



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL
INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA**

Daniel Alejandro Mazariegos Castillo
Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL
INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DANIEL ALEJANDRO MAZARIEGOS CASTILLO
ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de junio de 2009.



Daniel Alejandro Mazariegos Castillo

Guatemala, 24 de septiembre de 2010

Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero:

Deseando éxito en todas sus actividades, me dirijo a usted con el motivo de darle a conocer que he finalizado el asesoramiento del trabajo de graduación titulado "MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA", tema que fue propuesto por el estudiante Daniel Alejandro Mazariegos Castillo, con carné número 2004-13363. Por lo anterior autorizo al alumno presentar el trabajo de graduación en la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, para dar continuidad a los trámites correspondientes.

Agradeciendo de antemano su atención a la misma,

Atentamente,

INGENIERO
ALEJANDRO ESTRADA
COLEGIADO 5305

Ing. Alejandro Estrada Martínez
No. Colegiado 5305



REF.REV.EMI.172.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Alejandro Mazariegos Castillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

*Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121*

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2011.

/mgp

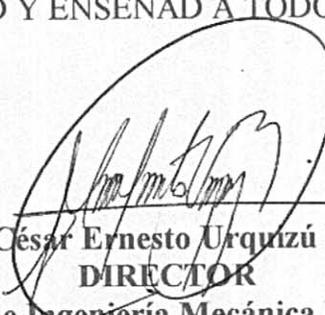


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.189.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Alejandro Mazariegos Castillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



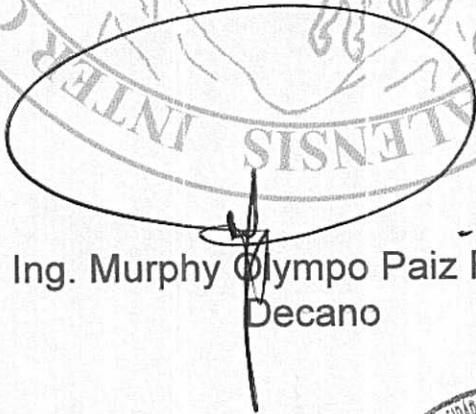
Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUEGOS MECÁNICOS DENTRO DEL INSTITUTO DE RECREACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA**, presentado por el estudiante universitario: **Daniel Alejandro Mazariegos Castillo** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, septiembre de 2014



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Que su gloria se vea reflejada por medio de esta meta alcanzada y la honra sea para aquel quien es mi fuente de vida y sabiduría, proveedor de oportunidades y medios necesarios para lograrlo.

Mis padres

Mario Mazariegos e Irma Castillo de Mazariegos. Quienes al mismo tiempo fueron mis asesores e impulsores, que su esfuerzo y sacrificio se vean premiados en este logro, seguro que sin ustedes hubiera sido imposible alcanzarlo, por siempre estaré agradecido por su apoyo incondicional.

Mis hermanos

Mario, Ricardo y Mariana Mazariegos Castillo, por su interés, apoyo y unidad demostrada durante el transcurso de mi vida universitaria.

Mi futura esposa

Wendy Portillo, por acompañarme y estar a mi lado durante este período importante de mi vida, por su ayuda, su apoyo, su comprensión y compañía.

Mi familia eterna

Por tenerme siempre presente en sus oraciones y estar pendientes de mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Prestigiosa casa de estudios que abrió sus puertas para prepararme profesionalmente para afrontar los desafíos de nuestra realidad social.
Facultad de Ingeniería	Que por medio del personal docente y administrativo mostró compromiso e interés durante mi formación académica.
Mis amigos	Por el apoyo, experiencias y conocimientos compartidos con los que enriquecieron mi formación y facilitaron mi paso para alcanzar esta meta que hoy compartimos.
Tapametal de Guatemala S.A.	Principalmente al Ing. Rubén Velásquez, por abrirme las puertas de su organización, por sus enseñanzas y permitirme incursionar en el mundo laboral.
IRTRA	Sr. Manuel Valdez, Sr. Ricardo Castillo Sinibaldi, Sr. Gustavo Pereira, Lic. Mario Mazariegos, Sr. Hector Reyes, Sr. Gilberto Oliva, Ing. Marlon García, Ing. Erick Leiva. Por apoyarme durante la elaboración de mi trabajo de graduación y por transmitirme sus conocimientos de forma desinteresada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Antecedentes históricos	1
1.1.2. Descripción y ubicación	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión	4
1.1.5. Cultura IRTRA.....	4
1.1.6. Parque Recreativo Petapa.....	7
1.1.6.1. Atracciones instaladas.....	7
1.1.6.2. Nuevas atracciones	10
1.1.6.3. Beneficios esperados	14
1.1.6.4. Repercusión en otras áreas del parque....	14
1.2. Experiencias en montajes similares	15
1.2.1. Breve descripción de cada juego	15
1.2.2. Puntos a tomar en cuenta	17
1.2.3. Tiempo aproximado de duración del montaje	19
1.2.4. Experiencia en montajes de juegos mecánicos	20

1.2.5.	Similitud con los juegos instalados en IRTRA de Retalhuleu.....	22
1.3.	Grúas.....	22
1.3.1.	Historia de las grúas.....	23
1.3.2.	Definición de grúas.....	23
1.3.3.	Partes importantes de las grúas.....	25
1.3.4.	Importancia de las grúas para el montaje.....	27
1.3.5.	Panel de control de la grúa.....	28
1.3.6.	Equipo auxiliar para grúas.....	28
2.	PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE.....	29
2.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	31
2.2.	Tiempo estimado para el montaje.....	47
2.3.	Descripción de los juegos y sus partes más importantes.....	52
2.3.1.	Peso total de cada juego.....	55
2.3.2.	Área total de cada juego.....	56
2.3.3.	Peso máximo a levantar.....	57
2.3.4.	Material de las piezas.....	59
2.4.	Distribución de los juegos en el área de ampliación.....	60
2.5.	Recepción y descarga.....	61
2.6.	Patio de acopio de piezas y estructuras.....	62
2.7.	Análisis de ejecución.....	64
2.7.1.	Análisis de recurso humano.....	64
2.7.2.	Análisis de recursos técnicos.....	70
2.7.2.1.	Adquisición de herramienta y equipo.....	71
2.7.3.	Análisis de maniobras.....	72
2.7.3.1.	Radios de giro.....	72
2.7.3.2.	Ubicación de la maquinaria.....	73
2.7.3.3.	Evitar obstáculos.....	74

2.8.	Utilización de las grúas.....	74
2.8.1.	Especificaciones de grúas para montaje de juegos mecánicos.....	74
2.8.1.1.	Clasificación.....	76
2.8.1.2.	Capacidad de levante	78
2.8.1.3.	Costo de arrendamiento	85
2.8.1.4.	Nivelación de la grúa	87
2.8.1.5.	Equipo de izamiento y medidas de seguridad.....	88
3.	PREPARACIÓN PARA EL MONTAJE	93
3.1.	Concepción de la idea	94
3.1.1.	Interpretación de planos	94
3.1.2.	Material didáctico	95
3.2.	Métodos de montaje	97
3.3.	Herramientas e insumos.....	97
3.4.	Equipos de montaje.....	100
3.4.1.	Capacidad máxima	100
3.4.2.	Equipo auxiliar	101
3.5.	Definir rutas de ingreso y posición para las grúas	104
3.6.	Accesibilidad de equipos	106
3.7.	Definir la secuencia general a seguir.....	107
3.8.	Análisis de espacio físico	108
3.8.1.	Importancia de la topografía en el montaje	109
3.8.1.1.	Equipo topográfico.....	110
3.8.1.2.	Tolerancias permitidas	111
3.8.1.3.	Niveles y centros	113
3.8.2.	Movimientos de grúa.....	115
3.9.	Pernos de anclaje.....	115

3.9.1.	Tipos de pernos.....	115
3.9.2.	Dimensiones y formas	116
3.9.3.	Propiedades mecánicas	117
3.9.4.	Características especiales.....	117
3.9.5.	Experiencias anteriores con pernos semejantes	118
3.9.6.	Materiales.....	118
3.9.7.	Sistemas de pernos.....	118
3.9.8.	Topografía	122
3.10.	Cimientos	124
3.10.1.	Importancia de los cimientos	124
3.10.2.	Dimensiones y cantidad de camas de hierro	126
3.10.3.	Estructuras y estribos	127
3.10.4.	Control de calidad de materiales para los cimientos	130
3.10.4.1.	Arena	130
3.10.4.2.	Piedrín.....	130
3.10.4.3.	Hierro	131
3.10.4.4.	Cemento	131
4.	MONTAJE E INSTALACIÓN DE LAS ATRACCIONES	133
4.1.	Operaciones en terreno	133
4.1.1.	Identificación de piezas y elementos	135
4.1.2.	Verificación de calidad en las piezas.....	135
4.1.3.	Ordenamiento y traslado hacia la ubicación exacta de montaje.....	137
4.1.3.1.	Equipo necesario	138
4.1.3.2.	Tiempo utilizado para el traslado	138
4.1.3.3.	Capacidad y experiencia del grupo de apoyo.....	139

	4.1.3.4.	Costo del traslado	140		
4.1.4.		Prearmado	140		
	4.1.4.1.	Equipo	141		
	4.1.4.2.	Consideración de peso máximo de levante	1412		
	4.1.4.3.	Rendimiento	142		
4.1.5.		Montaje	143		
	4.1.5.1.	Interpretación de planos	143		
	4.1.5.2.	Descripción del grupo de apoyo	144		
	4.1.5.3.	Refuerzos temporales (<i>FalseWork</i>)	149		
	4.1.5.4.	Alineamiento.....	149		
	4.1.5.5.	Conexión definitiva	151		
	4.1.5.6.	Orden y limpieza durante el montaje	154		
4.2.		Instalaciones neumáticas	156		
	4.2.1.	Definiciones de instalaciones neumáticas	157		
	4.2.2.	Aplicación de neumática en los juegos mecánicos	159		
	4.2.3.	Descripción de dispositivos neumáticos utilizados.....	160		
	4.2.4.	Descripción del circuito	164		
	4.2.5.	Compresores	167		
	4.2.6.	Puntos importantes	169		
5.		MANTENIMIENTO Y CAPACITACIÓN	171		
	5.1.	Mantenimiento	171		
		5.1.1.	Traducción de los manuales del fabricante..... 173		
		5.1.2.	Programa de mantenimiento estimado teóricamente..... 193		
			5.1.2.1.	Lubricación	195
			5.1.2.2.	Reemplazo de piezas	201

5.1.2.3.	Recomendaciones especiales	203
5.1.3.	Herramientas y máquinas necesarias para el mantenimiento.....	204
5.1.3.1.	Definir rutas de ingresos para maquinaria pesada	205
5.2.	Operación adecuada.....	206
5.2.1.	Capacitación al personal contratado	206
5.2.2.	Recomendaciones de operación del fabricante.....	207
5.2.3.	Tiempo máximo de operación continua.....	228
5.2.4.	Limpieza	229
CONCLUSIONES		231
RECOMENDACIONES		233
BIBLIOGRAFÍA.....		235

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes principales de una grúa.....	26
2.	Colocación de grupo estructural.....	29
3.	Armar grúa de 200 toneladas.....	30
4.	Clasificación y ordenamiento de tornillería.....	30
5.	Diagrama de flujo – Motocoaster.....	32
6.	Diagrama de flujo – Drop Tower.....	44
7.	Diagrama de Gantt atracción Drop Tower.....	48
8.	Diagrama de Gantt atracción Motocoaster.....	50
9.	Motocoaster.....	53
10.	Drop tower.....	55
11.	Momento ejercido sobre la grúa por una carga dada.....	58
12.	Distribución de los juegos en el área de remodelación.....	61
13.	Patio de acopio.....	63
14.	Organigrama del montaje.....	65
15.	Radio de giro interrumpido por sección estructural.....	73
16.	Dimensiones de grúas.....	75
17.	Grúa montada sobre camión.....	77
18.	Grúa todo terreno.....	77
19.	Capacidad y radios de operación de una grúa de 50 toneladas.....	81
20.	Nivelación de la grúa.....	87
21.	Amarre vertical de eslinga.....	88
22.	Amarre en <i>chocker</i> de eslinga.....	89
23.	Amarre en U, de eslinga.....	89

24.	Ubicación de amarres en las piezas	90
25.	Ubicación de amarres en piezas de gran tamaño	91
26.	Ubicación de amarre para colocación de forma inclinada.....	92
27.	Ubicación de amarres para centro de gravedad imaginario.....	92
28.	Se muestra la panorámica estructural	95
29.	Se aprecia la colocación del semáforo.....	96
30.	Se aprecia la colocación de las ruedas.....	96
31.	Marca de torque en tonillo y tuerca.....	99
32.	Montacargas	101
33.	<i>Manlift</i>	102
34.	Mica.....	103
35.	Polipasto.....	104
36.	Ubicación de una grúa de 50 toneladas.....	105
37.	Posición de grúas para el montaje de la atracción Drop Tower	106
38.	Centrado de <i>lift</i> de ascenso	110
39.	Ejes del teodolito.....	111
40.	Distribución de columnas atracción 1	112
41.	Base estructural fundida y nivelada	113
42.	<i>Shims</i> colocados en posición.....	114
43.	Columna asentada sobre alzas y con todos sus pernos centrados	114
44.	Dimensiones de perno de anclaje.....	116
45.	Perno de expansión.....	119
46.	Cápsula adhesiva HVA	120
47.	Varilla roscada	120
48.	HIT HY 150.....	120
49.	Varilla roscada de acero	120
50.	Anclaje por autoexcavado.....	121
51.	Anclaje de rosca interna.....	121
52.	Anclaje de rosca interna con flange	122

53.	Anclaje de camisa.....	122
54.	Cimientos con pernos fundidos.....	123
55.	Colocación de platina.....	123
56.	Distribución de pernos en la cimentación.....	125
57.	Base estructural embebida en los cimientos.....	126
58.	Armaduras Motocoaster.....	128
59.	Estructura de cimientos Drop Tower.....	129
60.	Curvas comparativas esfuerzo-deformación para acero 40 y 60.....	131
61.	Comportamiento de resistencia típico.....	132
62.	Cordón de soldadura adecuado.....	136
63.	Cordón de soldadura deficiente.....	137
64.	Grúa todo terreno de 20 toneladas.....	139
65.	Torquímetro de clic.....	141
66.	Torquímetro neumático.....	141
67.	Grupo estructural prearmado, listo para montar.....	143
68.	Orden y clasificación de herramienta y equipo.....	156
69.	Diagrama de secador.....	162
70.	Generación y distribución de aire comprimido Drop Tower.....	164
71.	Distribución de aire comprimido de la atracción Drop Tower.....	165
72.	Generación y distribución de aire comprimido Motocoaster.....	166
73.	Compresor de tornillo rotativo de 100HP.....	167
74.	Compresor de tornillo rotativo de 20HP.....	169
75.	Ejemplo de orden de mantenimiento.....	194
76.	Panel de control Motocoaster, paso 1.....	209
77.	Panel de control Motocoaster, paso 2.....	209
78.	Panel de control Motocoaster, paso 5.....	210
79.	Panel de control Motocoaster, paso 7.....	211
80.	Panel de control Motocoaster, paso 8.....	212

81.	Panel de control Motocoaster, paso 9.....	213
82.	Panel de control Motocoaster, paso 11.....	214
83.	Panel de control Motocoaster, paso 13.....	215
84.	Panel de control Motocoaster, paso 14.....	215
85.	Panel de control Motocoaster, paso 16.....	216
86.	Panel de control Motocoaster, paso 18.....	217
87.	Panel de control Motocoaster, paso 19.....	217
88.	Panel de control Motocoaster, paso 20.....	218
89.	Panel de control Motocoaster, paso 21.....	219
90.	Panel de control Drop Tower, identificación de cada pulsador.....	220
91.	Panel de control auxiliar, identificación de cada pulsador.....	222

TABLAS

I.	Tiempo de ciclo y particularidades de cada atracción.....	13
II.	Tiempo aproximado de duración del montaje	19
III.	Resumen de cantidades y tiempos Motocoaster	43
IV.	Resumen de cantidades y tiempos Drop Tower	46
V.	Peso de cada juego	55
VI.	Área total de cada juego	56
VII.	Datos de identificación del puesto de mecánico	66
VIII.	Funciones y criterios de desempeño del puesto.....	66
IX.	Relaciones del puesto.....	67
X.	Educación formal requerida	68
XI.	Destrezas específicas requeridas.....	68
XII.	Características más relevantes del puesto	69
XIII.	Capacidad de carga de una grúa de 50 toneladas	78
XIV.	Capacidad de carga de una grúa de 50 toneladas con la pluma hacia atrás.....	79

XV.	Capacidad del JIB de una grúa de 50 toneladas.....	82
XVI.	Costo de arrendamiento de grúas para montaje	86
XVII.	Equivalencias de numerales a diámetros.....	127
XVIII.	Dimensiones de la zapatas	128
XIX.	Costo del traslado	140
XX.	Señales del ayudante de grúas.....	145
XXI.	Torque permisible para tornillos	152
XXII.	Lubricantes recomendados por el fabricante y lubricantes equivalentes para Motocoaster.....	198
XXIII.	Lubricantes recomendados por el fabricante y lubricantes equivalentes para Drop Tower.....	200
XXIV.	Precios de lubricantes	201
XXV.	Herramientas necesarias para mantenimiento	204
XXVI.	Programa de capacitación para operadores de juegos	206

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Wmax	Carga máxima
cm	Centímetro
Ø	Diámetro
X	Distancia
N/mm²	Esfuerzo de carga de prueba
#	Grado de varillas de hierro
°	Grados de temperatura
h	Hora
KVA	Kilovatio por amperio
Kw	Kilowatts
m	Metro
m²	Metro cuadrado
Mm	Milímetro
M	Momento
Nm	Newton Metro
ft	Pies
%	Porcentaje
in	Pulgada
”	Pulgadas
Q	Quetzales guatemaltecos
RPM	Revoluciones por minuto
@	Separación entre zunchos
V	Voltaje

GLOSARIO

Acero	Hierro con hasta 3,5 % de carbón.
Algoritmo	Es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permiten realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generan dudas a quien lo ejecute.
Alzas	Pieza cúbica de madera, piedra o metal, usado para llenar los vacíos de nivel, para completar, el nivel o ajustar mediante el uso de cuñas o de compensación uno.
Atm	Presión que ejerce la atmósfera terrestre al nivel del mar.
Bar	Unidad de presión aproximadamente igual a 1 atmósfera.
Cargas cortantes	Esfuerzo resultante de las tensiones paralelas a una sección transversal.
Centroide	Es un punto que define el centro geométrico de un objeto, es el punto donde puede considerarse que está concentrada toda la masa de un cuerpo para estudiar determinados aspectos de su movimiento.

Ciclo	Período de tiempo que una vez acabado se vuelve a contar de nuevo. Se refiere a la cantidad de tiempo que utiliza una atracción para brindar un servicio.
Cohesión	Capacidad de las partículas del suelo de permanecer unidas como conjunto.
dB	Unidad de referencia útil para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido.
Diagrama de flujo	Es una representación gráfica de un algoritmo o proceso.
Diagrama de Gantt	Es una herramienta que le permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto.
DIN	Deutsches Institut für Normung (DIN), Instituto de Normalización Alemana.
E	Módulo de elasticidad o módulo de Young es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.
Eje	Es un elemento que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo.

Engranaje	Mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina.
Eslingas	Cuerda fuerte con ganchos, elaborada de seda que se usa para levantar grandes pesos.
<i>Falsework</i>	Consiste en estructuras temporales utilizadas en construcciones para sujetar el componente estructural en el lugar hasta que la edificación sea capaz de sostenerse.
FR	Los fabricantes han desarrollado sistemas libres de lubricación por lo que en la unidad de mantenimiento sólo se incluyen el filtro y el regulador.
FRL	Regulador de presión, filtro y lubricador de aire comprimido, utilizado para lubricar los actuadores, prevenir el ingreso de suciedad al sistema y regular la presión.
Grilla	Cuadrículado imaginario de un terreno, se utiliza en topografía para ubicar construcciones, edificaciones, maquinaria u otro punto dentro del terreno.
HP	Caballos de fuerza. Se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente a la velocidad de 1 pie por minuto un peso de 33 000 libras.

Montaje	Acción de armar un aparato, una máquina o estructura.
Neumática	Generación, almacenaje y utilización del aire comprimido para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento.
Niveles	Diferencias de alturas en un terreno.
Panel	Parte de un mecanismo, donde aparecen los indicadores o los controles.
Par de apriete	Par de fuerza con el que se debe apretar un tornillo o una tuerca.
Par de fuerzas	Sistema formado por dos fuerzas de la misma intensidad, la misma dirección y sentido contrario.
Perno	Pieza de hierro cilíndrica, con cabeza redonda por un extremo y asegurada con una tuerca por el otro lado, que se usa para sujetar piezas de gran peso o volumen.
Pilotes	Pieza cilíndrica de madera, hierro o cemento, que se clava en la tierra para asegurar los cimientos de una construcción.
Piñón	Rueda dentada, de menos dientes de las dos que forman un engranaje.

PLC	Controlador Lógico Programable. Se utiliza para automatizar procesos, por medio de señales electrónicas.
Propiedades mecánicas	Son las características inherentes que permiten diferenciar un material de otros, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los materiales en ingeniería.
Radios de giro	Capacidad de una máquina, de girar hasta cierta cantidad de grados desde una referencia inicial.
<i>Sprokets</i>	Rueda dentada de perfil que se articula con una cadena, pista o cualquier otro material perforado.
Sangrado del concreto	Volumen de agua que se separa del concreto.
Tensores	Mecanismo o dispositivo que se utiliza para tensar algo.
Torque	Fuerza aplicada a un cuerpo para hacerla girar. También llamado momento, aunque se usa el nombre torque para diferenciarlo de las demás magnitudes físicas.

Zapata

Es un tipo de cimentación superficial, se sitúa bajo los pilares de la estructura, transmite al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

Zuncho

Anillo metálico usado como refuerzo, generalmente de acero utilizado para juntar y atar elementos constructivos de un edificio.

RESUMEN

La finalidad del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA) es organizar el descanso y la recreación de los trabajadores del sector privado del país y sus familias, se ha convertido en líder a nivel regional en materia de recreación con innovación en parques recreativos, colocando tecnología de diversión al alcance de la población guatemalteca y centroamericana. Ha decidido reinventar los parques para hacerlos más atractivos para todo público, mejorando así la calidad del servicio, para tal fin, ha sido necesario invertir en instalaciones y atracciones modernas.

El proyecto de remodelación y ampliación del parque Recreativo Petapa, se realiza en varias fases como la remodelación del teatro al aire libre, construcción del estacionamiento de vehículos de tres niveles, un relleno y la fase más importante es el reemplazo de seis atracciones para niños y el montaje e instalación de nueve atracciones nuevas, lo que cambiará la capacidad instalada del parque.

El montaje de las nuevas atracciones se convierte en una ardua tarea que debe ser adecuadamente planificada, organizar e integrar los recursos económicos, técnicos y humanos necesarios con el fin de utilizarlos eficientemente durante el tiempo de ejecución, a manera de optimizar el tiempo y los recursos económicos asignados para alcanzar este objetivo. En este punto, el prearmado estructural juega un papel importante en la optimización y debe estar definido dentro del proceso.

Incluye la secuencia general a seguir, la forma en que se colocará cada pieza en su lugar definitivo, el tipo y capacidad de las grúas, la cual está determinada por las características de las atracciones y los recursos necesarios para la ejecución. Dentro de las características se pueden mencionar las dimensiones, el peso máximo, el área que van a ocupar y la altura máxima de la atracción, así como, las condiciones del terreno.

Previo al montaje será necesario inspeccionar la calidad de las piezas, principalmente las juntas de soldadura para asegurar la seguridad de las estructuras, los cimientos deben estar terminados y los pernos de anclaje fundidos y listos para recibir las columnas, los encargados de topografía realizan una última inspección de los pernos y cimientos, seguidamente proceden a colocar alzas, en el caso del juego Motocoaster y una simple inspección en el caso del juego Drop Tower, mientras el equipo de montaje espera la aprobación del profesional de topografía, realizan tareas de organización de herramientas, equipos y clasificación de tornillería.

Teniendo todo listo se procede a implementar el plan elaborado por el profesional, bajo la supervisión de un técnico enviado por el fabricante, quien estará presente para asegurar que todos los detalles se lleven a cabo conforme lo indica el diseño del fabricante hasta finalizar la labor de montaje e instalación.

Los recursos económicos que se han invertido para adquisición, transporte, montaje e instalación de las atracciones son de importancia, esto obliga a la organización a crear un programa de mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento y larga vida de la atracción. Por otra parte, se pretende disminuir las fallas ocasionadas por uso inadecuado de la maquinaria y aumentar la frecuencia de limpieza, por medio de un plan de capacitación, lo cual contribuye con el plan de mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

General

Optimizar el montaje de las piezas de cada atracción sin sacrificar la calidad, brindando seguridad y confianza en la operación regular de las atracciones mecánicas, detallando el proceso de montaje.

Específicos

1. Determinar la importancia de las cimentaciones previo al montaje para establecer las necesidades de estudio de suelos, dimensiones y características de los materiales.
2. Detallar las características de los pernos de anclaje y su función.
3. Recopilar las especificaciones técnicas para alquiler de maquinaria y adquisición de herramienta.
4. Detallar el proceso de montaje para las atracciones Motocoaster y Drop-Tower.
5. Establecer el tiempo aproximado de duración del montaje e instalación.
6. Utilizar eficientemente los recursos disponibles.

