros eléctricos rotativos que perforan huecos con brocas entre 0,11 m y 0,31 m de diámetro, a profundidades de 17,5 m y patrones de perforación de 7 m x 12 m y 10 m x 12 m, lo que permite bancos efectivos de explotación de 15 m de altura.
- **Voladura:** Se utilizan dos tipos de explosivos. El ANFO, sustancia compuesta por 94% de nitrato de amonio, mezclado con 6% de gasoil y el ANFOAL, que resulta de una combinación de 87% de nitrato de amonio, 3% de gasoil y 10% de aluminio metálico.
- **Excavación:** Una vez fracturado el mineral por efecto de la voladura, es removido a través de palas hidráulicas y eléctricas



desde los frentes de producción. Para este fin, la empresa cuenta con cinco palas eléctricas con baldes de 10,70 m<sup>3</sup> y tres con baldes de 7,6 m<sup>3</sup>.

- **Acarreo:** Veintidós camiones de 90 ton. de capacidad se encargan de acarrear el mineral para depositarlo en vagones góndola ubicados en las plataformas o muelles de carga. El suministro de mineral de hierro a la Planta de Trituración Los Barrancos se realiza con camiones de 170 ton.

## 2.10. PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO (PMH)

Al llegar a Puerto Ordaz los trenes cargados con mineral no procesado proveniente de la mina (todo-en-uno) con granulometría de hasta 1 m son seccionados en grupos de 35 vagones, que luego son vaciados individualmente, mediante un volteador de vagones con capacidad para 60 vagones por hora. Una vez volteados los vagones, el mineral es transferido al proceso de trituración para ser reducido al tamaño máximo de 44,45 mm.

**Cernido:** Luego de la etapa de trituración del mineral (todo-en-uno), el fino se transporta hacia las pilas de homogeneización y el grueso a la Planta de Secado y de allí va a los patios de almacenamiento de productos gruesos.

**Homogeneización y Transferencia:** En esta etapa, el mineral fino es depositado en capas superpuestas hasta conformar pilas de mineral homogeneizado física y químicamente, de acuerdo con las especificaciones de cada producto. De allí es despachado a los clientes o transferido hacia los patios de almacenamiento, los cuales están ubicados en: Pila Norte (Finos), Pila Sur (Gruesos), Pila Principal (Finos y Pellas) y Pila Clientes Locales (Gruesos y pellas).

**Despacho:** El producto destinado para la exportación se encuentra depositado en las pilas de almacenamiento en Puerto Ordaz y en la Estación de Transferencia Boca Grande II (Océano Atlántico). El embarque de mineral se realiza por medio de sistemas de carga, compuestos básicamente por equipos de recuperación y carga de mineral, correas transportadoras y balanzas de pesaje, para registrar la cantidad de mineral despachada.

### **CAPITULO III**

### **MARCO TEORICO**

Toda investigación requiere de un sustento teórico, en éste, por lo general, el investigador da a conocer las bases principales en las cuales se apoya para abordar el objeto de estudio, a nivel de la empresa, investigativo y teórico.

Este capítulo tiene ese propósito; en tal sentido a continuación se destacan cada uno de los aspectos que se requieren para dar origen a los objetivos planteados.

#### **3.1. OPERACIONES FERROVIARIAS**

Los vagones góndola, una vez cargados en los muelles de las minas, son llevados al patio donde se conforman trenes con tres locomotoras de 2000 HP y 125 vagones de 90 ton., para luego ser trasladados hacia Ciudad Guayana, en un recorrido de aproximadamente 135 km.

**Sistema Ferroviario:** Comprende las redes de la vía férrea de Puerto Ordaz-Ciudad Piar, interconexión Puerto Ordaz con el Puerto de Palúa, la red ferroviaria hacia las plantas de reducción directa en los sectores Industrial Matanzas y Punta Cuchillos (Sidor, Planta de Pellas de Ferrominera, Orinoco Iron y Comsigua). Con un total de 320 km de vía férrea constituye la mayor red ferroviaria del país.

**Recursos:** Anualmente se transportan alrededor de 30 millones de toneladas de mineral de hierro no procesado (todo-en-uno), fino, grueso, pellas y briquetas, hacia y desde las plantas siderúrgicas lo cual se realiza con 38 locomotoras con potencias que oscilan entre 1750 y 2000 HP de capacidad y 1784 vagones: 1300 vagones góndola de 90 toneladas de capacidad para el transporte de mineral desde las minas, 467 vagones

tolva o de descarga por el fondo para el transporte de mineral fino, pellas y briquetas y 17 vagones de volteo lateral para el transporte de mineral grueso.

La última adquisición realizada por FMO en 2010, en el marco de su Plan de Adecuación Tecnológica, consta de 200 vagones tipo góndola de 90 toneladas, 10 tipo plataforma de 70 toneladas y 4 cabooses (vagones de cola que transportan personal).

**Control de Operaciones:** El control central de las operaciones se realiza con un sistema de tráfico centralizado (CTC) y un sistema de tráfico automático de bloques. La comunicación es mediante radio enlace y todas las operaciones son controladas desde la oficina central en Puerto Ordaz.

**Características de la Vía Férrea:** La carga máxima por eje es de 32,5 toneladas, la pendiente máxima es de 3,1% y la mínima 0,045%. La trocha o ancho de la vía es de 1.435 mm y los rieles son de 132 libras por yarda. La velocidad máxima permitida para el tráfico actual es de 45 km/h en trenes cargados y 55 km/h en trenes vacíos.

### 3.2. MEDICIÓN DEL TRABAJO

La medición del trabajo es la parte cuantitativa del estudio del trabajo que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado.

De la definición anterior se observa que el objetivo inmediato de la medición del trabajo es la determinación del tiempo estándar, es decir, el medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo o patrón que es el tiempo.

### **3.3. ANÁLISIS FODA**

Es una herramienta que se utiliza para comprender la situación actual de una empresa u organización.

FODA es una sigla que significa Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de su negocio y el entorno en el cual éste compite. El análisis FODA tiene múltiples aplicaciones y puede ser usado por todos los niveles de la corporación y en diferentes unidades de análisis tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, corporación, empresa, división, unidad estratégica de negocios, etc. Muchas de las conclusiones obtenidas como resultado del análisis FODA, podrán serle de gran utilidad en el análisis del mercado y en las estrategias de mercadeo.

### **3.4. TIEMPO ESTÁNDAR**

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, usando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

Existen varios tipos de técnicas empleadas para establecer un estándar, cada una diseñada para diferentes usos y cada uso con diferentes exactitudes y costos. Entre las principales técnicas que se emplean para la medida del trabajo son las siguientes:

- Estudio de tiempos.
- Por descomposición en micro movimientos de tiempos predeterminados.
- Datos estándares y fórmulas de tiempo.
- Por estimación de datos históricos.

- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo).

De acuerdo con algunos estudios realizados, se dice que se utilizan diferentes métodos para estudiar la mano de obra directa e indirecta. Mientras que la mano de obra directa se estudia por los tres (3) primeros métodos, la mano de obra indirecta se estudia con las dos últimas.

### **3.5. ESTUDIO DE TIEMPO**

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demás demoras personales y los retrasos inevitables.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos del trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, para realizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea. Según una norma de ejecución preestablecida.

#### **3.5.1 REQUISITOS DEL ESTUDIO DE TIEMPO**

Hay que dar cumplimiento a ciertos requisitos fundamentales antes de emprender el estudio de tiempos. Si se requiere el estándar para una nueva labor, o se necesita el estándar en un trabajo existente cuyo método se ha cambiado en todo o en parte, es preciso que el operario domine perfectamente la técnica de estudiar la operación. También es importante que el método que va a estudiarse se haya estandarizado en todos los puntos donde se va a utilizar. Los estándares de tiempo carecerán de valor y serán fuente constante de inconformidades, disgustos y conflictos internos, si no se estandarizan todos los detalles del método y las condiciones de trabajo. El operario debe verificar que se

está siguiendo el método correcto y procurar familiarizarse con todos los detalles de la operación.

Para lograr un buen estudio de tiempos, es necesario:

1. Seleccionar al trabajador promedio.
2. El trabajador seleccionado debe ser un operador calificado que tenga la experiencia los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo, según la norma o método establecido.
3. Obtener y registrar toda la información pertinente acerca de la tarea del operario y de las condiciones de trabajo.
4. Registrar toda la información completa del método. Descomponiendo la tarea en elementos.
5. Medir con el instrumento adecuado.
6. Determinar la velocidad de trabajo, o sea, valorar o efectuar la calificación de actuación del trabajador (habilidad, esfuerzo, condiciones y la consistencia).
7. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
8. Añadir los suplementos al tiempo básico para obtener el tiempo tipo.
9. Obtener el tiempo estándar en piezas por hora y/o en horas por piezas.

El ingeniero Industrial (analista del estudio de tiempos) tiene que observar los métodos mientras hace el estudio de tiempos. La definición de estudio de tiempos postula que la tarea medida se realiza conforme a un método especificado.

Un estudio de tiempos no pretende fijar lo que tarda un hombre en realizar un trabajo, ni es tampoco un procedimiento para hacer caer al operario en el agotamiento físico; en definitiva de lo que se trata es de establecer un tiempo de ejecución para que cualquier operario que

conozca su trabajo pueda hacerlo continuamente y con agrado. La realización del estudio de tiempos es necesario para:

- Reducir los costos.
- Determinar y controlar con exactitud los costos de mano de obra.
- Establecer salarios con incentivos.
- Planificar.
- Establecer presupuestos.
- Comparar los métodos.
- Equilibrar cadenas de producción.

### **3.6 MUESTREO DEL TRABAJO**

Método para analizar el trabajo realizando un gran número de observaciones a intervalos al azar, a fin de establecer estándares y mejorar métodos. Consiste en un procedimiento de determinación de tiempos basados en la estadística matemática. Su origen se estableció con la finalidad de determinar, sin tener que recurrir a la observación continua, el porcentaje de paradas y el reparto del tiempo total de trabajo entre los diversos operarios ocupados en la misma actividad o las distintas máquinas de un taller o sección.

La teoría de muestreo se basa en las leyes fundamentales de la probabilidad. Para que el muestreo de trabajo sea estadísticamente aceptable, es necesario que cada momento tenga la misma probabilidad de ser elegido, es decir, las observaciones deben ser aleatorias, carecer de sesgo y ser independientes.

#### **3.6.1 APLICACIONES**

- 1) Establecimiento de tolerancias.
- 2) Establecimiento de estándares de tiempo en trabajo indirectos.
- 3) Determinación del porcentaje de utilización de las máquinas.



- 4) Estimación de demoras evitables e inevitables.
- 5) Estimación del porcentaje de utilización de las herramientas.
- 6) Medir la eficiencia de trabajos en departamentos.
- 7) Determinación de la eficiencia de los operarios.
- 8) Establecimiento de incentivos.

### **3.7 MANTENIMIENTO**

La norma venezolana COVENIN 3049-93 “Mantenimiento. Definiciones”, define al mantenimiento como: “El conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado” (p.1).

El mantenimiento puede considerarse un sistema estrechamente relacionado con otros entes o áreas de la organización como la Gerencia General, Compras, Almacén, Administración y Calidad.

La importancia del mantenimiento nace a partir de la necesidad de disponibilidad de las máquinas en los procesos, por tanto la evolución del mantenimiento va alineada al aumento en la mecanización de las industrias, permitiendo cambios en el mantenimiento a lo largo del tiempo.

#### **3.7.1 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO**

Para Leal y Zambrano, en Fundamentos básicos del mantenimiento (2007), la correcta aplicación de las actividades de mantenimiento en un sistema de equipos trae como resultados inmediatos, mediano y largo plazo, beneficios tales como:

- Fiabilidad en el cumplimiento y mejoramiento de las metas de producción, garantizada por una mayor disponibilidad operacional de los equipos.
- Estandarización de la calidad de los productos a través de la conservación de parámetros de los equipos.

- Reducción significativa y optimización de los costos causado por las fallas en los equipos, gracias a disminución de trabajos de emergencia e incidentes repentinos.
- Optimización de los costos totales de mantenimiento.
- Disminución de reprocesos de producción.
- Utilización racional y programada de recursos como tiempo y materiales.
- Disminución de accidentes, reduciendo el nivel de riesgo para el personal de la planta.
- Prolongación de la vida útil de equipos e instalaciones.
- Optimización de los tiempos de producción.
- Aumento de la productividad de la planta.

### **3.7.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Tradicionalmente, se han distinguido diversos tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por la forma de ejecución de las tareas o actividades, sin embargo en base a la Norma COVENIN 3049-93, las técnicas empleadas parten de las siguientes:

- Mantenimiento Correctivo

Se denomina mantenimiento correctivo, a aquel que corrige los defectos observados en los equipos, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Se considera una estrategia de operación hasta que falle y su objetivo es llevar a los equipos, después de fallar, a sus condiciones iniciales, por medio de restauración o reemplazo de componentes posterior a una rotura, daño o desgaste.

Dentro del mantenimiento correctivo se encuentra el:

### ✓ Mantenimiento de Emergencia

Es aquel que se origina por fallas en los equipos y debe ser corregido en plazo breve, ya que puede afectar a la producción y puede generar un gran aumento en los costos.

- **Mantenimiento Preventivo**

Es aquel que se lleva a cabo para asegurar la confiabilidad y disponibilidad del equipo. Emplea el análisis estadístico de la data de las acciones ejecutadas para determinar los parámetros del mantenimiento, haciendo ingeniería de mantenimiento y a partir de dichos estudios se retroalimenta la información de la gestión de la función mantenimiento ya que busca optimizar este proceso.

El mantenimiento preventivo usa todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición por averías, vida útil, entre otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas.

Algunas de las ventajas de este tipo de mantenimiento son las siguientes:

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición de desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódica puede ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible dominio en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- Los costos directos e indirectos son reducidos considerablemente al disminuir la ocurrencia de una parada no programa, además de que la

calidad de la reparación puede verse afectada bajo la presión de una emergencia.

Dentro del mantenimiento preventivo, se encuentran las técnicas de:

✓ Mantenimiento Programado:

Es ejecutado por la organización de mantenimiento, es decir, se debe poseer personal calificado y experimentado para poder realizarlo, se caracteriza por tener actividades de inspección, chequeos, monitoreos, cambios de piezas y revisión de funcionamiento de elementos, con una frecuencia de quincenal en adelante, siendo las frecuencias más comunes: quincenal, mensual, trimestral, semestral, anual, bianual, cada por unidades producidas, cada por kilómetros recorridos, cada por horas trabajadas, entre otros.

Para poder determinar en este tipo de mantenimiento la frecuencia de ejecución de las actividades se sugiere que el personal de planificación y programación tome en cuenta las recomendaciones del fabricante así como también las que pueda opinar el operador de la máquina.

La planificación y programación del mantenimiento programado por lo general se toma en base a un año calendario, empleándose jornadas diarias de trabajo, los días y semanas hábiles que tenga la empresa.

✓ Mantenimiento Predictivo

Es el mantenimiento planificado y programado basándose en análisis técnicos y condición del equipo, antes de ocurrir la falla sin detener el funcionamiento normal del equipo, para determinar la expectativa de vida, de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo, minimizando costos.

### 3.7.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Las actividades que el área de mantenimiento realiza deben permitir que los sistemas productivos sean mantenidos de forma tal que la producción o servicio obtenido sea el deseado. Entre las actividades que realiza mantenimiento, según Leal y Zambrano en Fundamentos básicos del mantenimiento (2007), se tienen las siguientes:

✓ Actividad Mecánica

Son acciones de mantenimiento dirigidas a la conservación y reparación de las partes mecánicas de los objetos y sistemas. Estas partes varían de acuerdo a los sistemas.

✓ Actividad Eléctrica

Muchos sistemas u objetos de las organizaciones poseen partes eléctricas y estas son susceptibles de acciones para mantener y lograr su óptimo desempeño. Esta actividad es importante debido a que las fallas de índole eléctricas se pueden catalogar de impredecibles o fortuitas.

✓ Actividad de Lubricación

Son acciones donde se realizan cambios y análisis de lubricantes en los sistemas u objetos.

## **CAPITULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Para el desarrollo del trabajo de investigación es preciso enmarcar el mismo dentro de un contexto metodológico, que permita organizar las acciones para la recolección, organización, análisis e interpretación de la realidad, aplicando los siguientes métodos:

#### **4.1. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de este estudio requiere la aplicación de un diseño no experimental, dentro de la modalidad de investigación de tipo descriptiva-evaluativa de campo.

- Según el Nivel de Profundidad: Descriptiva

Porque se pretende conocer la situación y su entorno, para tener una idea clara y objetiva de las características de la situación actual.

- Según la Estrategia: De Campo

Dado que el estudio requiere que el investigador intervenga directamente en las áreas involucradas, con el objetivo de obtener mayor conocimiento que justifique el estudio y garantice la información. Para enfatizar esto la Universidad Nacional Abierta (1998) dice que: “La investigación de campo, cuando la estrategia que cumple el investigador se basa en métodos que permiten recoger los datos en forma directa de la realidad donde se presenta”. (P.57)

## **4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población a utilizar para la evaluación del rendimiento operativo y tiempo estándar, estará compuesta por todas las Grúas de giro rápido, las cuales están conformadas por 7 grúas marca Pettibone que se encuentran operando en las áreas asignadas por el departamento de mantenimiento de vías, en Puerto Ordaz y 4 grúas marca Swingmaster las cuales 3 operan actualmente en Ciudad Piar y 1 en las áreas operativas en Puerto Ordaz. En la Muestra para efectos de la investigación se tomara únicamente 1 grúa Pettibone de las 7 existentes y 1 grúa Swingmaster las 4 con las que cuenta el taller de equipos ferroviarios de la empresa CVG Ferrominera Orinoco.

## **4.3. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS**

A continuación se mostraran los instrumentos y equipos utilizados para la recolección de información:

### **4.3.1 INSTRUMENTOS**

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Observación Directa:

Haciendo uso de esta técnica de recolección, para facilitar la obtención de información, opiniones, referencias y conocimientos, se realizaron entrevistas no estructuradas a supervisores de la unidad involucrada, operadores y mecánicos de las grúas de giro rápido; con el fin de identificar el proceso de estos equipos de mantenimiento de vías ferroviarias.

**La Observación.** “La observación no es solamente una actividad cotidiana del hombre, sino una actividad fundamental en la investigación científica. Ella nos ayuda a percibir la realidad exterior, orientando la recolección de datos, definidos de acuerdo con el interés del

investigador”. Según esta definición la observación es de gran importancia para recolectar los datos de los equipos en cuanto a su funcionamiento, así como también las actividades desempeñadas en el área de trabajo.

- Entrevista No Estructurada:

**La Entrevista.** “Es en cierta manera una forma verbal de cuestionario, y consiste en que el individuo proporciona la información directamente al investigador o entrevistador, en una relación personal, a través del diálogo y en una interacción con el entrevistado.”. Esta técnica de recolección de información fue de gran utilidad ya que se realizaron entrevistas al personal que trabaja diariamente en la planta como operarios, especialistas y al personal de las áreas involucradas en general.

A través de esta técnica se pretende conseguir información, opiniones, referencias y conocimientos técnicos especializados provenientes de los trabajadores, relacionada con los procesos y actividades que realizan las grúas de giro rápido en el mantenimiento de vías ferroviarias, asociadas al estudio. Cervo (1989) se refiere a las entrevistas como “Es una conversación orientada hacia un objetivo definido: Recoger, a través de preguntas al informante, datos para la investigación”. (P.93)

- Estudio de Tiempos:

El estudio de tiempos se realizó con el objetivo de medir y establecer los tiempos de duración de cada una de las actividades que realizan las grúas de giro rápido y sus respectivos operadores.

#### **4.1. EQUIPOS Y RECURSOS UTILIZADOS**

- Recursos Humanos:
  - ✓ Personal bibliotecario
  - ✓ Tutor Académico



- ✓ Tutor Industrial
- ✓ Planificador del taller de mantenimiento de equipos ferroviarios.
- ✓ Operadores de las grúas de giro rápido.
- ✓ Mecánicos de las grúas de giro rápido.
- Equipos de Protección Personal
  - ✓ Botas de seguridad
  - ✓ Casco
  - ✓ Camisa (uniforme de la empresa)
  - ✓ Pantalón (Tela de jeans)
  - ✓ Protector respiratorio.
- Materiales:
  - ✓ Cronometro digital para el estudio de tiempo (usando el método de la vuelta a cero).
  - ✓ Libreta de anotación tamaño carta.
  - ✓ Lápices.
  - ✓ Computadora.
  - ✓ Hojas.
  - ✓ Impresora.
  - ✓ Excel.
  - ✓ Word.
  - ✓ Formato para estudio de tiempo, el cual permite registrar los tiempos tomados.
  - ✓ Formato para concesiones por fatiga.

- ✓ Tabla de Westinghouse.
- ✓ Tabla de t-student.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Formato para estudio de muestreo.

#### **4.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Los pasos para el estudio del rendimiento de las grúas Pettibone y Swingmaster se presenta de manera estructurada siguiendo los objetivos ya planteados, por lo que se realizó de acuerdo a lo siguiente:

##### **4.4.1 DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO.**

- Se entrevistó al personal del taller de equipos ferroviarios y de mantenimiento de vías.
- Se aplicó una encuesta tanto a los operarios como a los mecánicos, para conocer la perspectiva de cada uno de estos, sobre el rendimiento con el que trabajan las grúas de giro rápido.

##### **4.4.2 EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA.**

- Se entrevistó al personal de mantenimiento de equipos ferroviarios para obtener la información y los datos necesarios para hacer la evaluación a la norma covenin 2500-93.
- Se apreciaron las brechas y por ende se determinaron las acciones a ejecutar.

#### **4.4.3 REALIZAR UN ESTUDIO DE TIEMPO A LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS POR LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO.**

- Se revisó el material bibliográfico.
- Se realizó visita al área donde se llevó a cabo el estudio.
- Se consultó a los operadores de las grúas, sobre las distintas tareas que deben llevar a cabo, al manejar los equipos ferroviarios.
- Se tomó el tiempo de las operaciones realizadas y se registraron, para luego calcular el tiempo estándar para así tener una mejor visualización de este y hacer la inclusión de la mejora propuesta del mismo.

#### **4.4.4 APLICAR EL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE TRABAJO A LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO.**

- Se determinaron los elementos que intervienen en el proceso.
- Se realizó visita al área donde se llevó a cabo el estudio.
- Se definió el tamaño de la muestra
- Se buscó detalladamente la forma para efectuar las observaciones necesarias.
- Se realizaron las observaciones de acuerdo al plan del formato diseñado y se realizó el análisis respectivo. Finalmente se incluyó la mejora propuesta del mismo.

#### **4.4.5 REALIZAR UN ESTUDIO DE COSTOS A LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER.**

- Se determinaron los elementos que intervienen en los costos de producción de cada equipo.
- Se revisó el material bibliográfico para obtener los datos necesarios y así realizar el estudio de costos entre las dos grúas de giro rápido.

#### **4.4.6 ELABORAR UN PLAN DE ACCIÓN ORIENTADO A OPTIMIZAR LOS RENDIMIENTOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO.**

Ya obtenido todos los valores de los objetivos anteriores se procedió a diseñar una propuesta de estrategias a seguir para mejorar los procesos de las grúas de giro rápido, presentando a su vez las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se presenta la situación actual de las grúas de giro rápido, ubicadas en la superintendencia de equipos ferroviarios, mediante una encuesta se podrá conocer la percepción de los operarios y mecánicos encargados del mantenimiento y operación de estos equipos, también se presenta un diagrama Causa-Efecto y posteriormente la descripción de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las grúas de giro rápido mediante una matriz FODA.

#### **5.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SUPERINTENDENCIA DE EQUIPOS FERROVIARIOS**

La Superintendencia de Equipos Ferroviarios encargada del mantenimiento y reparación de las grúas de giro rápido, trabaja conjuntamente con la Superintendencia de Mantenimiento de Vías, la cual requiere de la total disponibilidad de las grúas de giro rápido para el proceso de rehabilitación de la vía férrea. Actualmente se tienen 7 grúas marca Pettibone, de las cuales solo se encuentran operativas 4, las 3 restantes están fuera de servicio por fallas y/o falta de repuestos; por otra parte también se cuenta con 4 grúas marca Swingmaster, operando 3 de estas en Ciudad Piar y 1 en la Superintendencia de Equipos Ferroviarios en Puerto Ordaz.

Por ende, la Superintendencia de Equipos Ferroviarios necesita conocer cual de estas grúas (Pettibone o Swingmaster) es mas confiable y poseen mejor rendimiento, para realizar las actividades de carga, descarga, colación de durmientes y colocación de rieles.

## 5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se presentan las especificaciones técnicas que poseen ambos equipos para poder conocer cual grúa de giro rápido posee mejores características y mayor versatilidad.

### Especificaciones Técnicas de la grúa Swingmaster

- **Boom:**

Posee una rotación del boom de 180°.

- **Velocidad de desplazamiento máxima:**

Posee una velocidad de desplazamiento máxima de 26mph (41.8 km/h)

- **Capacidad de carga:**

Sobre el frente = 10.000 lbs (4.536kgs)

Sobre al lado: Sobre Neumáticos = 8.000 lbs (3.629kgs)

Sobre Alto riel = 5.400 lbs (2.449kgs)

- **Especificaciones del motor:**

Motor Detroit Diesel 4-53N: Caballos de fuerza 135 Bhp @ 2300rpm.

- **Transmisión:**

Transmisión powershift de 6 velocidades el cual provee múltiples velocidades con máximo alcance de torque y energía a cualquier velocidad.

- **Tanque de combustible:**

43 Gal. equivalente a 162.76lts.

- **Sistema Hidráulico:**

75 Gal. equivalente a 284lts de aceite hidráulico.

### Especificaciones Técnicas de la grúa Pettibone

- **Boom:**

Posee una rotación del boom de 180°.

- **Velocidad de desplazamiento máxima:**

Posee una velocidad de desplazamiento máxima de 25mph (40.2 km/h).

- **Capacidad de carga:**

Sobre el frente = 10.000 lbs (4.536kgs)

Sobre al lado: Sobre Neumáticos = 8.000 lbs (3.629kgs)

Sobre Alto riel = 5.400 lbs (2.449kgs)

- **Especificación del motor:**

Motor Cummins QSB 6.7L: 160Bhp @ 2500rpm

- **Transmisión:**

Transmisión powershift de 6 velocidades el cual provee múltiples velocidades con máximo alcance de torque y energía a cualquier velocidad.