7. Elaborar un plan de capacitación para el personal operativo en la operación de las atracciones.

INTRODUCCIÓN

El montaje de juegos mecánicos es un proceso que parece muy fácil de realizar, pero se deben tomar en cuenta aspectos como la seguridad para el personal, el tiempo destinado para el montaje, se debe contar con todos los equipos, herramientas y maquinaria necesaria y que estos estén en el tiempo justo para que no existan atrasos, principalmente cuando son proyectos para entregar a corto plazo. De aquí se deriva la importancia de optimizar el tiempo de utilización de maquinaria, minimizando la cantidad de movimientos, tomando en cuenta la capacidad de carga de la maquinaria contra el peso total de piezas a levantar o mover.

La seguridad de los juegos en operación es en sobremanera importante, por lo que se deben tomar todas las medidas para que operen adecuadamente y evitar accidentes futuros, dentro de estas medidas de protección para el cliente está la construcción de cimientos que soporten las vibraciones, fuerzas de volteo que se generan por los juegos, así como, el peso total que soportarán, esto previo al montaje de las piezas, para lo que se debe contar con todos los datos técnicos necesarios e idear la logística de colocación de piezas, tomando en cuenta el tiempo que la maquinaria deberá trabajar en el montaje.

Existen muchos puntos que se deben tomar en cuenta antes de realizar maniobras de montaje e instalación de las estructuras, maquinaria y equipo, aspectos como el rendimiento necesario para finalización del proyecto en el tiempo estipulado, arrendamiento de la maquinaria adecuada, interpretación de planos, integración de todos los recursos necesarios para la realización de faena y capacitación del personal a cargo de las atracciones en funcionamiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

El instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA), es una institución organizada, operada y sostenida totalmente por los empresarios privados de Guatemala, cuyos más destacados representantes, como la Cámara de Industria de Guatemala, la Cámara de Comercio de Guatemala y Asociación General de Agricultores, promovieron ante el Congreso de la República, la promulgación de una ley que permitiera a los empresarios privados brindar recreación a sus trabajadores y su núcleo familiar en instalaciones adecuadas. La finalidad principal del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA) es: organizar el descanso y la recreación de los trabajadores del sector privado del país y sus familias.

1.1.1. Antecedentes históricos

Fue así como el 1 de julio de 1962, entró en vigencia el Decreto No. 1528 que contienen la Ley de Creación del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA). Desde esa fecha hasta el 31 de julio de 1992 los empresarios privados habían contribuido mensualmente con el tres por millar sobre sueldos y salarios ordinarios pagados a sus trabajadores, mientras que a estos no se les deduce porcentaje alguno por este concepto.

El 1 de agosto de 1992 entró en vigencia el Decreto No. 43-92 del Congreso de la República, el cual contiene las disposiciones que reforman el anterior. A partir de esa fecha los empleadores del sector privado incrementaron su contribución al 1% mensual sobre sueldos y salarios ordinarios y extraordinarios que pagan a sus trabajadores.

Es decir, que esta contribución es pagada totalmente por los empleadores. Dentro del objetivo de IRTRA está proporcionar las condiciones para el mejor empleo del tiempo de descanso laboral en lugares y con las instalaciones más adecuadas, se tiene la satisfacción de haber brindado recreación a más de cuarenta y ocho millones de trabajadores del sector privado y sus familias, desde su fundación a la fecha.

1.1.2. Descripción y ubicación

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis, se tomará únicamente el parque recreativo urbano Petapa, situado entre la 41 y 43 calle y avenida Petapa, zona 12, de la ciudad capital de Guatemala. Fue inaugurado el 26 de marzo de 1976.

El parque representa un innovador concepto de diversiones para chicos y grandes, contando con un valle de dinosaurios a escala natural, zoológico, juegos de arcada, 17 juegos mecánicos, una piscina olímpica para adultos, piscinas para niños, un teatro bajo techo y un teatro al aire libre, en el cual se trabaja para techarlo; un ferrocarril, clínica de primeros auxilios, etcétera, todo lo anterior, dentro de un marco decorativo de fantasía y colorido de personajes propios del parque, en un contexto ecológico: árboles, áreas verdes y hermosos jardines.

1.1.3. Misión

“Brindar un servicio de excelencia a la comunidad, especialmente a los trabajadores de la empresa privada y sus familias, así como, contribuir con el turismo local y extranjero que así lo requiera, siendo fieles a nuestras bases de proyectar sana diversión y esparcimiento a las personas.

Para ello proporcionamos recreación, diversión y hospedaje en lugares que ofrecen comodidad, seguridad, eficiencia, limpieza y “magia” en condiciones adecuadas.

Brindamos al trabajador y al visitante las mejores instalaciones, a los mejores niveles de servicio y adquisitivos, para que estas actividades contribuyan con los patrocinadores del IRTRA a su sostenimiento.

Nuestra misión incluye crear parques recreativos y vacacionales que se diseñen con los métodos más avanzados y que sean operados por el personal más competente, amable y con alto espíritu de servicio, así como, cooperar con la educación en materia de comportamiento social, lo que permite que nuestros huéspedes o visitantes obtengan esparcimiento y solaz de óptima calidad.

Como institución amante de nuestro país y sus riquezas nos preocupamos por nuestros entornos, contribuyendo a preservar la ecología de los lugares donde desarrollamos nuestra Misión.”¹

¹Fuente:http://www.irtra.org.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=204&Itemid=732
[Consulta: marzo de 2010]

1.1.4. Visión

“En IRTRA nos vemos a futuro como una entidad rectora, a nivel nacional e internacional, en materia de recreación para el sector trabajador.

Nuestra Visión es la de crear parques y jardines de atracciones y diversiones con la mejor tecnología disponible, la cual genere las mejores instalaciones para servicio y disfrute de nuestros usuarios.

Nuestro servicio hacia la comunidad se materializa en las grandes obras que proyectamos y realizamos.

Visualizamos a nuestros colaboradores como los protagonistas en cada centro, en cada parque, en cada jardín. Ellos recibirán continuamente una formación esmerada para desarrollar sólidos Valores de Servicio, para el perfeccionamiento de su vida profesional y de su calidad de vida integral.”²

1.1.5. Cultura IRTRA

“El grado de desarrollo actual en el que se encuentra nuestro instituto es obra del empeño constante de los directivos y se debe en gran medida a los valores compartidos entre sus miembros, los cuales conforman nuestra cultura organizaciones, en las que destacan:

- La hospitalidad.

²Fuente:http://www.irtra.org.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=204&Itemid=732
[Consulta: marzo de 2010]

- La honestidad e integridad en el manejo de los recursos y en las relaciones interpersonales.
- El respeto y la solidaridad.
- La innovación (entendida como apertura a nuevas, creativas y diversas ideas).
- El valor superior de las normas de calidad en: seguridad, cortesía, actuación y eficiencia en instalaciones y servicios.
- La convicción de que la recreación y el compartimiento familiar son factores de una superior calidad de vida de los trabajadores.

Nuestros valores clave son la seguridad y la hospitalidad, ya que perteneciendo a la categoría de “Industria de la Diversión” albergamos en nuestros parques a muchos visitantes que se sienten seguros y halagados con nuestras atenciones y amigable acogida.

Los gerentes, jefes y supervisores son en realidad “Facilitadores” del trabajo de sus subalternos y entre todos tenemos la misión de hacer felices a nuestros usuarios.

Los puntos críticos para el mantenimiento de esta cultura de la hospitalidad son:

- Conocer sobre seguridad: las personas deben estar seguras en IRTRA, tanto en instalaciones, como en juegos y caminamientos. Nuestras prácticas preventivas y de operación son las mejores.

- La limpieza: la higiene no sólo es salud y estética, es cortesía pura.
- Sonreír: llave que abre puertas de amistad y da valor humano a nuestros visitantes.
- Presentarse y saludar: confiamos más en las personas que nos dicen quiénes son y se presentan amigablemente.
- Conocer las respuestas: aunque no sean de nuestra área de responsabilidad, todo empleado debe ser un amable orientador y un guía para el usuario.
- Preguntar: permite conocer opciones y preferencias de nuestros clientes.
- Anticiparse a los deseos de los huéspedes: estar listos para dar un servicio adicional, sin que lo pidan. Esto no es impertinencia, sino genuino interés por ellos.

Son cualidades indispensables de quien trabaja con nosotros, el deseo de servir, preocuparse por otros y sonreír.

La Cultura IRTRA es la consolidación de la Cultura de servicio dentro de la institución, la cual pretende despertar conciencia acerca de la necesidad de la Práctica y Vivencia de los valores centrales en todo parque de diversiones y la industria de la hospitalidad en general”³.

³Fuente:http://www.irtra.org.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=204&Itemid=732 [Consulta: marzo de 2010].

1.1.6. Parque Recreativo Petapa

Tiene la capacidad de recibir a 10 000 visitantes para brindarles un día de diversión, recreación y descanso familiar. Actualmente, se realiza una importante remodelación dentro del parque que se basa en un mejor aprovechamiento del espacio disponible con el objetivo de brindar nuevas atracciones y enfocar el parque a un público diversificado, aumentando la capacidad de recepción de visitantes al parque a casi el doble de la capacidad actual.

1.1.6.1. Atracciones instaladas

Actualmente hay doce juegos mecánicos instalados, los cuales están enfocados, únicamente a niños de corta edad, se describen a continuación.

Atracción 1, Carros Gnomos: simpáticos carritos que se conducen dentro de una pista de concreto provista de una baranda a lo largo de la banqueta para evitar colisiones y el deterioro de los mismos, al mismo tiempo para brindar seguridad y amortiguación para los vehículos conducidos por los niños, cada carrito cuenta con una orilla de caucho.

Atracción 2, Sillas Voladoras: consiste en una serie de sillas que giran alrededor de un eje central, brinda al usuario la experiencia de volar por los aires, contiene un motor eléctrico que proporciona el movimiento rotativo en sentido horario, el movimiento es transferido a una circunferencia por medio de mecanismos sencillos, en dicha circunferencia se encuentran unidas las sillas por medio de brazos que van desde el mástil central hasta la ubicación de cada silla.

Atracción 3, Honguitos: seis tiovivos que giran alrededor de un eje central y al mismo tiempo giran sobre sí mismos con la ayuda de un timón central, utiliza un motor eléctrico, que proporciona el movimiento circular para los tiovivos en sentido horario.

Atracción 4, *Convoy Race*: es una atracción que consiste en una serie de carros con un recorrido corto que incluye tres curvas y una pequeña montaña, los carros cuentan con motores eléctricos que toman energía de los rieles para poder trasladar el movimiento hacia las llantas y brindar la simulación de conducir un automóvil.

Atracción 5, Carrusel de Motos: una serie de motos con dos estilos diferentes, se mueven en forma circular sobre una pista fija, el movimiento es proporcionado por un motor eléctrico que se conecta a una caja reductora y unido a las motos por medio de brazos.

Atracción 6, El Dragón: al estilo de una montaña rusa, con un recorrido corto que cuenta con dos vueltas, diseñada especialmente para niños, pero que también es del gusto del público adulto, el tiempo de ciclo es de 47 segundos. El sistema de tracción consta de dos motores eléctricos de corriente directa quienes se alimentan de un riel electrificado por medio de carbones que transmiten la corriente.

Atracción 7, El Tren: consiste en un pequeño tren que utiliza motores eléctricos para darle movimiento a los rodos sobrepuestos en los rieles electrificados, tiene un tiempo de ciclo de 2,45 minutos y es perfecto para uso de la familia ya que no tiene movimientos bruscos, la especialidad del recorrido es una casa de fantasmas que le da el toque de diversión para niños y adultos.

Atracción 8, *Samba Balloon*: simula un viaje en globos inflables con movimientos verticales y de rotación en sentido horario, cuenta con un sistema hidráulico para levantar el mástil central del juego y permanece así hasta que finaliza el ciclo.

Atracción 9, Carrusel: tan conocida que se puede encontrar casi en cualquier parque de diversiones y que atrae a los pequeños debido a sus llamativos caballos montados sobre una plataforma que gira en sentido horario y al mismo tiempo cuenta con movimientos verticales estilo sube y baja de los caballos o góndolas en donde van sentados los usuarios. Cuenta con un motor eléctrico para darle movimiento rotativo a la plataforma.

Atracción 10, Loco Bus: es una atracción que tiene la flexibilidad de ser tematizada por cada parque de diversiones, en este caso, es un vehículo montado sobre dos brazos con contrapesos que sirven para balancear el peso y evitar que el motor y los soportes sufran deterioro prematuro, el movimiento para los brazos es proporcionado por un motor eléctrico que envía movimiento hacia las cajas reductoras y estas a su vez sirven para transmitir movimiento a los ejes que soportan al vehículo en forma de bus.

Atracción 11, *BalloonWhell*: esta atracción cuenta con vagones en forma de globo, cada uno tiene la capacidad de recibir a cuatro niños o tres adultos son ocho vagones por lo que en total puede atender a treinta y dos niños o veinticuatro adultos por cada ciclo. Sus motores eléctricos le dan la capacidad de girar en sentido horario con la particularidad de que el giro es paralelo al eje Y.

Atracción 12, Avioncitos: cuenta con seis vehículos con diseño de aviones de guerra en los que se pueden colocar hasta tres niños por cada avión, utiliza un sistema neumático para hacer elevar los aviones mientras están girando en sentido horario y brinda a los pequeños una experiencia similar a un viaje en avión. El movimiento de rotación es constante y paralelo al piso.

1.1.6.2. Nuevas atracciones

Serán nueve en total las que se montarán en el área de remodelación, es el primer paso para cambiar el enfoque del parque ya que están diseñadas para uso de jóvenes y adultos.

☆ Descripción breve de los juegos

Atracción 1, Drop Tower: es una torre de cincuenta y cuatro metros de alto, la estructura de la torre está adherida una góndola equipada con dieciocho asientos en donde los pasajeros tienen la vista hacia afuera de la torre, los asientos están equipados de dos dispositivos individuales de sujeción para seguridad. El primero es de tipo neumático, consiste en una barra de acero recubierta de gomaespuma que protege al pasajero desde la espalda hasta la parte anterior del tórax, siendo al mismo tiempo seguro y confortable. El segundo dispositivo es manual, es un cinturón colocado delante de cada pasajero.

Atracción 2, Mega Disco: esta atracción es un disco que gira sobre su eje y al mismo tiempo se traslada a lo largo de una parábola establecida como una estructura, está provisto de veinticuatro asientos equipados con dispositivos neumáticos de seguridad, brinda a los usuarios la sensación de volar por las alturas y es apropiado para la diversión de toda la familia.

Atracción 3, SkyChaser: ofrece a sus pasajeros la sensación de volar como un pájaro gracias al especial e innovador vehículo en el que los pasajeros se colocan tumbados boca abajo. Son en total ocho vehículos de cuatro asientos cada uno con una capacidad total de treinta y dos asientos, ocho coloridas alas delta están situadas sobre las cabezas de los pasajeros.

Atracción 4, TwisterCoaster: con cuatrocientos veinte metros de recorrido proporciona una sensación excitante a todos los miembros de la familia, gracias a una serie continua de curvas y descensos. El nuevo diseño de las carrozas del TwisterCoaster garantiza a los cuatro pasajeros la máxima seguridad y comodidad. Las barras de seguridad individuales en forma de T permiten que cada pasajero quede sujeto por una única barra. Y con la configuración en forma de media luna, toda la familia se podrá sentar en la misma fila.

Atracción 5, Bumper Cars: una atracción con trayectoria en las ferias y parques de diversiones, cuenta con veinticuatro autos de choque con un diseño elegante y una pista con área suficientemente grande para recibirlos; doce modelos Zafiro y doce modelo Flamingo que están dotados de cinturón y de barras de seguridad. Los colores de los autos están incorporados a la fibra de vidrio con el objeto de obtener una larga duración sin sufrir deterioro.

Atracción 6, Hydrolift: una subida vertical que permite que la máquina ocupe un espacio muy limitado. Esta atracción proporciona a sus pasajeros una serie de rápidos movimientos provocados por la corriente natural del agua. Está dotado de ocho botes con una capacidad de seis pasajeros cada uno. El bote inicia la fase de descenso rápido con la ayuda del flujo de agua que funciona como elemento decorativo, primero a través de emocionantes curvas en el canal superior y posteriormente disfrutando las suaves olas del canal inferior de ciento ochenta metros, hasta alcanzar la estación.

Atracción 7, FlumeRide: es una atracción símbolo de todos los parques del mundo con un recorrido de doscientos cincuenta metros, en donde botes tematizados se deslizan navegando sobre el agua refrescando a los pasajeros gracias a los saltos que provocan los botes en los descensos de las rampas, cada bote tiene capacidad para cuatro adultos o dos adultos y tres niños.

Atracción 8, Motocoaster: es una montaña rusa con giros de sesenta y cinco grados y ocho maniobras que simulan una carrera de motos. El objetivo es hacer vibrar a los pasajeros como en una carrera de motocicletas europeas. Los pasajeros van en parejas cada uno en su motocicleta y formando un tren de doce motos, correctamente sujetos gracias a un cierre de seguridad situado en la parte posterior del asiento que permite libertad de movimientos al mismo tiempo que provee seguridad y confort.

Atracción 9, Kang a Bounce: es una nueva versión para adultos de la atracción JumpArround. tiene la capacidad de atender a veinticuatro pasajeros al mismo tiempo. Todos los vehículos giran alrededor de un eje central en sentido horario al inicio y antihorario al final, con un movimiento vertical en puntos bien definidos, simulando un sube y baja.

☆ Funcionamiento

Lo que ocupa a la ingeniería son las tecnologías aplicadas en las atracciones. Motores eléctricos que brindan el impulso necesario para romper el momento de inercia de los cuerpos en cuestión, unidos a cajas de engranajes para regular la velocidad y potencia, enormes cables y cadenas como mecanismos de tracción, sistemas neumáticos e hidráulicos y todo esto regulado con controles lógicos programables.

Tabla I. **Tiempo de ciclo y particularidades de cada atracción**

Atracción	Tiempo de ciclo	Particularidades
Atracción 1	120 segundos	Es una torre de caída libre, alcanza grandes velocidades. Cuenta con cincuenta y cuatro metros de alto convirtiéndose en la torre más grande del fabricante.
Atracción 2	120 segundos	Diseño en forma de parábola.
Atracción 3	60 segundos	Brinda la sensación de volar como un pájaro.
Atracción 4	50 segundos	Gira sobre sí mismo y se desliza sobre una pista de rieles.
Atracción 5	100 segundos	Sus innovadores y modernos diseños de carros de carreras son excelentes para diversión de carros chocones.
Atracción 6	150 segundos	Salpicaduras durante el recorrido y diseño de espacio reducido para el ascenso.
Atracción 7	120 segundos	Su emocionante recorrido, incluyendo sus caídas en picada elevan la adrenalina de los usuarios.
Atracción 8	38 segundos	Su recorrido brinda la emoción de participar en una auténtica carrera de motos a gran velocidad.
Atracción 9	70 segundos	Movimiento vertical y rotativo respecto al eje central.

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

1.1.6.3. Beneficios esperados

- ✧ Los principales beneficios que el IRTRA espera obtener van dirigidos hacia los trabajadores de la empresa privada de Guatemala y sus familias. El objetivo principal de todas las ampliaciones, instalaciones, construcciones y remodelaciones que el IRTRA realiza son para beneficiar y satisfacer las necesidades de recreación del trabajador y de sus familias.
- ✧ Se proyecta una generación de empleo considerable, se brinda a una porción guatemalteca la oportunidad de optar por un puesto de trabajo dentro de la institución, lo que contribuye a la disminución de la tasa de desempleo en el país.
- ✧ Se presenta un incremento en el mercado de productos y servicios por lo que también se benefician los proveedores de dichos productos.
- ✧ Incremento en la afluencia de personas e ingresos al parque.

1.1.6.4. Repercusión en otras áreas del parque

La remodelación cambia el enfoque del parque, más público joven vendrá a visitarlo por lo que será necesario ampliar el parqueo para recibir la mayor cantidad de vehículos posible. Los juegos tienen muchas luces y son ideales para funcionar por la noche por lo tanto, el parque completo deberá prepararse para brindar adecuada iluminación en todas las áreas ya que los horarios de atención serán diferentes desde el día de la inauguración de la remodelación. También será necesario remodelar la plaza de ingresos para recibir a todas las personas de una manera más eficiente.

1.2. Experiencias en montajes similares

Algunos juegos tienen bastante similitud con los que el mismo equipo de planeación, ejecución y supervisión instaló en Xetulul, esta experiencia brinda mayor eficiencia en la ejecución del proyecto.

1.2.1. Breve descripción de cada juego

Atracción 1, Montaña rusa: cuenta con ocho invertidos de disposición sobre riel. La carrilera consiste de una estación de carga y descarga la cual sostiene un carro, una sección de elevación, una sección de curso de gravedad incluyendo una sección de tirabuzón que dejan suspendido al usuario únicamente de las barras de seguridad de las sillas, también tiene un freno de bloqueo en frente de la estación y una sección para el mantenimiento de los trenes.

El tren utiliza ciento cincuenta y cinco segundos para realizar su ciclo, el cual inicia su recorrido con una elevación hasta treinta metros por medio de motores eléctricos y de una cadena para luego descender y alcanzar una velocidad máxima de 80 kilómetros por hora. Todas las secciones del tren se unen por medio de tornillos y tuercas, esto garantiza la transición suave de una sección a otra.

Atracción 2, Góndola Salpicón: veinte pasajeros viajan sentados en un barco de fibra de vidrio, el cual se mueve en la estación manejado por ruedas de fricción, las cuales lo llevan hacia la elevación de cadena doble. Es liberado en la cima de la elevación de quince metros de alto (50 pies), hacia un ancho canal curvo por donde corre sobre unas grandes ruedas amortiguadoras.

Al final de una vuelta por un deslizadero largo y empinado. La velocidad del barco en la vuelta de 180° es de alrededor de dos metros por segundo. Cuando se conduce hacia abajo del deslizadero, el barco aún va rodando sobre sus ruedas y acelera hasta 56 kilómetros por hora antes de entrar al agua provocando una gran explosión que cubre a los pasajeros.

En ángulo del deslizadero hacia abajo es de cuarenta y cinco grados. Luego de esta enorme explosión de agua, el barco se desliza en el agua a lo largo de casi cuarenta metros, antes de detenerse para el cruce hacia la estación. La pista mide 204,30 metros de largo aproximadamente, alcanzando una altura máxima de quince metros. Se puede montar en 3384 metros cuadrados de espacio físico ya que mide noventa y seis metros de largo por treinta y seis de ancho.

Atracción 3, Mega Disco: estructura de acero, compuesta de un riel en forma de media circunferencia sobre el que se desliza una plataforma con forma de disco. Sus veinticuatro asientos están especialmente diseñados con un sistema de sujeción que permite libertad de movimiento de brazos y piernas, se desliza por el riel de un extremo a otro hasta alcanzar una altura de catorce metros, además del movimiento giratorio sobre su eje. Tiene la capacidad de realizar 25 ciclos por hora y viaja a 12 revoluciones por minuto en dirección horaria o antihoraria. Controla todos los procesos por medio de un control lógico programable (PLC).

Atracción 4, Carros Chocones: se trata de los clásicos carritos chocones o carritos locos que están presentes en todas las ferias de los pueblos guatemaltecos, están fabricados de acero galvanizado y unido a una carrocería de fibra de vidrio con parachoques de hule para disminuir el efecto de los golpes sobre el conductor.

1.2.2. Puntos a tomar en cuenta

A continuación se mencionan algunos puntos importantes para iniciar el montaje, en los próximos capítulos, se analiza con mayor profundidad el tema.

- ✧ Tiempo: influye en los costos del montaje e instalación por lo tanto, es necesario proyectar un tiempo estimado de montaje para cada atracción con el fin de contar con una base sobre la cual trabajar y avanzar diariamente para cumplir con el objetivo proyectado o límite de tiempo. A partir de la estimación del tiempo requerido se decide la cantidad de personal, maquinaria y equipo a utilizar para llevar a cabo el proyecto de montaje e instalación.
- ✧ Radios de giro: el diseño de las grúas tiene incluido el radio de giro, normalmente este radio es de 360 grados variando la capacidad de carga hacia los lados, hacia atrás y hacia adelante. Las construcciones existentes, piezas previamente colocadas, árboles y cualquier tipo de interrupción para los movimientos de las grúas se considera como obstáculos, por lo cual, es necesario tomar en cuenta la libertad que tendrá la grúa para girar cierta cantidad y respetar ese radio de giro para analizar las maniobras.
- ✧ Cantidad y capacidad de grúas: depende de la rapidez con que se necesite terminar el montaje, de la pieza más pesada a levantar y la disposición del diseño estructural de forma que permita colocar grupos estructurales.

- ☆ Personal: es un factor fundamental, aunque no se requiere mucha experiencia, si es necesario que el personal cuente con ciertas aptitudes para desempeñar el trabajo como orden, limpieza, colaboración, responsabilidad y en ocasiones habilidad para trabajar pendiente de arneses y manipular equipo, maquinaria y herramienta específica, también se necesita de una persona que dirija a los grupos y que tome decisiones acerca de la secuencia que se debe seguir para hacer más fácil el montaje, incluyendo la seguridad para el personal.

- ☆ Comunicación: posee fundamental importancia desde el inicio de la vida, es la forma como las personas dan y reciben información, el significado que le dan a la información y como la utilizan. Sin la comunicación sería prácticamente imposible realizar cualquier proceso y regularmente se da en forma verbal mientras se lleva a cabo el proceso de montaje en todos los niveles. También de forma escrita y gráfica entre los profesionales encargados del montaje y el fabricante o la empresa proveedora.

- ☆ Clima: no se tiene control sobre este aspecto pero se conocen las fechas aproximadas en que cambian las estaciones. En este país es la lluvia la que más afecta los procesos de montaje y principalmente de juegos mecánicos ya que hace resbaladizas las estructuras, haciendo peligroso el trabajo e impidiendo la utilización de las grúas. En otros países se puede considerar también la nieve y las tormentas. El viento también se debe tomar en cuenta aunque se resuelve la situación tomando precauciones y utilizando adecuadamente los elementos de seguridad para trabajar en elevaciones.

- ☆ Es importante hacer un análisis del entorno, esto se refiere a factores externos a la empresa de montaje y que tienen implicaciones sobre la estructuración de la organización administrativa del terreno. En ciertos casos, condicionan la faena de trabajo, ya sea por restricciones impuestas o por los requisitos que debe cumplir. La empresa debe estar preparada de ante mano para adaptarse a estos requerimientos.

1.2.3. Tiempo aproximado de duración del montaje

El proveedor envía un listado de recursos que serán necesarios para que el montaje de cada atracción se lleve a cabo en el tiempo estipulado pero los profesionales a cargo buscan batir los registros de montaje establecidos para beneficio de la organización.

Tabla II. Tiempo aproximado de duración del montaje

Atracción	Cantidad de piezas	Tiempo de montaje	Observaciones
Atracción 1	25	10 días	Se necesita una grúa para elevar y una segunda para sostener las estructuras.
Atracción 2	40	8 días	IRTRA cuenta con uno idéntico instalado en el parque Xetulul de Retalhuleu.
Atracción 3	60	8 días	Alcanza hasta quince metros de altura.
Atracción 4	165	30 días	Las columnas se montan de forma independiente.

Continuación de la tabla II.

Atracción 5	80	18 días	Solamente es necesario colocar la plataforma, la malla de electricidad y las antenas de los vehículos.
Atracción 6	20	1 día	La elevación vertical requiere poco espacio para montarlo.
Atracción 7	50	20 días	Algunas piezas estructurales se colocan fundidas, unidas con el canal de concreto.
Atracción 8	195	30 días	Tiene la ventaja de montar las columnas y tensores en grupos.
Atracción 9	30	5 días	Es necesario graduar los brazos con un grado exacto de inclinación establecido por el fabricante.

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

1.2.4. Experiencia en montajes de juegos mecánicos

El montaje de los juegos mecánicos es una tarea que necesita de mucho cuidado y profesionalismo debido a que la seguridad es un aspecto fundamental con el que todos y cada uno de los juegos debe contar tanto en operación como en la etapa de montaje e instalación, dentro de ese sistema de seguridad se incluyen aspectos como la construcción de cimientos adecuados, sistema de seguridad propio del diseño del juego, los elementos de sujeción y la capacidad de cada uno, la alineación y centrado de las piezas.

Para todo esto los profesionales del montaje cuentan con guías que indican la forma correcta de colocar y ensamblar cada una de las piezas, estas guías pueden ser planos, diagramas, dibujos, descripciones, fotos, videos y cualquier otro material útil para la mejor comprensión del juego como un todo.

El equipo humano principal y el profesional encargado cuenta con la experiencia del montaje de los juegos electromecánicos que se encuentran ubicados en el parque temático Xetulul en el departamento de Retalhuleu. Por lo tanto, cuentan con experiencia adecuada para interpretar planos, utilizar herramienta, elegir y ubicar maquinaria, realizar ajustes en caso de ser necesario, así como, coordinar los trabajos para optimizar el tiempo. Algunos de los juegos en proceso de montaje e instalación son bastante parecidos a los que se montaron en Xetulul tales como la montaña rusa con una gran cantidad de columnas, la góndola salpicona con una suave subida y un descenso en picada, los carritos chocones, el disco montado sobre una media luna que tiene movimiento de rotación y de traslación al mismo tiempo, entre otros.

El equipo de apoyo que incluye el operador y los ayudantes de las grúas cuenta con experiencias en montajes de estructuras para edificios, que son muy parecidas a las estructuras de los juegos mecánicos, especialmente a la montaña rusa, por lo que es importante tomar en consideración sus sugerencias ya que tienen una mejor idea de cómo utilizar levantar pesos y hasta que distancias está permitido.

Es importante que este equipo conozca las capacidades de las grúas que manejan para aportar opiniones acerca de la forma más adecuada de colocar las piezas, posicionar las grúas, esquivar obstáculos y todo lo relacionado con el uso y manejo, ya que debido a su constante aprendizaje con base en la experiencia, cuentan con otra perspectiva de cada movimiento y la capacidad de evaluar el peso del elemento que se dispone a elevar y colocar con inspección a simple vista, así como, las modificaciones que en algún momento se pudieron haber realizado a la maquinaria y las consecuencias que dichas modificaciones pueden traer para la grúa.

1.2.5. Similitud con los juegos instalados en IRTRA de Retalhuleu

Algunos de los juegos que se han adquirido para instalarlos en el Parque Recreativo Urbano Petapa ahora llamado Mundo Petapa, son similares a algunos que se han instalado en el conocido parque de diversiones Xetulul ubicado en el departamento de Retalhuleu de la República de Guatemala.

En total son nueve juegos mecánicos, una torre de cincuenta y cuatro metros de alto, un mega disco idéntico al instalado en el parque de diversiones Xetulul, dos juegos con movimiento circular y vertical, una pequeña montaña rusa con giro sobre el vagón y recorrido por los rieles, una atracción familiar con recorrido sobre un canal acuático, carros locos, una góndola salpicona de menor tamaño comparada con la instalada en el parque de diversiones Xetulul y por último una montaña rusa que simula una carrera de motocicletas europeas. El presente trabajo se enfoca en la montaña rusa debido a la cantidad de piezas con que cuenta, así como, el sistema neumático y en la torre de 54 metros de altura, ya que tiene un método peculiar de montaje utilizando 2 grúas.

1.3. Grúas

Una grúa es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho. Por regla general son máquinas que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etcétera, para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

Las primeras grúas fueron inventadas en la antigua Grecia, accionadas por hombres o animales. Estas grúas eran utilizadas principalmente para la construcción de edificios altos. Posteriormente, fueron desarrollándose grúas más grandes utilizando poleas para permitir la elevación de mayores pesos.

Existen muchos tipos de grúas, cada una adaptada a un propósito específico. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres; grúas torres, usadas para construir edificios altos; hasta las grúas flotantes, usadas para construir aparejos de aceite y para rescatar barcos encallados. También existen máquinas que no caben en la definición exacta de una grúa, pero se conocen generalmente como tales.

1.3.1. Historia de las grúas

La grúa es la evolución del puntal de carga que, desde la antigüedad, se ha venido utilizando para realizar diversas tareas. Aunque sus fundamentos fueron propuestos por Blaise Pascal, fue patentada por Luz Nadina. Existen documentos antiguos donde se evidencia el uso de máquinas semejantes a grúas por los Sumerios y Caldeos, transmitiendo estos conocimientos a los Egipcios.

1.3.2. Definición de grúas

Una grúa es una máquina o dispositivo cuya función es la de levantar mecánicamente determinados materiales o cargas. También se le conoce con el nombre de quinche. Donde más se puede observar la presencia de grúas es en las obras de construcción, donde se vuelve imperante el levantamiento de cargas de alto peso.

Los orígenes de esta máquina se remontan al puntal de carga, que consistía en una pieza cilíndrica compuesta por dos partes: una inferior, una estructura inamovible llamada coz. Y una parte superior en la que se encontraba el amante, que se encargaba de inclinar el puntal de carga mientras otro cable era el responsable de sostener el peso de toda la carga.

Dicho sistema de carga estaba muy en boga en los barcos mercantes, cuyos tripulantes mismos se encargaban de manejar, en un proceso de carga y descarga constante. Sin embargo, con el paso del tiempo se hizo imperante la renovación del puntal, en especial porque este necesitaba ser operado por un alto número de individuos, lo cual retrasaba el proceso mismo de descarga de los materiales. La grúa se constituyó en la evolución directa del puntal utilizado para el traslado de cargas pesadas.

Esta máquina está equipada con un montacargas, con cuerdas (usualmente de cables) y con haces cuya función es la de subir y bajar los respectivos materiales, así también, de mover la carga realizando movimientos horizontales. La grúa está compuesta por un aguilón (o brazo) que se encuentra montado sobre un eje que realiza movimientos giratorios. Además de esto, consta de una o más poleas que levantan el peso y luego lo trasladan de un sector a otro. Las grúas tienen diferentes aplicaciones, obras de construcción, puertos, instalaciones industriales y otros lugares donde es necesario trasladar cargas. Existe gran variedad de grúas, diseñadas conforme a la acción que vayan a desarrollar:

- ✧ Plumines: habitualmente situados en la zona de carga de los camiones.

- ✧ Autogrúas: de gran tamaño y situadas convenientemente sobre vehículos especiales.

- ✧ Grúas pórtico o grúas puente: empleadas en la construcción naval y en los pabellones industriales.
- ✧ *Transtainers* o grúas *Luffing*: grúas móviles empleadas en el transporte y estiba de contenedores.
- ✧ Grúas torres: destinadas principalmente a la construcción de edificios.
- ✧ Grúas autodesplegables: pequeñas grúas de construcción de fácil transporte y de montaje más o menos automático.
- ✧ Camión-grúa.
- ✧ Grúa todo terreno.

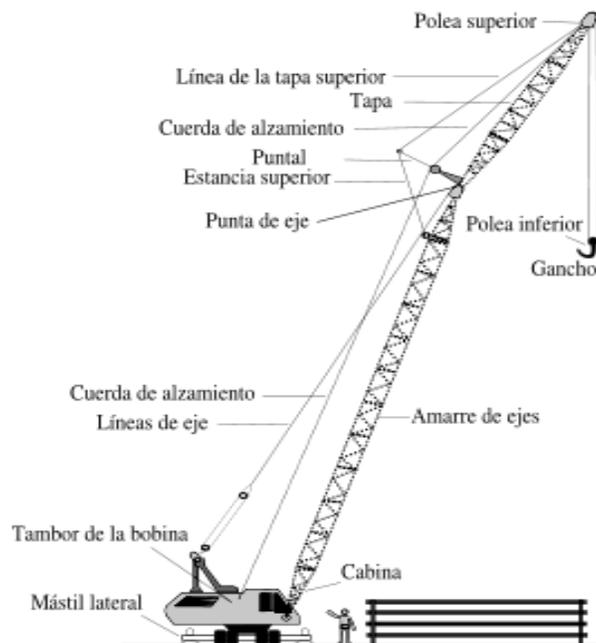
El lugar en el que mayormente se emplean las grúas es en las obras de construcción. Estas grúas se denominan, justamente, grúas de construcción y se caracterizan por poseer brazos que funcionan de manera articulada.

1.3.3. Partes importantes de las grúas

La grúa está compuesta por una armazón de acero y su brazo se erige sobre una plataforma móvil que se puede subir o bajar por cables o cilindros hidráulicos. A su vez, las cuerdas de cable son operadas por motores que funcionan gracias a una variedad de transmisiones. Es decir, puede haber motores cuya combustión es interna o bien motores eléctricos e incluso máquinas de vapor, también conocidas como motores de combustión externa, que se encargan de traducir la energía del vapor de agua en un proceso enteramente mecánico.

Los motores de combustión interna comenzaron a emplearse para reemplazar las viejas transmisiones de grúas más obsoletas, que eran los embragues.

Figura 1. **Partes principales de una grúa**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa>. [Consulta: agosto de 2010].

Dentro de las partes más importantes de las grúas están:

- ☆ La pluma: permite alcanzar mayores distancias con respecto al centro de la grúa. Mientras más extendida este, menor será la carga que puede soportar debido al momento ejercido sobre el contrapeso. La longitud de la pluma también está diseñada en función de la capacidad de carga de la grúa.

- ✧ Los cables: son los encargados de subir y bajar linealmente las cargas, estos cables son de metal ya que deben ser resistentes para soportar el peso.
- ✧ El gancho: su función es sostener las cargas por medio de las eslingas.
- ✧ Plataforma de giro: es la encargada de proporcionar giro a toda la cabina y a la pluma, de esta forma se puede trasladar la carga radialmente.
- ✧ El contrapeso: su función es evitar que la grúa se vuelque, contrarresta el momento que ejerce la carga sobre la grúa.
- ✧ Bases: brindan estabilidad a la grúa.
- ✧ El panel de control: con este se manejan todos los mecanismos.

1.3.4. Importancia de las grúas para el montaje

Existen varios factores que influyen en la preferencia y necesidad de utilización de las grúas. El primero que se menciona es el factor del peso de las piezas a levantar ya que sería imposible para el ser humano levantar y mover grandes cargas con facilidad y sin riesgo, estas, son algunas de las ventajas que ofrece el uso de grúas al mismo tiempo que agiliza los movimientos y ensambles, el ser humano podría trasladar y levantar cargas considerables con grandes esfuerzos físicos y con la ayuda de diversas máquinas, aunque sería necesario utilizar más tiempo comparado con el tiempo que se necesitaría para realizar el mismo trabajo con la ayuda de una grúa. En resumen se puede decir que, entre otras ventajas que ofrecen las grúas, resaltan las siguientes:

- ✧ Levantar y trasladar grandes cargas.
- ✧ Colaborar con la agilización de los proyectos, lo cual disminuye el tiempo de ejecución y por ende, el costo de los mismos.
- ✧ Realizar una menor cantidad de movimientos de levante y se evitan lesiones por esfuerzos repetitivos.
- ✧ Facilitar el montaje de estructuras de mayor altura.
- ✧ Permitir colocar los elementos de sujeción de forma más segura y confiable.

1.3.5. Panel de control de la grúa

Las grúas tienen una serie de controles y mandos para dirigir y manejar los mecanismos y partes móviles de la máquina. Estos mandos son una serie de palancas, pedales y botones que activan los motores que se encargan de proporcionar el movimiento de los mecanismos.

1.3.6. Equipo auxiliar para grúas

Las piezas o maquinaria en cuestión se unen al gancho de la grúa por medio de fajas llamadas eslingas, las cuales, brindan facilidad de manejo y gran capacidad de resistencia a la tensión ya que están fabricadas de seda con revestimiento de lona, también se utilizan cables en los casos en donde se necesita de mayor capacidad de carga, aunque las más utilizadas son las eslingas debido a la facilidad de manejo y las grandes cargas que pueden sostener.

2. PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE

En los procesos de montaje es indispensable realizar un estudio y análisis de todos los recursos que se van a necesitar para llevarlo a cabo, así como, una estimación del tiempo total a utilizar y que dicha estimación sea lo más apegado posible a la realidad, ya que de esta estimación de tiempo depende el costo de arrendamiento de la maquinaria y cantidad necesaria de mano de obra a contratar, en este caso el proveedor de los juegos proporciona una estimación de tiempo probable, recursos de maquinaria y mano de obra, luego el profesional del montaje es el encargado de revisarlo y calcular con base en la experiencia, que porcentaje de dicha información se podría utilizar y realizar algunos ajustes según lo considere prudente.

Figura 2. **Colocación de grupo estructural**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Figura 3. Armar Grúa de 200 toneladas



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Figura 4. Clasificación y ordenamiento de tornillería



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

2.1. Diagrama de flujo del proceso

Permite visualizar costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Muestra todos los recorridos, traslados y retrasos en almacenamiento con que se tropieza un artículo desde el momento en que ingresa a las instalaciones, a diferencia del diagrama de operaciones del proceso que muestra solamente operaciones e inspecciones.

Es la base para realizar el diagrama de recorrido, que muestra de forma detallada las posiciones de las estaciones de trabajo y la dirección del flujo del artículo durante el proceso.

Para el caso del montaje específicamente, el diagrama de flujo del proceso brinda la secuencia general a seguir y ayuda a trasladar la información de manera más entendible para el personal involucrado. Al mismo tiempo contribuye con el estudio del proyecto y detección anticipada de anomalías o dificultades que pudieran presentarse, lo cual permite tomar acciones orientadas a minimizar el impacto de los problemas o eliminarlos definitivamente.

Regularmente los proyectos de montaje son únicos, es muy difícil que un profesional dirija dos proyectos idénticos, de hecho el montaje de cada atracción de la remodelación tiene una secuencia diferente, esto hace necesario que la planificación sea lo más detallada posible.

A continuación se encuentran los diagramas de flujo del proceso para cada atracción de forma individual.

Figura 5. Diagrama de flujo – Motocoaster

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 1 de 11

Identificación: Motocoaster

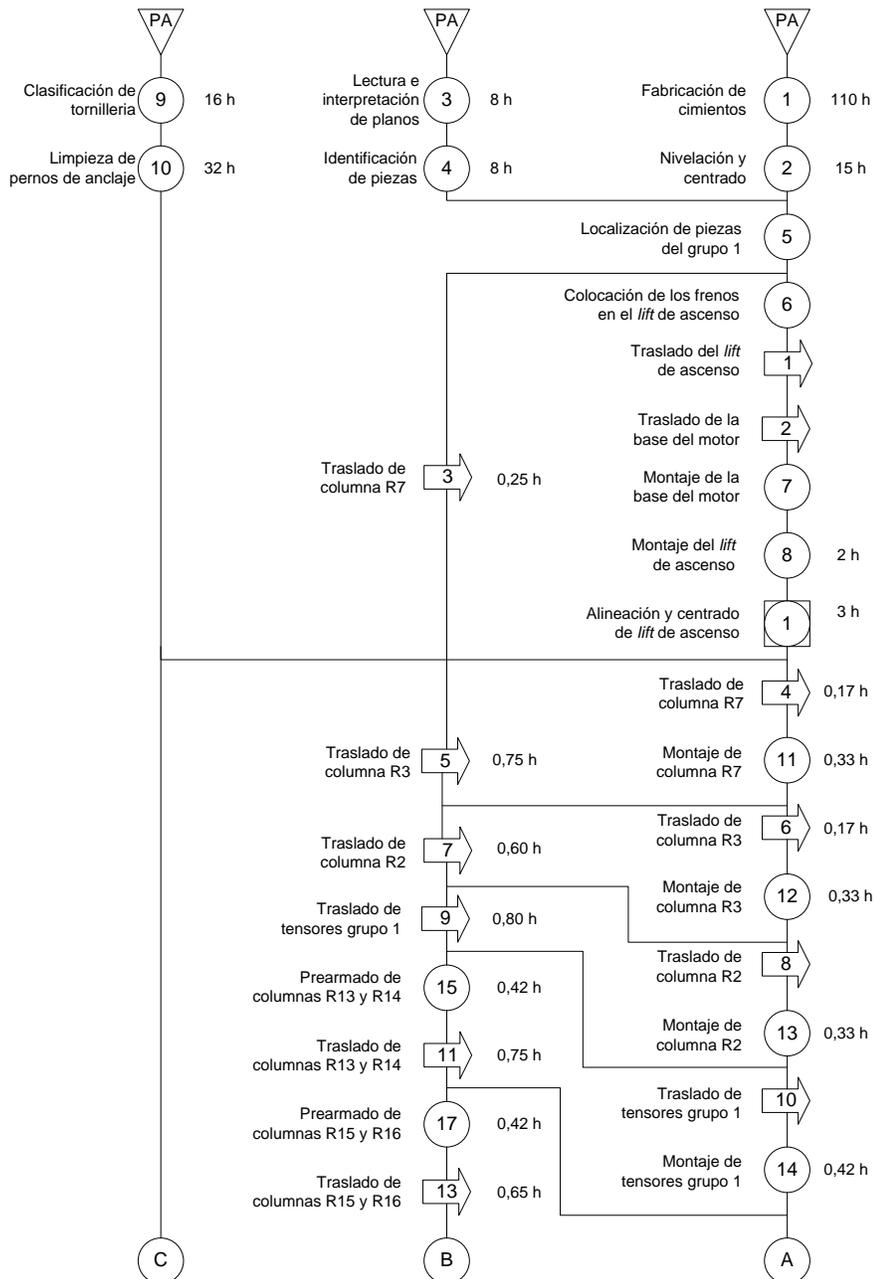
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Identificación: Motocoaster

Fecha: 25 de enero de 2010

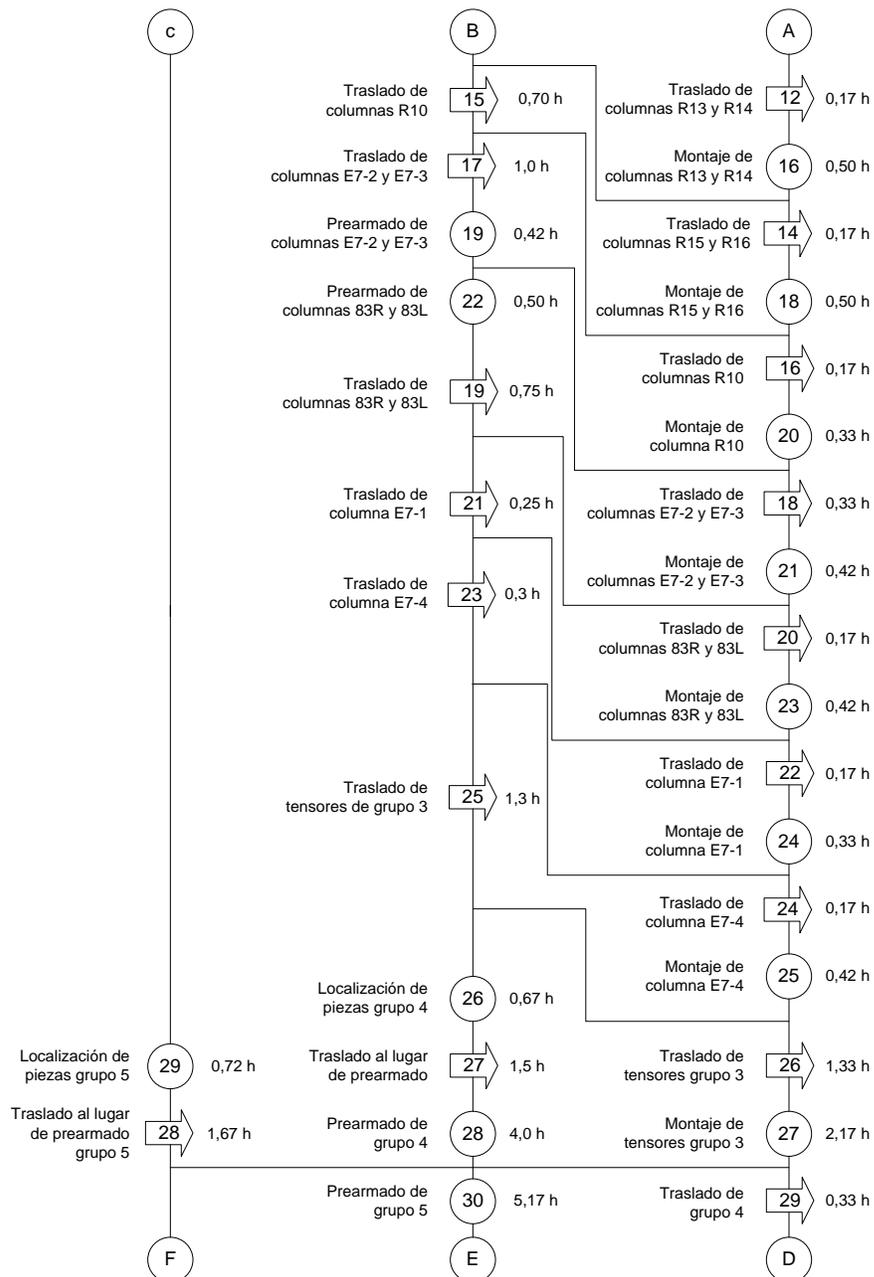
Inicia: patio de acopio

Página: 2 de 11

Método: actual

Analista: Daniel Mazariegos

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 3 de 11

Identificación: Motocoaster

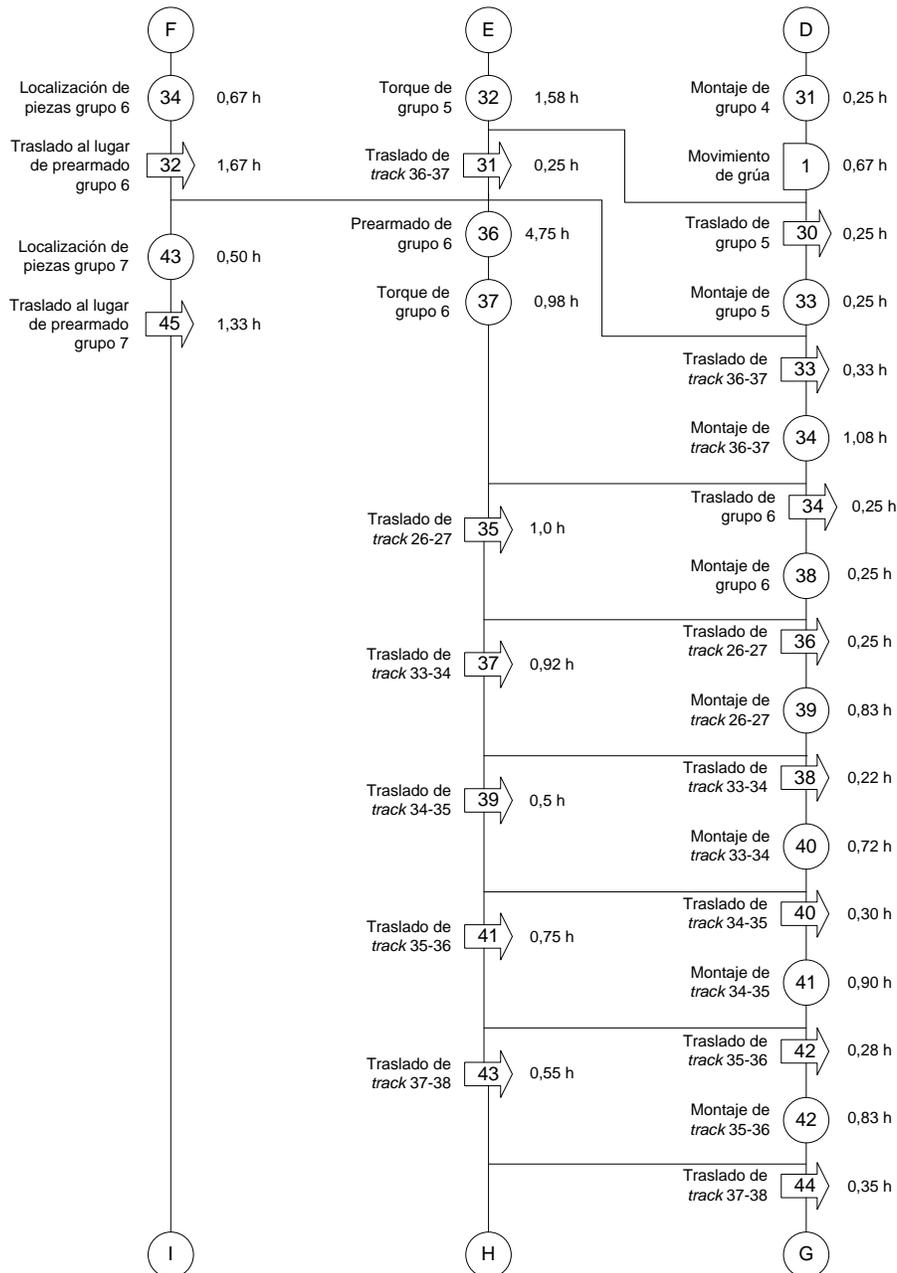
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 4 de 11