- **Tanque de combustible:**

43 Gal. equivalente a 162.76lts

- **Sistema Hidráulico:**

75 Gal. equivalente a 284lts de aceite hidráulico.

En las especificaciones técnicas, ambos equipos poseen características similares como son: rotación del boom de 180°, capacidad de carga, tanque de combustible y en el sistema hidráulico. La diferencia que existe entre Swingmaster y Pettibone se detalla en la velocidad la cual una de las grúas posee una velocidad máxima de 41.8km/h (Swingmaster) y otra 40.2km/h (Pettibone), pero a pesar de esto la velocidad con la que pueden trabajar depende de la potencia del motor, ambos equipos poseen diferentes motores, el motor Cummins que posee la grúa Pettibone trabaja con 160Bhp @ 2500rpm generando ventaja para ejecutar sus actividades en comparación con la grúa Swingmaster que trabaja con un motor Detroit Diesel 4-53N con 135Bhp @ 2300rpm caballos de fuerza, dando evidencia que por este detalle se considera que la grúa Pettibone es mas efectiva y posee un mejor rendimiento.

### 5.3. ENCUESTA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA OPERATIVIDAD DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO

La siguiente encuesta se realizó con el objetivo de conocer la percepción que poseen los trabajadores del taller de equipos ferroviarios, basándose en el rendimiento operativo de las grúas de giro rápido. Las preguntas que se presentan a continuación, son de selección simple y servirán de ayuda para diagnosticar la situación actual de los equipos.

- 1) ¿Qué grúa es más confortable para operar durante un turno de trabajo de 8 horas?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 2) En tiempo de ejecución de colocación de rieles y durmientes ¿Cuál grúa realiza esta actividad con mayor velocidad y eficiencia?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 3) ¿Cuál grúa posee mayor disponibilidad en casos de un descarrilamiento de emergencia?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 4) En manejabilidad ¿Qué grúa es la más indicada para operar en espacios confinados?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 5) ¿Cuál grúa genera menos costos por causa de paradas por fallas?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 6) En condiciones ambientales inadecuadas ¿Cuál grúa posee mayor eficiencia para trabajar?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

- 7) ¿Cuál grúa posee mayor capacidad de carga de durmientes y equipos pesados?

Pettibone ☐ Swingmaster ☐ Ambos ☐

Muchas Gracias por su colaboración.



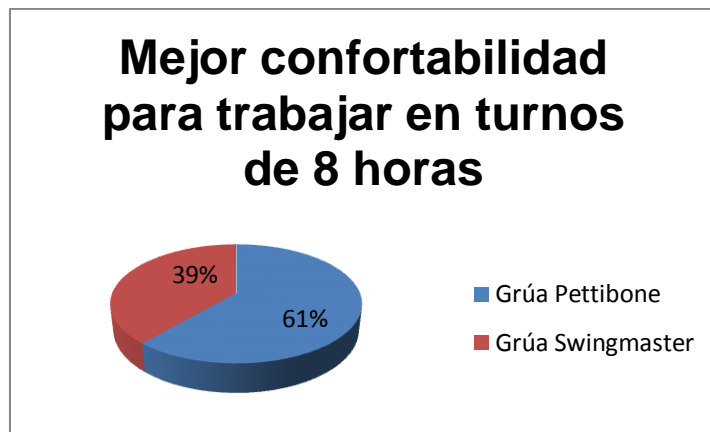
A continuación se presentan los resultados de la encuesta realizada a 20 trabajadores, divididos entre mecánicos y operarios con total conocimiento sobre las grúas de giro rápido (ver tabla N° 1).

**Tabla N°1: Resultados de encuesta para el diagnostico de las grúas Pettibone y Swingmaster**

<b>Características</b>	<b>Grúa Pettibone</b>	<b>Grúa Swingmaster</b>	<b>Total</b>
Mejor confortabilidad para trabajar en turnos de 8 horas	19	12	31
Velocidad y eficiencia en colocación de rieles y durmientes	19	4	23
Disponibilidad	17	13	30
Mejor manejo en espacios confinados	20	3	23
Menos costo de paradas por fallas	14	13	27
Eficiencia de trabajo en condiciones ambientales inadecuadas	16	7	23
Capacidad de Carga	17	10	27
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>62</b>	<b>184</b>
<b>Total Porcentual</b>	<b>66,30%</b>	<b>33,70%</b>	<b>100%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

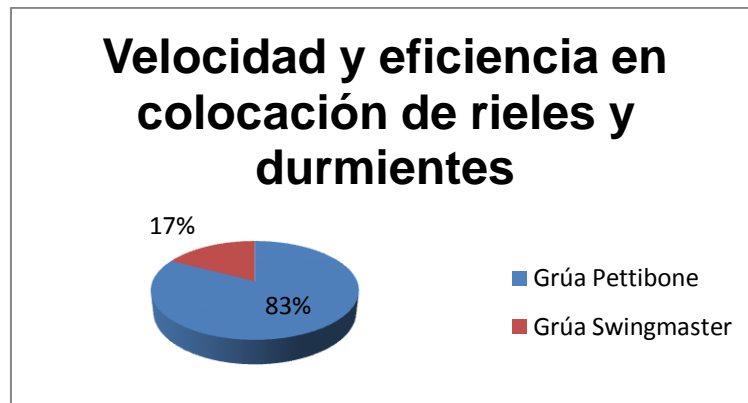
En la tabla N°1 se observan los resultados arrojados por la encuesta realizada para diagnosticar el rendimiento de las grúas de giro rápido Pettibone y Swingmaster, donde se puede detallar la opción elegida por cada trabajador, a continuación se presenta mediante gráficos de torta los resultados en porcentaje por cada característica que obtuvieron cada grúa (ver gráficos N°1, N°2, N°3, N°4, N°5, N°6 y N°7).



**Gráfico N°1: Confortabilidad**

**Fuente: Elaboración propia**

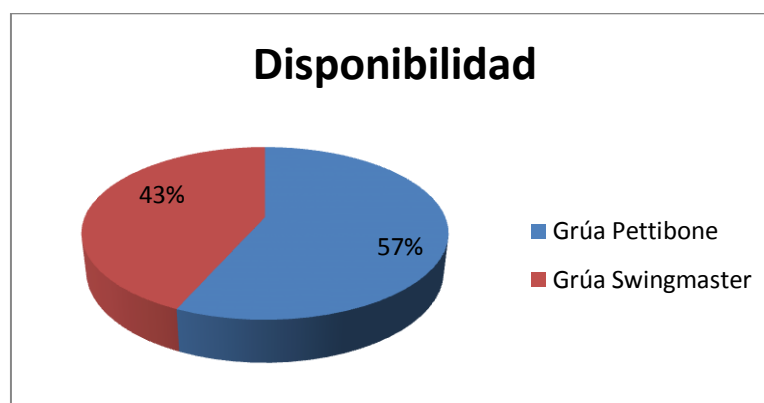
Se puede detallar mediante el gráfico N°1 que los mecánicos y operarios de la superintendencia de equipos ferroviarios y la superintendencia de mantenimiento de vías, tienen un 61% de preferencia por la confortabilidad de la grúa Pettibone, por condiciones como la comodidad del asiento y posición de los controles de mando (palanca y volante, el cual se puede acercar hasta la posición del operador), haciendo más fácil operar en esta grúa mediante un turno de trabajo de 8 horas e incluso más tiempo. El 39% asume que la grúa Swingmaster es confortable para el operario, pero a diferencia de la grúa Pettibone, los controles de mando de este equipo son más rígidos y no se pueden acercar hasta la posición del operador haciendo más difícil trabajar durante el turno de 8 horas.



**Gráfico N°2: Velocidad y eficiencia**

**Fuente: Elaboración propia**

El gráfico N°2 muestra el porcentaje que obtuvieron las grúas de acuerdo a las respuestas dadas por los trabajadores encuestados, en cuanto a la velocidad y eficiencia con la que las grúas de giro rápido ejecutan la actividad de colocación de rieles y durmientes. El 83% de los encuestados prefieren el uso de la grúa Pettibone debido a que posee mayor velocidad de desplazamiento y mejor transmisión para realizar estas actividades, muchos de los operarios indican que la grúa Pettibone ejecuta estas actividades en el menor tiempo posible. Solo un 17% indica que la grúa Swingmaster ejecuta estas actividades en menor tiempo, a pesar de que no tiene la misma velocidad de desplazamiento y una transmisión menos efectiva que la grúa Pettibone; es evidente que en tiempos de ejecución los trabajadores tienen una mayor preferencia por la grúa Pettibone.



**Gráfico N°3: Disponibilidad**

**Fuente: Elaboración propia**

En cuanto a la disponibilidad que poseen los equipos, en el grafico N°3 se puede observar que el 57% de los resultados arrojados por la encuesta, muestra que las grúas Pettibone poseen mayor disponibilidad en casos de un descarrilamiento de emergencia, tomando en cuenta que los operarios por experiencia disfrutan mas trabajar en las grúas Pettibone por su rapidez y eficiencia para ejecutar sus actividades, pero la superintendencia de equipos ferroviarios tiene el deber de mantener estos equipos en las condiciones mas optimas para trabajar, es por esto que el 43% restante asumió que las grúas Swingmaster también se poseen buena disponibilidad para trabajos de emergencia.

Algunos encuestados afirman que ciertas características presentes en las grúas Pettibone hacen de este equipo menos propenso a fallar que las grúas Swingmaster, como por ejemplo la transmisión de las grúas Pettibone genera mas potencia a sus sistemas eléctricos, mecánicos e hidráulicos que la transmisión de las grúas Swingmaster, el sistema de frenado que poseen las Pettibone son hidráulicos siendo estos mas efectivos, que el sistema de frenado utilizado por las Swingmaster las cuales utilizan frenos de aire. A pesar de todas esas acotaciones, los resultados fueron un poco más equitativos, observando que ambas grúas poseen la disponibilidad necesaria para trabajar en casos de emergencias como un descarrilamiento de la vía férrea.

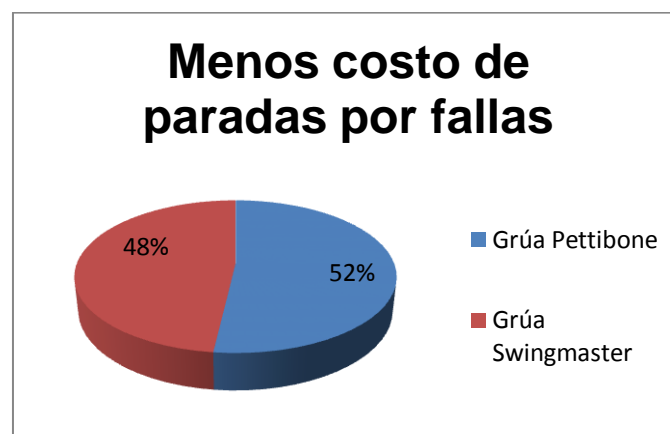


**Gráfico N° 4: Manejo en espacios confinados**

**Fuente: Elaboración propia**

Claramente se puede observar en el gráfico N°4 la diferencia en cuanto al manejo de las grúas en espacios confinados, un contundente 87% de los encuestados

asumen que las grúas Pettibone, al poseer mayor velocidad de desplazamiento, mejor transmisión y por ser mas corta en cuanto a estructura que las grúas Swingmaster, son las mas indicadas para trabajar en espacios reducidos, pues gracias a estas características ya mencionadas, las grúas Pettibone pueden girar en espacios mas cortos y ejecutar mejor sus funciones en este tipo de terrenos los cuales se tornan muy complicados para poder realizar trabajos con maquinarias pesadas como los son las grúas de giro rápido. Solo un 13% asegura que las grúas Swingmaster pueden realizar actividades en espacios como estos, pues a pesar de poseer menor velocidad de desplazamiento, una transmisión menos optima lo cual les dificulta realizar giros cortos y una estructura más grande que las grúas Pettibone, consideran las opciones que poseen estas para trabajar en este tipo de terrenos. El resultado arrojado por la encuesta nos demuestra que las grúas Pettibone son más eficientes para operar en este tipo de terrenos que las grúas Swingmaster.

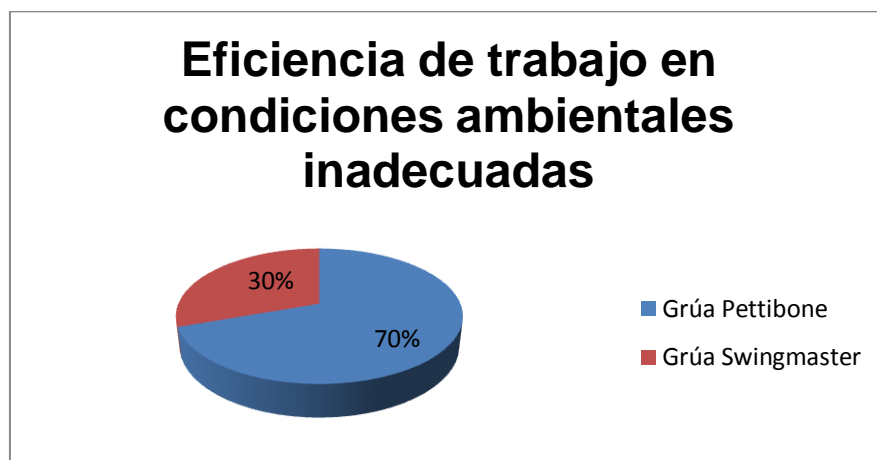


**Gráfico N°5: Menos costo de paradas por fallas**

**Fuente: Elaboración propia**

En el gráfico N°5 se puede detallar cual de las grúas de giro rápido genera menos costos de paradas por fallas. La encuesta arrojó resultados muy equitativos donde el 52% de los encuestados eligió a las grúas Pettibone como las menos generadoras de costos por fallas, de igual manera el 48% obtenido por las grúas Swingmaster indica que estas no generan muchos costos por paradas, obviamente ambos equipos sufren paradas por fallas que generan gastos a la empresa, pero la mayoría de los trabajadores consideran que ambas grúas sufren pocas paradas, pues solo se

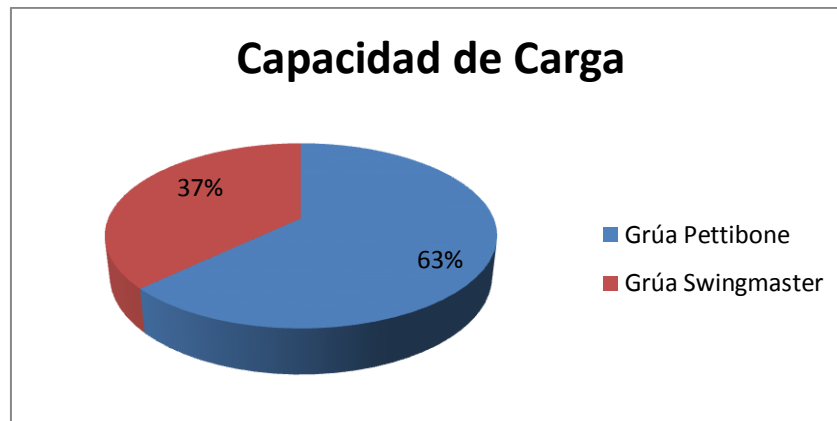
tiene un 4% de margen de diferencia entre ambas grúas. Generalmente por experiencia del personal encargado del mantenimiento de estos equipos, el mantenimiento preventivo es realizado cada tres meses, pero siempre al hacer uso de las grúas, los mecánicos y operadores realizan un chequeo rutinario, los cuales son, revisión del aceite de motor y de caja, revisión del grasado del boom, revisión del sistema de frenado y revisión del sistema hidráulico, para optimizar las condiciones del equipo y este pueda realizar sus operaciones con la mayor eficiencia posible.



**Gráfico N°6: Eficiencia en condiciones ambientales inadecuadas**

**Fuente: Elaboración propia**

Claramente cuando se habla de eficiencia de trabajo de las grúas de giro rápido en condiciones ambientales inadecuadas, la mayoría de los encuestados se inclino mas por las grúas Pettibone, pues como se menciono anteriormente la velocidad y transmisión que estas poseen otorgan mayor ventaja sobre las grúas Swingmaster, es por esto que en el gráfico N°6 los resultados obtenidos dicen que el 70% de los trabajadores consideran mas eficiente en terrenos mojados, climas lluviosos, temperaturas muy elevadas y suelos rocosos a las grúas Pettibone, mientras que el 30% restante asume que para estas situaciones las mejores para trabajar son las grúas Swingmaster.

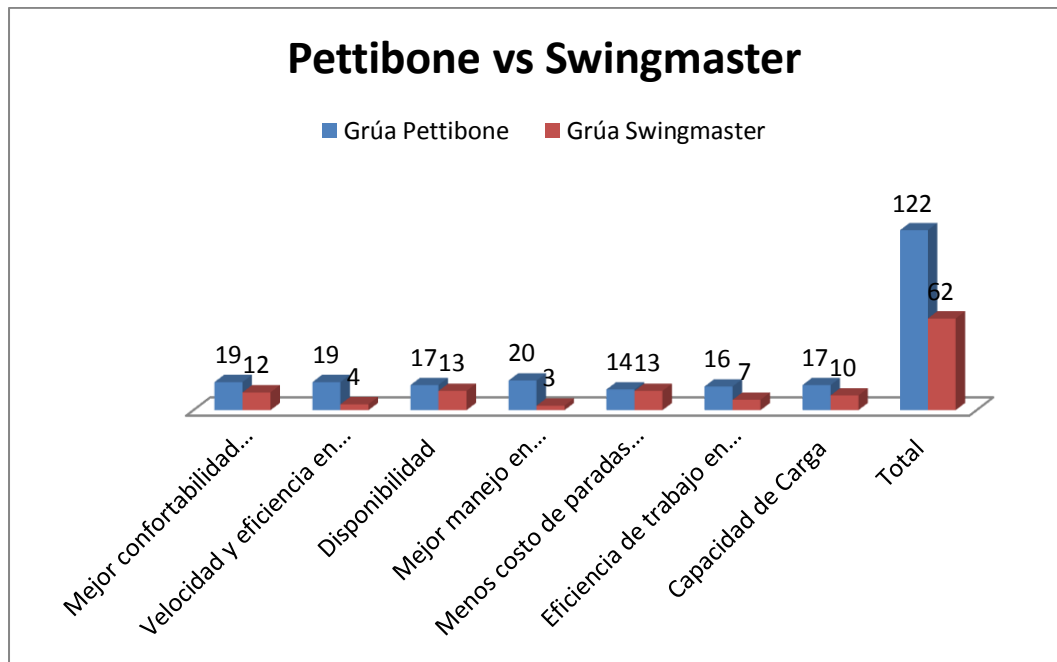


**Gráfico N°7: Capacidad de carga**

**Fuente: Elaboración propia**

El gráfico N°7 muestra cual de las grúas de giro rápido posee mayor capacidad de carga de durmientes y equipos pesados, un 63% de los encuestados escogió a las grúas Pettibone como las que poseen la capacidad de cargar mayor peso para trabajos en rehabilitaciones y soldadura de las tiras de los rieles, mientras que el 37% eligieron la grúa Swingmaster, tomando en cuenta las especificaciones técnicas de ambos equipos, muchos de los trabajadores consideran que las grúas Pettibone tiene una ventaja considerable sobre las Swingmaster, pues la experiencia de los operadores se reflejo en los resultados dejando un margen de 26% de diferencia entre cual equipo tiene mayor efectividad a la hora de cargar durmientes y tiras de rieles.

A continuación se presenta mediante un gráfico de barras (ver gráfico N°8) la diferencia total de los resultados arrojados por la encuesta del diagnostico de la operatividad de las grúas de giro rápido.



**Gráfico N°8: Pettibone vs Swingmaster**

**Fuente: Elaboración propia**

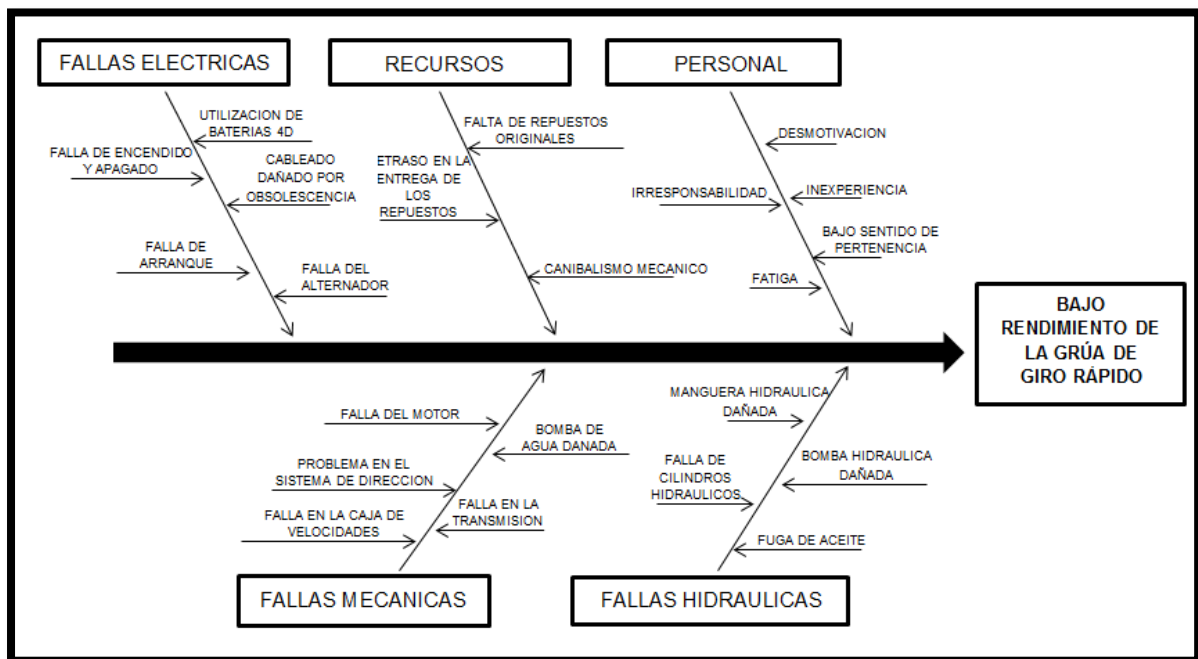
Finalmente se observa mediante el gráfico N°8 la cantidad total de escogencias que obtuvieron las grúas Pettibone y Swingmaster, siendo el total de encuestados 20 trabajadores entre mecánicos y operarios, observándose la diferencia que hay entre las características para diagnosticar el rendimiento de estos equipos de acuerdo a la percepción de los trabajadores de la superintendencia de equipos ferroviarios y la superintendencia de mantenimiento de vías, en total la grúa Pettibone obtuvo un total de 122 escogencias para finalizar como la grúa con mayor y mejor rendimiento desde el punto de vista de los mecánicos encargados del mantenimiento y de los operarios encargados del manejo de estos equipos; por otra parte la grúa Swingmaster obtuvo 66 elecciones siendo la de menor rendimiento en este caso. Mayor parte de estos resultados fueron de acuerdo a que los encuestados consideran que la velocidad y la transmisión que poseen las grúas Pettibone permiten ejecutar con mayor eficiencia las actividades correspondientes, mientras que la velocidad y transmisión que poseen las grúas Swingmaster son las principales características que perjudican su eficiencia a la hora de ejecutar sus actividades. La encuesta arrojó resultados claramente favorables a las grúas Pettibone con un gran margen de diferencia de 56 selecciones más que la grúa Swingmaster, siendo esta



de acuerdo a la opinión de los participantes la de mejor rendimiento en las diversas categorías preguntadas en la encuesta.

#### 5.4. AGRUPACIÓN DE CAUSAS POR MEDIO DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

A continuación se presenta mediante un diagrama causa-efecto (ver figura N°3) la agrupación de las principales causas que afectan el rendimiento de las grúas de giro rápido.



**Figura N°3: Diagrama Causa-Efecto Grúas de Giro Rápido**

**Fuente: Elaboración propia**

Después de hacer las observaciones a las causas que afectan el rendimiento de las grúas de giro rápido, se pudo verificar que los equipos poseen diferentes fallas mecánicas, eléctricas e hidráulicas que afectan en el rendimiento de las grúas, así como también en el personal se observó que las distintas actitudes que estos presentan diariamente pueden perjudicar el trabajo del equipo y los recursos crean un problema de alto riesgo como es la falta de repuestos originales de las grúas y la instalación de piezas de equipos inoperativos.

## **5.5. EVALUACIÓN DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL**

La Norma Covenin 2500-93 contempla un método cuantitativo para la evaluación de sistemas de mantenimiento, donde se determina la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al mantenimiento. Esto se debe realizar mediante el análisis de la ficha de evaluación que estudia las 12 áreas de la estructura de mantenimiento rutinario, mantenimiento programado, mantenimiento circunstancial, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento por avería, personal de mantenimiento, apoyo logístico y recursos; a cada una se le asigna un porcentaje de cumplimiento, lo que permite conocer el perfil de la función de mantenimiento. A continuación se presenta la ficha de evaluación realizada al taller de equipos ferroviarios, perteneciente a la superintendencia de equipos ferroviarios (ver tabla N°2 y N°3 respectivamente).