Identificación: Motocoaster

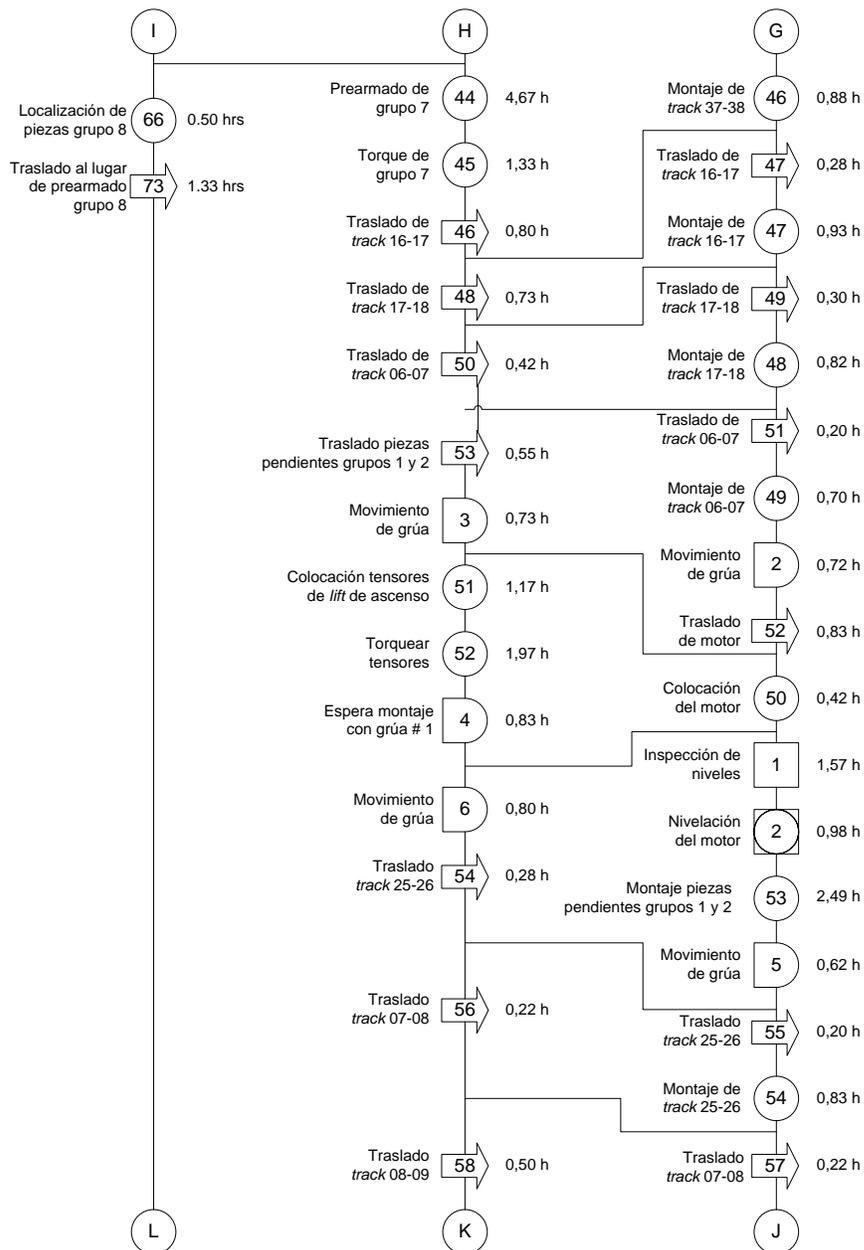
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Identificación: Motocoaster

Fecha: 25 de enero de 2010

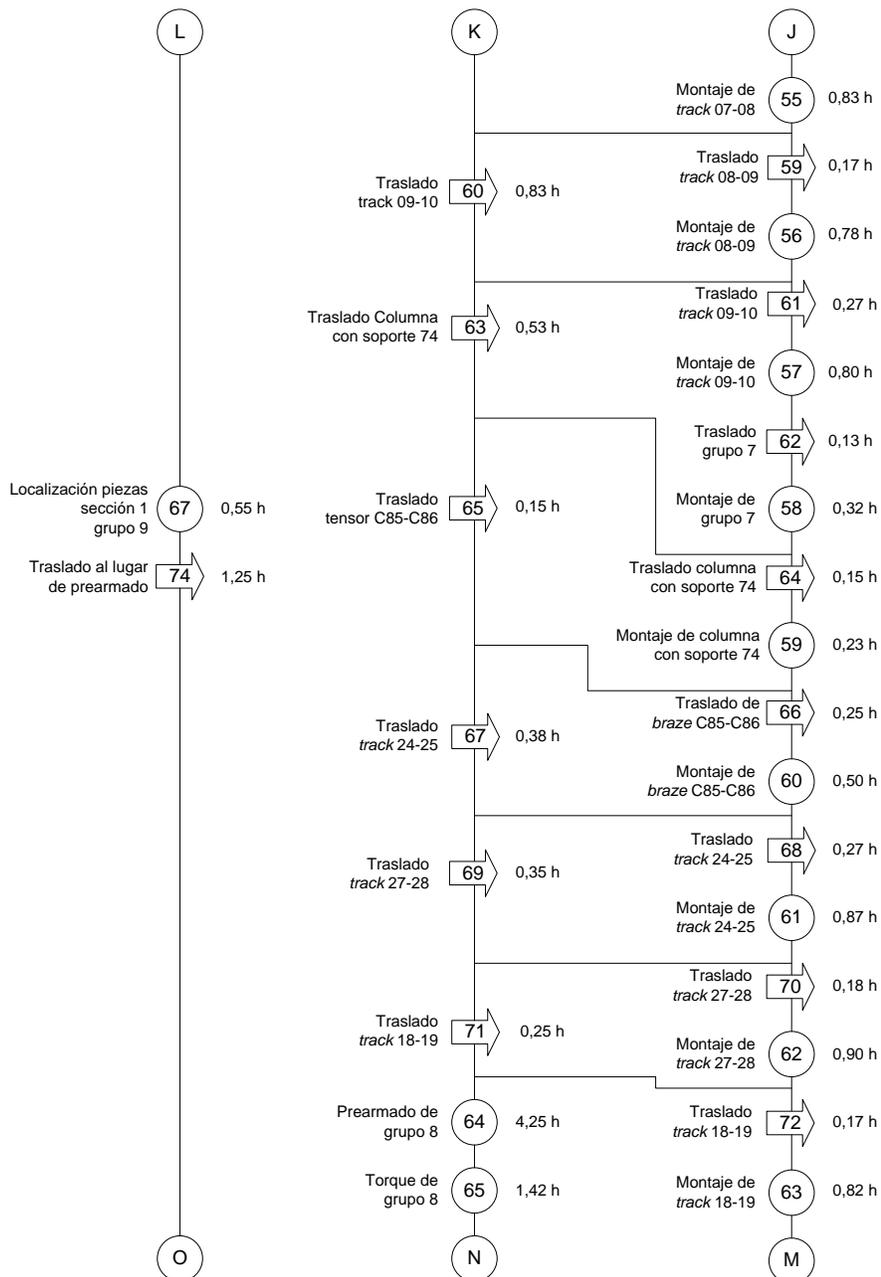
Inicia: patio de acopio

Página: 5 de 11

Método: actual

Analista: Daniel Mazariegos

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 6 de 11

Identificación: Motocoaster

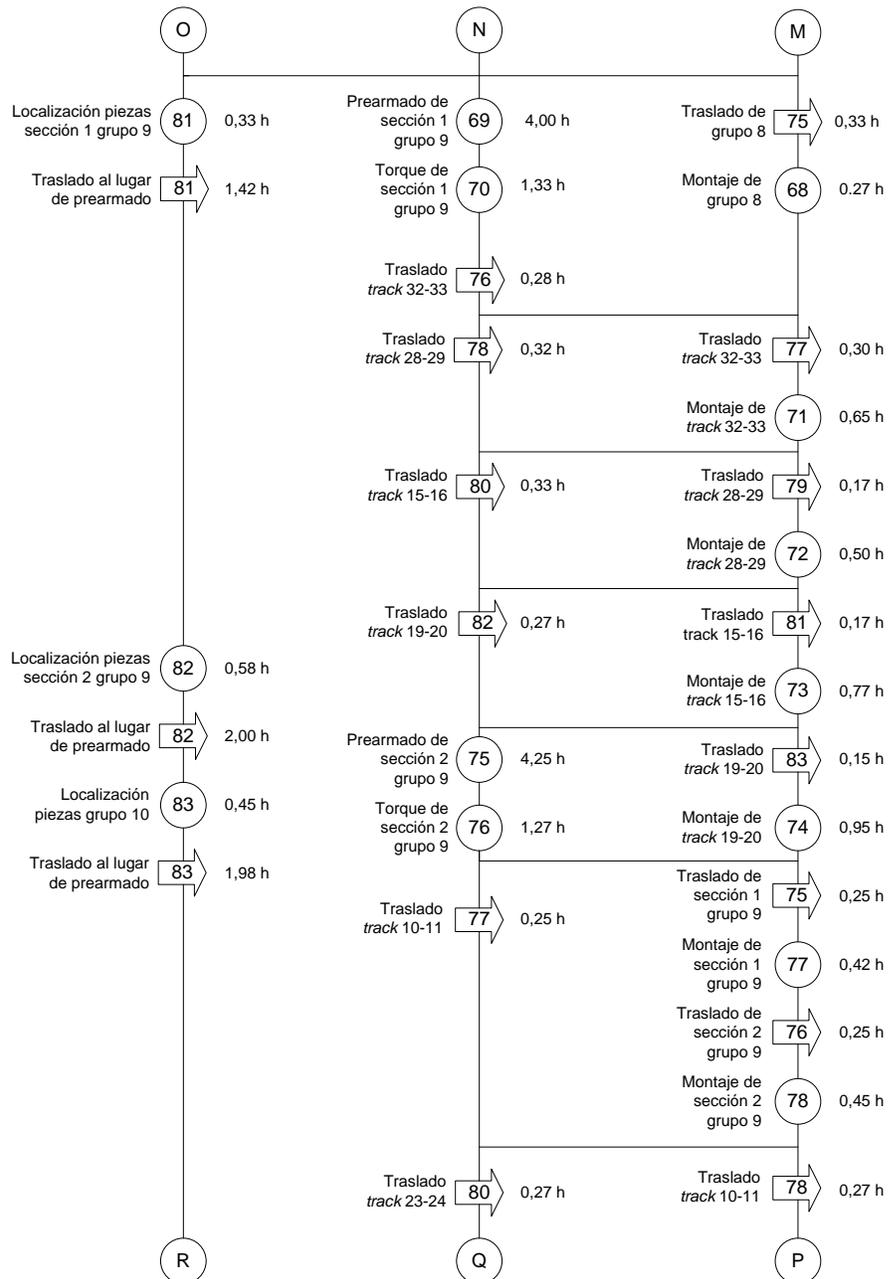
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 7 de 11

Identificación: Motocoaster

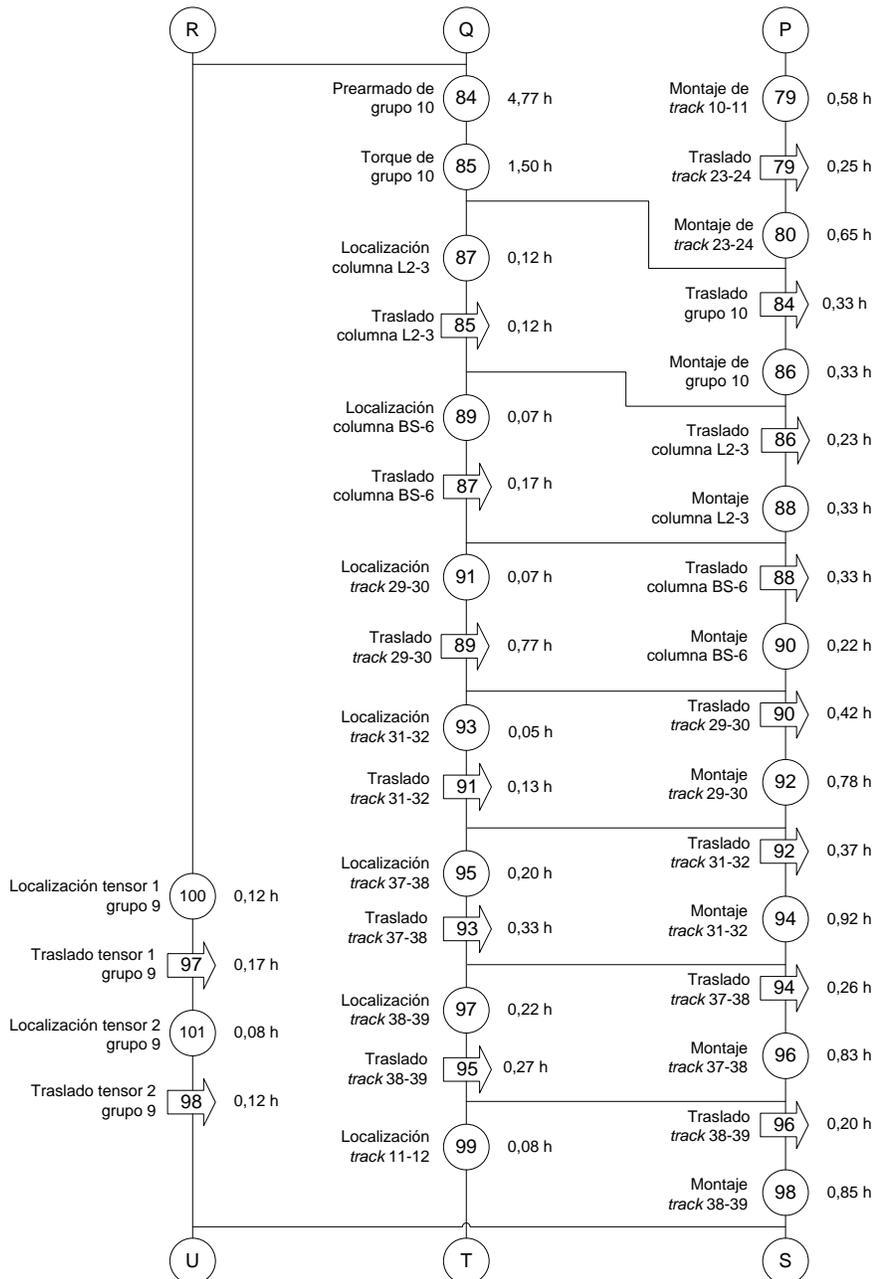
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 8 de 11

Identificación: Motocoaster

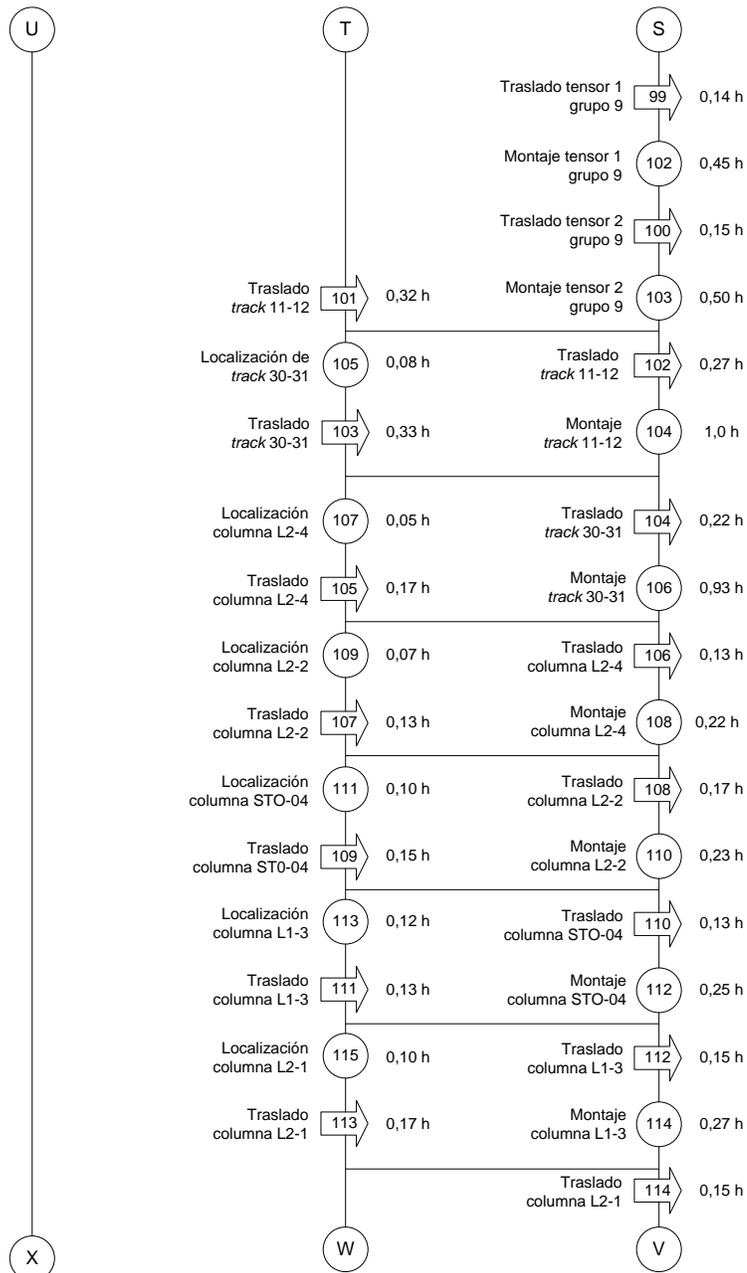
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Identificación: Motocoaster

Fecha: 25 de enero de 2010

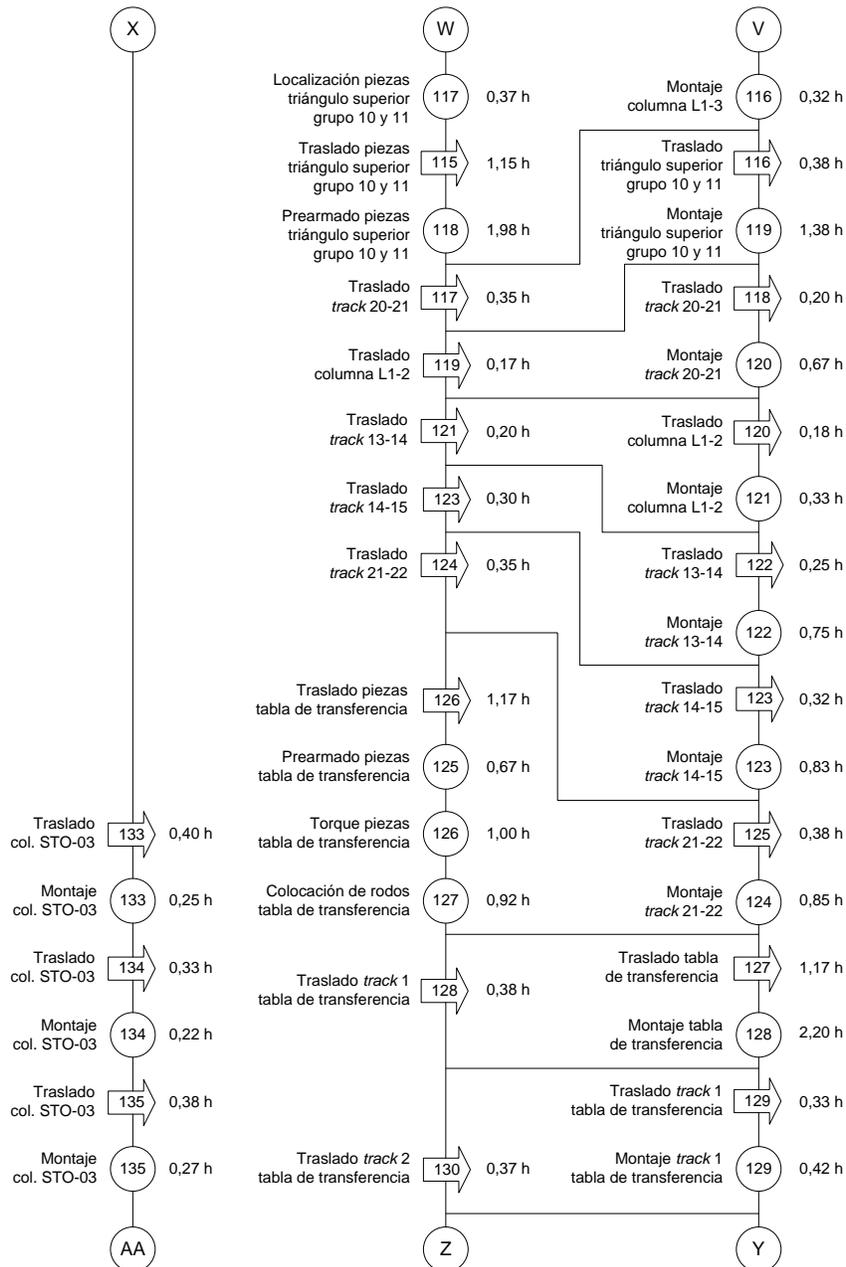
Inicia: patio de acopio

Página: 9 de 11

Método: actual

Analista: Daniel Mazariegos

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 10 de 11

Identificación: Motocoaster

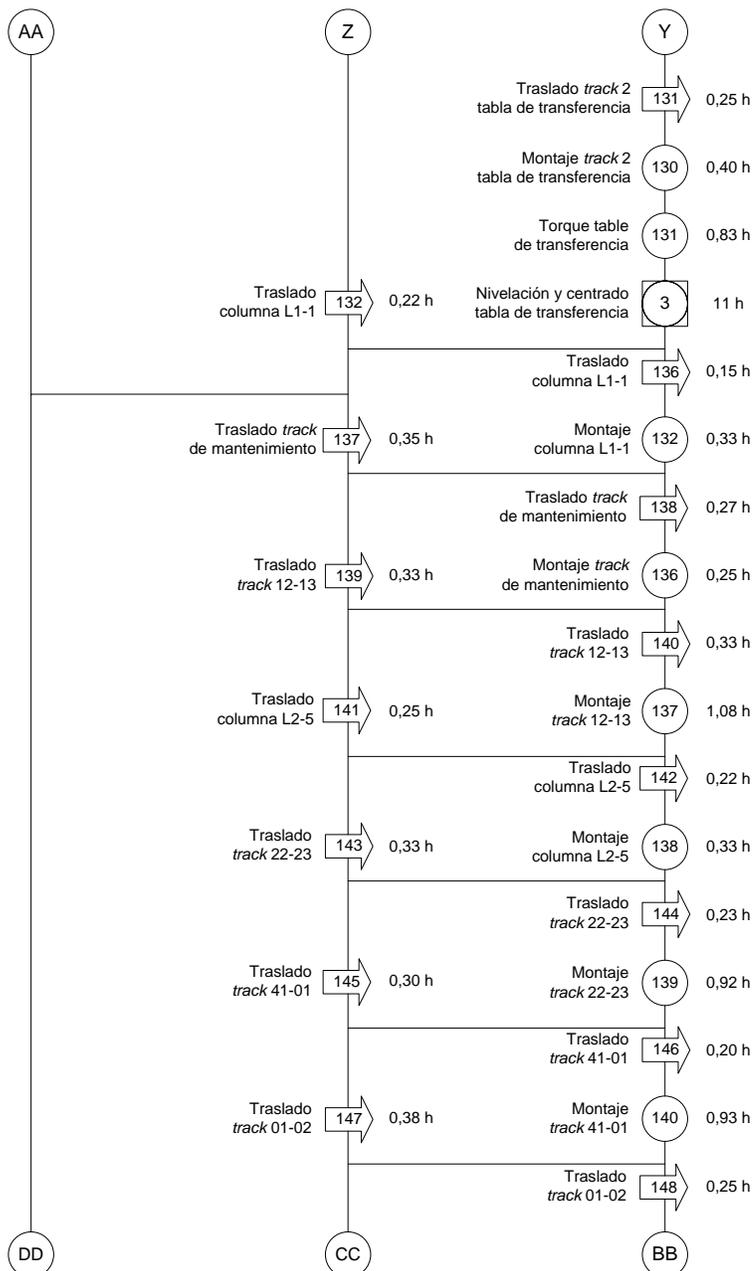
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 5

Asunto: Montaje estructural e instalación

Identificación: Motocoaster

Fecha: 25 de enero de 2010

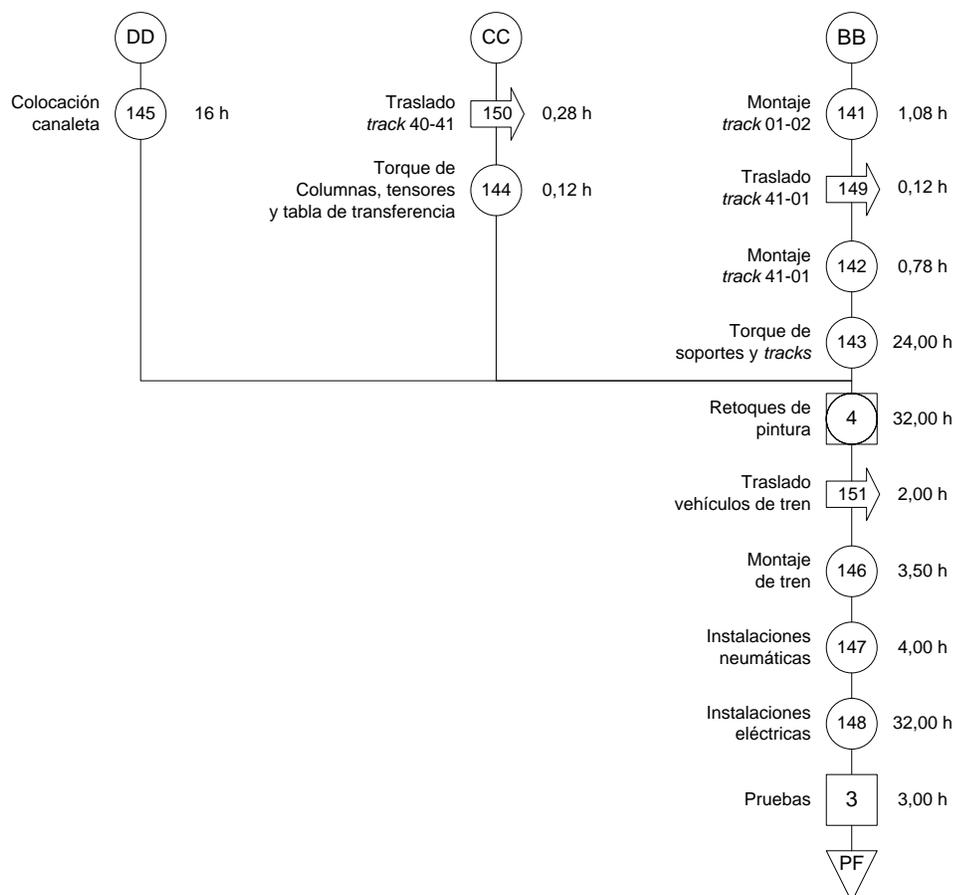
Inicia: patio de acopio

Página: 11 de 11

Método: actual

Analista: Daniel Mazariegos

Finaliza: posición fija



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio.

Tabla III. **Resumen de cantidades y tiempos Motocoaster**

No.	Símbolo	Cantidad	Sumatoria
1		149	388,40
2		151	69,29
3		4	4,57
4		3	46,98
5		5	4,47

TOTAL = 513,71 horas

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

-  149 Operaciones suman 388 horas con 24 minutos
-  151 Transportes suman 69 horas con 18 minutos
-  4 Inspecciones con operación suman 4 horas con 34 minutos
-  3 Inspecciones suman 46 horas con 59 minutos
-  5 Demoras suman 4 horas con 28 minutos

Figura 6. Diagrama de flujo – Drop Tower

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 1 de 3

Identificación: Drop Tower

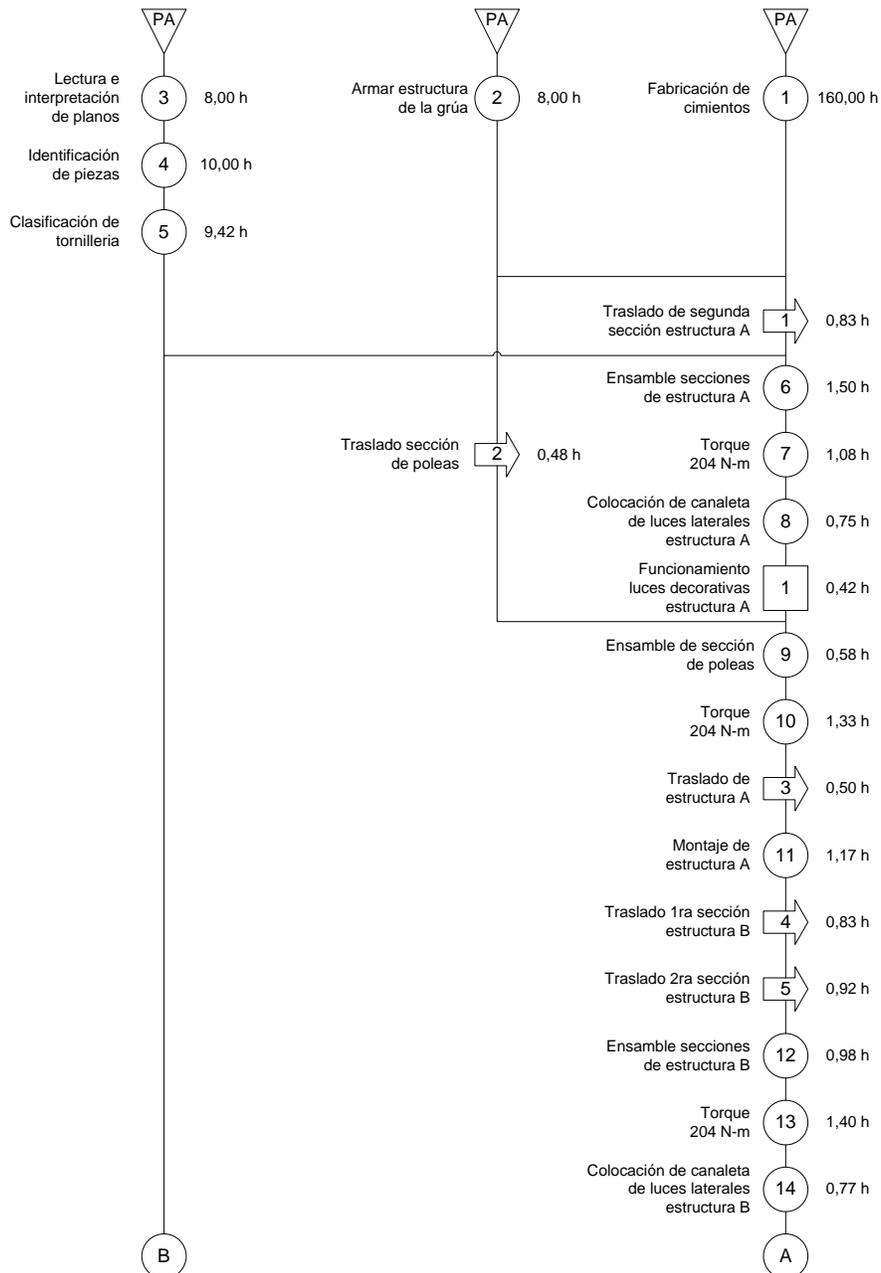
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 6

Asunto: Montaje estructural e instalación

Identificación: Drop Tower

Fecha: 25 de enero de 2010

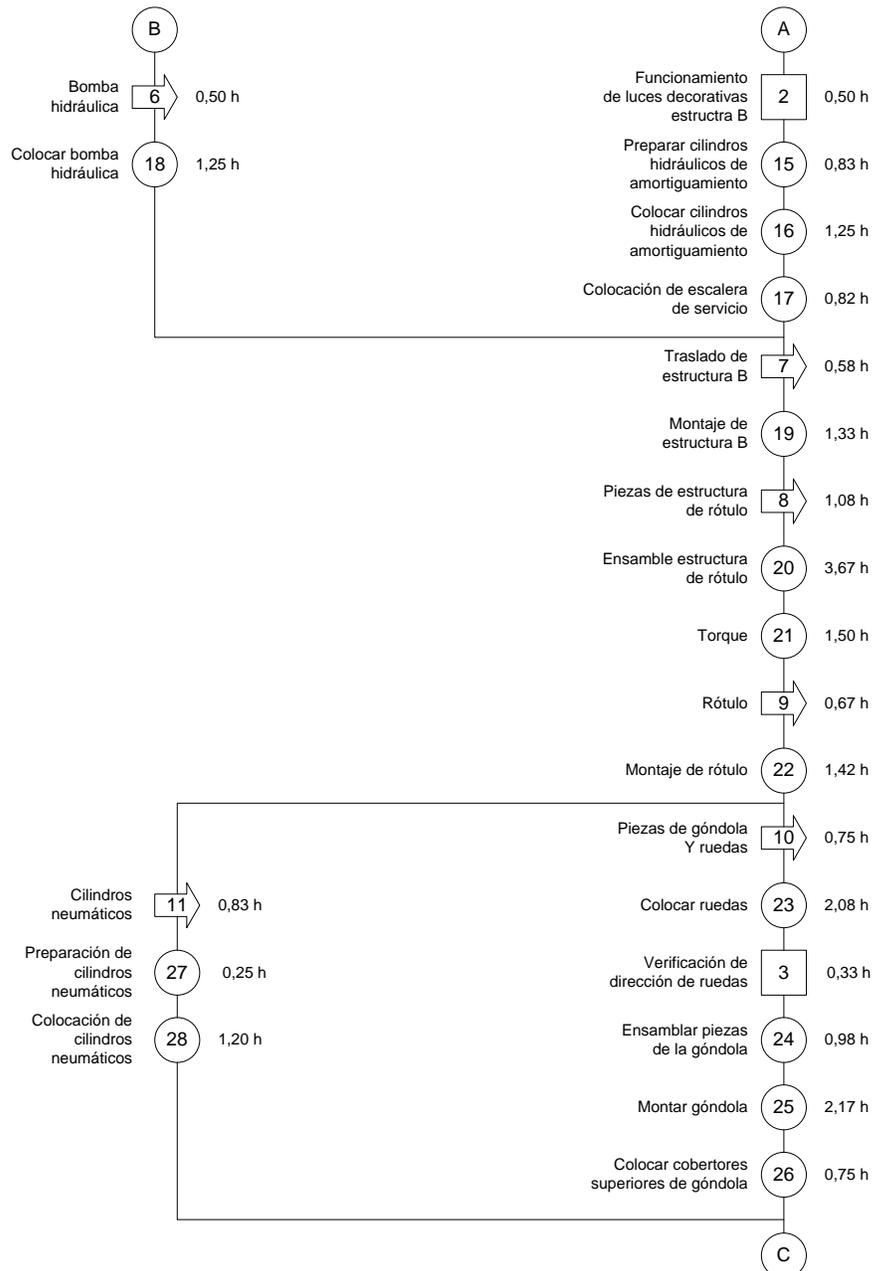
Inicia: patio de acopio

Página: 2 de 3

Método: actual

Analista: Daniel Mazariegos

Finaliza: posición fija



Continuación de la figura 6

Asunto: Montaje estructural e instalación

Página: 3 de 3

Identificación: Drop Tower

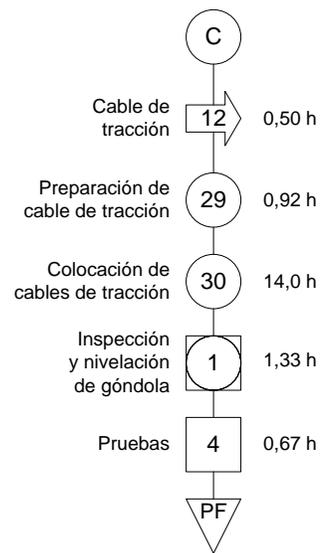
Método: actual

Fecha: 25 de enero de 2010

Analista: Daniel Mazariegos

Inicia: patio de acopio

Finaliza: posición fija



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio.

Tabla IV. **Resumen de cantidades y tiempos Drop Tower**

No.	Símbolo	Cantidad	Sumatoria (Horas)
1	○	30	238,52
2	→	12	8,47
3	◻	1	1,92
4	◻	4	1,33

TOTAL = 250,24 horas

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

2.2. Tiempo estimado para el montaje

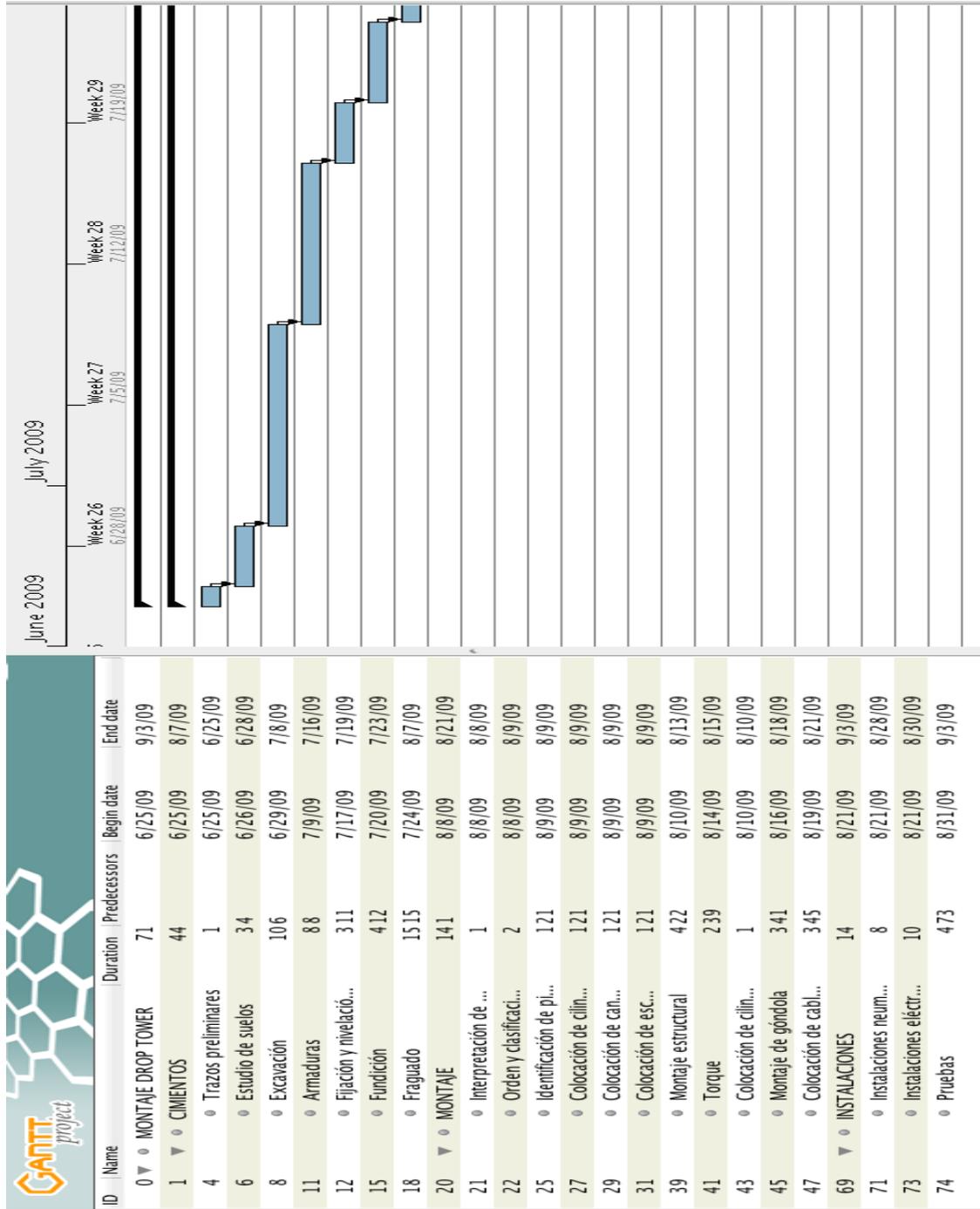
Como en todo proyecto el tiempo es un factor determinante, es considerado como una restricción de proyectos junto con el costo y el alcance, también se conoce como el triángulo de la gestión de proyectos donde cada lado representa una restricción y un lado del triángulo no puede ser modificado sin impactar a los otros.

La frase el tiempo es oro es muy acertada ya que en cada proyecto existe un tiempo en donde el costo es óptimo, este tiempo y la forma para alcanzarlo, es lo que se persigue para utilizar eficientemente los recursos. Cuando se habla de la manera de alcanzar el tiempo óptimo es imposible omitir el tema de la secuencia general a seguir, dicho de otra manera se debe establecer la ruta crítica, que es un proceso administrativo de todas y cada una de las actividades de un proyecto que debe desarrollarse durante un tiempo crítico y al costo óptimo.

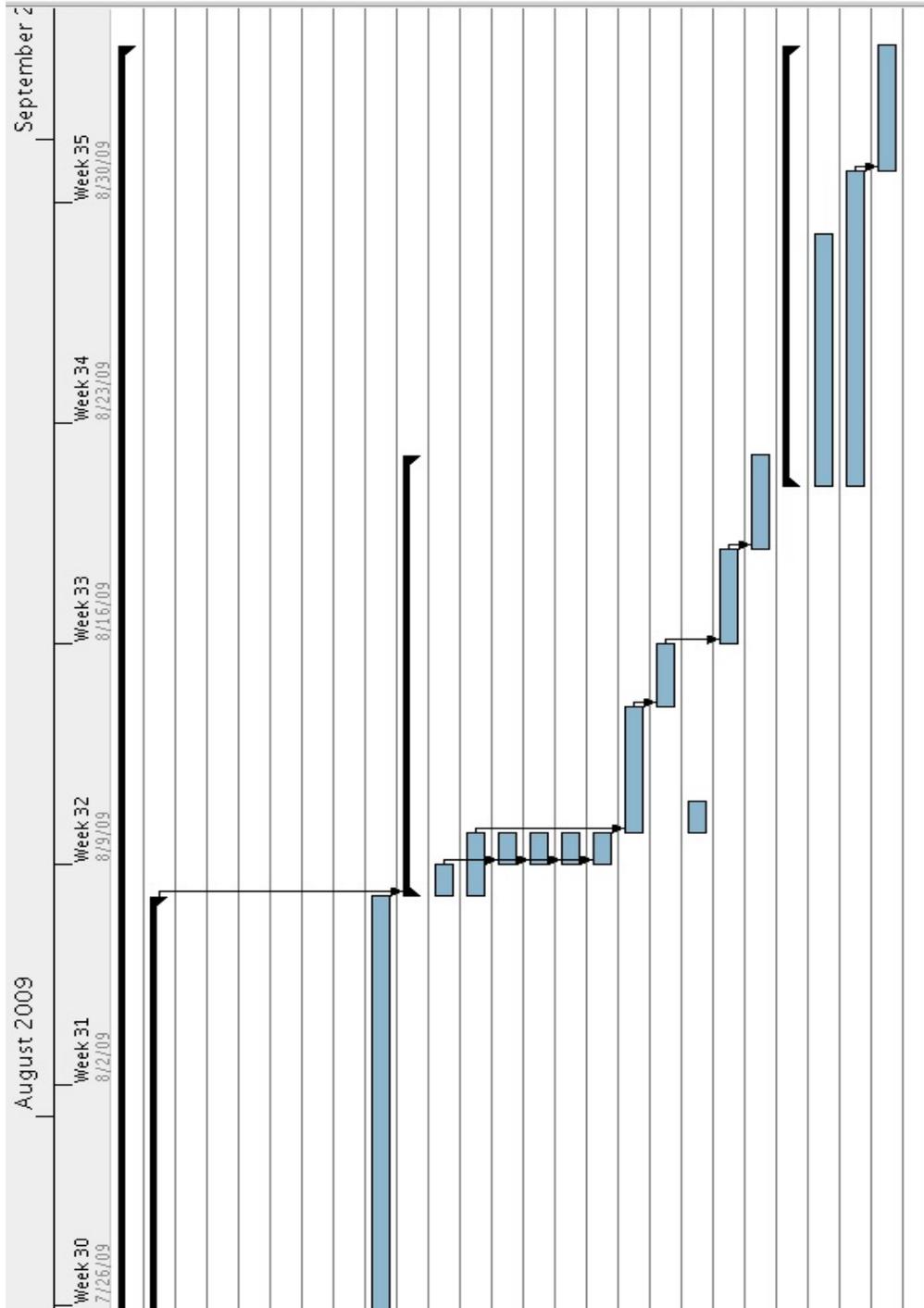
Debe considerarse el factor climático ya que puede afectar la continuidad del proyecto y la planeación de la secuencia de actividades, principalmente la lluvia que hace resbaladizas las superficies y limita la visibilidad.

Un beneficio primordial que brinda el método es que resume en un sólo documento la imagen general de todo el proyecto, lo que ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de actividades, facilitar abastecimientos ordenados y oportunos; en general, logra que el proyecto se lleve a cabo con un mínimo de tropiezos, esto es la secuencia de actividades que componen el proyecto. Es recomendable elaborar un diagrama de Gantt en el que se describen las precedencias y el tiempo de cada actividad.

Figura 7. Diagrama de Gantt atracción Drop Tower

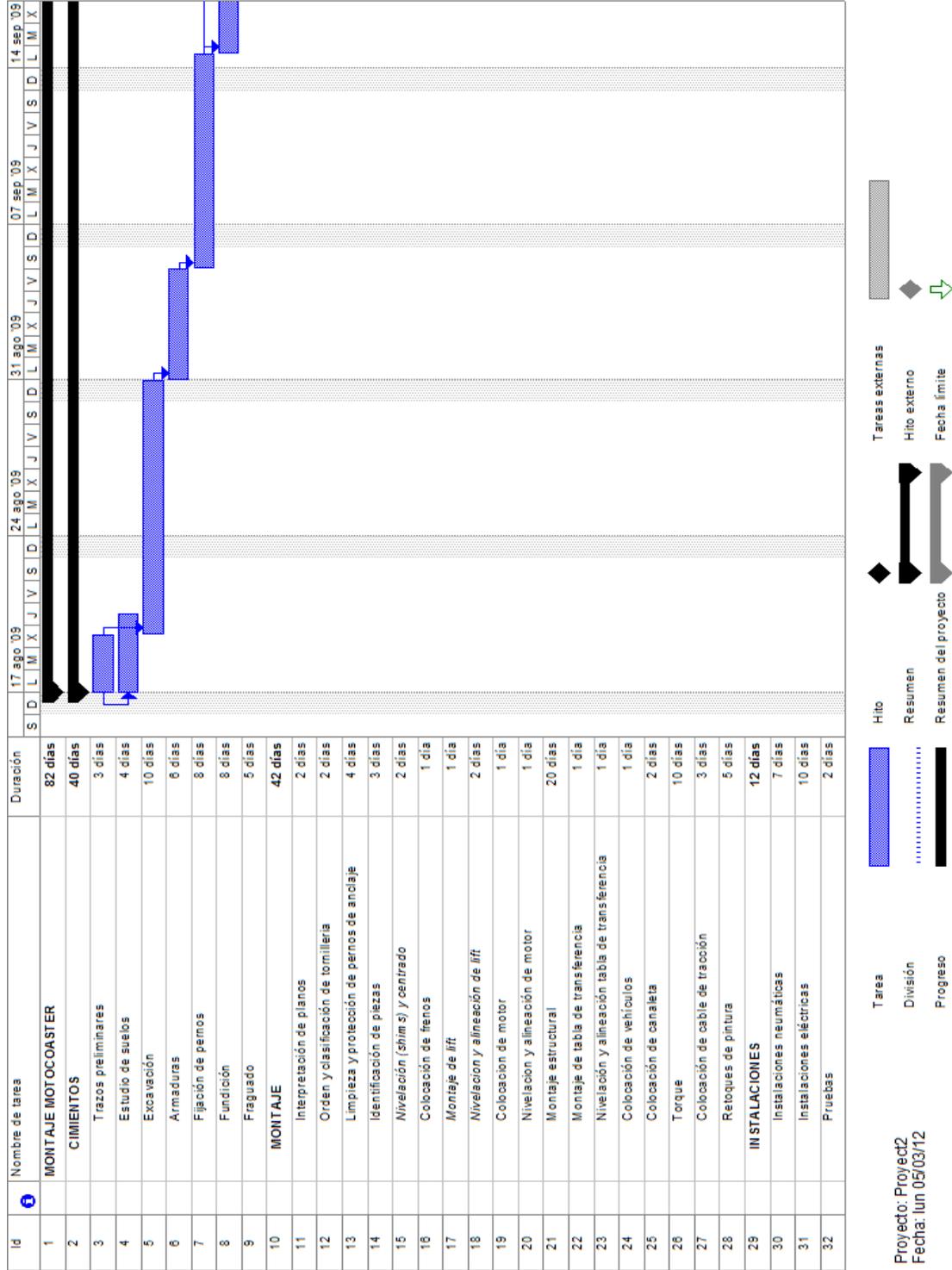


Continuación de la figura 7.