**Tabla N°2: Ficha de Evaluación al Sistema de Mantenimiento**

**Sistema de Mantenimiento**  
**Ficha de Evaluación**

**Empresa:** Taller de equipos Ferroviarios - CVG Ferrominera Orinoco

**Fecha:**

**Evaluador:** Raúl González

**Inspección n°:** 1

A	B	C	D	E	F	G%									
Área	Principio Básico	Pts		Total Deme.	Pts	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	1 0 0
I Organización de la Empresa	1. Funciones y responsabilidades	60			60										
	2. Autoridad y Autonomía	40	D3	10	30										
	3. Sistema de Información	50			45										
	<b>Total Obtenido</b>	150		<b>Total Obtenido</b>	135	90%									
II Organización de Mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	80	D6	15	65										
	2. Autoridad y Autonomía	50			50										
	3. Sistema de Información	70			70										
	<b>Total Obtenido</b>	200		<b>Total Obtenido</b>	185	92.5%									
III Planificación del Mantenimiento	1. Objetivos y Metas	70			70										
	2. Políticas para planificación	70			70										
	3. Control y Evaluación	60			60										
	<b>Total Obtenido</b>	200		<b>Total Obtenido</b>	200	100%									
IV Mantenimiento Rutinario	1. Planificación	100			100										
	2. Programación e Implementación	80	D3+D4+D5	30	50										
	3. Control y Evaluación	70			70										
	<b>Total Obtenido</b>	250		<b>Total Obtenido</b>	220	88%									
V Mantenimiento Programado	1. Planificación	100			100										
	2. Programación e Implementación	80	D2	10	70										
	3. Control y Evaluación	70			70										
	<b>Total Obtenido</b>	250		<b>Total Obtenido</b>	240	96%									
VI Mantenimiento Circunstancial	1. Planificación	100			100										
	2. Programación e Implementación	80	D4+D5	30	50										
	3. Control y Evaluación	70			70										
	<b>Total Obtenido</b>	250		<b>Total Obtenido</b>	220	88%									

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla N°3: Ficha de Evaluación al Sistema de Mantenimiento**

Ficha de Evaluación										
Empresa: Taller de equipos Ferroviarios - CVG Ferrominera Orinoco						Fecha:				
						Evaluador: Raúl González				
						Inspección N°: 1				
A	B	C	D	E	F	G%				
Área	Principio Básico	Pts		Total Deme.	Pts	1	2	3	4	5
						0	0	0	0	0
						6	7	8	9	10
						0	0	0	0	0
VIII Mantenimiento Preventivo	1. Determinación de Parámetros	80			80					
	2. Planificación	40			40					
	3. Programación e Implementación	70			70					
	4. Control y Evaluación	60			60					
	Total Obtenido	250	Total Obtenido	250	100%					
VII Mantenimiento Correctivo	1. Planificación	100			100					
	2. Programación e Implementación	80	D1	20	60					
	3. Control y Evaluación	70			70					
	Total Obtenido	250	Total Obtenido	230	92%					
IX Mantenimiento Por Avería	1. Atención a las fallas	100	D3+D4+D5	45	55					
	2. Supervisión y Ejecución	80	D4+D7	15	65					
	3. Información sobre las averías	70			70					
	Total Obtenido	250	Total Obtenido	190	76%					
X Personal de Mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades de personal	70	D2	20	50					
	2. Selección y Formación	80	D1+D2+D4+D5	40	40					
	Motivación e Incentivos	50	D2+D3+D4	30	20					
	Total Obtenido	200	Total Obtenido	110	55%					
XI Apoyo Logístico	1. Apoyo Administrativo	40	D1+D2+D3	30	10					
	2. Apoyo Gerencial	40			40					
	3. Apoyo General	20	D1	10	10					
	Total Obtenido	100	Total Obtenido	60	60%					
XII Recursos	1. Equipos	30	D6	5	25					
	2. Herramientas	30	D5	5	25					
	3. Instrumentos	30	D4	5	25					
	4. Materiales	30	D1+D2+D5	9	21					
	5. Repuestos	30	D1+D2+D4+D8	12	18					
	Total Obtenido	150	Total Obtenido	114	76%					
		2500			2154					

Puntuación Porcentual Global **86.16%**

Fuente: Elaboración Propia

Ya evaluada la norma 2500-93 del sistema de mantenimiento de la industria, se observaron los porcentajes de cumplimiento para cada una de las áreas de la estructura actual de mantenimiento. En total la puntuación fue de 2154 pts y la puntuación porcentual global fue de 86,16%, significando que no se posee una organización totalmente definida, en el siguiente capítulo se profundiza mas este resultado presentando las estrategias a seguir para mejorar esta puntuación obtenida.

## **5.6. ELABORACIÓN DE MATRIZ FODA DE LA GRÚA PETTIBONE**

Para elaborar la matriz FODA, se debe estudiar tanto el contexto interno como el externo, de tal manera que se puedan diseñar estrategias orientadas a producir un buen ajuste a la capacidad de recursos de la empresa y la situación externa que pueda afectar el rendimiento de la grúa de giro rápido Pettibone.

A continuación se presentan las variables controlables (Fortalezas y debilidades) internas y las variables no controlables (Oportunidades y Amenazas) externas.

### **Contexto Interno**

- **Fortalezas (F):**

1. La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con recursos económicos.
2. Se cuenta con el Software de gestión del mantenimiento (SAP).
3. Tienen personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo.
4. Poseen la planificación de mantenimiento registrada en el sistema.

- **Debilidades (D):**

1. Satisfacción de los operarios en cuanto a la operatividad de la grúa.
2. Negligencia por parte del fabricante (Pettibone) en cuanto al servicio técnico para el equipo y envíos de repuestos originales.

3. Uso inadecuado de la grúa.
4. Fallas mecánicas y eléctricas los cuales hacen que el equipo se encuentre fuera de servicio.
5. La grúa posee piezas muy gastadas, debido a que fue adquirida en el año 2006.
6. Bajo sentido de pertenencia por parte de los operarios al manejar la grúa.
7. Falla en el sistema de acondicionamiento (disergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.

### **Contexto Externo**

- **Oportunidades (O):**

1. Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad.
2. Capacitación mediante cursos, a los mecánicos y operarios, encargados del mantenimiento y manejo de la grúa.
3. Responsabilidad por parte de los mecánicos para realizar mantenimiento preventivo cada vez que la grúa lo requiera.

- **Amenazas (A):**

1. Control cambiario.
2. Tiempo de entrega de repuestos.
3. Descarrilamientos continuos, causando desgaste por uso excesivo.
4. Vida útil del equipo.
5. Manejo de la grúa hacia el sitio a rehabilitar, creándole desgaste.

A continuación se presenta la estructura de la matriz FODA (ver tabla N° 4)

**Tabla N° 4: Matriz FODA grúa Pettibone**

<p><b>Contexto Interno</b></p> <p><b>Contexto Externo</b></p>	<p><b>Fortalezas (F):</b></p> <p>1) La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con recursos económicos.</p> <p>2) Se cuenta con Software de gestión del mantenimiento.</p> <p>3) Tienen personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo.</p> <p>4) Poseen la planificación de mantenimiento registrada en el sistema.</p>	<p><b>Debilidades (D):</b></p> <p>1) Negligencia por parte del fabricante (Pettibone) en cuanto al servicio técnico para el equipo y envíos de repuestos originales.</p> <p>2) Uso inadecuado de la grúa.</p> <p>3) Fallas mecánicas y eléctricas, las cuales hacen que el equipo se encuentre fuera de servicio.</p> <p>4) La grúa posee piezas muy desgastadas, debido a que fue adquirida en el año 2006</p> <p>5) Bajo sentido de pertenencia por parte de los operarios al manejar la grúa.</p> <p>6) Falla en el sistema de acondicionamiento (disergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.</p>
<p><b>Oportunidades (O):</b></p> <p>1) Existe satisfacción de los operarios en cuanto a la operatividad de la grúa.</p> <p>2) Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad.</p> <p>3) Capacitación mediante cursos, a los mecánicos y operarios, encargados del mantenimiento y manejo de la grúa respectivamente.</p> <p>4) Responsabilidad por parte de los mecánicos para realizar mantenimiento correctivo cada vez que la grúa lo requiera.</p>		
<p><b>Amenazas (A):</b></p> <p>1) Control cambiario.</p> <p>2) Tiempo de entrega de repuestos.</p> <p>3) Descarrilamientos Continuos, causando desgaste por uso excesivo.</p> <p>4) Vida útil del equipo.</p> <p>5) Manejo de la grúa hacia el sitio a rehabilitar, creándole desgaste.</p>		

**Fuente: Elaboración propia**

Una vez definido el contexto interno y el externo, se procede a realizar las estrategias derivadas de los cruces Fortalezas - Oportunidades, Fortalezas - Amenazas, Debilidades - Oportunidades y Debilidades - Amenazas, que en un futuro se pueden implementar para lograr alcanzar los objetivos de esta investigación. Estas estrategias serán explicadas en el siguiente capítulo.

## **5.7. ELABORACIÓN DE MATRIZ FODA DE LA GRÚA SWINGMASTER**

Al igual como se analizó el contexto interno como externo para el análisis de la grúa Pettibone, lo mismo se hará para la grúa Swingmaster, generando así las posibles estrategias que ayuden a ajustar la capacidad de recursos de la empresa y la situación externa que pueda afectar el rendimiento de la grúa de giro rápido Swingmaster.

A continuación se presentan las variables controlables (Fortalezas y debilidades) internas y las variables no controlables (Oportunidades y amenazas) externas.

### **Contexto Interno**

- **Fortalezas (F):**

1. La superintendencia de equipos ferroviarios posee recursos económicos.
2. Se hacen visitas temporales por parte del fabricante (Swingmaster), para corregir posibles fallas técnicas que presente la grúa y mejorar ciertas características de esta.
3. Software de gestión del mantenimiento (SAP).
4. Manual de mantenimiento actualizado.
5. Adquisición de repuestos originales.
6. Personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo.



- **Debilidades (D):**

1. Posee ciertas características (velocidad, estructura, giro del boom, sistema de frenado, entre otras), que no cumplen con la satisfacción de los operarios, trayendo como consecuencia el poco uso por parte de estos para realizar actividades en las rehabilitaciones ferroviarias.
2. Bajo sentido de pertenencia por parte del operario.
3. Presenta fallas en el sistema de frenos, lo cual genera dificultad en la actividad de colocación de durmientes.
4. Falla en el sistema de acondicionamiento (ergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.
5. Mal uso de la grúa.

## **Contexto Externo**

- **Oportunidades (O):**

1. Equilibrio en las responsabilidades del personal de mantenimiento.
2. Apoyo por parte de la gerencia en adquirir mas equipos de este fabricante (Swingmaster), debido al buen servicio que le han prestado a la empresa.
3. Con la visita temporal que realizan técnicos de la empresa fabricante (Swingmaster), se entregan listas para mejorar las características menos destacadas de la grúa.
4. Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad.

- **Amenazas (A):**

1. Control cambiario.
2. Tiempo de entrega de los repuestos.

3. Completo rechazo por parte de los operarios en utilizar esta grúa, debido a que sus funciones son muy limitadas.
4. Traslado de la grúa hacia el área de trabajo donde se va a utilizar.
5. Rehabilitaciones continuas.

A Continuación se presenta la estructura de la Matriz FODA de la grúa Swingmaster (ver tabla N° 5):

**Tabla N° 5: Matriz FODA grúa Swingmaster**

<p><b>Contexto Interno</b></p> <p><b>Contexto Externo</b></p>	<p><b>Fortalezas (F):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con recursos económicos.</li> <li>2) El fabricante (Swingmaster) viene periódicamente y hace recomendaciones para corregir posibles fallas técnicas que presente la grúa y mejorar ciertas características de esta.</li> <li>3) Se cuenta con Software de gestión del mantenimiento.</li> <li>4) Poseen Manual de mantenimiento actualizado.</li> <li>5) Adquieren repuestos originales.</li> <li>6) Tienen personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo.</li> </ol>	<p><b>Debilidades (D):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Posee características técnicas que no cumplen con la satisfacción de los operarios, trayendo como consecuencia el poco uso por parte de estos para realizar actividades en las rehabilitaciones ferroviarias.</li> <li>2) Bajo sentido de pertenencia por parte del operario.</li> <li>3) Posee fallas en el sistema de frenado, lo cual genera dificultad en la actividad de colocación de durmientes.</li> <li>4) Falla en el sistema de acondicionamiento (disergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.</li> <li>5) Uso inapropiado de la grúa.</li> </ol>
<p><b>Oportunidades (O):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Apoyo por parte de la gerencia en adquirir nuevas grúas de este fabricante (Swingmaster).</li> <li>2) Con la visita temporal que realizan técnicos de la empresa fabricante (Swingmaster), se entregan listas para mejorar las características menos destacadas de la grúa.</li> <li>3) Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad.</li> </ol>		
<p><b>Amenazas (A):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Control cambiario.</li> <li>2) Tiempo de entrega de repuestos.</li> <li>3) Completo rechazo por parte de los operarios en utilizar esta grúa.</li> <li>4) Manejo de la grúa hacia el sitio a rehabilitar, creando desgaste al equipo.</li> <li>5) Descarrilamientos continuos, causando desgaste por uso excesivo.</li> </ol>		

**Fuente: Elaboración propia**

Una vez definido el contexto interno y el externo, se procede a realizar las estrategias derivadas de los cruces Fortalezas - Oportunidades, Fortalezas - Amenazas, Debilidades - Oportunidades y Debilidades - Amenazas, que en un futuro se pueden implementar para lograr alcanzar los objetivos de esta investigación. Estas estrategias serán explicadas en el siguiente capítulo.

## **CAPITULO VI**

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

En este capítulo se exponen los análisis y resultados obtenidos de la investigación realizada en la Superintendencia de equipos ferroviarios en la empresa CVG Ferrominera Orinoco.

#### **6.1. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CAUSA – EFECTO**

Analizando el diagrama causa – efecto de las grúas de giro rápido (Ver figura N°3), se determinaron las principales causas que afectan el rendimiento de estas grúas a la hora de realizar sus actividades en el área de la superintendencia de mantenimiento de vías férreas.

- **Personal**

Con respecto al personal, se observó que ciertas actitudes como la irresponsabilidad y el bajo sentido de pertenencia afectan el rendimiento de la grúa de giro rápido, ya que algunos trabajadores no consideran tener un sumo cuidado a la hora de manejar el equipo, esto trae consecuencias como el desgaste del equipo, daños de la infraestructura, daños a los sistemas eléctricos, mecánicos e hidráulicos ocasionando el bajo rendimiento de este. La inexperiencia es parte de la poca capacitación que pueden obtener los trabajadores más jóvenes o que nunca han operado el equipo. Se debe realizar cursos de capacitación y charlas de toma de consciencia para que los trabajadores puedan asumir el máximo compromiso y cuidado a la hora de operar en las grúas de giro rápido.

- **Recursos**

No se cuenta con repuestos originales por parte del fabricante, por ende los mecánicos encargados del mantenimiento se ven obligados a desmontar piezas de equipos que se encuentran inoperativos para poder reparar la falla que presente la grúa, esto hace que el equipo pueda operar pero no a su máxima capacidad. Por otro lado la adquisición de repuestos de otro fabricante no llega en el tiempo

estipulado, ya que en aduana no existe un sistema que evite retrasos en la entrega de estos, trayendo problemas a la hora de cambiar piezas dañadas de los equipos. Es importante que los repuestos sean entregados en el tiempo que se estipulo, ya que sino se cumple trae como consecuencia que el equipo se encuentre totalmente inoperativo.

- **Fallas Eléctricas**

Las grúas de giro rápido presentan un gran deterioro en la parte eléctrica, como: Cableado dañado, falla del arranque, fallas en el encendido y apagado, falla del alternador y utilización de baterías 4D; siendo estas parte importante del bajo rendimiento de los equipos. Las baterías que utilizan las grúas son 8D, ya que poseen el amperaje necesario para que el equipo pueda encender y trabajar de manera optima, pero en la adquisición de estas baterías el principal problema es la llegada de estas a la superintendencia, debido al largo tiempo que permanecen estas en aduana, trayendo como consecuencia su deterioro e imposible utilización. Es muy importante atacar estas fallas de manera inminente, ya que las partes afectadas son primordiales en darle energía al motor del equipo para que este pueda operar en las condiciones mas optimas.

- **Fallas Mecánicas**

Las partes mecánicas de las grúas de giro rápido son sumamente importantes al igual que la parte eléctrica, pues en estas se encuentra el motor y la transmisión, partes criticas en el funcionamiento del equipo. Las grúas presentan fallas mecánicas como: Falla del motor, falla en la transmisión, falla en la caja de velocidades, bomba de agua dañada y problemas en la dirección. Claramente es importante que estas partes estén en condiciones optimas, pues el motor y la transmisión en pocas palabras son el corazón y cerebro de las grúas, pero de igual manera la caja de velocidades es importante ya que permite al operador trabajar a diferentes velocidades dependiendo del espacio territorial en el que se esté trabajando, la dirección ayuda a controlar el sentido en que se debe manejar la grúa para dirigirse a diferentes zonas del sitio de trabajo y la bomba de agua cumple funciones fundamentales que permiten al motor mantenerse refrigerado para que este no se recaliente y pueda terminar dañándose debido a la altas temperaturas a

la que este puede llegar a trabajar. La superintendencia de equipos ferroviarios tiene el deber de corregir estas fallas para lograr que todas estas funciones que cumplen estas partes mecánicas eleven el rendimiento y las grúas puedan trabajar de forma óptima.

- **Fallas Hidráulicas**

Las grúas de giro rápido poseen partes hidráulicas que son primordiales para el funcionamiento de estas, al igual que en la parte eléctrica y mecánica, las grúas presentan una serie de fallas en esta parte que impiden el funcionamiento efectivo del sistema hidráulico. Las principales fallas que repercuten en el rendimiento de las grúas son: Falla de cilindros hidráulicos, los cuales son los que otorgan fuerza de tracción y/o compresión de manera lineal al boom de la grúa; mangueras hidráulicas dañadas, por donde fluye el aceite necesario y poder mantener lubricado todo el sistema; bomba hidráulica dañada, encargada de bombear los fluidos necesarios de zonas de menor presión o altitud a una zona de mayor presión o altitud y así darle energía a todo el sistema hidráulico; y fuga de aceite del equipo evitando que los fluidos puedan llegar al sistema para otorgarle la energía necesaria para funcionar, deteriorándolo y haciendo que el equipo no pueda trabajar con un alto rendimiento. La superintendencia de equipos ferroviarios debe corroborar que este sistema se encuentre en las mejores condiciones posible ya que al igual que los sistemas eléctricos y mecánicos, este es necesario para que el equipo trabaje de forma óptima en todas sus funciones.

## **6.2. ANÁLISIS DE LA EVLUACIÓN DE LA NORMA COVENIN 2500-93 DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL**

La ficha de la norma covenin 2500-93 permitió conocer el porcentaje de cumplimiento para cada una de las áreas de la estructura actual de mantenimiento, permitiendo así conocer el perfil de la función del mismo. A continuación se presenta la tabla resumen de la evaluación (Ver tabla N°5).

**Tabla N° 6: Resumen de la evaluación de la Norma Covenin 2500-93 del sistema de mantenimiento Actual.**

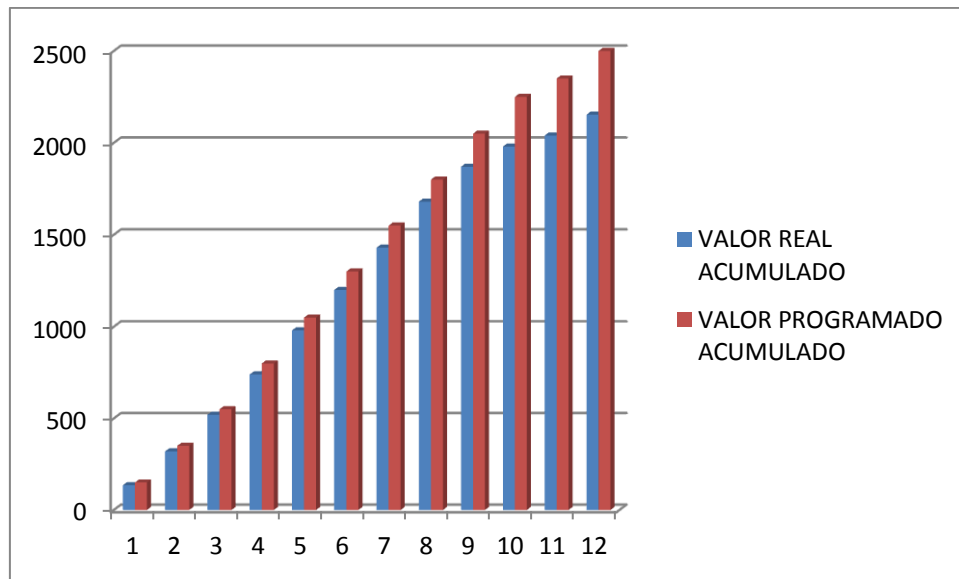
ÁREA	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN NORMA	PUNTAJE OBTENIDO	PORCENTAJE (%)
I	Organización de la empresa	150	135	90%
II	Organización mantenimiento	200	185	92.5%
III	Plan de mantenimiento	200	200	100%
IV	Mantenimiento Rutinario	250	220	88%
V	Mantenimiento Programado	250	240	96%
VI	Mantenimiento Circunstancial	250	220	88%
VII	Mantenimiento Preventivo	250	230	92%
VIII	Mantenimiento Correctivo	250	250	100%
IX	Mantenimiento por avería	250	190	76%
X	Personal de mantenimiento	200	110	55%
XI	Apoyo Logístico	100	60	60%
XII	Recursos	150	114	76%
<b>PUNTACIÓN TOTAL</b>		<b>2500</b>	<b>2154</b>	<b>86.16%</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

La puntuación obtenida fue de 86,16%, reflejando claramente que la organización de mantenimiento que presenta la superintendencia de equipos ferroviarios no esta totalmente definida, esencialmente porque se presentan deficiencias en la parte de mantenimiento por avería, personal de mantenimiento, apoyo logístico y recursos.

Gráficamente se puede esquematizar y observar de forma más clara las fortalezas y debilidades del sistema de mantenimiento (Ver gráfico N° 9).

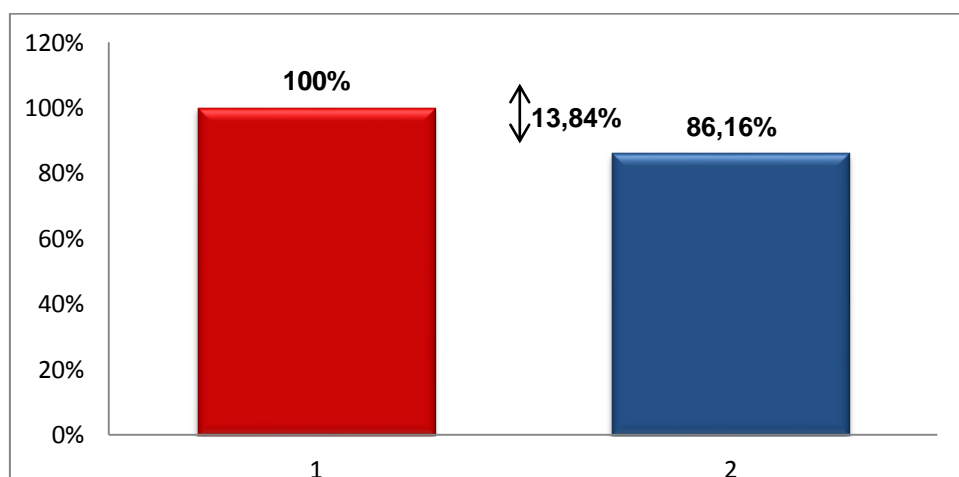




**Gráfico N° 9: Evaluación del sistema de mantenimiento**

**Fuente: Elaboración propia**

En el siguiente gráfico (ver gráfico N° 10) se puede observar la brecha del sistema en estudio, la cual se adquirió restando el valor programado acumulado con el valor real obtenido, dando así el siguiente resultado:



**Gráfico N°10: Definición de la brecha.**

**Fuente: Elaboración propia.**

El sistema en estudio tiene una estructura de mantenimiento definida, sin embargo para aminorar la brecha de 13,84%, es necesario alimentar los procesos de mantenimiento, atacando principalmente las áreas en las cuales el sistema se vea afectado como en este caso son:

- **Mantenimiento por avería:** donde se deben atender las fallas al momento de estas manifestarse para así poder solucionar los problemas en el menor tiempo posible, bajo la supervisión necesaria para que se ejecuten los procedimientos con la mayor eficiencia posible.
- **Personal de mantenimiento:** donde la cuantificación del personal debe ser óptima y ajustada a la realidad de la empresa para así poder cumplir con los objetivos propuestos, también el personal debe ser seleccionado de acuerdo a las características del trabajo a realizar como la educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas, actitudes personales, se debe contar con un programa de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas; la empresa debe otorgar incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.
- **Apoyo logístico:** El apoyo administrativo debe asignar los recursos suficientes a la organización de mantenimiento, debe tener políticas bien definidas en cuanto al apoyo que se debe prestar, funcionar en coordinación con la organización de mantenimiento para que se puedan cumplir los objetivos trazados por esta y contar con el apoyo general de la organización para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.
- **Recursos:** La superintendencia tiene el deber de contar con controles de uso, estado de los equipos y estado de herramientas. Se debe conocer los instrumentos con los que se cuenta para operar con eficiencia y así darle el uso adecuado; Se debe contar con los materiales que se requieren para ejecutar las actividades de mantenimiento y disponer de un área adecuada de

almacenamiento para que los materiales no se dañen. La organización debe contar con los repuestos requeridos para ejecutar las tareas de mantenimiento y contar igualmente con un área adecuada para su almacenamiento, se debe determinar el costo por falta de repuestos y finalmente tener la información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.

### **6.3. ANÁLISIS DE LA MATRIZ FODA PARA LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE**

Luego de analizar tanto el contexto interno como el externo, es recomendable que la superintendencia de equipos ferroviarios y la superintendencia de mantenimiento de vías férreas, implemente las estrategias mencionadas en la matriz. Es importante que a corto plazo tomen en cuenta las estrategias FA (Fortalezas – Amenazas) pues a través de estas se puede comenzar a mejorar el rendimiento efectivo de las grúas de giro rápido Pettibone (Ver tabla N° 7).

**Tabla Nº 7: Matriz FODA grúa de giro rápido Pettibone**

<div>Contexto Interno</div> <div>Contexto Externo</div>	Fortalezas (F):	Debilidades (D):
	1) La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con recursos económicos. 2) Se cuenta con el Software de gestión del mantenimiento. 3) Tienen Personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo. 4) Poseen la planificación de mantenimiento registrada en el sistema.	1) Negligencia por parte del fabricante (Pettibone) en cuanto al servicio técnico para el equipo y envíos de repuestos originales. 2) Uso inadecuado de la grúa. 3) Fallas mecánicas y eléctricas, las cuales hacen que el equipo se encuentre fuera de servicio. 4) La grúa posee piezas muy gastadas, debido a que fue adquirida en el año 2006 5) Bajo sentido de pertenencia por parte de los operarios al manejar la grúa. 6) Falla en el sistema de acondicionamiento (disergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.
Oportunidades (O):	FO	DO
1) Existe satisfacción de los operarios en cuanto a la operatividad de la grúa. 2) Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad. 3) Capacitación mediante cursos, a los mecánicos y operarios, encargados del mantenimiento y manejo de la grúa respectivamente. 4) Responsabilidad por parte de los mecánicos para realizar mantenimiento correctivo cada vez que la grúa lo requiera.	-Establecer planes de trabajos de acuerdo a la descripción de cargo de cada trabajador.  -Apoyar acciones orientadas a sensibilizar el personal encargado de operar las grúas.  -Disminuir el índice de mantenibilidad.	-Capacitar, entrenar y exigir compromiso con el uso adecuado de la grúa.  -Establecer prioridades en las reparaciones para eliminar la criticidad de las fallas más importantes que presenten las grúas.
Amenazas (A):	FA	DA
1) Control cambiario. 2) Tiempo de entrega de repuestos. 3) Descarrilamientos Continuos, causando desgaste por uso excesivo. 4) Vida útil del equipo. 5) Manejo de la grúa hacia el sitio a rehabilitar, creándole desgaste.	-Establecer un sistema de control de repuestos.  -Adquisición de un lowboy para trasladar las grúas hasta el lugar donde se va a rehabilitar.  -Establecer una buena planificación de mantenimiento.	-Preparar programas de capacitación y motivación personal.  -Concentrar los esfuerzos en mejorar el rendimiento de trabajo de las grúas de giro rápido.

**Fuente: Elaboración Propia**

A continuación se presenta un desglose de las estrategias propuestas:

- **Estrategias FO**

- 1) Establecer planes de trabajos de acuerdo a la descripción de cargo de cada trabajador, con el fin de equilibrar las responsabilidades de acuerdo a las habilidades que posee el personal.
- 2) Apoyar acciones orientadas a sensibilizar el personal encargado de operar las grúas, para crearle sentido de pertenencia y así evitar el mal uso de los equipos.
- 3) Disminuir el índice de mantenibilidad, aprovechando la disposición y experiencia que poseen los mecánicos para evitar paradas del equipo, que reculen en las actividades programadas por la superintendencia de mantenimiento de vías ferroviarias.

- **Estrategias DO**

- 1) Capacitar, entrenar y exigir el compromiso necesario, para poder construir una cultura donde los trabajadores aprecien los equipos, evitando daños por irresponsabilidades de estos a la hora de operar la grúa.
- 2) Establecer prioridades en las reparaciones para eliminar la criticidad de las fallas más importantes que presenten las grúas, destacando que así el equipo se mantendrá en óptimas condiciones para poder operar sin ningún tipo de dificultad.

- **Estrategias FA**

- 1) Establecer un sistema de control de repuestos, esto para mantener actualizado el stock de almacén y la distribución para las grúas de giro rápido Pettibone.

- 2) Adquisición de un lowboy para trasladar las grúas hasta el lugar donde se va a rehabilitar, evitando de esta manera los daños que puedan sufrir las grúas al recorrer largas distancias, pues estas no están diseñadas para desplazarse hasta lugares muy distanciados, en este caso donde se realizara la rehabilitación.
- 3) Establecer una buena planificación de mantenimiento, para evitar que las grúas se encuentren fuera de servicio y tengan la mayor disponibilidad posible para operar en las rehabilitaciones que se encuentren programadas y que surjan por emergencias de un descarrilamiento.

- **Estrategias DA**

- 1) Preparar programas de capacitación y motivación personal.
- 2) Concentrar los esfuerzos en mejorar el rendimiento de trabajo de las grúas de giro rápido, con un buen mantenimiento y un uso adecuado del equipo creando sentido de pertenencia y motivación a los trabajadores encargados de operar y reparar estas grúas.

#### **6.4. ANÁLISIS DE LA MATRIZ FODA PARA LA GRÚA DE GIRO RÁPIDO SWINGMASTER**

Al igual que se hizo con la grúa de giro rápido Pettibone, se realizó un matriz FODA donde se analiza el contexto interno y externo para la grúa Swingmaster, es recomendable que la superintendencia de equipos ferroviarios y la superintendencia de mantenimiento de vías ferroviarias, implementen las estrategias mencionadas en la matriz. Es importante que a corto plazo tomen en cuenta las estrategias FA, (Fortalezas – Amenazas) pues a través de estas se puede comenzar a mejorar el rendimiento efectivo de las grúas de giro rápido Swingmaster (ver tabla N° 8).

**Tabla N° 8: Matriz FODA grúa de giro rápido Swingmaster**

<div> Contexto Interno Contexto Externo </div>	<b>Fortalezas (F):</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) La superintendencia de equipos ferroviarios cuenta con recursos económicos.</li> <li>2) Se hacen visitas temporales por parte del fabricante (Swingmaster), para corregir posibles fallas técnicas que presente la grúa y mejorar ciertas características de esta.</li> <li>3) Software de gestión del mantenimiento.</li> <li>4) Manual de mantenimiento actualizado.</li> <li>5) Adquisición de repuestos originales.</li> <li>6) Personal con experiencia para realizar el mantenimiento y reparación de las fallas que presente el equipo.</li> </ol>	<b>Debilidades (D):</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Posee características técnicas que no cumplen con la satisfacción de los operarios, trayendo como consecuencia el poco uso por parte de estos para realizar actividades en las rehabilitaciones ferroviarias.</li> <li>2) Bajo sentido de pertenencia por parte del operario.</li> <li>3) Posee fallas en el sistema de frenado, lo cual genera dificultad en la actividad de colocación de durmientes.</li> <li>4) Falla en el sistema de acondicionamiento (disergonomía), lo cual genera fatiga en el operador.</li> <li>5) Uso inapropiado de la grúa.</li> </ol>
	<b>Oportunidades (O):</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Apoyo por parte de la gerencia en adquirir nuevas grúas de este fabricante (Swingmaster).</li> <li>2) Con la visita temporal que realizan técnicos de la empresa fabricante (Swingmaster), se entregan listas para mejorar las características menos destacadas de la grúa.</li> <li>3) Sensibilizar al personal encargado de operar la grúa, creándole cultura de calidad.</li> </ol>	<b>DO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Establecer un sistema de control y evaluación.</li> <li>-Incentivar y motivar a los trabajadores.</li> <li>-Mejorar la comunicación entre las superintendencias de equipos ferroviarios y mantenimiento de vías férreas.</li> </ul>
	<b>Amenazas (A):</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Control cambiario.</li> <li>2) Tiempo de entrega de repuestos.</li> <li>3) Completo rechazo por parte de los operarios en utilizar esta grúa.</li> <li>4) Manejo de la grúa hacia el sitio a rehabilitar, creando desgaste al equipo.</li> <li>5) Descarrilamientos Continuos, causando desgaste por uso excesivo.</li> </ol>	<b>DA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Establecer programas de capacitación para los trabajadores.</li> <li>-Tomar en cuenta la opinión de los operarios a la hora de realizar la lista de mejoras necesarias para las grúas.</li> <li>-Concentrar los esfuerzos en mejorar el rendimiento de trabajo de las grúas de giro rápido.</li> </ul>

**Fuente: Elaboración Propia**

A continuación se presenta el desglose de las estrategias propuestas:

- **Estrategias FO:**

- 1) Realizar un listado de mejoras para las grúas, mostrando las características más deficientes para que la empresa fabricante (Swingmaster) pueda realizar los ajustes necesarios para optimizar la operatividad del equipo.
- 2) Establecer prioridades en el mantenimiento, atacando así las fallas mas prolíferas que repercuten en el rendimiento efectivo de las grúas.
- 3) Programar las actividades de acuerdo a la descripción de cargo, con intención de establecer un seguimiento y control para poder evaluar el trabajo del personal acorde a sus destrezas y habilidades, con la finalidad de optimizar las distintas actividades que se presenten dentro de la superintendencia de equipos ferroviarios y la superintendencia de mantenimiento de vías.

- **Estrategias DO**

- 1) Establecer un sistema de control y evaluación, con la intención de crear conciencia sobre la importancia de la buena gestión en el proceso de planificación y programación de mantenimiento.
- 2) Incentivar y motivar a los trabajadores, con la intención de familiarizarlos a usar las grúas Swingmaster con prudencia y acorde a las recomendaciones dictadas por el fabricante para así evitar daños que afecten el rendimiento de trabajo de los equipos.
- 3) Mejorar la comunicación entre las superintendencias de equipos ferroviarios y mantenimiento de vías férreas, ayudando a evitar que la información llegue a destiempo y a unificar criterios a la hora de tomar decisiones.



- **Estrategias FA**

- 1) Establecer un sistema de control de repuestos, esto para mantener actualizado el stock de almacén y la distribución para las grúas de giro rápido Swingmaster.
- 2) Optimizar los recursos financieros, donde se redefine la cantidad monetaria necesaria para la adquisición de repuestos para las grúas evitando de esta manera gastar menos dinero de lo necesario.
- 3) Establecer un sistema de mantenimiento óptimo, con la finalidad de mantener a los equipos en buenas condiciones, evitando posibles fallas que afecten el rendimiento y así aumentar la productividad de las grúas de giro rápido.

- **Estrategias DA**

- 1) Establecer programas de capacitación para los trabajadores, creando de esta manera uso de razón para poder operar las grúas de giro rápido de la manera mas optima y así evitar daños que afecten su rendimiento.
- 2) Tomar en cuenta la opinión de los operarios a la hora de realizar la lista de mejoras para las grúas, ya que estos son los que manejan el equipo y saben con más frecuencia cuales son las partes menos eficientes que afectan el rendimiento del equipo.
- 3) Concentrar los esfuerzos en mejorar el rendimiento de trabajo de las grúas de giro rápido.

## **6.5. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR PARA LA GRÚA PETTIBONE**

Antepuesto al estudio de tiempos, se realizó un diagnóstico de las actividades que deben realizar las grúas de giro rápido Pettibone en un turno de trabajo; tomando como base las entrevistas realizadas a los mecánicos y operarios de estos equipos.

A continuación se presenta la calificación de los elementos cronometrados en el presente estudio, los cuales se ejecutan en orden:

- **Carga y descarga de durmientes:** Los operadores de las grúas llevan a cabo esta primera actividad para comenzar con la rehabilitación de la vía férrea, se trata de cargar con la grúa de giro rápido, grupos de a 4 durmientes y luego descargarlos en el terreno ya preparado para la reconstrucción de la vía.
- **Colocación espaciado de los durmientes;** Luego de cargar y descargar los durmientes, inmediatamente las grúas se encargan de colocar de manera espaciada con la ayuda de los trabajadores, cada durmiente a una distancia de 50 centímetros con la finalidad de tenerlos alineados y con la separación que requieren para finalmente colocar las tiras de los rieles.
- **Colocación de las tiras:** Finalmente luego de cargar, descargar, colocar de manera espaciada los durmientes y que los trabajadores coloquen manualmente sobre los durmientes la placa de asiento, los resortes y los pernos para que estos puedan proteger y evitar dañar la estructura del durmiente, se colocan las tiras de 5 rieles de 23,77 metros de distancia cada uno y estos queden fijados sobre los durmientes.

Cada uno de estos elementos se ven reflejados en las tablas de tiempo estándar, las cuales se crearon para plasmar la duración de las actividades ejecutadas por las grúas de giro rápido Pettibone; donde se consideró cada detalle para desechar los tiempos no productivos y así poder establecer los tiempos efectivos de cada elemento.

Es importante señalar que para el estudio se tomaron las actividades que se ejecutan en las jornadas de rehabilitación como únicas, es decir, ninguna de las actividades aunque se repitan en las jornada de trabajo tienen la misma intensidad de ejecución por lo tanto no pueden medirse como iguales.

El resultado del cronometraje se puede apreciar en la tabla de tiempos de la grúa Pettibone (ver tabla N° 9), del cual se obtuvo un total de 10 muestras por medio del método de cronometraje vuelta a cero, para cada uno de los elementos estudiados (carga y descarga de durmientes, colocación espaciado de los durmientes y colocación de las tiras de rieles), destacando que con estas muestras se realizó una prueba piloto para verificar si el estudio es confiable o no.

Debido a la necesidad de conocer cual es el rendimiento de trabajo que poseen las grúas de giro rápido Pettibone, se realizó el estudio de tiempo con el objetivo de calcular el rendimiento efectivo de trabajo de la grúa en una jornada de rehabilitación ferroviaria.

**Tabla N° 9: Tiempos efectivos de trabajo de la grúa de giro rápido Pettibone**

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma T$	$\bar{T}(s)$
Elemento 1	21.20	18.35	23.84	25.58	19.13	22.06	18.06	17.56	31.97	21.09	218.84	21.88
Elemento 2	33.25	18.97	17.88	20.88	25.75	18.30	18.43	14.91	17.81	18.28	204.49	20.45
Elemento 3	36.73	38.15	73.03	54.24	78.00	32.47	38.81	47.59	49.33	76.65	525	52.50
Total	91.18	75.47	114.75	100.70	122.88	72.83	75.30	80.06	99.11	116.02	948.33	94.83

**Fuente: Elaboración propia**

#### 6.5.1 CÁLCULO DE TPS:

$$TPS = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad \longrightarrow \quad TPS = \frac{\sum_{I=1}^{10} T_{10}}{10}$$

$$TPS = \frac{948.33}{10} = 94.833$$

#### 6.5.2 CALCULAR TC:

- Se conocen los grados de libertad ( $\nu$ ), donde  $n = 10$

$$\nu = n - 1 \quad \nu = 10 - 1 \quad \nu = 9$$

- Nivel de confianza ( $c$ ), donde  $\alpha = 0.95$

$$c = 1 - \alpha \quad c = 1 - 0.95 \quad c = 0.05$$

Por medio de la tabla de distribución t Student (Ver anexo A) se obtiene el valor de:

$$T_c = 1.833$$

### 7.5.3. DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR S

$$S = \sqrt{\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1}} \quad S = \sqrt{\frac{93084.3952 - 89927.289}{9}}$$

$$S = 18.7293774$$

### 7.5.4. INTERVALO DE CONFIANZA

$$\bar{X} = 94.833$$

$$T_c = 1.833$$

$$n = 10$$

$$S = 18.7293774$$

$$I = LC = \bar{X} \pm \frac{T_c \times S}{\sqrt{n}}$$

$$I = 94.833 \pm \frac{1.833 \times 18.7293774}{\sqrt{10}}$$

$$I_s = 94.833 + \frac{1.833 \times 18.7293774}{\sqrt{10}} = 105.689$$

$$I_i = 94.833 - \frac{1.833 \times 18.7293774}{\sqrt{10}} = 83.976$$

### 7.5.5. CÁLCULO DEL INTERVALO DE LA MUESTRA

$$I_m = \frac{2 \times T_C \times S}{\sqrt{n}} \quad I_m = \frac{2 \times 1.833 \times 18.7293774}{\sqrt{10}} = 21.712 \text{seg}$$

### 7.5.6. CRITERIO DE SELECCIÓN

$$I_m < I_S \quad \text{Se acepta;} \quad I_m > I_S \quad \text{Se rechaza.}$$

$$21.712 < 105.689$$

Como  $I_m$  es menor que  $I_S$ , se acepta el tamaño de la muestra, esto indica que es representativa y garantiza la confiabilidad del estudio, por lo que no es necesario hacer observaciones adicionales. Entonces,  $n = 10$  se acepta.

### 7.5.7. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR

$$TE = TPS \times Cv + \sum \text{Tolerancias}$$

- **CÁLCULO TPS**

$$TPS = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad TPS = \frac{948.33}{10} = 94.833$$

$$94.833 \text{ Seg a Minutos} = 1.58055 \text{ Min.}$$

- **CÁLCULO DE CV**

El cálculo del factor  $C_v$  (calificación de velocidad) se tomo como valor de 1 debido a que el estudio se aplicó a la grúa de giro rápido Pettibone, de este modo se pudo apreciar en la tabla del método Westinghouse (Ver anexo B) la calificación que se obtuvo por cada factor de la grúa (Ver tabla N° 10).

**Tabla N° 10: Calificación de velocidad de la grúa Pettibone**

FACTOR	CLASE	CATEGORIA	%
HABILIDAD	D	Regular	0.00
ESFUERZO	D	Regular	0.00
CONDICIONES	D	Regulares	0.00
CONSISTENCIA	D	Regular	0.00

**Fuente: Elaboración propia**

Después de realizar el análisis cualitativo y cuantitativo a la grúa de giro rápido Pettibone se procede a calcular la calificación de la velocidad, entonces:

La calificación de la velocidad es  $C = 0.00$ , es decir, la velocidad de la grúa es a ritmo normal, por lo que el coeficiente de actuación representa el 100% del rendimiento de la grúa.

$$C_v = 1 \pm 0.00 = 1$$

- CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL**

$$T_N = T_{PS} \times C_v$$

Dónde:

$T_{PS}$ : Tiempo promedio seleccionado

$C_v$ : Calificación de la velocidad.

Sustituyendo:

$$T_N = 94.833 \times 1$$

$$T_N = 94.833 \text{ Seg} \longrightarrow 1.58055 \text{ min.}$$

### **7.5.8. CÁLCULO DE TOLERANCIAS**

El turno de trabajo de la grúa de giro rápido Pettibone de la empresa CVG Ferrominera Orinoco, que se consideró para el presente estudio es de 07:00 a.m. a

03:00 p.m. es decir que la jornada de trabajo es de 8 horas y es una jornada de tipo continua.

- Hora/día = 480 min/día
- El tiempo de preparación inicial (TPI) = 10 minutos.
- El tiempo de preparación final (TPF) = 10 minutos.
- El tiempo asignado por necesidades personales (NP) = 15 minutos.
- Almuerzo= Al trabajador se le concede 30 minutos para almorzar.

Como se pudo apreciar, se asignaron tiempos por necesidades personales y por almuerzo a los operadores de las grúas debido a que son tolerancias inevitables que afectan el rendimiento efectivo de trabajo de la grúa de giro rápido.

#### 7.5.9. CÁLCULO DE FATIGA

Para el cálculo de fatiga se utilizó el método sistemático (ver anexo C). A continuación se presenta el análisis realizado:

##### A. CONDICIONES DE TRABAJO.

- **Temperatura:** Se consideró la temperatura de grado 3, a pesar de ser un área donde se realiza el trabajo (rehabilitación de la vía férrea) al aire libre, se presentan temperaturas elevadas que pueden llegar a ser de 32°C o más.
- **Condiciones Ambientales:** Se consideró las condiciones ambientales de grado 1, debido a que las operaciones se realizan en espacios abiertos y al aire libre.
- **Humedad:** Se consideró la humedad de grado 2, ya que las áreas donde se realizan los trabajos de rehabilitación son ambientes secos.
- **Nivel de Ruido:** Se consideró el nivel de ruido de grado 2, puesto que son ambientes normalmente tranquilos libre de ruidos molestos y constantes.

- **Iluminación:** Se consideró de grado 2, ya que es un ambiente al aire libre en el cual la luz del sol permite buena visualización del terreno sin necesidad de tener iluminación artificial.

## **B. REPETITIVIDAD Y ESFUERZO APLICADO.**

- **Duración del trabajo:** De grado 4, ya que el trabajo realizado por la grúa puede completarse en más de una hora, por ejemplo se toma mucho tiempo en cargar y descargar los durmientes, normalmente en una rehabilitación se utilizan unos 800 durmientes aproximadamente (rehabilitación de 500 metros).
- **Repetición del ciclo:** Se consideró de grado 4, pues la actividad es controlada por la grúa de giro rápido y posee una alta monotonía.
- **Esfuerzo Físico:** Se consideró de grado 1, debido a que el operario no realiza un esfuerzo manual de mas del 15% del tiempo, por encima de 30kg.
- **Esfuerzo Mental o Visual:** Se consideró de grado 3, ya que los operarios debe tener una atención mental y visual continua por razones de calidad y seguridad.

## **C. POSICIÓN DE TRABAJO: PARADO, SENTADO, MOVIÉNDOSE, ALTURA DE TRABAJO.**

- Considerado de grado 4, ya que el operador pasa la mayor parte del tiempo sentado con el cuerpo contraído y sin moverse.

Luego de haber definido todos los grados a los que pertenecen los factores de fatiga, se resumió por medio de una tabla (ver tabla N° 11) el puntaje que presentó cada factor y el total que resulto de la sumatoria de todos ellos.



**Tabla N° 11: Calificación de los factores de fatiga**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
TEMPERATURA	3	15	Temperatura controlada por el requerimiento de la tarea. Para trabajos externos o con circulación de aire.
CONDICIONES AMBIENTALES	1	5	Operaciones normales en exteriores.
HUMEDAD	2	10	Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.
NIVEL DE RUIDO	2	10	Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.
ILUMINACIÓN	2	10	Ambientes que requieren iluminación especial o por debajo del estándar.
DURACIÓN DEL TRABAJO	4	80	Operación o suboperación que puede completarse en más de una hora.
REPETICIÓN DEL CICLO	4	80	Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador.
ESFUERZO FÍSICO	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% del tiempo, por encima de 30kg.
ESFUERZO MENTAL O VISUAL	3	30	Atención mental o visual continuas debido a razones de calidad o seguridad. Generalmente ocurre en operaciones repetitivas que requieren un estado constante de alerta o de actividad de parte del trabajador.
POSICIÓN DE TRABAJO	4	40	Operación donde el cuerpo es contraído o extendido por largos períodos de tiempo o donde la atención exige que el cuerpo no se mueva.
<b>Total</b>		<b>300</b>	

**Fuente: Elaboración propia**

Con el puntaje obtenido de 300 puntos (Ver anexo C), se ubica en la tabla de concesiones por fatiga (Ver anexo D), en la clase E2, entre los rangos de 297 a 303, porcentaje de concesión de 22% y una jornada de trabajo de 480 minutos, con estos datos se determinó que los minutos concedidos por fatiga son 86.

#### 7.5.10. CÁLCULO DE JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET):

$$JET = JT - (\sum \text{Tolerancias fijas})$$

$$JET = JT - (TPI + TPF + \text{Almuerzo})$$

$$JET = 480 - (10 + 10 + 30)$$

$$JET = 430 \text{ Minutos}$$

#### 7.5.11. NORMALIZANDO

$$X = \frac{TN \times (NP + Fatiga)}{JET - (NP + Fatiga)} \quad X = \frac{1.58055 \times (15 + 86)}{430 - (15 + 86)}$$

$$X = 0.4852 \text{ Minutos}$$

#### 7.5.12. CÁLCULO DE TE

$$TE = TN + \sum \text{Tolerancias}$$

$$TE = 1.58055 + 0.4852$$

$$TE = 2.06575 \text{ Minutos.}$$

Finalmente el tiempo que tarda la grúa de giro rápido Pettibone en ejecutar cada una de las actividades en promedio por jornada de trabajo es de 2.06575 Minutos, agregando las tolerancias requeridas.

El valor obtenido del tiempo estándar para la grúa Pettibone demostró que el equipo posee un plan de trabajo adecuado el cual ejecuta eficientemente, esto se debe también a la buena habilidad que poseen los operadores y que la mayoría del tiempo la grúa se encuentra operando sin ningún tipo de dificultad. A pesar de que la superintendencia de mantenimiento de vías y la superintendencia de equipos ferroviarios no lleva un registro del tiempo de ejecución de las actividades de la grúa Pettibone, este estudio ayudó a reflejar el rendimiento operativo con el que trabaja el equipo, obteniendo resultados satisfactorios, gracias a que el equipo cumple de manera óptima el plan de trabajo estructurado para la rehabilitación de la vía férrea.

#### **6.6. CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR PARA LA GRÚA SWINGMASTER**

De la misma manera que se procedió a realizar el estudio de tiempo para la grúa Pettibone, primeramente se realizó el diagnóstico de las actividades realizadas por la grúa de giro rápido Swingmaster durante un turno de trabajo; tomando como base las entrevistas realizadas a los mecánicos y operarios de estos equipos.

A continuación se presenta la calificación de los elementos cronometrados en el presente estudio, los cuales se ejecutan en orden:

- **Carga y descarga de durmientes:** Al igual que con la grúa Pettibone, los operadores llevan a cabo esta primera actividad para comenzar con la rehabilitación de la vía férrea, se trata de cargar con la grúa de giro rápido, grupos de a 4 durmientes y luego descargarlos en el terreno ya preparado para la reconstrucción de la vía.
- **Colocación espaciado de los durmientes:** Luego de cargar y descargar los durmientes, inmediatamente la grúa Swingmaster se encarga de colocar de manera espaciada con la ayuda de los trabajadores, cada durmiente a una distancia de 50 centímetros con la finalidad de tenerlos alineados y con la separación que requieren para finalmente colocar las tiras de los rieles.
- **Colocación de las tiras:** Finalmente luego de cargar, descargar, colocar de forma espaciada los durmientes y que los trabajadores coloquen

manualmente sobre los durmientes las placas de asiento, los resortes y los pernos para que estos puedan proteger y evitar daños a la estructura del durmiente, se colocan las tiras de 5 rieles de 23,77 metros de distancia cada uno y estos queden fijados sobre los durmientes.

Cada uno de estos elementos se ven reflejados en las tablas de tiempo estándar, las cuales se crearon para plasmar la duración de las actividades ejecutadas por las grúas de giro rápido Swingmaster, donde se consideró cada detalle para desechar los tiempos no productivos y así poder establecer los tiempos efectivos de cada elemento.

Es importante señalar que para el estudio se tomaron las actividades que se ejecutan en las jornadas de rehabilitación como únicas, es decir, ninguna de las actividades aunque se repitan en las jornadas de trabajo tienen la misma intensidad de ejecución por lo tanto no pueden medirse como iguales.

El resultado del cronometraje se puede apreciar en la tabla de tiempos de la grúa Swingmaster (ver tabla N° 12), del cual se obtuvo un total de 10 muestras por medio del método de cronometraje vuelta a cero, para cada uno de los elementos estudiados (carga y descarga de durmientes, colocación espaciado de los durmientes y colocación de las tiras de rieles), destacando que con estas muestras se realizó una prueba piloto para verificar si el estudio es confiable o no.

Debido a la necesidad de conocer cual es el rendimiento de trabajo que poseen las grúas de giro rápido Swingmaster, se realizó el estudio de tiempo con el objetivo de calcular el rendimiento efectivo de trabajo de la grúa en una jornada de rehabilitación ferroviaria.