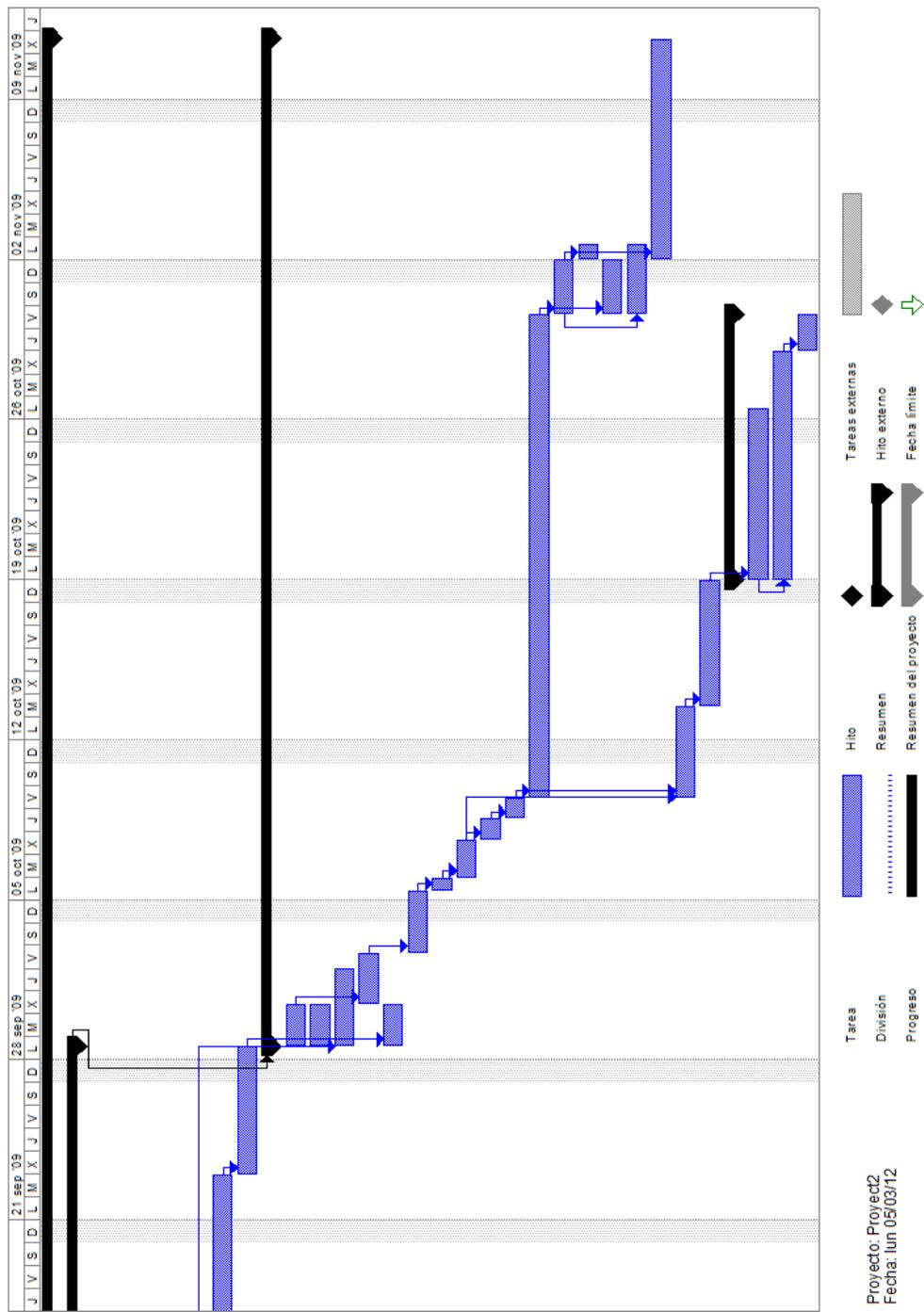


Fuente: elaboración propia, con Microsoft Project.

Figura 8. Diagrama de Gantt atracción Motocoaster



Continuación de la figura 8.



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Project.

2.3. Descripción de los juegos y sus partes más importantes

El área de remodelación contará con nueve atracciones nuevas para el entretenimiento, recreación y diversión de toda la familia. Este trabajo se enfoca en dos atracciones que tienen formas particulares de montajes y con los que se pueden ejemplificar algunas diferencias significativas para los procesos. La primera es la torre más alta del parque recreativo y se necesita una grúa de 200 toneladas para el montaje, es necesario armarla en el lugar en que se utilizará ya que su pluma se compone de dos estructuras metálicas que unidas entre si alcanzan aproximadamente 60 metros de alto, es poco utilizada en el país.

La segunda atracción consta de casi 80 columnas más otras 41 estructuras llamadas *tracks* o rieles por donde viaja el tren de la montaña rusa, esta montaña rusa tiene la particularidad que su estructura está dividida en grupos de columnas, lo cual facilita el proceso del montaje estructural en relación al tiempo y cantidad de movimientos de grúa necesarios, debido a la gran cantidad de piezas que se pueden preensamblar y al mismo tiempo exige adecuada identificación y preensamble de piezas, principalmente la dirección de los tensores o brazesy la dirección de los soportes para los rieles.

Atracción 1: Motocoaster

Los pasajeros sentados en parejas cada uno con su motocicleta formando un tren de 12 motos, por un total de dos trenes, podrán experimentar todas las emociones, riesgos y sensaciones extremas de las carreras en motocicletas de competencias. El mecanismo de propulsión los lanza a una velocidad de 0 a 60 kilómetros por hora (0-37 millas por hora o 16,67 metros por segundo) en menos de 2 segundos en sentido horario, este mecanismo se ejercita gracias a un volante de inercia y a un sistema de embrague.

En el recorrido a toda velocidad los trenes ascienden virando velozmente hasta alcanzar una altura de más de 14 metros (43 pies). Después realizan una serie de curvas y virajes de 65 grados hasta un total de 8 maniobras. En los dos trenes de la montaña rusa pueden montar hasta 24 pasajeros sujetos por medio de un innovador cierre de seguridad situado en la parte posterior del asiento que proporciona *confort* y libertad de movimientos. El recorrido del tren es de 364 metros (1 195 pies) que se realiza en 38 segundos, por lo tanto, tiene la capacidad de realizar 27 ciclos por hora y puede ser montado en un espacio compacto de 48,5 metros de largo por 21 metros de ancho (159 x 68 pies).

También está dotado de un riel de mantenimiento conmutador, el control de velocidad de ciclos se realiza con la ayuda de un PLC Allen Bradley y la colaboración de sensores en diferentes puntos del recorrido, también cuenta con un variador de velocidad. Ofrece bajo nivel de ruido y por seguridad de los usuarios tiene restricciones de alturas, 120 centímetros la mínima y 200 centímetros la máxima.

Figura 9. **Motocoaster**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Atracción 2: Drop Tower

La torre más alta del parque y del proveedor de las atracciones mide 53 metros de alto, tiene una capacidad de 18 asientos. El ciclo inicia con un disparo a máxima aceleración hacia arriba de 22 metros sobre segundo cuadrado, una vez que los pasajeros alcanzan los 44 metros de altura, se quedan suspendidos en lo alto de la torre. Disparo con máxima aceleración hacia abajo que alcanza 8,5 metros sobre segundo cuadrado. La aceleración que podrán experimentar los pasajeros durante los varios saltos es de 24 metros sobre segundo cuadrado.

Este ciclo se realiza gracias a un mecanismo de cables metálicos controlados por dos cilindros neumáticos, cada uno con la capacidad de sostener el peso de la plataforma con 18 pasajeros. El dispositivo neumático está compuesto por dos compresores y por un grupo de tanques situados lejos de la torre. El sistema de subida y bajada funciona por un mecanismo de válvulas, sensores, cables, poleas dirigidos por un PLC marca Allen Bradley que incluye señales analógicas para controlar las velocidades lo que garantiza un control total de todos los movimientos que realiza el vehículo.

Cada asiento está equipado de dos dispositivos individuales de sujeción. El primero es de tipo neumático, consiste en una barra de acero recubierta de gomaespuma que protege al pasajero desde la espalda hasta la parte anterior del tórax, siendo al mismo tiempo seguro y confortable. El segundo es manual, es un cinturón colocado delante de cada pasajero parecido a los cinturones de seguridad con que cuentan los vehículos. La atracción también exige, para asegurar seguridad de los usuarios, que deben tener una estatura mínima de 132 centímetros.

Figura 10. **Drop Tower**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

2.3.1. **Peso total de cada juego**

En los procesos de montaje el tiempo se calcula en función del peso estructural, por esta razón, se considera un dato de importancia para la planificación del trabajo. Para el proceso de soldadura también es útil ya que de él se puede obtener el tiempo y el costo total de la misma.

Tabla V. **Peso de cada juego**

Atracción	Peso total de la estructura
Atracción 1: Drop Tower	54 000 kg
Atracción 2: Motocoaster	188 300 kg

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

2.3.2. Área total de cada juego

Es importante conocer las dimensiones de la atracción, equipo o estructura como parte de la preparación del montaje para utilizar el terreno de la mejor manera posible y distribuir las atracciones dentro del parque de forma que se pueda optimizar el uso del espacio físico disponible.

Tabla VI. Área total de cada juego

Atracción	Área total
Atracción 1: <i>Drop Tower</i>	8m x 8m = 64 m ²
Atracción 2: <i>Motocoaster</i>	48,5m x 21m = 1018,50 m ²

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

✧ Dimensiones

Atracción 1: Motocoaster

En comparación con otras montañas rusas, esta tiene la particularidad que se puede montar en espacio reducido y compacto. Cabe mencionar que el espacio volumétrico de esta atracción ha sido correctamente utilizado por los diseñadores ya que las columnas no interrumpen el recorrido del tren y cuenta con 8 vueltas en 13 metros de altura disponibles.

- ✧ Largo: 48,5 metros (159 pies)
- ✧ Ancho: 21 metros (68 pies)
- ✧ Altura máxima: 13 metros (42 pies)

Atracción 2: Drop Tower

El área total necesaria para la instalación de esta atracción es bastante pequeña. El área total necesaria es de 49 metros cuadrados para la construcción de cimientos.

- ✧ Largo: 7 metros (26 pies con 25 pulgadas)
- ✧ Ancho: 7 metros (26 pies con 25 pulgadas)
- ✧ Alto: 53 metros (173 pies con 88 pulgadas)

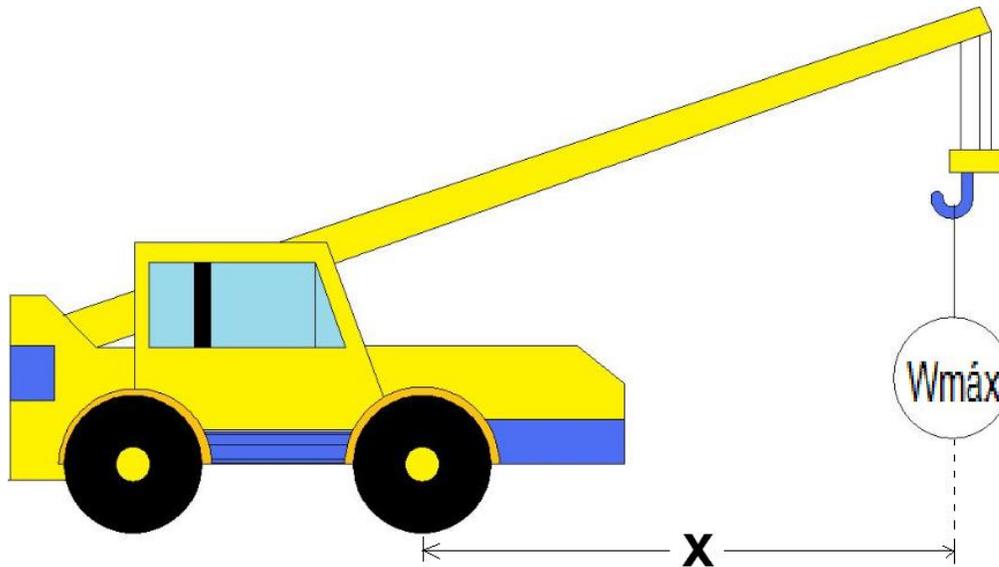
2.3.3. Peso máximo a levantar

Es necesario conocer este dato con anticipación ya que se considera uno de los más importantes para adquirir los servicios de la grúa adecuada para realizar el montaje.

El tipo de grúa que se utiliza es la llamada grúa todo terreno o camión-grúa, por lo tanto, también es necesario conocer la distancia máxima a la cual la grúa tendrá que sostener la pieza o estructura preensamblada de mayor peso desde su eje de rotación y de esta manera calcular el momento total ejercido sobre la grúa para evitar paros no programados debido a que existen piezas que la grúa sea incapaz de levantar o algo más grave como puede ser un accidente que involucre vidas humanas o el volteo de la grúa.

Lo anterior es mencionado con el objetivo de advertir a los profesionales a cargo acerca de la importancia de estos datos para permitir que el proceso sea lo más continuo posible y proporcionar la maquinaria de acuerdo a las necesidades.

Figura 11. **Momento ejercido sobre la grúa por una carga dada**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft PowerPoint.

El momento ejercido sobre la grúa es el resultado de la multiplicación del valor de la carga máxima a levantar por la distancia medida desde el eje de rotación de la grúa hasta el lugar definitivo del montaje. Además es necesario considerar la altura a la cual se debe elevar la pluma de la grúa debido a construcciones u obstáculos que puedan existir en medio del lugar definitivo del montaje de las piezas. Estos detalles se pueden apreciar en la sección de capacidad de levante de este capítulo. Por lo tanto, se determina que la fórmula a utilizar para el cálculo está dada de la siguiente manera:

$$M = W_{\text{máx}} * X$$

M: es el momento ejercido por carga sobre la grúa

$W_{\text{máx}}$: es el peso neto de la pieza o estructura en cuestión

X: es la distancia medida desde el eje delantero hasta el centro de carga

2.3.4. Material de las piezas

Cuando una carga se aplica en un período relativamente corto recibe el nombre de carga dinámica, este es el tipo de carga que soportan las estructuras de los juegos mecánicos de los parques de diversiones. Las cargas dinámicas producidas por el impacto de un cuerpo en movimiento pueden originar en la estructura o en parte de ella efectos vibratorios. Si la carga dinámica se repite en forma periódica y su frecuencia coincide con el período de vibración del elemento, este puede entrar en resonancia.

Cuando esto ocurre se originan deformaciones tan grandes que conducen al colapso de la estructura, estos efectos son los que se deben evitar con el adecuado diseño, montaje y alineación de los juegos, parte del diseño incluye la selección del material que se va a utilizar para soportar las cargas dinámicas, la velocidad de operación y la fatiga que estas puedan ocasionar.

En conclusión el material que mejor se ajusta a estas características es el acero. Pero se deben tomar en cuenta tres factores más que intervienen en la vida útil de este material, los cuales son: diseño, tratamientos superficiales y endurecimiento superficial.

- ☆ El diseño: tiene una gran influencia en la rotura de fatiga, cualquier discontinuidad geométrica actúa como concentradora de tensiones y es por donde puede presentarse la grieta de fatiga. Cuanto más aguda es la discontinuidad, más severa es la concentración de tensiones. La probabilidad de rotura por fatiga puede ser reducida evitando estas irregularidades estructurales, es decir, realizando modificaciones en el diseño, eliminando cambios bruscos en el contorno, exigiendo superficies redondeadas con radios de curvatura grandes.

- ☆ Tratamientos superficiales: en las operaciones de mecanizado, se producen pequeñas rayas en la superficie de la pieza por acción del corte. Estas marcas limitan la resistencia a la fatiga pues son pequeñas grietas las cuales son mucho más fáciles de aumentar. Mejorando el acabado superficial mediante pulido aumenta la vida a fatiga del material.

- ☆ Endurecimiento superficial o tratamiento térmico: es una técnica de variaciones de temperatura por la cual se aumenta significativamente la dureza superficial, tenacidad y resistencia mecánica del acero. Es posible afectar también la composición química de la capa superficial para aumentar la vida a fatiga, agregando ciertos materiales hasta la profundidad determinada se obtienen aceros aleados, aceros que son más duros, con núcleo tenaz, menor rozamiento y mayor resistencia a fatiga y corrosión.

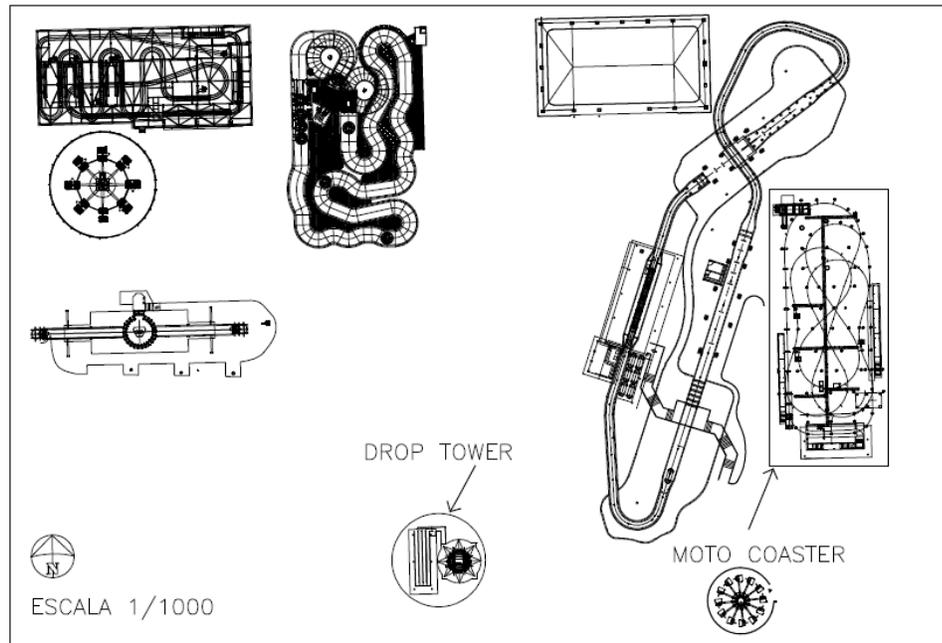
La mejora en las propiedades de fatiga proviene del aumento de dureza dentro de la capa, así como, de las tensiones residuales de compresión que se originan en el proceso de cementación y nitruración.

2.4. Distribución de los juegos en el área de ampliación

Para la distribución de las atracciones en el terreno disponible es necesario tomar en cuenta el área que utilizará cada una en funcionamiento, las dimensiones y definir la orientación con el objetivo de distribuirlas de forma tal, que el terreno se pueda aprovechar de la mejor forma posible y que sea agradable y seguro para el usuario.

También es importante dejar previstos los ingresos de grúas para el mantenimiento con calles reforzadas para soportar el peso de la maquinaria.

Figura 12. **Distribución de los juegos en el área de remodelación**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

2.5. **Recepción y descarga**

En el momento de realizar la recepción y descarga se debe seguir el protocolo de administración establecido por la organización para verificar si lo recibido físicamente concuerda con la lista de despacho, se debe considerar el peso máximo a descargar para prever el arrendamiento de una grúa que cuente con la capacidad y especificaciones necesarias. Es importante que el ingeniero o profesional encargado del montaje se encuentre presente durante la descarga para colocar las piezas en lugares adecuados, en la forma correcta para evitar accidentes y con el orden en que se realizará el montaje, evitando pérdidas de tiempo que se deban a movimientos innecesarios durante el proceso.

Es imposible realizar el proceso de montaje a prueba y error, si se colocan las piezas equivocadamente, se aumenta el tiempo y el costo de ejecución del proyecto, por lo tanto, antes de colocar cada elemento en su lugar el equipo debe asegurarse de la posición correspondiente a cada uno de ellos y la mejor forma es la identificación, al mismo tiempo, esta identificación facilita el proceso de montaje principalmente cuando son una gran cantidad de piezas parecidas entre ellas, ayuda a disminuir el tiempo requerido para el prearmado, debido a las razones anteriormente expuestas, la identificación debe realizarse cuidadosa y visiblemente con el objetivo de facilitar la localización y se realiza tanto físicamente como en el juego de planos para ayudar también en la interpretación de los mismos.

Cabe mencionar que en la recepción y descarga se debe prestar atención especial en el manejo de las piezas y colocar bases para protegerlas, se considera a la madera como un material adecuado para tal efecto, si deben permanecer un tiempo considerable en el patio de acopio es recomendable protegerlas del ambiente y tomar medidas de seguridad, así como, disponer de un lugar amplio o bodega de fácil acceso y con mobiliario adecuado para evitar extravíos de las piezas, equipos y componentes eléctricos, neumáticos e hidráulicos como tableros de mando, transformadores, luces, tableros eléctricos, carretes de cable, compresores, acumuladores, bombas, motores, etcétera.

2.6. Patio de acopio de piezas y estructuras

La condición ideal se da cuando al momento de realizar el montaje ingresan los contenedores al lugar con todos los elementos necesarios y que estos lleguen de forma ordenada y con cada pieza colocada de tal forma que se puedan extraer del contenedor y proceder a colocarla en su lugar definitivo.

El justo a tiempo en un proyecto de montaje disminuiría el costo de arrendamiento de maquinaria, se omitiría movimientos con la grúa, no existirían costos por almacenamiento, esta es una condición ideal muy difícil de alcanzar, por lo tanto, se requiere de un lugar físico en donde se puedan almacenar todos los elementos provisionalmente, debe ser un espacio lo suficientemente grande como para realizar movimientos y permitir realizar maniobras de las grúas libremente y con el mínimo de riesgos. En este lugar se colocan cuidadosamente las piezas ordenadas y de acuerdo con el flujo del proceso, es recomendable colocar trozos de madera para protegerlas de cualquier daño o deterioro que le pueda ocasionar la tierra, el agua o cualquier otro agente.

Figura 13. **Patio de acopio**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

2.7. Análisis de ejecución

Para llevar a cabo el proceso de montaje con éxito y cumplir con la fecha programada es necesario contar con recursos indispensables para tal propósito tales como herramientas, equipos, insumos, un análisis del espacio disponible para maniobrar las grúas y la ubicación de las mismas, así como, el recurso humano que es considerado el elemento más importante para la implementación de los proyectos y realización de la mayoría de actividades productivas. La información del peso máximo a levantar, el tiempo en que se desea entregar el proyecto, las medidas de la tornillería, etcétera. Es de vital importancia para realizar este análisis.

2.7.1. Análisis de recurso humano

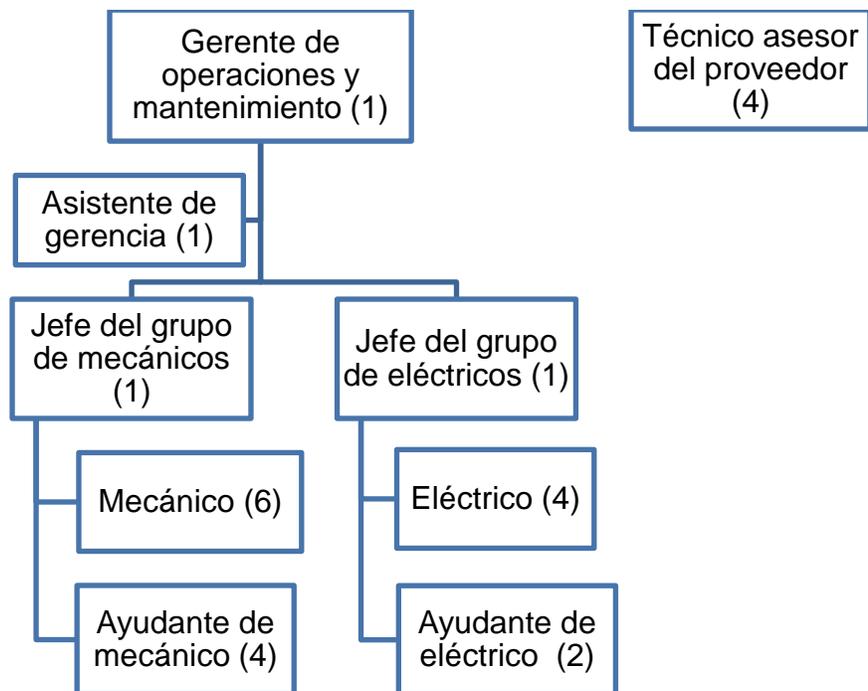
En esta etapa de planificación ya deberán estar planteados de forma tentativa los plazos de entrega y requerimientos generales.

Con el fin de pronosticar la cantidad más adecuada de futuros colaboradores, se hace énfasis en la palabra pronosticar ya que cada proyecto de montaje es único debido a su gran tamaño, es difícil calcular con exactitud una fecha o tiempo de entrega o finalización de la faena, aunque por experiencia del ingeniero encargado del montaje y por datos históricos se hace una aproximación de lo que el proyecto podría durar y con base en este cálculo se procede a contratar al personal, para lo cual, deben estar definidos los puestos de trabajo en cuestión con su descripción de puestos y definir la mejor manera de realizar el proceso de dotación del personal.

Se comienza elaborando el análisis de puestos, que sirve para determinar los deberes y requisitos, así como, aptitudes para ocupar un puesto de trabajo.

En este punto se deben tomar en cuenta los factores como la edad, el sexo, el nivel académico, las condiciones laborales, experiencia, entre otros aspectos importantes para el adecuado desarrollo del puesto. Se establecen los niveles de jerarquía utilizando un organigrama para definir quién reporta a quién.

Figura 14. **Organigrama del montaje**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word.

A continuación se desarrolla el análisis de los puestos de los mecánicos quienes serán los involucrados con el proceso de montaje de forma directa. Juntamente con los supervisores y los ayudantes de mecánicos que forman parte del proyecto o laboran para la empresa en otro parque y brindarán apoyo para el desarrollo del proyecto.

Descripción del puesto – Mecánico

✧ Datos de identificación

Tabla VII. **Datos de identificación del puesto de mecánico**

Nombre del puesto: Mecánico	Número de ocupantes: 6
Departamento: operaciones y mantenimiento	Área: montaje y mantenimiento de juegos mecánicos

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

✧ Propósito principal del puesto:

Realizar labores de montaje e instalaciones mecánicas y neumáticas.

Tabla VIII. **Funciones y criterios de desempeño del puesto**

Funciones de la posición	Criterios de desempeño (es competente cuando...)	Evidencias de actitud
✧ Ensambla piezas estructurales en conjunto con otros miembros	Interpreta los planos y se asegura que todos los elementos de sujeción hayan sido colocados correctamente	Proactivo Sistemático Atención a detalles
✧ Realiza el torque de los elementos de sujeción según especificaciones	Calibra el torquímetro y usa tiempo prudente para el proceso asegurándose que cada elemento sea perfectamente ajustado	Proactivo Ordenado Atención a detalles

Continúa tabla VIII.

☆ Maneja máquinas y equipos necesarios para el montaje	Utiliza la maquinaria y equipo para sus diferentes aplicaciones y los mantiene en buen estado	Responsable
☆ Realiza la distribución y conexión neumática	Interpreta los planos de instalaciones neumáticas y realiza la distribución de forma rápida y ordenada	Sistemático Ordenado Analítico
☆ Colabora con la localización e identificación de las piezas estructurales	Localiza las piezas consecutivas y les coloca identificación sin equivocaciones	Colaborador Proactivo

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

☆ Relaciones del puesto

Tabla IX. **Relaciones del puesto**

Funciones de la posición	Relaciones del puesto (Nombre del cargo, áreas, clientes)
☆ Ensambla piezas estructurales en conjunto con otros miembros del equipo	- Mecánicos - Ayudantes de mecánicos
☆ Realiza el torque de los elementos de sujeción según especificaciones	- Ayudantes de mecánicos - Técnicos asesores - Supervisor

Continuación de la tabla IX.

✧ Maneja máquinas y equipos de montaje	- Mecánicos - Ayudantes de mecánicos
✧ Realiza la distribución y conexión neumática	- Técnicos asesores - Ayudantes de mecánicos
✧ Colabora con la localización e identificación de las piezas estructurales	- Mecánicos - Ayudantes de mecánicos - Supervisores

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

✧ Educación formal requerida

Tabla X. **Educación formal requerida**

Nivel de educación formal	Número de años de estudio	Indique el área de conocimientos formales
Diversificado/Técnico	2 a 3 años	Bachiller Industrial o Mecánico Industrial

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

✧ Destrezas específicas requeridas

Tabla XI. **Destrezas específicas requeridas**

Destrezas específicas	Especifique
✧ Usos y propiedades de elementos de sujeción	Consecuencias, medidas, grados y propiedades mecánicas

Continuación de la tabla XI.

✧ Operar maquinaria y herramienta	Torquimeto, mica, polipasto, amoladora, gato hidráulico, plataforma elevadora, herramienta de banco y arneses
✧ Instalaciones neumáticas e hidráulicas	Uso general del aire y el aceite, conectores y mangueras.

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XII. **Características más relevantes del puesto**

Características más relevantes	Escala
Tipo de riesgo Físico: ruido, vibraciones Exposición a rayos solares. Ergonómico: posturas forzadas, accidente vehicular, otros impactos o golpes al cuerpo, caídas de medianas y grandes alturas	Riesgo bajo Riesgo alto Riesgo moderado
Relaciones interpersonales Formalidad de la comunicación Métodos de comunicación Notas escritas a mano	Medianamente formal Cara a cara Diariamente
Posición del cuerpo: parado Manipulando herramientas/objetos Haciendo movimientos repetitivos	Continuamente Continuamente Continuamente

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

2.7.2. Análisis de recursos técnicos

Esta etapa corresponde a la elección de los equipos y recursos que se utilizarán. Se entiende como recursos técnicos los planos, las herramientas, accesorios y el equipo necesario para el montaje e instalación de las atracciones.

Es necesario contar con todos estos recursos para llevar a cabo una instalación y montaje satisfactorio, con el mínimo de daños posible a las piezas y accesorios, lo que permite mantener los costos lo más aproximado posible al presupuesto.

Es importante observar que todos los datos de herramientas y equipo se obtienen de los planos de las atracciones y las hojas de datos técnicos que proporciona el proveedor de estos juegos, los cuales brindan todos los detalles de accesorios, elementos de sujeción y conexiones.

Dentro de la negociación y al quedar como una condición contractual, el proveedor envía uno o varios técnicos para asesoría y realización de las tareas. Ellos son los encargados de asegurar la calidad en el montaje e instalación, utilizando los accesorios y herramientas adecuadas, principalmente cuando las máquinas son poco comunes y requieren de aseguramiento de la calidad para proporcionar seguridad total al usuario final. Los recursos técnicos varían para cada atracción, el proveedor envía un listado de las herramientas que son necesarias para el montaje. Algunas más comunes se presentan a continuación.

- ☆ Martillos
- ☆ Destornilladores philips y planos

- ✧ Llaves cola corona desde 6 hasta 46 milímetros
- ✧ 1 torque
- ✧ 1 juego de llaves hexagonales
- ✧ 1 juego de llaves Allen
- ✧ 1 máquina soldadora
- ✧ 1 amoladora
- ✧ Barretas
- ✧ Arnese
- ✧ 1 llave ajustable
- ✧ Ratch con extensiones y juego de copas de diferentes medidas
- ✧ Sierras
- ✧ Niveles
- ✧ Barreno

2.7.2.1. Adquisición de herramienta y equipo

Luego de hacer el estudio de las herramientas y equipo necesario, habiendo tomado en cuenta las sugerencias del proveedor, previo a adquirir las herramientas, equipos e insumos que se van a utilizar es importante llevar a cabo un proceso de cotización, no solamente por consideraciones económicas sino también, para elegir la mejor calidad de herramientas, tomando en cuenta la función específica dentro del proceso.

En el caso de los instrumentos de medición también se debe considerar la exactitud de mediciones. Las medidas de las herramientas constituyen un factor fundamental, en el mercado guatemalteco se manejan los juegos de herramientas con medidas en Sistema Internacional y también en Sistema Inglés. Para este caso, debido a que el proveedor es europeo deben utilizarse mayormente medidas en milímetros ya que así lo exigen las normas europeas.

2.7.3. Análisis de maniobras

Debe analizarse cuidadosamente el sitio del montaje para el posicionamiento de las grúas, especialmente cuando el espacio es reducido y hace más complicado el uso de la maquinaria. Haciendo énfasis en la seguridad tanto del operador, como de los trabajadores del proyecto.

La grúa realiza una serie de maniobras con cada movimiento, debe girar, extender y contraer la pluma, subir y bajar el cable, mover horizontalmente, etcétera, por lo tanto, es importante considerar además del peso máximo a elevar, la posición, la forma en que se trasladarán las piezas, la altura de los obstáculos que podrían interrumpir la continuidad del traslado de los elementos ya que mientras más alto sea el obstáculo, será mayor la cantidad de tiempo que se utilizará, este tiempo va a ser directamente proporcional a la distancia que deba recorrer la pieza pendiendo de la pluma de la grúa.

2.7.3.1. Radios de giro

La longitud de la pluma no es el radio de giro máximo de la grúa como se podría pensar ya que esta longitud se puede alcanzar únicamente si la pluma no tiene ninguna carga pendiendo de su gancho. El radio de operación se define como la distancia horizontal desde el eje de rotación hasta la longitud máxima que se pueda extender la pluma con determinada carga sin riesgos de volteo o accidentes, este radio de operación está en función de la carga a trasladar, debido al mismo principio de operación del momento ejercido por la carga sobre la pluma. Por lo tanto, el radio de giro de las grúa no es un dato constante.

2.7.3.2. Ubicación de la maquinaria

En algunas ocasiones los radios de giro se ven afectados por la ubicación, por ejemplo, cuando la grúa debe ubicarse muy cerca de un muro o sección estructural con el objetivo de contar con mayor alcance para colocación de las piezas, la parte trasera de la cabina estaría propensa a colisionar contra el muro cuando sea necesario girar más de 90 o 180 grados, esto disminuye el espacio disponible para preparación de la siguiente pieza o estructura a colocar, en este caso, la cabina y por lo tanto, la pluma no podría girar más de los 180 grados.

Figura 15. **Radio de giro interrumpido por sección estructural**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

El otro punto importante en el aspecto de ubicación de las grúas es disminuir la cantidad de movimientos del vehículo, este significa que se debe elegir una ubicación fija, desde la cual, sea posible colocar la mayor cantidad de piezas posible. Cada traslado del vehículo implica demoras en el proceso y se debe incluir el tiempo de nivelación de la grúa.

2.7.3.3. Evitar obstáculos

En caso de ser imposible la ubicación de la grúa en un espacio libre de construcciones, estructuras u objetos que interrumpen el paso de la pieza con la grúa, será necesario definir la forma más fácil y económica de evadirlos, prestando especial importancia a la altura máxima que la grúa es capaz de elevar un objeto sin sobrepasar su capacidad.

2.8. Utilización de las grúas

Sin el uso de grúas, el montaje de los juegos mecánicos se convertiría en una tarea imposible de realizar debido a factores como el peso de las piezas y la altura a la que cada una de ellas debe ser colocada, ayuda también a evitar lesiones debidas a grandes esfuerzos realizados por el personal técnico y operativo o lesiones por esfuerzos repetitivos.

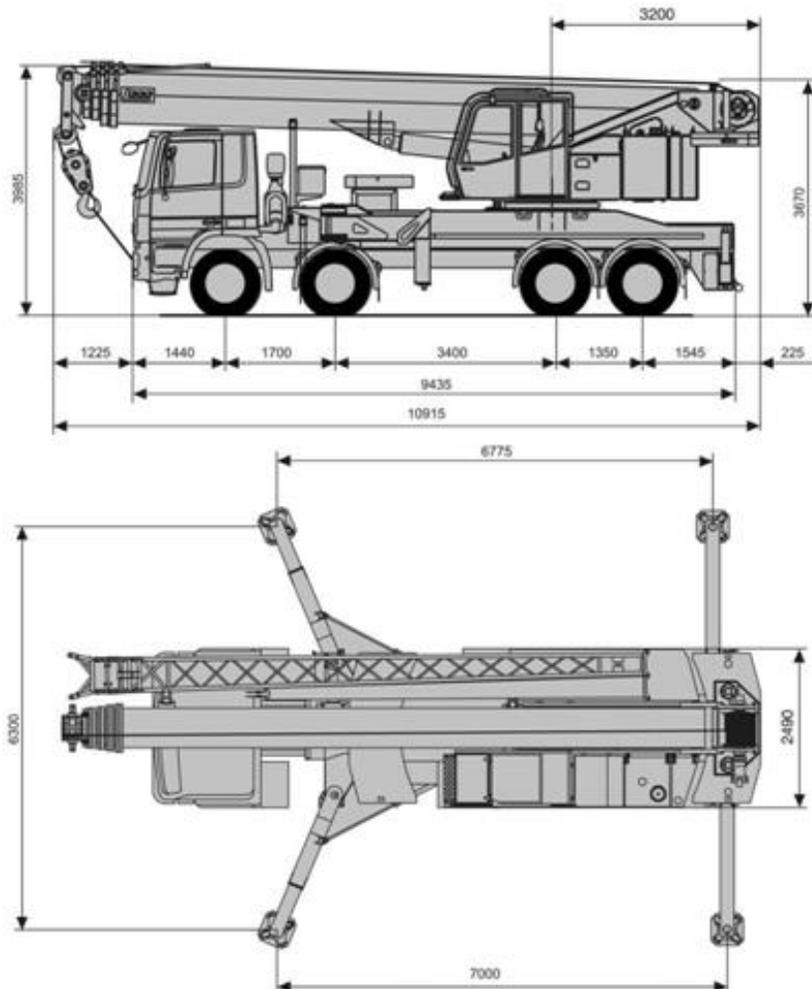
Aunque el uso de grúas facilita el trabajo y agiliza los procesos, requiere cierto nivel de conocimiento para aprovecharlas de una mejor manera y hacer seguro el trabajo en el sentido de evitar accidentes debido a uso inadecuado de la maquinaria.

2.8.1. Especificaciones de grúas para montaje de juegos mecánicos

Estas especificaciones se basan en los datos de dimensiones de los juegos descritas anteriormente, sin embargo, el peso máximo a levantar y la altura máxima, se consideran los datos más importantes para decidir la capacidad de la grúa a utilizar.

En la figura 16 se presenta el esquema de una grúa de 50 toneladas en la posición de traslado de un lugar a otro, es decir, con la pluma contraída y con los estabilizadores extendidos de manera que estén perfectamente alineados y nivelados para empezar a trabajar con cargas. Todas las dimensiones están expresadas en milímetros.

Figura 16. Dimensiones de grúas



*Altura máxima de cabina del camión cargado al suelo: 2960 mm.

Fuente: Manitocow Crane Group. Manual de Grúas GROVE de 50 toneladas. p. 10.

2.8.1.1. Clasificación

Para el montaje de juegos mecánicos se utiliza una grúa telescópica montada sobre camión o camión-grúa: es una grúa montada sobre un camión, lo cual, proporciona movilidad y fácil traslado de un lugar a otro. En general, estas grúas son capaces de viajar en las carreteras, eliminando la necesidad de equipo especial para el transporte de ellas. Cuando se trabaja en el lugar los estabilizadores se extienden horizontalmente desde el chasis y luego se extienden los cilindros de los estabilizadores a nivel vertical para estabilizar la grúa, mientras permanece inmóvil puede realizar los trabajos de elevación de las cargas necesarias.

Las grúas de camión son muy lentas para viajar (a unas pocas millas por hora) mientras que la carga está en suspensión. Se debe tener mucho cuidado de trasladar las cargas en dirección frontal a la grúa y no trasladar las cargas de un lugar a otro utilizando la pluma hacia cualquiera de los lados. La mayoría de las grúas de este tipo también tienen contrapesos como parte del sistema de estabilización y nivelación de los estabilizadores. Las cargas suspendidas directamente de popa son las más estables, ya que la mayor parte del peso de la grúa actúa como un contrapeso.

La tabla de gráficos calculados son más utilizados por los operadores de grúas para determinar las cargas máximas de seguridad para los levantamientos en el trabajo, así como, las cargas y velocidades de viaje. El rango de capacidad de estas grúas es de aproximadamente entre 14,5 y 1 300 toneladas, haciéndose más grande y compleja la grúa de mayor capacidad.

Figura 17. **Grúa montada sobre camión**



Fuente: http://upload.wikimedia.org/Truck_crane.jpg. Consulta: Junio de 2009.

También puede usarse una grúa todo terreno: es una grúa montada sobre un chasis del que se extraen cuatro estabilizadores hidráulicos, está diseñada para operaciones de recogida y acarreo de piezas o estructuras en terrenos accidentados y difíciles de transitar. Los estabilizadores se utilizan para estabilizar el nivel y maximizar la capacidad de carga y la grúa para izar las cargas. Estas grúas telescópicas son máquinas de un solo motor capaz de alimentar el tren de aterrizaje y la grúa.

Figura 18. **Grúa todo terreno**



Fuente: <http://upload.wikimedia.org/5/55/Omega18.jpg>. Consulta: Junio de 2009.

2.8.1.2. Capacidad de levante

Cada grúa cuenta con una tabla de capacidades que está en función de la distancia máxima a la que se debe colocar la pieza, el ángulo de desviación de la pluma con respecto de su eje central horizontal y vertical, el peso máximo que la grúa es capaz de soportar. A continuación se presenta un ejemplo de dicha tabla, la cual se debe respetar para evitar accidentes.

Tabla XIII. **Capacidad de carga de una grúa de 50 toneladas**

SOBRE ESTABILIZADORES TOTALMENTE EXTENDIDO - SOBRE UN LADO								
Radio en	Longitud de la pluma (en pies)							84ft. + 32ft Ext.
Pies	*34	40	44	54	64	74	84	**116
10	100,000(70)	74,000(73)	72,000(76)					
12	90,000 (66.5)	70,000(70)	67,500(73.5)	64,000 (76.5)				
15	72,000 (61)	63,700 (65.5)	61,000(69)	55,000 (73)	44,700 (76)			
20	53,000 (50.5)	52,200(57.5)	49,800(62)	44,000 (67.5)	37,900 (71)	35,000 (74)	31,000 (76.5)	-
25	39,800 (38.5)	39,800(48)	39,800 (54)	36,300 (61.5)	31,900 (66)	29,200 (70)	27,500 (73.5)	17,500 (76.5)
30	27,030 (21.5)	27,030(37.5)	27,030 (45)	27,030 (55.5)	27,030 (60.5)	25,000 (65.5)	23,900 (69.5)	16,600 (75)
35		20,280(23)	20,280 (34.5)	20,280 (48.5)	20,280 (55)	20,280 (61)	20,280 (66)	14,500 (72.5)
40			15,950 (19)	15,950 (41)	15,950 (49)	15,950 (56.5)	15,950 (62)	12,280 (70)
45				12,840 (31.5)	12,840 (42)	12,840 (51.5)	12,840 (58)	11,400 (67)
50				10,640 (17.5)	10,640 (35)	10,640 (46)	10,640 (53.5)	10,200 (64.5)
55					8,800 (26)	8,800 (40.5)	8,800 (49)	9,190 (61.5)
60					7,480 (12.5)	7,480 (34)	7,480 (44)	8,440 (59)
65						6,320 (25.5)	6,320 (38.5)	7,670 (56)
70						5,290 (14)	5,290 (32.5)	6,570 (53)
75							4,310 (25)	5,650 (49.5)
80							3,440 (13.5)	4,810 (46)
85								4,120 (42.5)
90								3,500 (39)
95								2,960 (34.5)
100								2,480 (29.5)
105								2,080 (24)
110								1,710 (16)

Fuente: Manitocow Crane Group. *Manual de Grúas GROVE de 50 toneladas*. p. 10.

La capacidad de carga de la grúa varía dependiendo de la posición de la pluma debido al contrapeso con el que está provista, cuando la pluma está sobre un lado, el contrapeso se encuentra a 90 grados de la carga y por lo tanto no contrarresta la fuerza de volteo que se genera por el momento como cuando la pluma se encuentra hacia el frente o hacia atrás.

Tabla XIV. **Capacidad de carga de una grúa de 50 toneladas con la pluma hacia atrás**

Radio en	SOBRE ESTABILIZADORES TOTALMENTE EXTENDIDO - HACIA ATRÁS							84ft. + 32ft Ext.
	*34	40	44	54	64	74	84	**116
10	100,000(70)	74,000(73)	72,000(76)					
12	90,000 (66.5)	70,000(70)	67,500(73.5)	64,000 (76.5)				
15	72,000 (61)	63,700 (65.5)	61,000(69)	55,000 (73)	44,700 (76)			
20	53,000 (50.5)	52,200(57.5)	49,800(62)	44,000 (67.5)	37,900 (71)	35,000 (74)	31,000 (76.5)	
25	41,000 (38.5)	41,000 (48)	41,000 (54)	36,300 (61.5)	31,900 (66)	29,200 (70)	27,500 (73.5)	17,500 (76.5)
30	29,690 (25.5)	29,690 (37.5)	29,690 (45)	29,690 (55.5)	27,000 (60.5)	25,000 (65.5)	23,900 (69.5)	16,600 (75)
35		22,650 (23)	22,650 (34.5)	22,650 (48.5)	22,650 (55)	21,800 (61)	20,500 (66)	14,500 (72.5)
40			18,090 (19)	18,090 (41)	18,090 (49)	18,090 (56.5)	17,900 (62)	12,280 (70)
45				14,840 (31.5)	14,840 (42)	14,840 (51.5)	14,480 (58)	11,400 (67)
50				12,330 (17.5)	12,330 (35)	12,330 (46)	12,330 (53.5)	10,200 (64.5)
55					10,440 (26)	10,440 (40.5)	10,440 (49)	9,190 (61.5)
60					9,100 (12.5)	9,100 (34)	9,100 (44)	8,440 (59)
65						7,990 (25.5)	7,990 (38.5)	7,670 (56)
70						6,880 (14)	6,880 (32.5)	7,100 (53)
75							5,770 (25)	6,630 (49.5)
80							4,660 (13.5)	6,130 (46)
85								5,360 (42.5)
90								4,630 (39)
95								3,980 (34.5)
100								3,420 (29.5)
105								2,940 (24)
110								2,560 (16)

Fuente: Manitocow Crane Group. *Manual de Grúas GROVE de 50 toneladas.* p. 10.

Nota 1: los números que aparecen al lado de la carga (encerrados en paréntesis) indican los ángulos y son utilizados como referencia únicamente.

Nota 2: las capacidades que aparecen encima de la línea en negrita se basan en resistencia estructural y el resto no debe ser interpretado como una limitación de la capacidad.

* Las capacidades para 34 pies de longitud de la pluma deben ser con el gancho totalmente retraído, de lo contrario la capacidad no será superior a las mostradas para 40 pies de longitud de la pluma. Esto se debe al momento ejercido sobre la estructura de la grúa, el cual varía también en función del brazo, en este caso, la longitud de la pluma extendida.

** El gancho debe estar totalmente extendido cuando se utilizan extensiones.

La siguiente deducción de la capacidad nominal de la pluma principal debe hacerse únicamente si la máquina está equipada de acuerdo con lo siguiente.

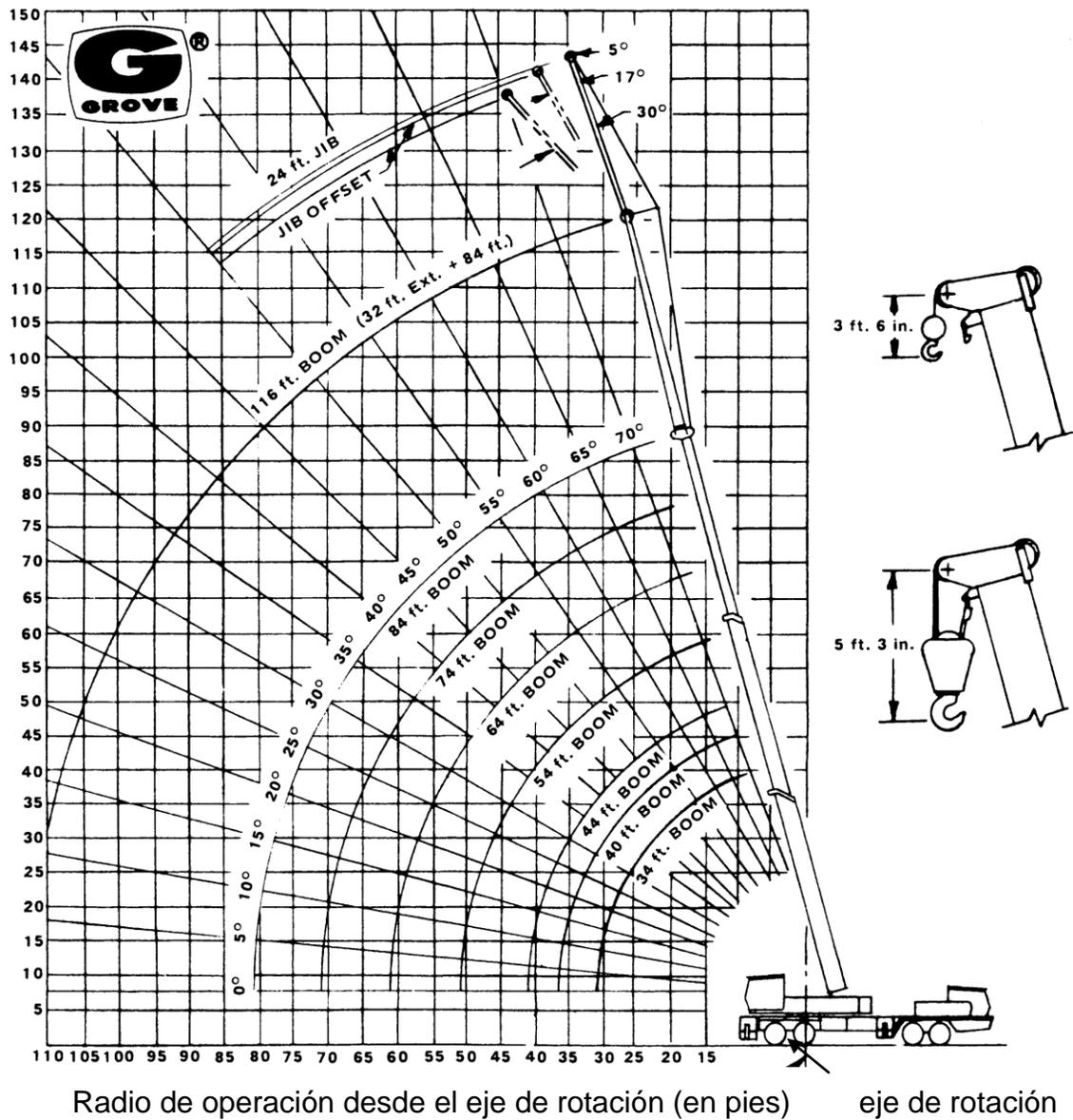
Con 32 pies. Pluma extendida en posición de estiba
290 libras

Con 32 pies. Pluma extendida en posición de operación
2 350 libras

Con 32 pies. Pluma extendida y 23 pies con pluma en posición de operación y elevación de pluma principal
5 825 libras

Elevación de la pluma *versus* radio de operación desde el eje de rotación

Figura 19. Capacidad y radios de operación de una grúa de 50 toneladas



Fuente: Manitocow Crane Group. *Manual de Grúas GROVE de 50 toneladas.* p. 10.