**Tabla N° 12: Tiempos efectivo de trabajo de la grúa de giro rápido Swingmaster**

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma T$	$\bar{T}(s)$
Elemento 1	28.41	31.37	43.72	34.41	45.49	45.43	34.17	27.29	29.47	25.10	344.86	34.48
Elemento 2	19.68	18.88	33.46	26.67	31.08	47.69	36.95	18.07	24.17	33.85	290.5	29.05
Elemento 3	72.52	71.11	67.81	43.40	46.81	54.61	40.13	42.60	51.07	63.71	553.77	55.37
Total	120.61	121.36	144.99	104.48	123.38	147.73	111.25	87.96	104.71	122.66	1189.13	118.91

**Fuente: Elaboración propia**

#### 6.6.1 CÁLCULO DE TPS:

$$TPS = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad \longrightarrow \quad TPS = \frac{\sum_{i=1}^{10} T_{10}}{10}$$

$$TPS = \frac{1189.13}{10} = 118.91$$

#### 6.6.2 CÁLCULAR TC:

- Se conocen los grados de libertad ( $\nu$ ), donde  $n = 10$

$$\nu = n - 1 \quad \nu = 10 - 1 \quad \nu = 9$$

- Nivel de confianza ( $c$ ), donde  $\alpha = 0.95$

$$c = 1 - \alpha \quad c = 1 - 0.95 \quad c = 0.05$$

Por medio de la tabla de distribución t Student (Ver anexo A) se obtiene el valor de:

$$T_c = 1.833$$

### 6.6.3 DETERMINAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR S

$$S = \sqrt{\frac{\sum t^2 - \frac{(\sum t)^2}{n}}{n-1}} \quad S = \sqrt{\frac{144383.153 - 141403.015}{9}}$$

$$S = 18.1968800$$

### 6.6.4 INTERVALO DE CONFIANZA

$$\bar{X} = 118.91$$

$$T_c = 1.833$$

$$n = 10$$

$$S = 18.1968800$$

$$I = LC = \bar{X} \pm \frac{T_c \times S}{\sqrt{n}}$$

$$I = 118.91 \pm \frac{1.833 \times 18.1968800}{\sqrt{10}}$$

$$I_s = 118.91 + \frac{1.833 \times 18.1968800}{\sqrt{10}} = 129.459$$

$$I_i = 118.91 - \frac{1.833 \times 18.1968800}{\sqrt{10}} = 108.360$$

### 6.6.5 CÁLCULO DEL INTERVALO DE LA MUESTRA

$$I_m = \frac{2 \times T_c \times S}{\sqrt{n}} \quad I_m = \frac{2 \times 1.833 \times 18.1968800}{\sqrt{10}} = 21.098 \text{ Seg}$$

### 6.6.6 CRITERIO DE SELECCIÓN

$I_m < I_s$  Se acepta;  $I_m > I_s$  Se rechaza.

$$21.098 < 129.459$$

Como  $I_m$  es menor que  $I_s$ , se acepta el tamaño de la muestra, esto indica que es representativa y garantiza la confiabilidad del estudio, por lo que no es necesario hacer observaciones adicionales. Entonces,  $n = 10$  se acepta.

### 6.6.7 CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR

$$TE = TPS \times Cv + \sum Tolerancias$$

- **CÁLCULO TPS**

$$TPS = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad TPS = \frac{1189.13}{10} = 118.91$$

$$118.91 \text{ Segundos a Minutos} = 1.98183 \text{ Min.}$$

- **CÁLCULO DE CV**

El cálculo del factor  $C_v$  (calificación de velocidad) se tomo como valor de 1 debido a que el estudio se aplicó a la grúa de giro rápido Swingmaster, de este modo se pudo apreciar en la tabla del método Westinghouse (Ver anexo B) la calificación que obtuvo por cada factor de la grúa (Ver tabla N° 13).

**Tabla N° 13: Calificación de velocidad de la grúa swingmaster**

FACTOR	CLASE	CATEGORIA	%
HABILIDAD	D	Regular	0.00
ESFUERZO	D	Regular	0.00
CONDICIONES	D	Regulares	0.00
CONSISTENCIA	D	Regular	0.00

**Fuente: Elaboración propia**

Después de realizar el análisis cualitativo y cuantitativo a la grúa de giro rápido Swingmaster se procede a calcular la calificación de la velocidad, entonces:

La calificación de la velocidad es  $C = 0.00$ , es decir, la velocidad de la grúa es a ritmo normal, por lo que el coeficiente de actuación representa el 100% del rendimiento de la grúa.

$$C_v = 1 \pm 0.00 = 1$$

- CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL**

$$TN = TPS \times C_v$$

Dónde:

TPS: Tiempo promedio seleccionado.

$C_v$ : Calificación de la velocidad.

Sustituyendo:

$$TN = 118.91 \times 1$$

$$TN = 118.91 \text{ Seg} \longrightarrow 1.98183 \text{ min.}$$



### 6.6.8 CÁLCULO DE TOLERANCIAS

El turno de trabajo de la grúa de giro rápido Swingmaster de la empresa CVG Ferrominera Orinoco, que se consideró para el presente estudio es de 07:00 a.m. a 03:00 p.m. es decir que la jornada de trabajo es de 8 horas y es una jornada de tipo continua.

- Hora/día = 480 min/día
- El tiempo de preparación inicial (TPI) = 10 minutos.
- El tiempo de preparación final (TPF) = 10 minutos.
- El tiempo asignado por necesidades personales (NP) = 15 minutos.
- Almuerzo= Al trabajador se le concede 30 minutos para almorzar.

Como se pudo apreciar, se asignaron tiempos por necesidades personales y por almuerzo a los operadores de las grúas debido a que son tolerancias inevitables que afectan el rendimiento efectivo de trabajo de la grúa de giro rápido.

### 6.6.9 CÁLCULO DE FATIGA

Para el cálculo de fatiga se utilizó el método sistemático (ver anexo C). A continuación se presenta el análisis realizado:

#### A. CONDICIONES DE TRABAJO.

- **Temperatura:** Se consideró la temperatura de grado 3, a pesar de ser un área donde se realiza el trabajo (rehabilitación de la vía férrea) al aire libre, se presentan temperaturas elevadas que pueden llegar a ser de 32°C o más.
- **Condiciones Ambientales:** Se consideró las condiciones ambientales de grado 1, debido a que las operaciones se realizan en espacios abiertos y al aire libre.

- **Humedad:** Se consideró la humedad de grado 2, ya que las áreas donde se realizan los trabajos de rehabilitación son ambientes secos.
- **Nivel de Ruido:** Se consideró el nivel de ruido de grado 2, puesto que son ambientes normalmente tranquilos libre de ruidos molestos y constantes.
- **Iluminación:** Se consideró de grado 2, ya que es un ambiente al aire libre en el cual la luz del sol permite buena visualización del terreno sin necesidad de tener iluminación artificial.

## **B. REPETITIVIDAD Y ESFUERZO APLICADO.**

- **Duración del trabajo:** De grado 4, ya que el trabajo realizado por la grúa puede completarse en más de una hora, por ejemplo se toma mucho tiempo en cargar y descargar los durmientes, normalmente en una rehabilitación se utilizan unos 800 durmientes aproximadamente (rehabilitación de 500 metros).
- **Repetición del ciclo:** Se consideró de grado 4, pues la actividad es controlada por la grúa de giro rápido y posee una alta monotonía.
- **Esfuerzo Físico:** Se consideró de grado 1, debido a que el operario no realiza un esfuerzo manual de más del 15% del tiempo, por encima de 30kg.
- **Esfuerzo Mental o Visual:** Se consideró de grado 3, ya que los operarios debe tener una atención mental y visual continua por razones de calidad y seguridad.

## **C. POSICIÓN DE TRABAJO: PARADO, SENTADO, MOVIÉNDOSE, ALTURA DE TRABAJO.**

- Considerado de grado 4, ya que el operador pasa la mayor parte del tiempo sentado con el cuerpo contraído y sin moverse.

Luego de haber definido todos los grados a los que pertenecen los factores de fatiga, se resumió por medio de una tabla (ver tabla N° 14) el puntaje que presentó cada factor y el total que resulto de la sumatoria de todos ellos.

**TABLA Nº 14: Calificación de los factores de fatiga**

FACTOR	GRADO	PUNTOS	JUSTIFICACIÓN
TEMPERATURA	3	15	Temperatura controlada por el requerimiento de la tarea. Para trabajos externos o con circulación de aire.
CONDICIONES AMBIENTALES	1	5	Operaciones normales en exteriores.
HUMEDAD	2	10	Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.
NIVEL DE RUIDO	2	10	Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.
ILUMINACIÓN	2	10	Ambientes que requieren iluminación especial o por debajo del estándar.
DURACIÓN DEL TRABAJO	4	80	Operación o suboperación que puede completarse en más de una hora.
REPETICIÓN DEL CICLO	4	80	Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador.
ESFUERZO FÍSICO	1	20	Esfuerzo manual aplicado más del 15% del tiempo, por encima de 30kg.
ESFUERZO MENTAL O VISUAL	3	30	Atención mental o visual continuas debido a razones de calidad o seguridad. Generalmente ocurre en operaciones repetitivas que requieren un estado constante de alerta o de actividad de parte del trabajador.
POSICIÓN DE TRABAJO	4	40	Operación donde el cuerpo es contraído o extendido por largos períodos de tiempo o donde la atención exige que el cuerpo no se mueva.
<b>Total</b>		300	

**Fuente: Elaboración propia**

Con el puntaje obtenido de 300 puntos (Ver anexo C), se ubica en la tabla de concesiones por fatiga (Ver anexo D), en la clase E2, entre los rangos de 297 a 303, porcentaje de concesión de 22% y una jornada de trabajo de 480 minutos, con estos datos se determinó que los minutos concedidos por fatiga son 86.

#### 6.6.10 CÁLCULO DE JORNADA EFECTIVA DE TRABAJO (JET)

$$JET = JT - (\sum \text{Tolerancias fijas})$$

$$JET = JT - (TPI + TPF + Almuerzo)$$

$$JET = 480 - (10 + 10 + 30)$$

$$JET = 430 \text{ Minutos}$$

#### 6.6.11 NORMALIZANDO

$$X = \frac{TN \times (NP + Fatiga)}{JET - (NP + Fatiga)} \quad X = \frac{1.98183 \times (15 + 86)}{430 - (15 + 86)}$$

$$X = 0.6084 \text{ Minutos}$$

#### 6.6.12 CÁLCULO DE TE

$$TE = TN + \sum \text{Tolerancias}$$

$$TE = 1.98183 + 0.6084$$

$$TE = 2.59023 \text{ Minutos.}$$

Finalmente el tiempo que tarda la grúa de giro rápido Swingmaster en ejecutar cada una de las actividades en promedio por ciclo en una jornada de trabajo es en promedio 2.59023 Minutos, agregando las tolerancias requeridas.

En comparación con la grúa Pettibone, el tiempo utilizado por la grúa Swingmaster para la ejecución de sus actividades necesitó de 0.52448 minutos mas que la grúa Pettibone para culminar el trabajo por cada ciclo observado, de igual

manera los resultado a pesar de no encontrarse registrados, indicaron que el equipo posee un buen tiempo de ejecución, ya que el plan de trabajo tanto para la grúa Pettibone como para la grúa Swingmaster es el mismo, gracias a esto se llegó a la conclusión que ambos equipos (Pettibone y Swingmaster) poseen buenos tiempos de trabajo, en gran parte gracias a las habilidades de los operadores que los manipulan y al plan de trabajo el cual se cumple de manera óptima.

## **6.7. MUESTREO DE TRABAJO**

Para realizar el análisis, se desarrolló en primera instancia una prueba piloto, ya que el número de grúas (2 grúas) no era representativo para hacer directamente el estudio de muestreo. Para esto, se efectuaron observaciones a las actividades que ejecutan las grúas de giro rápido, las cuales se desglosan a continuación:

- Regado y alineación espaciado de durmientes.
- Carga de tambores de pernos, placa de asiento y resortes.
- Colocación de tira de rieles.

Con las actividades establecidas se procede a realizar el análisis que determine el número de muestras necesarias para llevar a cabo el estudio de muestreo.

### **6.7.1 DETERMINAR EL OBJETIVO**

Determinar el porcentaje (%) de eficiencia de las grúas de giro rápido al momento de ejecutar sus actividades.

### **6.7.2 IDENTIFICAR LOS ELEMENTOS**

#### **Porcentaje de eficiencia**

#### **Trabaja:**

- Regado y alineación espaciado de durmientes.
- Carga de tambor de pernos, placa de asiento y resortes.
- Colocación de tira de rieles.

### **No trabaja:**

- Preparación del terreno donde se realizará la rehabilitación.
- Chequeo general de la grúa.
- Necesidades personales del operador.
- Dificultades técnicas (desajuste del tenedor de carga).
- Apoyo en otras actividades.
- Otros.

### **6.7.3 DEFINIR EL NIVEL DE CONFIANZA**

- Nivel de confianza (NC): 95%
- Exactitud (S): 5%
- Coeficiente (K): 1.96

### **6.7.4 APLICACIÓN DE LOS NÚMEROS ALEATORIOS**

En la realización del análisis se tomó en cuenta 15 observaciones por cada grúa, lo que implica un total de 30 observaciones diarias en un periodo de 5 días.

Por medio de la página [www.numeroalazar.com.ar](http://www.numeroalazar.com.ar) se obtuvo los números aleatorios que representan las horas en las que se realizó el estudio, se tomó en cuenta que las horas de observación son las mismas para todos los días; aunque no es lo más recomendable, la versatilidad del método lo permite.

El procedimiento para conseguir las horas para el estudio, a partir de una serie de números aleatorios (Ver tabla N°15), es el siguiente:

**Tabla N°15: Números aleatorios**

0.150199	0.331251	0.563309	0.159542	0.849400
0.816886	0.875712	0.644539	0.718078	0.129743
0.910172	0.877714	0.327627	0.341435	0.944835
0.767881	0.291414	0.100980	0.623272	0.768501
0.491965	0.328029	0.957158	0.369662	0.425912
0.166009	0.793754	0.532269	0.231617	0.170177

**Fuente: Elaboración propia**

a) Se toman los tres primeros y se hace la siguiente distribución:

$$1000 \text{ números} / 8 \text{ horas} = 125 \text{ números por hora.}$$

- De 000 a 125 corresponde a la primera hora (07:00 a.m – 08:00 a.m)
- De 126 a 251 corresponde a la segunda hora (08:00 a.m – 09:00 a.m)
- De 252 a 377 corresponde a la tercera hora (09:00 a.m – 10:00 a.m)
- De 378 a 503 corresponde a la cuarta hora (10:00 a.m – 11:00 a.m)
- De 504 a 629 corresponde a la quinta hora (11:00 a.m – 12:00 m)
- De 630 a 755 corresponde a la sexta hora (12:00 m – 01:00 p.m)
- De 756 a 881 corresponde a la séptima hora (01:00 p.m – 02:00p.m)
- De 882 a 000 corresponde a la octava hora (02:00 p.m – 03:00 p.m)

b) Para los minutos se procede de manera similar:

$$1000 \text{ números} / 60 \text{ minutos} = 16.7 \text{ números por minuto.}$$

En este caso, se toman los tres últimos dígitos y se dividen entre 16.7 y se toma la parte entera para los minutos. De este modo las horas quedan de la siguiente manera (Ver tabla N° 16):

**Tabla N° 16: Horas para el estudio**

8:11 am	8:15 am	9:18 am	11:32 am	10:23 am
2:53 pm	12:42 md	11:32 am	7:04 am	12:44 md
8:10 am	12:42 md	11:37 am	10:26 am	1:50 pm
1:52 pm	10:24 am	2:58 pm	9:16 am	10:30 am
2:57 pm	7:01 am	8:09 am	12:39 md	2:54 pm
7:00 am	12:45 md	9:16 am	11:36 am	8:10 am

**Fuente: Elaboración propia**



Como existen 8 horas que se repiten se toman cuatro números aleatorios extras (Ver tabla N° 17).

**Tabla N° 17: Números aleatorios adicionales para el estudio**

NUMERO ALEATORIO	HORA
0.031228	8:13 AM
0.765569	11:34 AM
0.138494	10:29 AM
0.907530	11:31 AM

**Fuente: Elaboración propia**

Ordenando las horas obtenidas se tiene que para el estudio de muestreo en la superintendencia de equipos ferroviarios, las horas están comprendidas de la siguiente manera (Ver tabla N° 18):

**Tabla N° 18: Horas ordenadas**

7:00 am	7:01 am	7:04 am	8:09 am	8:10 am
8:11 am	8:12 am	8:13 am	8:15 am	9:16 am
9:18 am	10:23 am	10:24 am	10:26 am	10:29 am
10:30 am	11:31 am	11:32 am	11:34 am	11:37 am
12:39 md	12:42 md	12:44 md	12:45 md	1:50 pm
1:52 pm	2:53 pm	2:54 pm	2:57 pm	2:58 pm

**Fuente: Elaboración propia**


Cada una de estas horas se ven reflejadas en los formatos de muestreo indicando el momento de verificar las actividades que estén ejecutando las grúas de giro rápido en la jornada de trabajo. Los formatos de muestreo a su vez, señalan cada una de las actividades que se consideran para realizar el estudio, estas se desglosan a continuación:

**Tabla N° 19: Leyenda de formatos de muestreo**


<b>TRABAJA</b>	<b>NO TRABAJA</b>
T1: Regado y alineación de durmientes	NT1: Preparación del terreno
T2: Carga de tambor con materiales	NT2: Chequeo general de la grúa
T3: Colocación de tiras de rieles	NT3: Necesidades personales del operador
	NT4: Dificultades técnicas del tenedor de carga
	NT5: Apoyo en otras actividades
	NT6: Otros

**Fuente: Elaboración propia**

A continuación se presentan los formatos de muestreo del trabajo durante un periodo de 5 días (ver figuras N° 4, 5, 6, 7 y 8), teniendo de esta manera el registro de los tiempos en que trabajan y no trabajan las grúas de giro rápido.


 CVG FERROMINERA ORINOCO			CVG FERROMINERA ORINOCO																			
Muestreo del Trabajo			Área: Superintendencia de equipos ferroviarios.																			
			Departamento: Taller de equipos ferroviarios.																			
			Turno: Diurno			Fecha: 10/11/14																
Analista: Raúl González			Grúa de giro rápido Pettibone									Grúa de giro rápido Swingmaster										
Obs	Día	Hora	Trabaja			No Trabaja						Trabaja			No Trabaja							
			T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6		
	1	7:00 a.m				x										x						
		7:01 a.m				x										x						
		7:04 a.m					x								x							
		8:09 a.m	x										x									
		8:10 a.m	x										x									
		8:11 a.m	x																x			
		8:12 a.m	x																x			
		8:13 a.m	x																x			
		8:15 a.m	x																x			
		9:16 a.m		x															x			
		9:18 a.m	x																x			
		10:23 a.m							x					x								
		10:24 a.m							x					x								
		10:26 a.m								x				x								
		10:29 a.m		x										x								
		10:30 a.m		x										x								
		11:31 a.m	x												x							
		11:32 a.m	x												x							
		11:34 a.m	x												x							
		11:37 a.m			x										x							
		12:39 m.d			x										x							
		12:42 m.d							x						x							
		12:44 m.d							x								x					
		12:45 m.d							x								x					
		1:50 p.m			x													x				
		1:52 p.m									x				x							
		2:53 p.m			x										x							
		2:54 p.m			x										x							
		2:57 p.m			x										x							
		2:58 p.m			x										x							
Totales:			10	3	7	2	1	5	1	1	0	0	7	11	1	2	2	1	6	0		
			Totales de Obs Trabaja: 20			Totales de Obs No Trabaja: 10						Total de Obs Trabaja: 18			Total de Obs No Trabaja: 12							
obs:																						

**Figura N° 4: Formato de muestreo del trabajo el día 1**  
**Fuente: Elaboración propia**

			CVG FERROMINERA ORINOCO																	
Muestreo del Trabajo			Área: Superintendencia de equipos ferroviarios.																	
			Departamento: Taller de equipos ferroviarios.																	
			Turno: Diurno			Fecha: 11/11/14														
Analista: Raúl González			Grúa de giro rápido Pettibone										Grúa de giro rápido Swingmaster							
Obs	Día	Hora	Trabaja			No Trabaja						Trabaja			No Trabaja					
			T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6
	2	7:00 a.m				x									x					
7:01 a.m					x									x						
7:04 a.m						x								x						
8:09 a.m			x										x							
8:10 a.m			x										x							
8:11 a.m		x											x							
8:12 a.m		x											x							
8:13 a.m		x											x							
8:15 a.m		x											x							
9:16 a.m							x					x								
9:18 a.m			x									x								
10:23 a.m		x										x								
10:24 a.m		x										x								
10:26 a.m		x												x						
10:29 a.m								x						x						
10:30 a.m			x											x						
11:31 a.m		x														x				
11:32 a.m										x						x				
11:34 a.m										x				x						
11:37 a.m											x			x						
12:39 m.d							x							x						
12:42 m.d							x										x			
12:44 m.d							x										x			
12:45 m.d							x									x				
1:50 p.m				x										x						
1:52 p.m				x										x						
2:53 p.m			x														x			
2:54 p.m									x								x			
2:57 p.m			x										x							
2:58 p.m			x										x							
Totales:			8	4	5	2	1	5	1	3	1	4	6	10	2	1	3	2	2	0
			Totales de Obs Trabaja: 17			Totales de Obs No Trabaja: 13						Total de Obs Trabaja: 20			Total de Obs No Trabaja: 10					
Obs:																				


**Figura N° 5: Formato de muestreo del trabajo el día 2**

**Fuente: Elaboración propia**

			CVG FERROMINERA ORINOCO																	
Muestreo del Trabajo			Área: Superintendencia de equipos ferroviarios.																	
			Departamento: Taller de equipos ferroviarios.																	
			Turno: Diurno			Fecha: 12/11/14														
Analista: Raúl González			Grúa de giro rápido Pettibone									Grúa de giro rápido Swingmaster								
Obs	Día	Hora	Trabaja			No Trabaja						Trabaja			No Trabaja					
			T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6
	3	7:00 a.m					x							x						
		7:01 a.m					x								x					
		7:04 a.m				x								x						
		8:09 a.m	x										x							
		8:10 a.m	x										x							
		8:11 a.m	x										x							
		8:12 a.m	x										x							
		8:13 a.m	x																x	
		8:15 a.m		x															x	
		9:16 a.m	x										x							
		9:18 a.m	x										x							
		10:23 a.m							x									x		
		10:24 a.m								x								x		
		10:26 a.m								x				x						
		10:29 a.m	x											x						
		10:30 a.m		x													x			
		11:31 a.m	x												x					
		11:32 a.m	x												x					
		11:34 a.m	x												x					
		11:37 a.m	x												x					
		12:39 m.d	x														x			
		12:42 m.d		x													x			
		12:44 m.d	x														x			
		12:45 m.d							x								x			
		1:50 p.m									x				x					
		1:52 p.m									x				x					
		2:53 p.m			x										x					
		2:54 p.m			x										x					
	2:57 p.m			x														x		
	2:58 p.m			x														x		
Totales:			14	3	4	1	2	1	3	2	0	0	8	7	2	1	5	2	4	0
			Totales de Obs Trabaja: 21			Totales de Obs No Trabaja: 9						Total de Obs Trabaja: 16			Total de Obs No Trabaja: 14					
obs:																				


**Figura N° 6: Formato de muestreo del trabajo el día 3**

**Fuente: Elaboración propia**

 CVG FERROMINERA ORINOCO			CVG FERROMINERA ORINOCO																	
Muestreo del Trabajo			Área: Superintendencia de equipos ferroviarios.																	
			Departamento: Taller de equipos ferroviarios.																	
			Turno: Diurno						Fecha: 13/11/14											
Analista: Raúl González			Grúa de giro rápido Pettibone									Grúa de giro rápido Swingmaster								
Obs	Día	Hora	Trabaja			No Trabaja						Trabaja			No Trabaja					
			T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6
	4	7:00 a.m					x								x					
		7:01 a.m					x								x					
		7:04 a.m				x								x						
		8:09 a.m		x															x	
		8:10 a.m		x															x	
		8:11 a.m	x																x	
		8:12 a.m	x																x	
		8:13 a.m	x																x	
		8:15 a.m	x										x							
		9:16 a.m								x			x							
		9:18 a.m	x										x							
		10:23 a.m		x													x			
		10:24 a.m		x													x			
		10:26 a.m	x											x						
		10:29 a.m	x											x						
		10:30 a.m	x											x						
		11:31 a.m	x											x						
		11:32 a.m	x											x						
		11:34 a.m							x					x						
		11:37 a.m							x					x						
		12:39 m.d		x										x						
		12:42 m.d				x											x			
		12:44 m.d				x											x			
		12:45 m.d				x												x		
		1:50 p.m									x				x					
		1:52 p.m									x				x					
		2:53 p.m				x									x					
		2:54 p.m				x									x					
	2:57 p.m				x									x						
	2:58 p.m				x									x						
Totales:			10	5	7	1	2	2	1	2	0	0	3	14	1	2	4	1	3	2
			Totales de Obs Trabaja: 22			Totales de Obs No Trabaja: 8						Total de Obs Trabaja: 17			Total de Obs No Trabaja: 13					
obs:																				

**Figura N° 7: Formato de muestreo del trabajo el día 4**

**Fuente: Elaboración propia**

			CVG FERROMINERA ORINOCO																		
Muestreo del Trabajo			Área: Superintendencia de equipos ferroviarios.																		
			Departamento: Taller de equipos ferroviarios.																		
			Turno: Diurno			Fecha: 14/11/14															
Analista: Raúl González			Grúa de giro rápido Pettibone								Grúa de giro rápido Swingmaster										
Obs	Día	Hora	Trabaja			No Trabaja						Trabaja			No Trabaja						
			T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	
	5	7:00 a.m				x									x						
		7:01 a.m				x									x						
		7:04 a.m					x									x					
		8:09 a.m	x										x								
		8:10 a.m	x										x								
		8:11 a.m	x										x								
		8:12 a.m	x										x								
		8:13 a.m		x															x		
		8:15 a.m	x																x		
		9:16 a.m						x										x			
		9:18 a.m						x										x			
		10:23 a.m	x										x								
		10:24 a.m	x										x								
		10:26 a.m							x				x								
		10:29 a.m	x										x								
		10:30 a.m	x												x						
		11:31 a.m		x											x						
		11:32 a.m		x											x						
		11:34 a.m			x										x						
		11:37 a.m			x										x						
		12:39 m.d						x							x						
		12:42 m.d						x									x				
		12:44 m.d						x									x				
		12:45 m.d						x									x				
		1:50 p.m			x													x			
		1:52 p.m			x											x					
		2:53 p.m			x											x					
		2:54 p.m									x					x					
		2:57 p.m				x													x		
		2:58 p.m			x														x		
Totales:			9	3	7	2	1	6	1	0	1	0	8	9	2	1	3	3	4	0	
			Totales de Obs Trabaja: 19				Totales de Obs No Trabaja: 11				Total de Obs Trabaja: 17				Total de Obs No Trabaja: 13						
obs:																					

**Figura N° 8: Formato de muestreo del trabajo el día 5**

**Fuente: Elaboración propia**

A continuación se presentan dos tablas resumen del formato de muestreo para las grúas de giro rápido Pettibone y Swingmaster respectivamente (ver tabla N° 20 y N° 21):

**Tabla N° 20: Resumen formato muestreo grúa Pettibone**

Día	TRABAJA			NO TRABAJA					
	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6
1	10	3	7	2	1	5	1	1	0
2	8	4	5	2	1	5	1	3	1
3	14	3	4	1	2	1	3	2	0
4	10	5	7	1	2	2	1	2	0
5	9	3	7	2	1	6	1	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>2</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla N° 20 se puede observar el comportamiento de la grúas de giro rápido Pettibone durante los 5 días de estudio, donde se puede apreciar que se mantiene en su mayoría activa, cumpliendo con sus actividades correspondientes. Se evidencia un número alto en las necesidades personales del operador, algo normal ya que estos tienen necesidades que deben satisfacer durante el turno de trabajo y también disponen de un tiempo para almorzar, a su vez se observa que el número que sigue a pesar de ser bajo es notorio entre las actividades que afectan el rendimiento de las grúas y son las dificultades técnicas del tenedor de carga, donde se presenta ciertas veces durante la rehabilitación una parada mínima del equipo por el desajuste del tornillo del tenedor que va ajustado en el boom del equipo y por ende las grúas no trabajan de una manera mas optima.



**Tabla N° 21: Resumen formato muestreo grúa Swingmaster**

Día	TRABAJA			NO TRABAJA					
	T1	T2	T3	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6
1	0	7	11	1	2	2	1	6	0
2	4	6	10	2	1	2	2	3	0
3	0	8	8	2	1	5	2	4	0
4	0	3	14	1	2	4	1	3	2
5	0	8	9	2	1	3	3	4	0
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>2</b>

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla N° 21 se observa el comportamiento de la grúa de giro rápido Swingmaster durante los 5 días de estudio, donde se puede apreciar que se mantiene en su mayoría activa, cumpliendo en parte con las actividades que debe desarrollar, si bien observamos en la tabla, esta grúa no es muy utilizada en la actividad de regado y alineación de durmientes, esto se debe a la comodidad del operador en utilizar la grúa Pettibone la cual para ellos es mejor para esta actividad. Dentro de los factores que afectan el rendimiento de la grúa, se evidencia un número muy elevado en el apoyo a otras actividades y necesidades personales de los operadores, por una parte la utilización de la grúa para apoyar en otras actividades diferentes a las que esta debe desempeñar afecta claramente en su rendimiento a la hora de operar y es algo que se debe destacar porque el equipo se puede estar forzando a realizar actividades fuera de lo común; por otra parte las necesidades personales de los operadores son inevitables y es normal, ya que estos requieren de un tiempo de descanso para almorzar y satisfacer otras necesidades que se le

presenten durante la jornada de trabajo, por otro lado se observa que hay números bajos como en la preparación del terreno la cual se realiza normalmente al inicio de cada rehabilitación, el chequeo general del equipo para verificar que el equipo este optimo para operar y las dificultades técnicas del tenedor de carga, donde se presenta ciertas veces durante la rehabilitación una parada mínima del equipo por el desajuste del tornillo del tenedor y/o gancho con el que se sujetan las tiras de rieles que va ajustado en el boom del equipo, lo que por ende hace que la grúa se vea afectada en su rendimiento y no trabajen de manera optima.

#### **6.7.5 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE OCURRENCIA DEL EVENTO DE LA GRÚA PETTIBONE**

Se realizaron 30 observaciones diarias a la grúa Pettibone las cuales se registraron en los formatos de la figura N° 3 a la 7 respectivamente.

N° Días estudiados = 5 días

N° Observaciones por días = 30 Observaciones / días

N° Total de observaciones = 150 Observaciones

N° Veces que trabaja = 99

$$\bar{p} = \frac{\text{N° Veces que trabaja}}{\text{N° Total de observaciones}} = \frac{99}{150} = 0.66$$

$$\bar{p} = 66\%$$

Este valor indica que existe la probabilidad de que el 66% de las veces que se observe a la grúa de giro rápido Pettibone, esta se encontrara realizando sus actividades.

- **Porcentaje de eficiencia de la grúa Pettibone**

Día 1:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Total de observaciones}} = \frac{20}{30} = 0.66 \rightarrow 66\%$$

Día 2:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{17}{30} = 0.56 \rightarrow 56\%$$

Día 3:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{21}{30} = 0.70 \rightarrow 70\%$$

Día 4:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{22}{30} = 0.73 \rightarrow 73\%$$

Día 5:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{19}{30} = 0.63 \rightarrow 63\%$$

- **Porcentaje de ineficiencia de la grúa Pettibone**

Día 1:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{10}{30} = 0.33 \rightarrow 33\%$$

Día 2:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{13}{30} = 0.43 \rightarrow 43\%$$

Día 3:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{9}{30} = 0.30 \rightarrow 30\%$$

Día 4:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{8}{30} = 0.26 \rightarrow 26\%$$

Día 5:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{11}{30} = 0.36 \rightarrow 36\%$$

A continuación se presenta mediante una tabla (ver tabla Nº 22) el porcentaje de eficiencia e ineficiencia de la grúa de giro rápido Pettibone durante los 5 días de estudio.

**Tabla Nº 22: Porcentaje de eficiencia e ineficiencia de la grúa Pettibone**

Día	TRABAJA		NO TRABAJA	
	OBSERVACIONES DIARIAS	% DE EFICIENCIA	OBSERVACIONES DIARIAS	% DE INEFICIENCIA
1	20	66%	10	33%
2	17	56%	13	43%
3	21	70%	9	30%
4	22	73%	8	26%
5	19	63%	11	36%

**Fuente: Elaboración propia**

### 6.7.6 CÁLCULO DE LA EXACTITUD (S')

$$s' = K \sqrt{\frac{(1-\bar{p})}{\bar{p} \times N}} \quad S' = \sqrt{\frac{(1-0.66)}{0.66 \times 150}} \quad S' = 0.05860$$

Comparando **S'** con **S** se tiene:

$$\mathbf{S' > S}$$

$$5.86\% > 5\%$$

El criterio de decisión para poder objetar algo respecto a la exactitud de ser **S' < S**, como en este caso no se cumple no es posible concluir nada al respecto hasta que se observe el comportamiento gráfico del estudio. Por otra parte, se debe realizar el cálculo de **N'** para determinar el número de muestras que son necesarias adicionar para satisfacer esta condición.

### 6.7.7 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA GRÚA PETTIBONE

$$N = \frac{K^2(1-\bar{p})}{S^2 \times \bar{p}} \quad N = \frac{1.96^2(1-0.66)}{0.05^2 \times 0.66} \quad N = 791.60 \cong 792$$

Aplicando una regla de tres, se tiene:

$$1 \longrightarrow 30 \text{ Observaciones}$$

$$X \longleftarrow 792$$

$$X = \frac{792 \times 1}{30} \quad X = 26.4 \cong 26$$

El estudio indica que son necesarias 792 observaciones adicionales, esto va enlazado con 26 días hábiles y resulta una opción poco viable por no decir imposible. Por tanto hay que rediseñar el estudio e incrementar el número de observaciones.

### 6.7.8 LÍMITES DE CONTROL

$$Lc = \bar{p} \pm K \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Donde:

Lc: Límite de control

$\bar{p}$ : Probabilidad de que la grúa de giro rápido trabaje los 5 días de estudio.

n: Número total de observaciones diarias.

$$Lcs = \bar{p} + K \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad Lcs = 0.66 + 1.96 \sqrt{\frac{0.66(1 - 0.66)}{30}} \quad Lcs = 0.829514506$$

$$Lci = \bar{p} - K \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad Lci = 0.66 - 1.96 \sqrt{\frac{0.66(1 - 0.66)}{30}} \quad Lci = 0.490485493$$

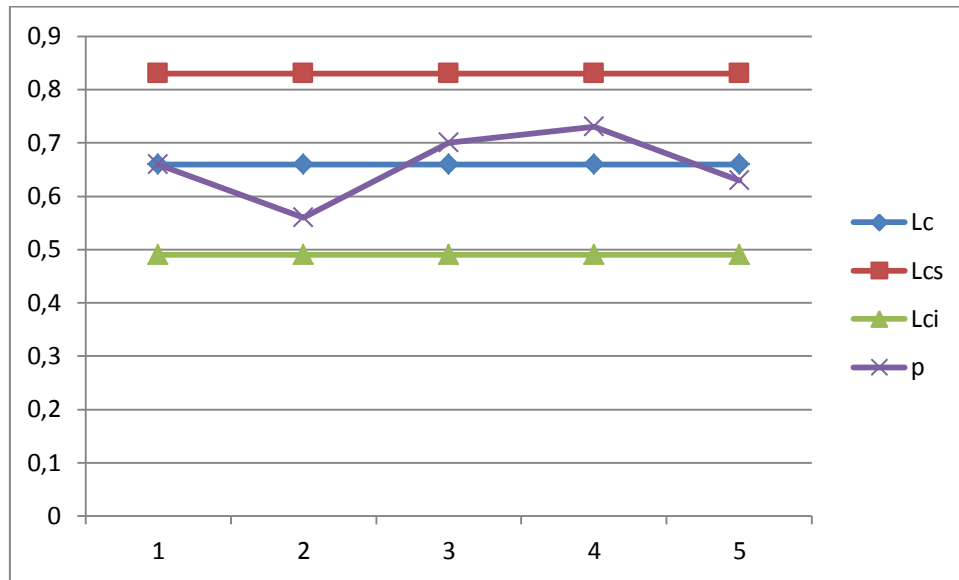
A continuación se presenta mediante una tabla los valores obtenidos de los límites de control y las probabilidades de cada uno de los 5 días en la que la grúa de giro rápido Pettibone trabaje (ver tabla N° 23):

**Tabla N° 23: Límites de control y probabilidad**

Lc	0.66
Lcs	0.82951
Lci	0.49048
$\bar{p}_1$	0.66
$\bar{p}_2$	0.56
$\bar{p}_3$	0.70
$\bar{p}_4$	0.73
$\bar{p}_5$	0.63

**Fuente: Elaboración propia**

Calculados los límites de control y los valores de  $\bar{p}$  como datos de ocurrencia de los eventos, se procede a elaborar el gráfico de control correspondiente a la grúa Pettibone (Ver gráfico N°11).



**Gráfico N°11: Gráfico de control grúa Pettibone**

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede observar en el gráfico que el mismo se encuentra bajo control, ya que todos los puntos están ubicados dentro de los límites superior e inferior, al mismo tiempo se puede notar que en el día 4 fue donde se mantuvo el mayor porcentaje de eficiencia por parte de la grúa de giro rápido Pettibone.

## DIAGRAMA DE PARETO

Para una mejor visualización del estudio se realizó el diagrama de Pareto correspondiente a la situación presentada, donde se presenta la frecuencia de los eventos y sus porcentajes; esto ayuda a determinar las causas de mayor incidencia en la eficiencia de la grúa de giro rápido Pettibone.

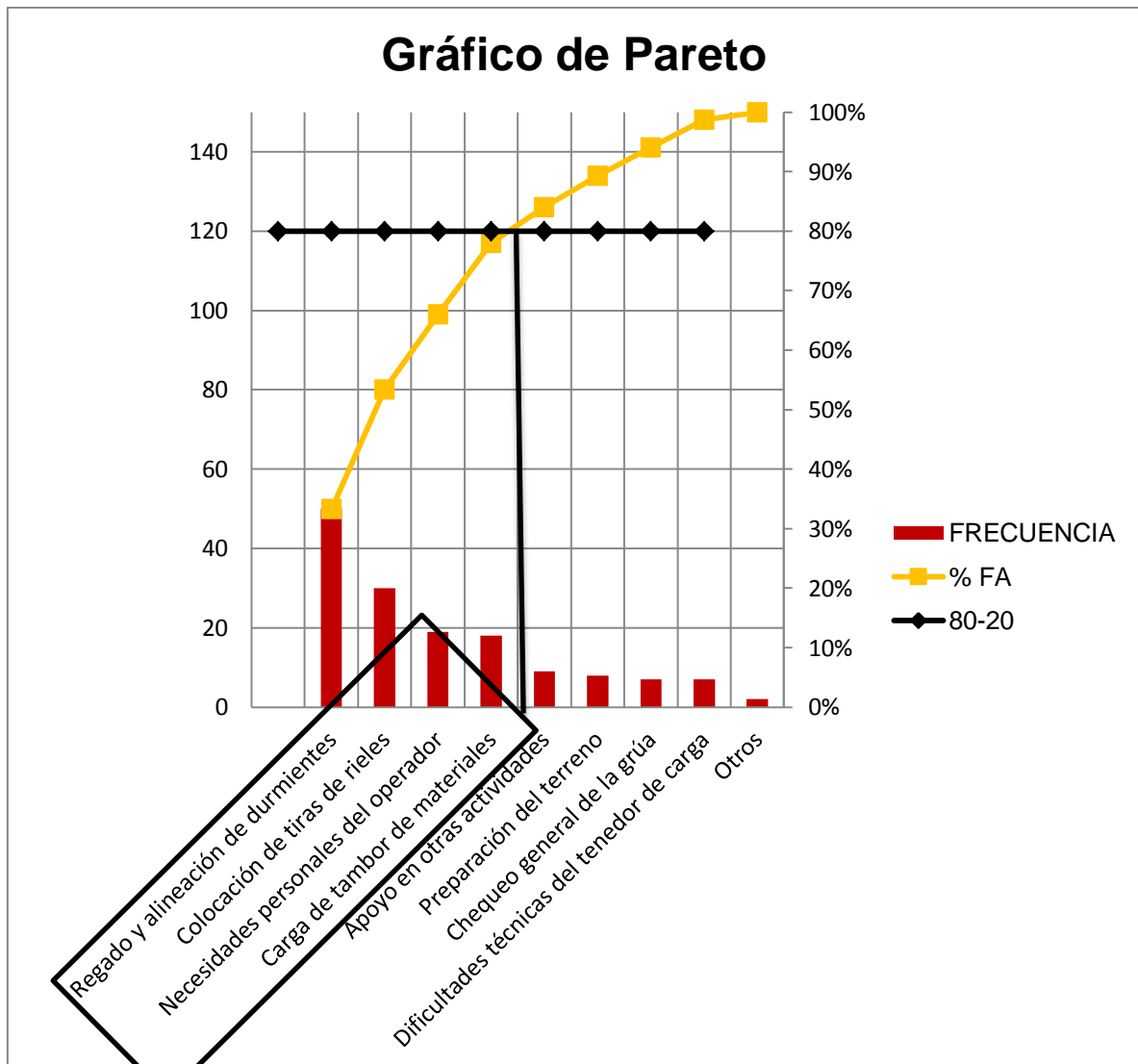
A continuación se presenta mediante una tabla la frecuencia, el porcentaje y la frecuencia acumulada de los eventos presentados (Ver tabla N° 24):

**Tabla N° 24: Elaboración diagrama de Pareto grúa Pettibone**

CAUSAS	FRECUENCIA	% FA	
Regado y alineación de durmientes	51	34%	51
Colocación de tiras de rieles	30	54%	81
Necesidades personales del operador	19	67%	100
Carga de tambor de materiales	18	79%	118
Apoyo en otras actividades	8	84%	126
Preparación del terreno	8	89%	134
Chequeo general de la grúa	7	94%	141
Dificultades técnicas del tenedor de carga	7	99%	148
Otros	2	100%	150
<b>Total</b>	<b>150</b>		

**Fuente: Elaboración propia.**





**Gráfico N°12: Diagrama de Pareto grúa Pettibone**

**Fuente: Elaboración propia**

Las actividades que más influyen en la eficiencia de las grúas de giro rápido Pettibone son:

- Regado y alineación de durmientes.
- Carga de tambor de materiales.
- Colocación de tiras de rieles.

Como era de suponerse la grúa de giro rápido Pettibone contempla su eficiencia en las actividades que realiza normalmente, pues dentro de las observaciones

registradas se pudo verificar que durante los 5 días de trabajo dentro de la jornada de rehabilitación de 8 horas, el equipo se mantuvo trabajando constantemente y es por esto que el gráfico de Pareto (ver gráfico N°12) se puede verificar esta información, pues la mayor parte del tiempo la grúa se mantuvo en constante operatividad.

El factor que más influyó dentro de la ineficiencia de las grúas de giro rápido Pettibone fue:

- Necesidades personales del operador.

Claramente se aprecia dentro del gráfico que el factor más influyente en el trabajo de la grúa fueron las necesidades personales del operador, pero este factor es inevitable, ya que los operadores poseen necesidades las cuales deben sustentar, pero a pesar de ello no interfiere de manera crítica en la operatividad de la grúa.

#### 6.7.9 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE OCURRENCIA DEL EVENTO DE LA GRÚA SWINGMASTER

Se realizaron 30 observaciones diarias a la grúa Swingmaster las cuales se registraron en los formatos de la figura N° 3 a la 7 respectivamente.

N° Días estudiados = 5 días

N° Observaciones por días = 30 Observaciones / días

N° Total de observaciones = 150 Observaciones

N° Veces que trabaja = 88

$$\bar{p} = \frac{\text{N° Veces que trabaja}}{\text{N° Total de observaciones}} = \frac{88}{150} = 0.586 \cong 0.59$$

$$\bar{p} = 59\%$$

Este valor indica que existe la probabilidad de que el 59% de las veces que se observe a la grúa de giro rápido Swingmaster, esta se encontrara realizando sus actividades.

- **Porcentaje de eficiencia de la grúa Swingmaster**

Día 1:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Total de observaciones}} = \frac{18}{30} = 0.60 \rightarrow 60\%$$

Día 2:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{20}{30} = 0.66 \rightarrow 66\%$$

Día 3:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{16}{30} = 0.53 \rightarrow 53\%$$

Día 4:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{17}{30} = 0.56 \rightarrow 56\%$$

Día 5:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{17}{30} = 0.56 \rightarrow 56\%$$

- **Porcentaje de ineficiencia de la grúa Swingmaster**

Día 1:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{12}{30} = 0.40 \rightarrow 40\%$$

Día 2:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{10}{30} = 0.33 \rightarrow 33\%$$

Día 3:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{14}{30} = 0.46 \rightarrow 46\%$$

Día 4:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{13}{30} = 0.43 \rightarrow 43\%$$

Día 5:

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº Veces que No trabaja}}{\text{Nº Observaciones por día}} = \frac{13}{30} = 0.43 \rightarrow 43\%$$

A continuación se presenta mediante una tabla (ver tabla N° 25) el porcentaje de eficiencia e ineficiencia de la grúa de giro rápido Swingmaster durante los 5 días de estudio:

**Tabla N° 25: Porcentaje de eficiencia e ineficiencia de la grúa Swingmaster**

Día	TRABAJA		NO TRABAJA	
	OBSERVACIONES DIARIAS	% DE EFICIENCIA	OBSERVACIONES DIARIAS	% DE INEFICIENCIA
1	18	60%	12	40%
2	20	66%	10	33%
3	16	53%	14	46%
4	17	56%	13	43%
5	17	56%	13	43%

**Fuente: Elaboración propia**

#### 6.7.10 CÁLCULO DE LA EXACTITUD (S')

$$s' = K \sqrt{\frac{(1-\bar{p})}{\bar{p} \times N}} \quad S' = \sqrt{\frac{(1-0.59)}{0.59 \times 150}} \quad S' = 0.06806$$

Comparando **S'** con **S** se tiene:

$$\mathbf{S' > S}$$

$$6.80\% > 5\%$$

El criterio de decisión para poder objetar algo respecto a la exactitud de ser **S' < S**, como en este caso no se cumple no es posible concluir nada al respecto hasta que se observe el comportamiento gráfico del estudio. Por otra parte, se debe realizar el cálculo de **N'** para determinar el número de muestras que son necesarias adicionar para satisfacer esta condición.

### 6.7.11 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA GRÚA SWINGMASTER

$$N = \frac{K^2(1-\bar{p})}{S^2 \times \bar{p}} \quad N = \frac{1.96^2(1-0.59)}{0.05^2 \times 0.59} \quad N = 1067.83 \cong 1068$$

Aplicando una regla de tres, se tiene:

$$\begin{array}{ccc} 1 & \longrightarrow & 30 \text{ Observaciones} \\ X & \longleftarrow & 1068 \end{array}$$

$$X = \frac{1068 \times 1}{30} \quad X = 35.6 \cong 36$$

El estudio indica que son necesarias 1068 observaciones adicionales, esto va enlazado con 36 días hábiles y resulta una opción poco viable por no decir imposible. Por tanto hay que rediseñar el estudio e incrementar el número de observaciones.

### 6.7.12 LÍMITES DE CONTROL

$$Lc = \bar{p} \pm K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Donde:

Lc: Límite de control

$\bar{p}$ : Probabilidad de que la grúa de giro rápido trabaje los 5 días de estudio.

n: Número total de observaciones diarias.

$$Lcs = \bar{p} + K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad Lcs = 0.59 + 1.96 \sqrt{\frac{0.59(1-0.59)}{30}} \quad Lcs = 0.766000287$$

$$Lci = \bar{p} - K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad Lci = 0.59 - 1.96 \sqrt{\frac{0.59(1-0.59)}{30}} \quad Lci = 0.413999712$$

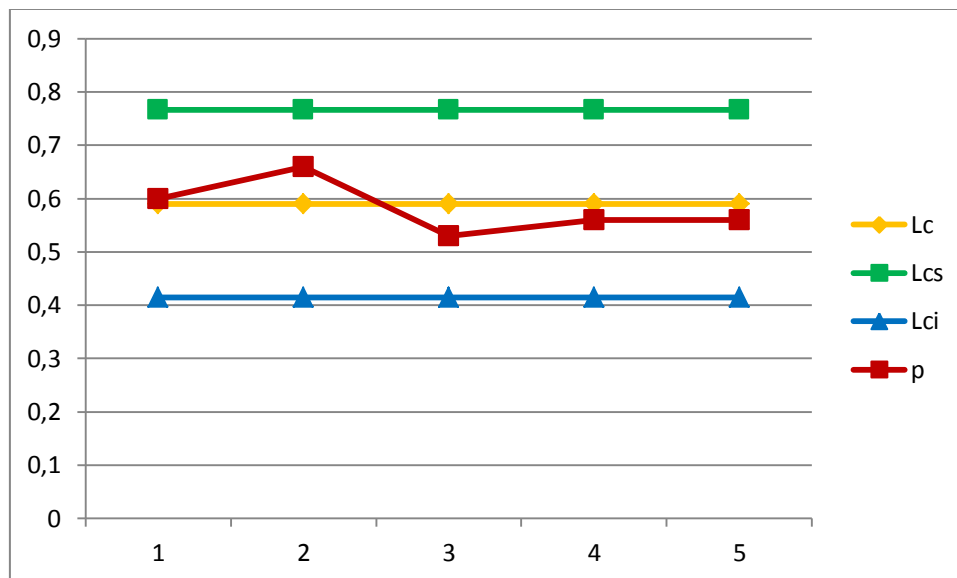
A continuación se presenta mediante una tabla los valores obtenidos de los límites de control y las probabilidades de cada uno de los 5 días en la que la grúa de giro rápido Swingmaster trabaje (ver tabla N° 26):

**Tabla N° 26: Límites de control y probabilidad**

Lc	0.59
Lcs	0.76600
Lci	0.41399
$\bar{p}_1$	0.60
$\bar{p}_2$	0.66
$\bar{p}_3$	0.53
$\bar{p}_4$	0.56
$\bar{p}_5$	0.56

**Fuente: Elaboración propia**

Calculados los límites de control y los valores de  $\bar{p}$  como datos de ocurrencia de los eventos, se procede a elaborar el gráfico de control correspondiente a la grúa Swingmaster (Ver gráfico N°13).



**Gráfico N° 13: Gráfico de control grúa Swingmaster**

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede observar en el gráfico N° 13 que este se encuentra bajo control ya que todos los puntos están ubicados dentro de los límites superior e inferior, al mismo tiempo se puede notar que en el día 2 se mantuvo el mayor porcentaje de eficiencia por parte de la grúa de giro rápido Swingmaster.

### DIAGRAMA DE PARETO

De igual manera que se realizó con la grúa Pettibone, se construyó el diagrama de Pareto correspondiente a la situación presentada, donde se presenta la frecuencia de los eventos y sus porcentajes; esto ayudó a determinar las causas de mayor incidencia en la eficiencia de la grúa de giro rápido Swingmaster.

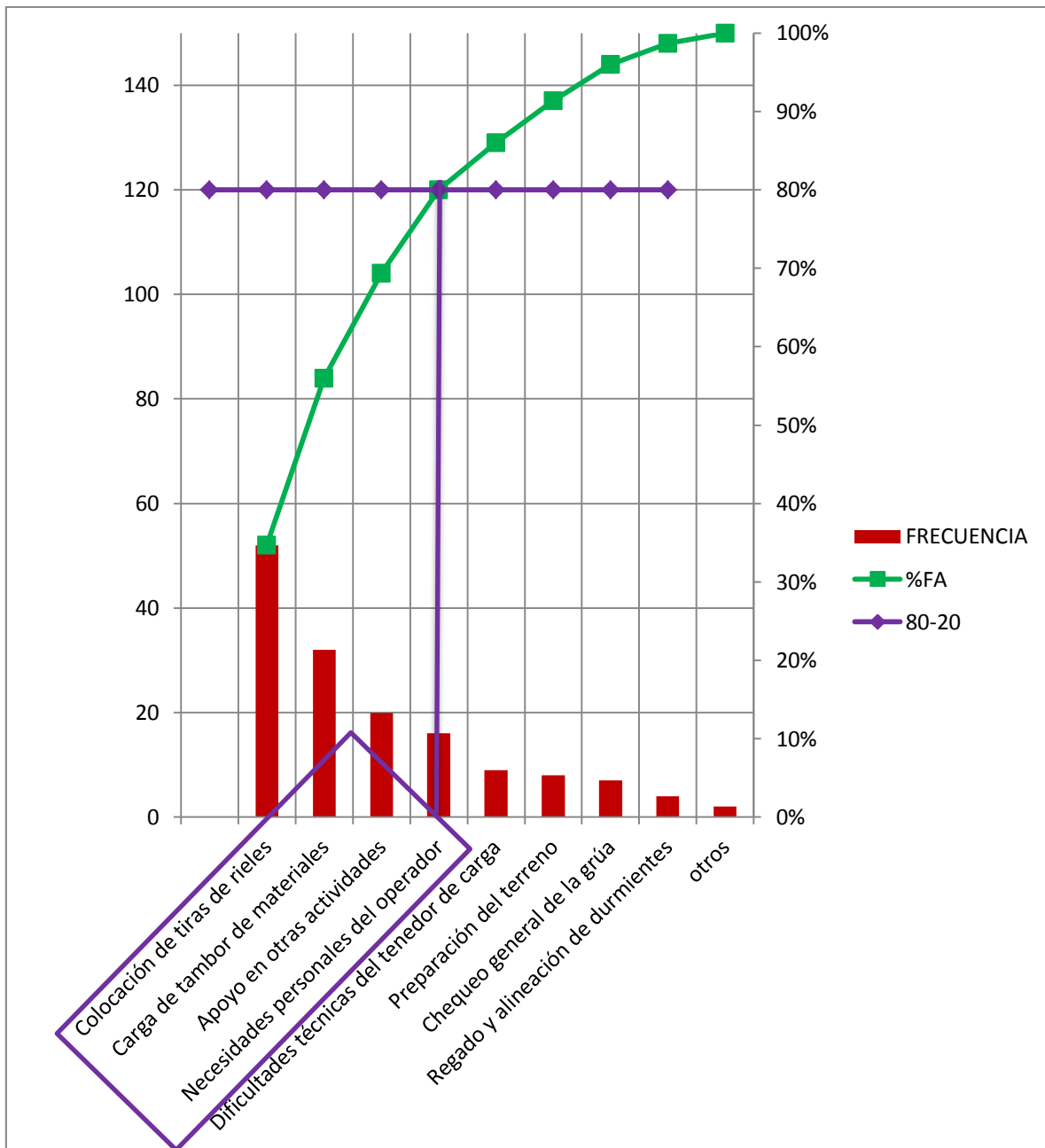
A continuación se presenta mediante una tabla la frecuencia, el porcentaje y la frecuencia acumulada de los eventos presentados (Ver tabla N° 27):

**Tabla N° 27: Elaboración diagrama de Pareto grúa Swingmaster**

CAUSAS	FRECUENCIA	%FA	
Colocación de tiras de rieles	52	35%	52
Carga de tambor de materiales	32	56%	84
Apoyo en otras actividades	20	69%	104
Necesidades personales del operador	16	80%	120
Dificultades técnicas del tenedor de carga	9	86%	129
Preparación del terreno	8	91%	137
Chequeo general de la grúa	7	96%	144
Regado y alineación de durmientes	4	99%	148
otros	2	100%	150
<b>Total</b>	<b>150</b>		

**Fuente: Elaboración propia**





**Gráfico N° 14: Diagrama de Pareto grúa Swingmaster**

**Fuente: Elaboración propia**

Las actividades que más influyen en la eficiencia de la grúa de giro rápido Swingmaster son:

- Colocación de tiras de rieles.
- Carga de tambor de materiales.

Claramente se pudo apreciar en el gráfico de Pareto (ver gráfico N° 14) que las actividades que mas influyen en la eficiencia de la grúa de giro rápido Swingmaster son la colocación de tiras de rieles y la carga de tambor de materiales, si bien podemos visualizar, solo durante la jornada de rehabilitación se utiliza una de las dos grúas, en este caso la grúa Pettibone para realizar la actividad de regado y alineación de durmientes, la cual es una de las actividades principales de estos equipos, esta actividad es monótona y se debe hacer uso de un solo equipo para llevar de manera alineada la nueva vía que se esta rehabilitando, es por esto que los operadores desisten de usar una de las dos en esta actividad y en este caso la sacrificada fue la grúa Swingmaster, pero a pesar de esto la grúa cumple con las otras dos actividades y eso se ve reflejado en el estudio de muestreo que se les realizó.

Algunos de los factores responsables de la ineficiencia de la grúa de giro rápido Swingmaster son:

- Apoyo en otras actividades.
- Necesidades personales del operador.

En este caso los factores que influyen en la ineficiencia de la grúa fueron el apoyo en otras actividades y las necesidades personales del operador, siendo el primero el factor más influyente, ya que las necesidades personales de los operadores son demoras inevitables y necesarias que deben tener estos para poder continuar operando la grúa, por lo general al inicio de la rehabilitación la primera actividad a realizar por las grúas es el regado y alineación de durmientes, en este caso como ya se comentó, la grúa Swingmaster no realiza dicha actividad, y es por esto que se enfoca mas en apoyar en otras actividades, hasta que sea necesario el uso de esta para cargar tambores con materiales para el armado de la vía y el montaje de las tiras de rieles, pero a pesar de esto de igual forma la grúa se mantiene operativa y cumple con sus actividades principales en este caso la carga de tambor de materiales y montaje de tiras de rieles de manera optima.

Finalmente ya obtenidos los resultados del estudio de muestreo para ambas grúas (Pettibone y Swingmaster) realizado en un período de 5 días como una prueba piloto, no es necesario reestructurar el estudio a pesar de no ser representativo el número de muestras en este tiempo (5 días), entonces se puede concluir que las grúas poseen un comportamiento dentro de los parámetros de control como se pudo observar en los gráficos de control de ambas (Ver Gráfico N° 11 y 13), aun aumentando el número de días para realizar el estudio y esto se nota debido a que el número de grúas (2) no son suficientes para verificar otros puntos que puedan estar por fuera de los límites de control y sean factores responsables de la ineficiencia de estas.

Resumiendo el estudio se pudo verificar que:

- La grúa de giro rápido Pettibone posee un porcentaje de probabilidad de trabajo de 66% siendo este mayor al 59% que presenta la grúa de giro rápido Swingmaster.
- La grúa Pettibone tiene una mayor eficiencia en las actividades principales (regado y alineación de durmientes, carga de tambor de materiales y colocación de tiras de rieles) que la grúa Swingmaster la cual solo se destaca en dos de las tres actividades principales (carga de tambor de materiales y colocación de tiras de rieles).
- Se observó mediante los diagramas de Pareto de ambos equipos, que la grúa Pettibone posee un solo factor que afecta su rendimiento el cual es las necesidades personales de los operadores, mientras que la grúa Swingmaster ocupa mucho tiempo en apoyo a otras actividades y se ve afectada con total normalidad por las necesidades personales de los operadores, de esta manera se ilustra que la grúa Pettibone es mas eficiente en las actividades que debe desempeñar.
- Por días de trabajo (5 días) se verificó que la grúa Pettibone posee una mayor probabilidad de trabajo que la grúa Swingmaster.

En conclusión el estudio de muestreo demostró que la grúa Pettibone trabaja mayor parte del tiempo en las actividades que estos equipos deben desempeñar con

un buen porcentaje de eficiencia y un aumento en su rendimiento operativo, mientras que la grúa Swingmaster es utilizada en apoyo a otras actividades lo cual le da un menor porcentaje de eficiencia en las actividades principales a destacar, disminuyendo de esta manera su rendimiento operativo.

#### **6.8. ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER**

Para poder hacer una evaluación más a fondo del rendimiento de las grúas de giro rápido, se implementó un análisis de costo de producción generado por la grúa Pettibone y Swingmaster. A continuación se presentan tres tablas dónde se detallan los costos de producción de los equipos durante una parada de 20 días, los costos de mano de obra el cual repercute en los operadores de las grúas y los costos de los materiales utilizados en las rehabilitaciones dónde se detallan los durmientes y las tiras de rieles (Ver tablas N° 28, 29 y 30)

**Tabla N° 28: Costos de equipos para rehabilitar**

Equipos	Cantidad de equipos	Días	Horas Maquinas / Días	Total Horas Maquinas	Precio Unitario US\$ / Hora	Precio Total US \$	Precio Total US\$ / KM
Grúas de giro rápido	2	20	10	400	431,54	172.616,00	301.776,22
Payloader 966	2	20	10	400	431,54	172.616,00	301.776,22
Tractor de Caucho	2	20	10	400	431,54	172.616,00	301.776,22
Patrol	2	20	10	400	431,54	172.616,00	301.776,22
Maquinas	4	20	10	800	3,96	3.168,00	5.538,46
Maquinas Cortadoras	4	20	10	800	2,92	2.336,00	4.083,92
Maquinas Apretar	4	20	10	800	3,42	2.736,00	4.783,22
Equipo de Soldadura	2	20	10	400	10,51	4.204,00	7.349,65
Transporte de Herramientas	2	20	10	400	16,81	6.724,00	11.755,24
Transporte Personal	2	20	10	400	16,81	6.724,00	11.755,24
Camionetas	5	20	10	1000	29,32	29.320,00	51.258,74
Camión de Lubricación	2	20	10	400	43,67	17.468,00	30.538,46
Equipo de Topografía	1	20	10	200	19,11	3.822,00	6.681,82
Tren de Trabajo	2	20	10	400	1.992,90	797.160,00	1.393.636,36
Vagones Balasteros	20	20	10	4000	76,38	305.500,00	534.090,91
Equipo Regulador de Balasto	2	20	10	400	1.120,95	448.380,00	783.881,12
Equipo Nivelación Alineación	2	20	10	400	3.487,40	1.394.960,00	2.438.741,26
Plataformas	4	20	10	800	76,38	61.100,00	106.818,18
					<b>Total</b>	<b>3.744.066,00</b>	<b>6.580.147,48</b>

**Fuente: Departamento de Planificación y control**

Como pudo observarse en la tabla N° 28, la superintendencia de equipos ferroviarios y mantenimiento de vías férreas incluyen a la grúa Pettibone y a la grúa Swingmaster en un solo conjunto de grúas de giro rápido, esto indica que ambos equipos poseen el mismo costo de producción por hora el cual es un total de 431,54 \$ por hora de trabajo, siendo un total de 10 horas de trabajo lo estimado en las rehabilitaciones para estos equipos, generando al final de la jornada un total de 4.315,4 \$ ambas grúas en total por las dos 8.630,8 \$; se estima que el costo total de la parada de 20 días por horas sea de 172.616 \$ entre las dos grúas y el costo total por kilómetro rehabilitado de igual manera por los dos equipos sea de 301.776,2 \$. Claramente se evidencia que tanto la grúa Swingmaster como la grúa Pettibone no

poseen una diferenciación en cuanto a los costos de producción, ya que ambos equipos son identificados como equipos ferroviarios de la misma clase, en este caso las grúas de giro rápido y por esta manera se pudo observar que estos costos no influyen directamente en el rendimiento de estos equipos, teniendo ambos el mismo costo y a su vez realizando las misma actividades dentro de las rehabilitaciones de la vía férrea.

**Tabla N° 29: Costos de Mano de Obra para rehabilitar**

Mano de Obra	Cant. Trab.	Días	Horas Normales / Día	Horas Extra / Día	Total Horas Normales	Total Horas Extras	Precio/Hora	Precio / Hora Extra	Costo de Tiempo Trabajado Bs.			Total US\$	Total US\$/KM
									Normal	Extra	Total		
Jefe de Área	4	20	8	2	640	160	52,08	85,94	33.333,33	13.750,00	47.083,33	7.473,54	1.624,68
Tecnico de Vías	30	20	8	2	4800	1200	34,04	56,17	163.415,60	67.408,93	230.824,53	36.638,81	7.964,96
Supervisor	12	20	8	2	1920	480	44,58	73,55	85.590,89	35.306,24	120.897,13	19.190,02	4.171,74
Analista de Mantto.	2	20	8	2	320	80	35,11	57,93	11.235,56	4.634,67	15.870,23	2.519,08	547,63
Planificador de Mantto	2	20	8	2	320	80	35,11	57,93	11.235,56	4.634,67	15.870,23	2.519,08	547,63
Operador Equipos Pesados	6	20	8	2	960	240	23,79	39,26	22.841,32	9.422,05	32.263,37	5.121,17	1.113,30
Operador Equipos Ferroviarios	2	20	8	2	320	80	33,23	54,83	10.633,34	4.386,25	15.019,59	2.384,06	518,27
Mecánicos	14	20	8	2	2240	560	15,95	26,31	35.717,98	14.733,67	50.451,64	8.008,20	1.740,91
Lubricadores	4	20	8	2	640	160	15,07	24,86	9.641,93	3.977,30	13.619,23	2.161,78	469,95
Conservadores	16	20	8	2	2560	640	33,30	54,95	85.256,55	35.168,33	1.185,29	19.115,06	4.155,45
Chofer	2	20	8	2	320	80	16,52	27,26	5.286,61	2.180,73	7.467,34	1.185,29	257,67
Soldadores	12	20	8	2	1920	480	15,95	26,31	30.615,41	12.628,86	43.244,27	6.864,17	1.492,21
Rieleros (FMO)	28	20	8	2	4480	1120	14,64	24,16	65.603,54	27.061,46	92.665,01	14.708,73	3.197,55
Total									570.407,64	235.293,15	805.700,79	127.889,01	27.801,96
CAS									3.303.373,22			524.344,96	113.988,03
Total Mano de Obra									4.109.074,01			652.233,97	141.789,99

**Fuente: Departamento de Planificación y control**

La tabla N° 29 indica el costo de la mano de obra, en este caso los costos que generan los operadores de las grúas de giro rápido u operadores de equipos ferroviarios, estos costos repercuten en los costos de producción de las grúas de giro rápido, ya que estos (operadores) son los encargados de que las grúas puedan operar y se pueda observar la eficiencia con la que trabajan estos equipos, claramente se observó que los costos estimados por cada operador de equipo ferroviario o grúa de giro rápido genera un total de 33,23 Bsf por hora de trabajo siendo la jornada de 8 horas mas 2 horas extras de trabajo dando un total de 10 horas de trabajo en la jornada, aumentando el costo a 54,83 Bsf, en total durante

los 20 días de parada los costos de mano de obra por dos operadores de grúa de giro rápido (Pettibone o Swingmaster) por horario normal de 8 horas genera un total de 10.633,34 Bsf, las 2 horas extras durante la parada sería un total de 4.386,25 Bsf y sumando el horario normal más las 2 horas extras durante toda la parada los costos de mano de obra generado es un total de 15.019,59 Bsf. De igual manera no existe ningún tipo de comparación en cuanto al rendimiento de la grúa Pettibone y Swingmaster por los costos de mano de obra debido a que cada operador genera el mismo costo utilizando cualquiera de estas dos grúas de giro rápido.

**Tabla N° 30: Costos de materiales Ferroviarios para rehabilitar**

Materiales	Cantidad	Precio Unitario US\$	Total US\$	Total US\$/Km
Rieles 132 RE 78' Nuevos	390	2.272,09	886.115,10	192.633,72
Balasto m3	9.200	10,00	91.956,19	19.990,48
Durmientes de Concreto	7.667	132,50	1.015.877,50	220.842,93
Conjunto de fijaciones	7.667	22,03	168.904,01	36.718,26
KIT de Soldadura Aluminotermica	368	210,99	77.644,32	16.879,20
			2.240.497,12	487.064,59

**Fuente: Departamento de Planificación y control**

En la tabla N° 30 se observó la cantidad de materiales a utilizar en la parada de 20 días así como también su costo total, observando que dentro de estos se encuentran los durmientes y los rieles, los cuales son los materiales principales que manipulan las grúas en las actividades que estas se encargan de realizar. En total se tiene que la cantidad de rieles utilizados dentro de la parada de 20 días son 390 unidades, el costo estimado por unidad es de 2.272,09 \$, siendo el costo total estimado de los 390 rieles un total de 886.115,10 \$ y por kilómetro un total de 192.633,72 \$. En cuanto a los durmientes se tiene estimado utilizar una cantidad de 7.667 unidades, el costo estimado por unidad es 132,50 \$, siendo el costo total de los 7.667 durmientes 1.015.877,50 \$ y por kilómetro un total de 220.842,93\$. Al igual que se observó en las tablas N° 25 y N° 26, los costos de los materiales tampoco generan una diferencia en el rendimiento de ambas grúas (Pettibone y

Swingmaster), debido a que estos equipos están incluidos en el mismo grupo de grúas de giro rápido lo cuál la gerencia de Ferrocarril, identifica como un mismo equipo dentro del grupo de equipos ferroviarios.

A continuación se observa el cálculo del costo total de producción de las grúas Pettibone y Swingmaster, donde se desglosa el Costo de equipo, costo de Mano de Obra y el Costo de Materiales.

- **Costo grúa Pettibone= Costo de EQ + Costo de MO + Costo de Materiales**

**Costo grúa Pettibone =**150.888,11 \$ + 2.384,06 \$ + (886.115,10 \$ + 1.015.877,50 \$)

**Costo grúa Pettibone = 2.055.264,77 \$**

- **Costo grúa Swingmaster= Costo de EQ + Costo de MO + Costo de Materiales**

**Costo grúa Swingmaster =**150.888,11 \$ + 2.384.06 \$ + (886.115,10 \$ + 1.015.877,50 \$)

**Costo grúa Swingmaster = 2.055.264,77 \$**

Finalmente, ya observados los costos de equipos (grúa de giro rápido Pettibone y Swingmaster), mano de obra (Operadores de equipos ferroviarios) y materiales utilizados para rehabilitar (Rieles y durmientes) en las tablas N° 27, 28 y 29, se concluye que ambas grúas poseen el mismo costo de producción un total de 2.055.264,77 \$ el cual es el mismo para ambas grúas y no las diferencia a ninguna en cuanto al rendimiento que estas pueden trabajar, es importante destacar que ambos equipos (Pettibone y Swingmaster) están dentro del mismo grupo de grúas de giro rápido, asumiendo de esta manera que ambos equipos al realizar las mismas actividades, tener las mismas funciones para trabajar, ser manejadas por los mismos operadores y manipular los mismos materiales, generan el mismo costo de producción sin presentar ningún tipo de diferenciación que ayude a concluir cuál de estas dos grúas llega a ser más costosa por producir en la misma cantidad de días,



horas y kilómetros, repercutiendo en el rendimiento de estas, es por esto que se concluye que este factor de los costos de producción no trasciende en el rendimiento que pueda tener la grúa Pettibone o la grúa Swingmaster.

#### **6.9. PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LAS GRÚAS DE GIRO RÁPIDO PETTIBONE Y SWINGMASTER**

A continuación se presenta un plan de acción a seguir muy detalladamente para poder mejorar el rendimiento de trabajo de las grúas de giro rápido, logrando de esta manera optimizar la operatividad tanto de la grúa Pettibone como la grúa Swingmaster, haciendo un claro seguimiento de las mejoras propuestas de acuerdo a los estudios realizados a ambos equipos

- Realizar el mantenimiento preventivo cada tres meses, debido al uso frecuente de los equipos, pero a su vez realizar chequeos generales semanalmente cada vez que se vaya a operar para conocer los niveles de lubricación y evitar las fugas de aceite que puedan presentar las grúas para evitar desajustes en el funcionamiento de los sistemas hidráulicos y mecánicos.
- Realizar un chequeo del nivel de aire y estado físico de los neumáticos cada vez que se vaya a utilizar el equipo (Semanalmente), pues de esta manera se podrá evitar que el equipo se pare por un tiempo indefinido a causa de un caucho dañado.
- La superintendencia de equipos ferroviarios debe de adquirir lo mas pronto posible baterías 8D de 12V con un amperaje de 1650amp y una capacidad de reserva de 420min, ya que las grúas de giro rápido como equipos pesados, necesitan este tipo de baterías como parte de su pleno funcionamiento y así poder trabajar con una mayor eficiencia, evitando a su vez posibles daños a los sistemas eléctricos de estas.
- Realizar una ampliación del área de mantenimiento y adquirir las herramientas que hacen falta para realizar un trabajo de mantenimiento

óptimo, facilitando de esta manera el trabajo del personal de mantenimiento y lograr mantener una buena disponibilidad a los equipos cada vez que se necesiten.

- Capacitar al personal durante un curso de duración de 2 días, para que de este modo puedan gestionar de forma más rápida los avisos de mantenimiento y manejar con facilidad el sistema SAP, para así poder cumplir con las actividades de mantenimiento que requieren las grúas para poder optimizar su funcionamiento en la brevedad posible.
- Llevar un seguimiento y control a las actividades realizadas por las grúas para poder observar la variación de eficiencia con la que trabajó durante una jornada de rehabilitación y poder compararla con otra, teniendo de esta manera un control donde se refleje en que aspectos de trabajo estén fallando o mejorando los equipos.
- Realizar una reunión mensual para establecer las normas de uso adecuado de los equipos a los encargados del manejo de las grúas, pues esto ayudará a evitar daños por imprudencias y un funcionamiento óptimo de las grúas de giro rápido.
- Actualizar los manuales de mantenimiento anualmente y capacitar al personal con la lectura de estos, para acelerar y facilitar el trabajo logrando aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las grúas.
- Diseñar y elaborar un galpón lo más pronto posible, donde se puedan estacionar las grúas de giro rápido para evitar dejarlas a la intemperie, previniendo el daño de la infraestructura, sistemas y neumáticos a causa de los diferentes cambios climáticos que se presentan a diario.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación realizada, se concluye lo siguiente:

- 1) Con la elaboración del Diagrama Causa-Efecto, fue viable conocer las posibles causas que inciden de manera directa en el rendimiento de las grúas de giro rápido Pettibone y Swingmaster, tomando como las más relevantes las fallas del sistema eléctrico, fallas del sistema hidráulico, fallas del sistema mecánico, el personal y los recursos.
- 2) A través de la Matriz FODA se obtuvo un diagnóstico preciso de la situación actual de las grúas de giro rápido dentro de la superintendencia de equipos ferroviarios, lo que permitió diseñar estrategias para tomar decisiones afines de objetivos y metas planteadas.
- 3) Al realizar la evaluación de la norma covenin 2500-93 del sistema de mantenimiento en la industria, se pudo observar que tiene un cumplimiento de 86,16%, debido a que se presentan deficiencias en el mantenimiento por avería, el personal de mantenimiento, apoyo logístico y los recursos.
- 4) Se elaboró un estudio de tiempo que ayudó a determinar claramente el tiempo que utilizan las grúas de giro rápido en realizar todas sus actividades en las rehabilitaciones de la vía férrea, los cuales dieron como resultado un total de 2.06575 Minutos cada uno de los 10 ciclos que se tomaron como muestra para el estudio de la grúa Pettibone y 2.59023 Minutos los 10 ciclos tomados para la grúa Swingmaster. Esto revela que hay un buen plan de trabajo el cual ejecutan ambas grúas teniendo una pequeña diferencia de 0.52448 minutos en cuanto a la rapidez con la que realizan las actividades.
- 5) Al hacer el procedimiento de muestreo de trabajo, se observó cada cierta hora la ejecución o no de las actividades de las grúas de giro rápido, arrojando un porcentaje de eficiencia para la grúa Pettibone de 66% y para la grúa Swingmaster de 59% evidenciando de esta manera que la primera posee un

7% mas de eficiencia de trabajo y determinando por medio del diagrama de Pareto las actividades que consumen la mayor parte del tiempo a las grúas de giro rápido.

- 6) Se realizó un análisis de costo de producción a ambas grúas para determinar cual generaba mayor gasto en una parada de 20 días de rehabilitación, dando como resultado que este factor no es decisivo para comparar que grúa (Pettibone o Swingmaster) posee mayor rendimiento de acuerdo a los costos que estas generan.

## RECOMENDACIONES

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron con el desarrollo del informe y el cumplimiento de los objetivos, se recomienda las siguientes acciones:

- 1) Es inminente la implementación del plan de acción para mejorar el rendimiento de las grúas Pettibone y Swingmaster y evitar:
  - Problemas de detección de fallas por desactualización de manuales.
  - Aumento de minutos de paradas.
  - Avisos en SAP sin tratamientos.
  - Incumplimiento en el mantenimiento preventivo.
  - Paradas no programadas y gastos no planificados.
  - Tardanza en conseguir los repuestos en el stock.
  - Desacuerdos entre los encargados del mantenimiento.
- 2) Implementar las estrategias recomendadas en la Matriz FODA, comenzando en el corto plazo con las FA, con la finalidad de reducir los problemas y por ende aumentar la eficacia, la eficiencia y la satisfacción del trabajo realizado por las grúas de giro rápido.
- 3) Realizar reunión semanal con el personal de compras para la priorización de lista de materiales necesarios para realizar los trabajos de mantenimiento y repuestos a instalar en las grúas de giro rápido.
- 4) Entrenar el personal de mantenimiento de menor experiencia con la finalidad de tener mecánicos con las habilidades necesarias para realizar cualquier trabajo de mantenimiento que requieran las grúas Pettibone y Swingmaster.
- 5) Programar el seguimiento al tiempo de ejecución de las actividades de las grúas de giro rápido, de este modo se obtendría datos actualizados de las horas requeridas por los equipos para la realización de estas, ayudando a tener un mayor rendimiento, una mayor eficiencia y una mayor productividad.

- 6) Actualizar los manuales de mantenimiento con la finalidad de agilizar y facilitar la detección de fallas que puedan presentar las grúas de giro rápido y así atacarlas con mayor rapidez.
- 7) Realizar reunión semanal con el jefe de turno y supervisores de mantenimiento, a fin de puntualizar los avisos más importantes a ser ejecutados, el personal mantenedor a utilizar en las paradas programadas, las capacitaciones requeridas al personal y el cierre de órdenes.
- 8) Implementación de un galpón el cual sirva de estacionamiento para las grúas de giro rápido, con la finalidad de evitar el deterioro por estar a la intemperie (cambios climáticos).
- 9) Tomar en cuenta las sugerencias aportadas por los operadores con mayor experiencia para la toma de decisiones en cuanto a la adquisición de nuevas piezas y materiales para el mejor funcionamiento de las grúas de giro rápido.
- 10) Realizar temporalmente reuniones con los operadores (de menor experiencia) para crear sentido de pertenencia y darle a conocer el buen uso de las grúas de giro rápido.
- 11) Utilizar baterías 8D de 12V para el funcionamiento óptimo de las grúas Pettibone y Swingmaster.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adecuación del personal y caracterización de las nuevas tecnologías para la gerencia de ferrocarril (grúa pórtico portal PA 1-20), PMH (grúa puente dual 80/16tn.)y la planta de concentración en C.V.G. Ferrominera Orinoco. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/adecuacion-personal-y-nuevas-tecnologias-cvg-fmo/adecuacion-personal-y-nuevas-tecnologias-cvg-fmo.pdf>
- Estudio de tiempo. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml>
- Fuente: Intranet F.M.O
- Leal, S. y Zambrano, S. (2007). Fundamentos básicos del mantenimiento (2ª ed.). Caracas: FEUNET.
- Mario Tamayo y Tamayo. "Metodología Formal de la Investigación Científica". Editorial Limusa Noriega. México D.F. Año 1996.
- NIEBEL, Benjamín W. (1990). Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Ediciones Alfaomega. México
- Números Aleatorios. Disponibles en: [www.numeroalazar.com.ar](http://www.numeroalazar.com.ar)
- Norma COVENIN 3049-93. (2001). *Mantenimiento definiciones*. Caracas: FONDONORMA.
- Norma COVENIN 2500-93. (2001). *Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria*. Caracas: FONDONORMA.
- Optimización del Proceso de Rehabilitación con el uso de las grúas pórtico PA 1-20 para el departamento de mantenimiento de vías en la gerencia de ferrocarril de CVG Ferrominera Orinoco. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/optimizacion-de-proceso-rehabilitacion-gruas-portico-pa-1-20-ferrocarril/optimizacion-de-proceso-rehabilitacion-gruas-portico-pa-1-20-ferrocarril.pdf>

- ISHIKAWA, Kaouru. Introducción al Control de Calidad. Versión española por Jesús Nicolau Medina. Díaz de Santos. Madrid. Año 1994.
- Roberto Hernández Sampier. Metodología de la investigación. Editorial: Mc Graw Hill. 5<sup>ta</sup> Edición. Caracas. Año 2010, 2003, 1998, 1991.



## APÉNDICES

## **APÉNDICE A**

### **Formatos del Tiempo Estándar**

ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE													
DEPTO: SUPERINTENDENCIA DE EQUIPOS FERROVIARIOS				SECCION: N/A		ESTUDIO NÚM: 1							
OPERACIÓN:		NUM: N/A		INSTALACIÓN/MAQUINA: N/A		HOJA NÚM: 1							
NUM: N/A		HERRAMIENTAS/CALIBRADORES: N/A				TERMINO: N/A							
						COMIENZO: N/A							
PRODUCTO/PIEZA: N/A		NUM: N/A		PLANO: N/A		MATERIAL: N/A		TIEMPO TRANSC: N/A					
CALIDAD: N/A		CONDICIONES DE TRABAJO: REGULAR				OPERARIO:							
NOTA:						FICHA:							
						OBSERVADO POR: RAÚL GONZÁLEZ							
						FECHA: 06/08/2014							
						COMPROBADO:							
ELEMENTOS		TIEMPO OBSERVADO (CICLOS)									$\sum T$	$\bar{T}(s)$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
CARGA Y DESCARGA DE DURMIENTES		21.20	18.35	23.84	25.58	19.13	22.06	18.06	17.56	31.97	21.09	218.84	21.88
COLOCACIÓN ESPACIADO DE DURMIENTES		33.25	18.97	17.88	20.88	25.75	18.30	18.43	14.91	17.81	18.28	204.49	20.45
COLOCACIÓN DE LAS TIRAS		36.73	38.15	73.03	54.24	78.00	32.47	38.81	47.59	49.33	76.65	525	52.50
TOTAL		91.18	75.47	114.75	100.70	122.88	72.83	75.30	80.03	99.11	116.02	948.33	94.83

**Figura A.1: Formato tiempo Estándar Grúa Pettibone**

**Fuente: Elaboración propia**

ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE													
DEPTO: SUPERINTENDENCIA DE EQUIPOS FERROVIARIOS				SECCION: N/A		ESTUDIO NÚM: 2							
OPERACIÓN:		NUM: N/A		INSTALACIÓN/MAQUINA: N/A		HOJA NÚM: 1							
NUM: N/A		HERRAMIENTAS/CALIBRADORES: N/A				TERMINO: N/A							
						COMIENZO: N/A							
PRODUCTO/PIEZA: N/A		NUM: N/A		PLANO: N/A		MATERIAL: N/A		TIEMPO TRANSC: N/A					
CALIDAD: N/A		CONDICIONES DE TRABAJO: REGULAR				OPERARIO:							
NOTA:						FICHA:							
						OBSERVADO POR: RAÚL GONZÁLEZ							
						FECHA: 13/08/2014							
						COMPROBADO:							
ELEMENTOS		TIEMPO OBSERVADO (CICLOS)									$\sum T$	$\bar{T}(s)$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
CARGA Y DESCARGA DE DURMIENTES		28.41	31.37	43.72	34.41	45.49	45.43	34.17	27.29	29.47	25.10	344.86	34.48
COLOCACIÓN ESPACIADO DE DURMIENTES		19.68	18.88	33.46	26.67	31.08	47.69	36.95	18.07	24.17	33.85	290.5	29.05
COLOCACIÓN DE LAS TIRAS		72.52	71.11	67.81	43.40	46.81	54.61	40.13	42.60	51.07	63.71	553.77	55.37
TOTAL		120.61	121.36	144.99	104.48	123.38	147.73	111.25	87.96	104.71	122.66	1189.13	118.91

**Figura A.2: Formato tiempo Estándar Grúa Swingmaster**

**Fuente: Elaboración propia**

## **APÉNDICE B**

### **Trabajos de las Grúas de Giro Rápido**



**Figura B1: Grúa Pettibone cargando durmientes**





**Figura B2: Grúa Swingmaster colocando tira de riel**



**Figura B3: Descarga de durmientes**



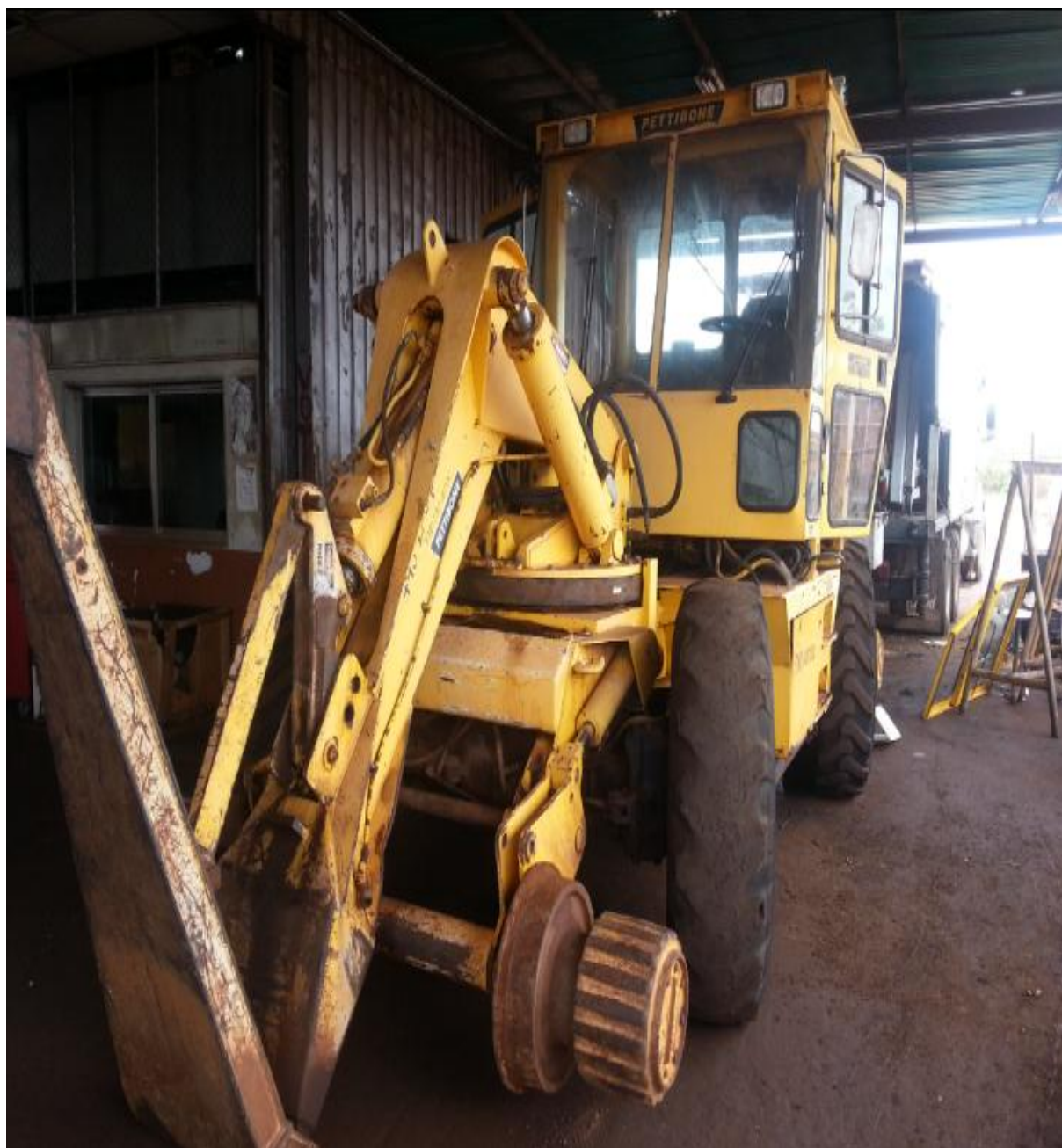


**Figura B4: Colocación espaciado del durmiente Grúa Pettibone**



**Figura B5: Patio de maquinaria pesada en el área de equipos ferroviarios en la gerencia de Ferrocarril de la empresa CVG Ferrominera Orinoco**





**Figura B6: Realización de mantenimiento a la grúa Pettibone**

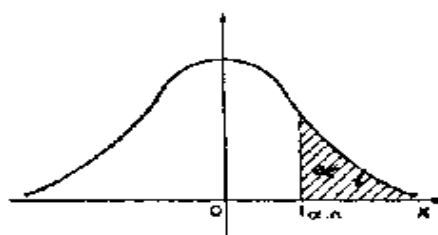


**Figura B7: Condiciones de las baterías 4D de 12V utilizadas para el funcionamiento de las grúas de giro rápido.**

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

Tabla T de Student



$\alpha/2$ gl	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,648	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	0,255	0,528	0,849	1,298	1,676	2,009	2,403	2,678	3,262	3,495
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,232	3,460
80	0,254	0,527	0,846	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,195	3,415
100	0,254	0,526	0,845	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626	3,174	3,389
200	0,254	0,525	0,843	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	3,131	3,339
500	0,253	0,525	0,842	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586	3,106	3,310
$\infty$	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

Figura A1: Tabla T de Student

Fuente: David S. Moore. Estadística aplicada básica. 2da Edición. Barcelona.  
Año 2000



## **ANEXO B**

### Sistema Westinghouse



**CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD**

## ***SISTEMA WESTINGHOUSE***

<u><i>HABILIDAD</i></u>			<u><i>ESFUERZO</i></u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente


<u><i>CONDICIONES</i></u>			<u><i>CONSISTENCIA</i></u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

**Figura B1: Calificación de la velocidad**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**

## **ANEXO C**

### Hoja de Concesiones

	<b>HOJA DE CONCESIONES</b>		NÚMERO	001
			VIGENCIA	
			FECHA	
CÓDIGO DE CARGO:	CONCESIONES:	FECHA <input checked="" type="checkbox"/> EFECTIVA <input type="checkbox"/> REEMPLAZADA		
ÁREA: Superintendencia de Equipos Ferroviarios.	GERENCIA O DIVISIÓN: Gerencia de Ferrocarril.	PREPARADO POR:		
PROYECTO: Evaluación del rendimiento de las grúas de giro rápido.	DEPARTAMENTO O SECCIÓN: Taller de equipos ferroviarios.	REVISADO POR: Iván Tumero		
PROCESO: Rehabilitación de la vía férrea.	TÍTULO DEL CARGO:	APROBADO POR:		

PUNTOS POR GRADO DE FACTORES				
FACTORES DE FATIGA	1er.	2do.	3er.	4to.
<b>CONDICIONES DE TRABAJO:</b>				
1 TEMPERATURA	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
2 CONDICIONES AMBIENTALES	5 <input checked="" type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
3 HUMEDAD	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
4 NIVEL DE RUIDO	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
5 LUZ	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
<b>REPETITIVIDAD:</b>				
6 DURACIÓN DEL TRABAJO	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input checked="" type="checkbox"/>
7 REPETICIÓN DEL CICLO	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input checked="" type="checkbox"/>
8 DEMANDA FÍSICA	20 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
9 DEMANDA MENTAL O VISUAL	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input checked="" type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>
<b>POSICIÓN:</b>				
10 DE PIE MOVIÉNDOSE, SENTADO ALTURA DE TRABAJO	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>
TOTAL PUNTOS: _____ 300 _____				
CONCESIONES POR FATIGA: _____ 86min _____ (MINUTOS)				
<b>OTRAS CONCESIONES (MINUTOS)</b>				
TIEMPO PERSONAL: _____ 15min _____				
DEMORAS INEVITABLES: _____				
TOTAL CONCESIONES: _____ 101min _____				

NOTA: SEÑALAR CON UN ☒ LA PUNTUACIÓN CORRESPONDIENTE

**Figura C1: Hoja de Concesiones**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición**

## **ANEXO D**

### **Concesiones por Fatiga**

CONCESIONES POR FATIGA				<div>CONCESIÓN % x JORNADA EFECTIVA</div> <div>MINUTOS CONCEDIDOS = <div>-----</div>1 + CONCESIÓN %</div>			
CLASE	L I M I T E S D E C L A S E		CONCESIÓN (%) POR CLASE	JORNADA EFECTIVA (MINUTOS)			
	INFERIOR	SUPERIOR		5 1 0	4 8 0	4 5 0	4 2 0
				MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA			
A1	0	156	1	5	5	4	4
A2	157	163	2	10	10	9	8
A3	164	170	3	15	14	13	12
A4	171	177	4	20	18	17	16
A5	178	184	5	24	23	21	20
B1	185	191	6	29	27	25	24
B2	192	198	7	33	31	29	27
B3	199	205	8	38	36	33	31
B4	206	212	9	42	40	37	35
B5	213	219	10	46	44	41	38
C1	220	226	11	51	48	45	42
C2	227	233	12	55	51	48	45
C3	234	240	13	59	55	52	48
C4	241	247	14	63	59	55	51
C5	248	254	15	67	63	59	55
D1	255	261	16	70	66	62	58
D2	262	268	17	74	70	65	61
D3	269	275	18	78	73	69	64
D4	276	282	19	81	77	72	67
D5	283	289	20	85	80	75	70
E1	290	296	21	89	83	78	73
E2	297	303	22	92	86	81	76
E3	304	310	23	95	90	84	79
E4	311	317	24	99	93	87	81
E5	318	324	25	102	96	90	84
F1	325	331	26	105	99	93	87
F2	332	338	27	108	102	96	89
F3	339	345	28	112	105	98	92
F4	346	349	29	115	108	101	94
F5	350	... Y MAS	30	118	111	104	97

**Figura D1: Concesiones por Fatiga**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**

## **Anexo E**

### **Factores de Fatiga**

FUNDAMENTOS DE ESTUDIO DEL TRABAJO		1
<b>DEFINICIONES OPERACIONALES DE LOS FACTORES DE FATIGA</b>		
<b>A. CONDICIONES DE TRABAJO: 1) TEMPERATURA. 2) CONDICIONES AMBIENTALES. 3) HUMEDAD. 4) NIVEL DE RUIDO. 5) ILUMINACIÓN</b>		
<b>1. TEMPERATURA</b>	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Climatización bajo control eléctrico o mecánico. $20^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 24^{\circ}\text{C}$ .
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $24^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 29.5^{\circ}\text{C}$ . b) Para trabajos externos: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 32^{\circ}\text{C}$ .
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 28^{\circ}\text{C}$ . b) Para trabajos externos o con circulación de aire: $32^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34.5^{\circ}\text{C}$ .
	<u>GRADO 4.</u>	(40 PUNTOS). a) Ambientes sin circulación de aire: $\text{Temperatura} \geq 32^{\circ}\text{C}$ . b) Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 41.5^{\circ}\text{C}$ .
<b>2. CONDICIONES AMBIENTALES</b>	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS) a) Operaciones normales en Exteriores. b) Operaciones en ambientes acondicionados con aire fresco y libre de malos olores.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS) Ambientes de planta o de oficina sin aire acondicionado. Ocasionalmente pueden presentarse malos olores o mala ventilación.
	<u>GRADO 3.</u>	(20 PUNTOS). Ambientes cerrados y pequeños, sin movimiento de aire. Ambientes con polvo y/o humos en forma limitada.
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ambientes tóxicos. Mucho polvo y/o humos no eliminables por extracción de aire.

**Figura E1: Fundamentos del estudio del trabajo  
(Temperatura y Condiciones Ambientales)**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**

FUNDAMENTOS DE ESTUDIO DEL TRABAJO			2
3. HUMEDAD	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Humedad normal, ambiente climatizado. Por lo general hay humedad relativa del 40% al 55%, con temperatura de 21 a 24°C.	
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.	
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Alta humedad. Sensación pegajosa en la piel y ropa humedecida. Humedad relativa del 80%.	
	<u>GRADO 4.</u>	(20 PUNTOS). Elevadas condiciones de humedad, tales como trabajo bajo la lluvia o en salas de vapor o frigoríficos, que ameritan el uso de ropa especial	
4. NIVEL DE RUIDO	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Ruido de 30 a 60 decibeles. Característico en oficinas o en ambientes poco ruidosos.	
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). a) Ruido por debajo de 30 decibeles. Ambiente demasiado tranquilo. b) Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.	
	<u>GRADO 3.</u>	(20 PUNTOS). a) Ruidos agudos por encima de 90 decibeles. b) Ambientes normalmente tranquilos con sonidos intermitentes o ruidos molestos. c) Ruidos por encima de 100 decibeles no intermitentes.	
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ruidos de alta frecuencia u otras características molestas, ya sean intermitentes o constantes.	
5. ILUMINACIÓN	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Luces sin resplandor. Iluminación fluorescente u otra para proveer de 215 a 538 lux para la mayoría de las aplicaciones industriales; y 538 a 1077 lux para oficinas y lugares de inspección.	

**Figura E2: Fundamentos del estudio del trabajo  
(Humedad, Nivel de Ruido e Iluminación).**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**



FUNDAMENTOS DE ESTUDIO DEL TRABAJO		3
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Ambientes que requieren iluminación especial o por debajo del estándar. Resplandores ocasionales.
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). a) Luz donde el resplandor continuo es inherente al trabajo. b) Trabajo que requiere cambios constantes de áreas claras a oscuras con menos de 54 lux
	<u>GRADO 4.</u>	(20 PUNTOS). Trabajo a tientas, sin luz y/o al tacto. Las características del trabajo imposibilitan u obstruyen la visión.
<b>B. REPETITIVIDAD Y ESFUERZO APLICADO: 1) DURACIÓN DEL TRABAJO . 2) REPETICIÓN DEL CICLO. 3) ESFUERZO FÍSICO. 4) ESFUERZO MENTAL O VISUAL.</b>		
<b>1. DURACIÓN DEL TRABAJO</b>	<u>GRADO 1.</u>	(20 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en un minuto o menos.
	<u>GRADO 2.</u>	(40 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en 15 minutos o menos
	<u>GRADO 3.</u>	(60 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en una hora o menos.
	<u>GRADO 4.</u>	(80 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en más de una hora.
<b>2. REPETICIÓN DEL CICLO</b>	<u>GRADO 1.</u>	(20 PUNTOS) a) Poca posibilidad de monotonía. El trabajador puede programar su propio trabajo o variar su patrón de ejecución. b) Operaciones que varían cada día o donde las suboperaciones no son necesariamente de realización diaria.

**Figura E.3: Fundamentos del estudio del trabajo  
(Duración del trabajo y Repetición del ciclo)**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**

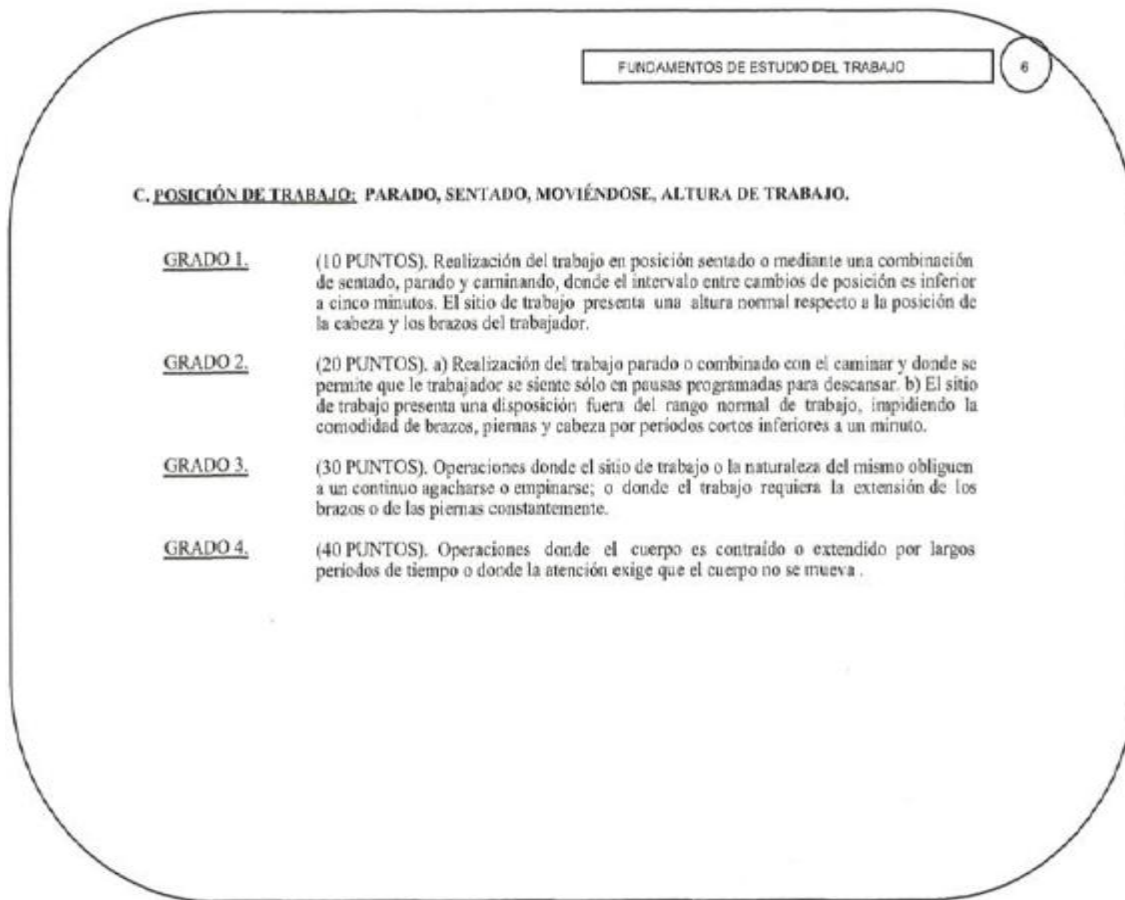
FUNDAMENTOS DE ESTUDIO DEL TRABAJO		4
3. ESFUERZO FÍSICO	<u>GRADO 2.</u>	(40 PUNTOS). Operaciones de un patrón fijo razonable o donde existen tiempos previstos o previsiones para terminar. La tarea es regular, aunque las operaciones pueden variar de un ciclo a otro.
	<u>GRADO 3.</u>	(60 PUNTOS). Operaciones donde la terminación periódica está programada y su ocurrencia es regular, o donde la terminación del movimiento o los patrones previstos se ejecutan por lo menos 10 veces al día.
	<u>GRADO 4.</u>	(80 PUNTOS). a) Operaciones donde la terminación del movimiento o de los patrones previstos es más de 10 por día. b) Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador
	<u>GRADO 1.</u>	(20 PUNTOS). a) Esfuerzo manual aplicado más del 15% del tiempo, por encima del 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12.5 kg y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos entre 2.5 kg y 12.5 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos superiores a 2.5 kg.
	<u>GRADO 2.</u>	(40 PUNTOS) a) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo por encima de 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos entre 12.5 kg. y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos entre 2.5 kg. y 12.5 kg.
	<u>GRADO 3.</u>	(60 PUNTOS). a) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos superiores a 30 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos entre 12.5 kg. y 30 kg.

**Figura E.4: Fundamentos del estudio del trabajo (Esfuerzo Físico)**  
**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**

FUNDAMENTOS DE ESTUDIO DEL TRABAJO		5
4. ESFUERZO MENTAL O VISUAL	<u>GRADO 4.</u>	(80 PUNTOS). Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos superiores a 30 kg.
	<u>GRADO 1.</u>	(10 PUNTOS). Atención mental o visual aplicada ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática o porque la atención del trabajador es requerida a intervalos muy largos.
	<u>GRADO 2.</u>	(20 PUNTOS). Atención mental y visual frecuente donde el trabajo es intermitente, o la operación involucra la espera del trabajador para que la máquina o el proceso completen un ciclo con chequeos espaciados.
	<u>GRADO 3.</u>	(30 PUNTOS). Atención mental y visual continuas debido a razones de calidad o de seguridad. Generalmente ocurre en operaciones repetitivas que requieren un estado constante de alerta o de actividad de parte del trabajador.
	<u>GRADO 4.</u>	(50 PUNTOS) a) Atención mental y visual concentrada o intensa en espacios reducidos. b) Realización de trabajos complejos con límites estrechos de exactitud o calidad. c) Operaciones que requieren la coordinación de gran destreza manual con atención visual estrecha sostenida por largos periodos de tiempo. d) Actividades de inspección pura donde el objetivo fundamental es el chequeo de la calidad.

**Figura E.5: Fundamentos del estudio del trabajo (Esfuerzo Mental ó Visual)**

**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**



**Figura E.6: Fundamentos del estudio del trabajo (Posición de Trabajo).**  
**Fuente: Ing. Fernando Burgos Vivas. Ingeniería de Métodos. 4ta Edición.**