Tabla XV. **Capacidad del JIB de una grúa de 50 toneladas**

Capacidad de JIB en libras - Combinación 24 ft. JIB y 32 ft ext.			
Ángulo pluma principal	Min. 5° <i>offset</i>	17° <i>offset</i>	Máx. 30° <i>offset</i>
76°	6 000	5 200	4 600
70°	4 300	3 940	3 650
65°	3 430	3 200	3 010
60°	2 760	2 600	2 470
55°	2 220	2 110	2 020

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

- ✧ La combinación de extensión del boom (pluma) a 32 pies y 24 pies del Jib (estructura adicional a la pluma) debe ser utilizado por una sola línea de servicio de elevación de la grúa. Las capacidades están basadas en resistencia estructural de la combinación de 24 pies de Jib y 32 pies de boom con un determinado ángulo de la pluma principal, independientemente de la longitud de la pluma.
- ✧ Las capacidades no exceden el 85 % de las cargas típicas como las determinadas en el *test* de acuerdo con la Norma SAE J-765. Este SAE estándar puede ser usado para todas las grúas giratorias en las que la capacidad de la grúa para soportar las cargas se basa en su resistencia al vuelco. El propósito de este ensayo es determinar la capacidad máxima de una grúa para contrarrestar las cargas aplicadas en su bloque de gancho.
- ✧ La elevación hacia el frente de la máquina con 24 pies de Jib está prohibida.

- ✧ Advertencia: la operación de la grúa con cargas que sobrepasan las capacidades enlistadas está estrictamente prohibida. El volteo de la máquina con el uso de Jib ocurre rápidamente y sin advertencia.
- ✧ La longitud máxima total, incluyendo los 32 pies de la extensión del boom para propósitos de elevación a 24 pies. El brazo por debajo de los 10° de elevación hacia atrás o hacia un lado es de 92 pies.
- ✧ Advertencia para uso de la extensión de 24 pies: para la longitud total de la pluma incluyendo la extensión de 32 pies superior a 92 pies. Con los 24 pies del Jib en posición de trabajo, el ángulo de la pluma no debe ser menor a 50 grados ya que causaría la pérdida de estabilidad provocando condición de inflexión.

Notas para capacidades de elevación.

- ✧ Las capacidades de elevación están basadas en cargas suspendidas libremente con la grúa nivelada y colocada en una superficie de soporte firme. La máquina con plataformas o extensiones de patas tipo plataforma con la pluma extendida a su máxima posición y las llantas de la grúa libres de contacto con el suelo para elevar las cargas con el boom extendido. Estas plataformas deben ser capaces de soportar el peso de la grúa y el de las cargas a elevar.
- ✧ La grúa debe ser estabilizada por el usuario, esta estabilización depende de las condiciones en operación, se incluye: la superficie de soporte, el viento y otros factores que afecten, el peligro circundante, la experiencia del personal, la carga, etcétera, no se deben hacer intentos de mover la carga de forma horizontal sobre el suelo en ninguna dirección.

- ☆ El radio de operación es la distancia horizontal desde el eje de rotación.
- ☆ La elevación del caucho depende de la adecuada calibración de aire en las llantas (si lo permite). La velocidad máxima para transportar una carga con el vehículo es de 4 kilómetros por hora, en un terreno firme y nivelado bajo las condiciones especificadas.
- ☆ El Jib puede ser utilizado para elevar la grúa para su servicio, solamente las capacidades del Jib están basadas en la solidez estructural del mismo o en la pluma principal y en el ángulo principal de la pluma.
- ☆ Ninguna operación es aprobada para alguna de las condiciones fuera de las mostradas en esta tabla. El personal asignado no está autorizado para manejar la grúa excepto con el equipo suministrado e instalado por la compañía manufacturera.
- ☆ Para operaciones con cubos de concreto o conchas, el peso del cubo y la carga no debe exceder el 80 % de la capacidad de elevación.
- ☆ Todas las secciones del telescopio del boom o pluma deben ser extendidas de forma igual siempre. La palanca es una condición típica con la pluma extendida y en la posición más baja.
- ☆ La máxima carga que puede ser extendida está limitada por la presión hidráulica, el ángulo de la pluma, la lubricación del boom, etcétera. Es seguro intentar extender cualquier carga dentro de los límites expuestos en el gráfico de capacidades de elevación.

- ✧ Con la pluma asegurada y la combinación del equipo de elevación, las capacidades máximas pueden no ser obtenidas con longitudes estándares de cables.
- ✧ Con la pluma asegurada y las combinaciones de carga, podría no ser posible el aumento de la elevación de la pluma con carga sin el uso de los cilindros.
- ✧ Mantener los dispositivos de manejo de carga a un mínimo de 12 pulgadas por debajo de la cabeza del brazo al bajar o extender la pluma.
- ✧ Si la longitud de la pluma o el radio está debajo de los valores listados en esta tabla, se debe usar la capacidad de elevación para conocer la próxima longitud.
- ✧ Los dispositivos sujetos a la pluma son considerados parte de la carga y lo apropiado o permitido debe ser calculado para los pesos combinados.
- ✧ El uso u operación en exceso de este equipo, el exceso de lo mostrado en este gráfico o hacer caso omiso de las instrucciones es peligroso para la operación e invalida la garantía y responsabilidad de la compañía manufacturera.

2.8.1.3. Costo de arrendamiento

Depende de la capacidad de carga de la grúa a utilizar y se calcula por hora de servicio con base al tiempo determinado de montaje. Regularmente los proveedores del servicio incluyen el costo de transporte.

Para el montaje de la primera atracción se contrato una grúa de 50 toneladas tipo todo terreno. Por lo tanto, se determina que el costo de arrendamiento se distribuye de la siguiente manera:

- ✧ El proveedor cobra Q790, 00 por cada hora de servicio.
- ✧ Se prevé que serán necesarias 200 horas de trabajo con la grúa. Por lo tanto, el costo por la cantidad total de horas es:

$$Q790, 00 * 200 \text{ horas} = Q158 000,00$$

- ✧ A esto se deben sumar Q1 500,00 por concepto de transporte

$$Q158 000,00 + Q1 500,00 = Q159 500,00$$

- ✧ Entonces se obtiene que los costos totales de arrendamiento de las grúas de 50 y 200 toneladas, necesarias para el montaje del Motocoaster (atracción 1) y el Drop Tower (Atracción 2) respectivamente, son como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XVI. **Costo de arrendamiento de grúas para montaje**

Concepto	Grúa 50 ton	Grúa 200 ton
Precio unitario (Q)	Q790,00	Q2 100,00
Cantidad de horas necesarias	200	40
Subtotal	Q158 000,00	Q84 000,00
Costo de movilización	Q1 500,00	Q2 500,00
TOTAL	Q159 500,00	Q86 500,00

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Los costos de arrendamiento incluyen arrendamiento de la grúa como tal, movilización, operador, ayudante, combustible y en el caso de la grúa de 200 toneladas, el armado y desarmado de la grúa en el área de trabajo.

2.8.1.4. Nivelación de la grúa

Como se observa en las recomendaciones de las tablas de capacidades de cada grúa, es necesario asegurarse que la grúa se asiente sobre una base firme para utilizar adecuadamente las capacidades de carga, en muchas ocasiones es necesario utilizar la grúa en terrenos desnivelados o con pendientes, lo que obliga al personal de operación de las grúas a realizar elevaciones del terreno utilizando trozos, tierra, metal o cualquier objeto útil para elaborar una plataforma provisional, la cual sirve para que las patas de la grúa se asienten en terreno firme, adicional a esto, las patas de la grúa funcionan con un sistema hidráulico y de forma independiente, esto permite nivelar la grúa extendiendo una pata más que otra, según sea necesario.

Figura 20. **Nivelación de la grúa**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

2.8.1.5. Equipo de izamiento y medidas de seguridad

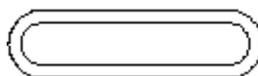
Como se mencionó en el capítulo anterior, regularmente para sostener las cargas al gancho de la grúa no se hace de forma directa sino por medio de fajas llamadas eslingas, las cuales están elaboradas de seda y revestimiento de lona resistente, pueden utilizarse también cables pero son más difíciles de manipular, por el contrario las eslingas son muy flexibles y brindan tres formas básicas de amarrarlas según convenga, como se muestra a continuación.

☆ Amarres

La capacidad de soporte de las eslingas varía por la fabricación, el material, la longitud y también en función de la forma en que estas sean colocadas para sujetar las piezas, la seguridad de funcionamiento de las eslingas no depende de esta forma de colocarlas aunque se debe tener en cuenta el peso de la pieza para calcular si la forma de amarre que se planea utilizar es adecuada y resiste el peso.

- Vertical: deben utilizarse accesorios para cada eslinga llamados chacles que son ganchos en forma de U con un tornillo de seguridad roscado de un lado del gancho. Tiene la capacidad de soportar hasta 13 200 libras.

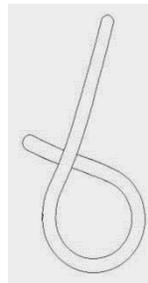
Figura 21. **Amarre vertical de eslinga**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCad.

- Ahorcado: no se necesitan chacles para hacer los amarres, soportan hasta 10 600 libras.

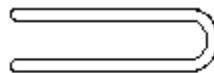
Figura 22. **Amarre en *chocker* de eslinga**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCad.

- Vertical doble: o en forma de U. Se necesita solamente un chacle por cada eslinga y tiene la capacidad de soportar el doble de la carga que soporta la misma eslinga colocada de forma vertical que para este caso son 26 400 libras.

Figura 23. **Amarre en U, de eslinga**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCad.

☆ Ubicación de los amarres en las piezas

El centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas que la gravedad ejercen sobre los diferentes puntos materiales que lo constituyen y producen un momento resultante nulo o igual a cero.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro de la esfera que, obviamente, no pertenece al cuerpo. Todos los objetos sobre el planeta tierra están sujetos a la gravedad y todos tienen un centro de gravedad. Este centro de gravedad depende de la forma del objeto. Por tanto se establece que para elevar una pieza en forma horizontal, se debe colocar el amarre en el eje del centro de gravedad de la misma. Como se observa en la figura 24.

Figura 24. **Ubicación de amarres en las piezas**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Para una pieza de mayor peso, será necesario utilizar dos, tres o cuatro eslingas o amarres, los cuales deben colocarse a la misma distancia del centro de gravedad para ejercer la misma fuerza en ambos lados.

Figura 25. **Ubicación de amarres en piezas de gran tamaño**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Por lo tanto, la ubicación de los amarres depende de la posición en que se necesite colocar la pieza en cuestión, ya que no todas las piezas se colocan en forma recta, ya sea vertical u horizontalmente. Aunque las piezas sean rectas, algunas se colocan inclinadas.

Figura 26. **Ubicación de amarre para colocación de forma inclinada**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Algunas veces se colocan como grupos de piezas previamente armadas. Las cuales tienen un centro de gravedad imaginario, como el caso del triángulo mostrado en la figura 27.

Figura 27. **Ubicación de amarres para centro de gravedad imaginario**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3. PREPARACIÓN PARA EL MONTAJE

Luego de haber planificado todos los detalles del montaje se procede a realizar los primeros trabajos previos al montaje como tal, como la ubicación más apropiada para las grúas, el análisis de todos los recursos que se van a utilizar, etcétera.

Comprende una etapa de estudio, una etapa de abastecimiento y contratación de servicios y una etapa de construcción. Durante el tiempo de ejecución de la faena pueden presentarse algunos inconvenientes, por lo tanto, es necesario que el equipo de montaje esté preparado para resolverlos de la mejor manera posible, la cantidad de inconvenientes probables de ocurrir es muy elevada, puede ocurrir que una pieza no ajuste en su lugar definitivo, que la grúa se averíe, que el personal operativo no responda como el proyecto lo requiere, que las herramientas no sean de la mejor calidad, que no se cuente con los equipos auxiliares necesarios, que los pernos de anclaje estén mal centrados y muchos otros inconvenientes probables.

Es imposible estar preparados para cubrir todos estos contratiempos de forma inmediata debido al costo que involucra contar con un plan de contingencia para cada uno de los posibles contratiempos, por ejemplo, no se puede contratar una segunda grúa en caso de avería o falla de la primera, el proveedor de la maquinaria debe estar consciente de la calidad de servicio que debe prestar para satisfacer las necesidades del montaje. Y como en todo proyecto, se pretende utilizar solamente los recursos necesarios para aumentar la eficiencia.

3.1. Concepción de la idea

Antes de empezar a realizar movimientos en el campo de trabajo es importante tener claro el lugar, la forma y la dirección en donde va colocada cada pieza, para lo cual se debe recopilar la mayor cantidad de información posible. Dentro de esta información se encuentran los planos elaborados por el proveedor, fotografías, videos, información técnica y cualquier otro tipo de información que sea útil para el profesional que supervisa y para los mecánicos.

3.1.1. Interpretación de planos

El dibujo técnico es un lenguaje universal, es el medio más fácil y eficiente al momento de transmitir ideas más exactas de los diseños, medidas y demás especificaciones de proyectos para que otra persona, en algún otro lugar del mundo los interprete y proceda a la construcción, montaje o cualquier otra actividad que sea necesaria y para la cual están elaborados los planos. Tratar de realizar un proyecto de construcción o montaje sin planos es prácticamente imposible, por tal razón debe ser tan preciso como la idea propia.

En los planos se muestra toda la información necesaria para el montaje, como dimensiones, especificaciones de elementos de sujeción, elevaciones, vistas en planta (distribución), secciones, dirección de las piezas, indican también la forma de cómo se ensambla una pieza con otra, las conexiones neumáticas, la distribución de las máquinas cerca de la atracción y todos los detalles para que la ejecución del proyecto sea un éxito.

3.1.2. Material didáctico

Cualquier material didáctico disponible para el equipo es útil para la preparación de la faena, ya sea lectura, fotografías, videos, información técnica y cualquier otro material que ayude al profesional que supervisa y al personal operativo a concebir la idea de la forma final de la atracción es importante para facilitarle el proceso, permite que se agilicen las búsquedas de piezas estructurales y elabora una mejor imagen de la faena en las mentes de los involucrados, contribuye a perfeccionar la visión en las mentes de los encargados del proyecto.

Figura 28. **Se muestra la panorámica estructural**



Fuente: Galería de Fotos <http://www.zamperla.com/en/zamperla-details-moto%20coaster>.
[Consulta: agosto de 2010].

Figura 29. **Se aprecia la colocación del semáforo**



Fuente: Galería de Fotos <http://www.zamperla.com/en/product/93/moto-coaster.html>.
[Consulta: agosto de 2010].

Figura 30. **Se aprecia la colocación de las ruedas**



Fuente: Galería de Fotos <http://www.zamperla.com/en/product/93/moto-coaster.html>.
[Consulta: agosto de 2010].

3.2. Métodos de montaje

En algunas ocasiones la misma faena de montaje se puede llevar a cabo de diferentes maneras, en otras ocasiones el fabricante establece el mejor método de montaje, de cualquier manera el método a seguir depende de la experiencia del profesional a cargo que tome las decisiones de flujo del proceso, este tipo de decisiones repercute en el tiempo total de terminación de la faena o podría decirse que repercute en la eficiencia de la operación.

Cuando se eleva una pieza tomándola desde el punto superior del eje vertical del centro de masa, se provoca un movimiento brusco desde la parte inferior de la pieza, en los casos en que las piezas son demasiado grandes es muy difícil contrarrestar estos movimientos con uso de fuerza humana, por tal motivo se utiliza una grúa de menor capacidad para ayudar a colocarla de forma vertical pendiendo únicamente de la grúa principal. Esta es una recomendación para elevar un tipo de pieza en particular y como ésta, se dan algunas otras diseñadas por el proveedor o el profesional encargado del montaje con el objetivo de hacer más seguros y eficientes los procesos de montaje.

3.3. Herramientas e insumos

Contar con las herramientas adecuadas es importante para el avance y calidad del montaje, con esto se pretende agilizar los procesos y evitar retrasos o demoras, otro beneficio de utilizar las herramientas adecuadas es evitar el deterioro prematuro o daño de las piezas y principalmente de los elementos de sujeción, no obstante, no es suficiente contar con la herramienta adecuada, es necesario asegurarse que el personal que utilizará esta herramienta cuente con capacitación y manejo de los conocimientos de mecánica de banco de forma que la herramienta pueda cumplir con sus funciones y se extienda su vida útil.

En este caso, la empresa fabricante de las atracciones recomienda algunas herramientas que ha considerado que deben adquirirse, de la misma forma adjunta algunas herramientas especiales elaboradas en su fábrica para hacer más sencillas algunas tareas. A continuación se presenta el listado de herramientas para cada juego:

Atracción 1: Motocoaster

- ✧ 1 juego de llaves cola corona.
- ✧ Martillos.
- ✧ Destornilladores Phillips y planos.
- ✧ 1 caja de llaves cola corona desde la 6 hasta la de 46 milímetros.
- ✧ 1 torque desde 180 hasta 800 Nm.
- ✧ 1 torque de hasta 1,500 Nm.
- ✧ 1 juego de llaves hexagonales.
- ✧ 2 plataformas de 15 metros de longitud para trabajar, con capacidad de soportar cargas desde 250 kilogramos.
- ✧ 1 destornillador eléctrico o neumático con extensión de ½”, con reductor de presión y series de copas desde la número 36.
- ✧ Suministro de energía eléctrica 20 kVA.
- ✧ Puntas de metal.

Atracción 2: Drop Tower

- ✧ 1 juego de llaves cola corona.
- ✧ Ratch y juego de copas
- ✧ Martillos.
- ✧ Destornilladores Phillips y planos.
- ✧ 1 llave ajustable de 3”.
- ✧ 1 torque desde 750 hasta 2 000 Nm.
- ✧ 1 juego de llaves Allen.

- ☆ 1 destornillador eléctrico o neumático con extensión de ½”, con reductor de presión y series de copas desde la número 36.
- ☆ Suministro de energía eléctrica 200 kVA.

Insumos: es el conjunto de bienes de consumo empleados durante el proceso de montaje.

- ☆ Wipe: se usa para eliminar el polvo, grasa o cualquier suciedad en las piezas antes de colocarlas en su lugar definitivo.
- ☆ Grasa: se utiliza para aplicar principalmente en los elementos de sujeción, ayuda a que los elementos se acoplen más fácilmente y evita el desgaste prematuro de los elementos.
- ☆ Marcadores: se utilizan para señalar que los elementos de sujeción han sido torqueados y la posición en que deben permanecer.

Figura 31. **Marca de torque en tonillo y tuerca**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

En la figura 31 se distingue una marca alineada en el tornillo con la tuerca, el desfase de las marcas indica que se debe proporcionar mantenimiento a la tornillería, será necesario desatornillar, borrar la marca y proceder a torquear de nuevo y colocar una nueva marca.

3.4. Equipos de montaje

La grúa es el equipo principal para el montaje de las atracciones, la necesidad de capacidad de esta varía para cada atracción y se debe considerar cuál es la grúa más adecuada para la tarea debido a que con la variación de la capacidad de la máquina, varía también el costo de arrendamiento. Se puede dar el caso que para una tarea de montaje se alquile una grúa de 80 toneladas y dicha tarea sea posible llevarla a cabo con una grúa de 50 toneladas, consecuentemente el costo del proyecto aumentaría innecesariamente ocasionado por un mal cálculo o descuido del profesional a cargo, también se necesita una grúa auxiliar destinada a transportar las piezas desde el patio de acopio hacia un lugar cercano a la ubicación de la grúa principal.

3.4.1. Capacidad máxima

De ninguna manera y bajo ninguna circunstancia se debe exceder la capacidad máxima de los equipos, el operador debe ser precavido en cada movimiento que realiza y utilizar su experiencia para tomar decisiones acertadas, de lo contrario se podría provocar una situación indeseable tanto para el mismo operador como para el equipo de trabajadores involucrados en la faena. En el caso de las grúas, las empresas fabricantes incluyen las tablas de capacidades, recomendaciones y restricciones de uso. Precisamente con el objetivo de evitar cualquier accidente. Véase capítulo 2 en sección capacidad de levante.

3.4.2. Equipo auxiliar

Se necesitan otros equipos para colaborar con la grúa y con los demás procesos referentes al montaje, logrando de esta manera minimizar los traslados de ubicación del vehículo, agilizar los procesos y aumentar las condiciones seguras para el personal; para estos fines se utilizan algunas máquinas o equipos que a continuación se describen. En algunos casos el costo de arrendamiento incluye los salarios de un operador, en otros es necesario que el personal esté capacitado para maniobrar las máquinas y obtener provecho de las mismas con el mínimo de riesgos. Entre los equipos principales de apoyo al montaje están:

- ✧ Montacargas: se utiliza para ordenar piezas trasladándolas desde un lugar hacia otro cercano a la grúa principal, también se utiliza para colaborar en el prearmado de estructuras sosteniendo las piezas mientras estas se ensamblan y se les colocan soportes provisionales. En este caso se utiliza un montacargas de 5 toneladas. Deben tomarse ciertas medidas de seguridad en el uso de este equipo.

Figura 32. **Montacargas**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

- ☆ *Manlift*: la altura de las atracciones va aumentando con cada pieza colocada, trabajar a cierta altura se convierte en una tarea con mayor grado de dificultad que trabajar a nivel de piso, este equipo se utiliza para realizar tareas en lugares elevados que se pueden tornar peligrosos para el personal o en lugares imposibles de llegar, algunas tareas de este tipo pueden ser torquear para lo cual se necesita fuerza y apoyo en algún punto, regularmente se utilizan las piernas como apoyo; colocar una viga entre dos columnas; y en general se usa para hacer los trabajos más seguros y con mayor rapidez en lo alto.

Estos equipos están provistos de dos paneles de control, uno cerca del motor con el cual es posible manipular el equipo a nivel de piso y otro ubicado al frente de una canasta en la que son transportados los tripulantes, desde el panel de control se manipula una serie de mecanismos diseñados para proporcionar movimiento a una pluma extensible con articulaciones para facilitar el posicionamiento, giro y elevación de la canasta y movimiento de traslado del vehículo sobre el que está fijada la pluma y la canasta.

Figura 33. ***Manlift***



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

- ☆ Mica: se utiliza para preposicionar piezas antes de ensamblarlas ya sea horizontal o verticalmente, a medida que se corre la cadena los objetos o piezas en cuestión se acercan uno respecto del otro.

Figura 34. **Mica**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

- ☆ Polipasto: está compuesto de una serie de engranajes que multiplican la fuerza aplicada sobre la cadena. Cuenta con un gancho en cada extremo ya que su principal uso es la elevación de piezas o estructuras, aunque también se puede utilizar para acercar una pieza a otra, cuando las estructuras son muy pesadas para el ser humano.

Figura 35. **Polipasto**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

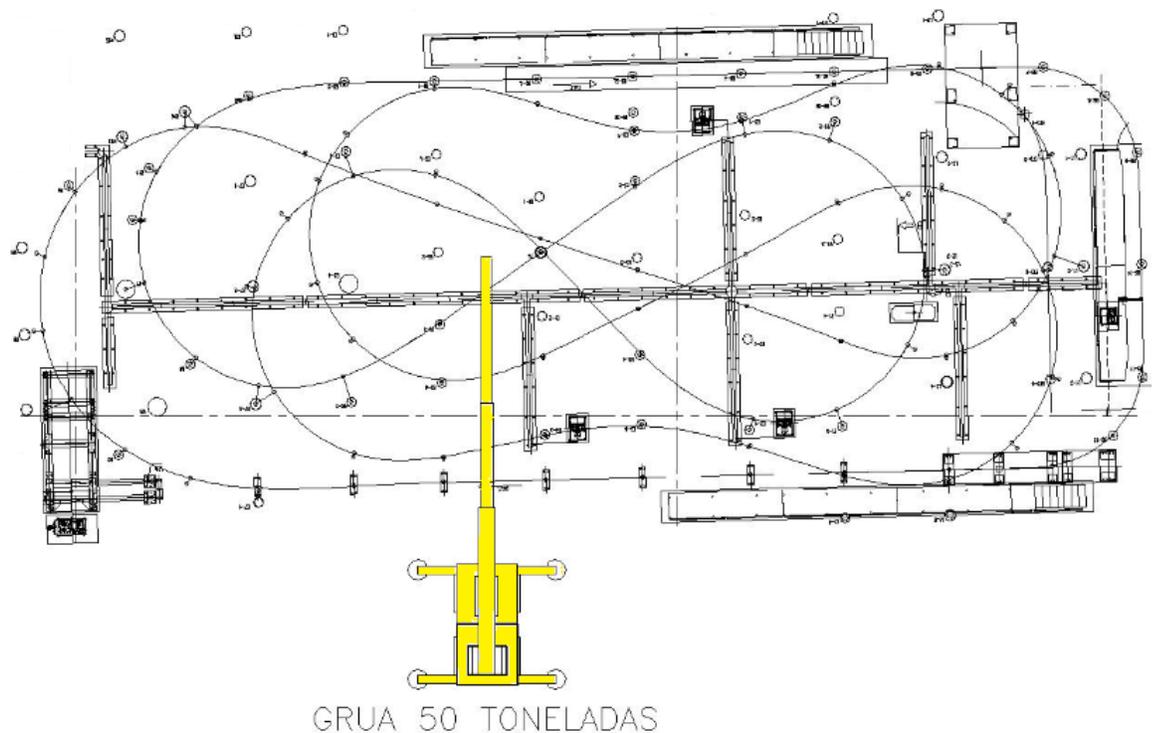
3.5. Definir rutas de ingreso y posición para las grúas

El camión-grúa también llamada grúa telescópica montada sobre camión son vehículos grandes, la cantidad de ejes de las ruedas varía proporcionalmente a la capacidad de carga, su gran longitud y su deficiencia de giro en las ruedas exigen cierta experiencia para maniobrarlos, por lo tanto, es importante definir rutas de ingreso lo suficientemente amplias para que las grúas tengan facilidad de acceso y evitar colisiones con la infraestructura, agilizando el ingreso al mismo tiempo.

La eficiencia del proceso de montaje depende en gran manera de la ubicación de la grúa, se debe analizar el espacio donde se ubicará la máquina de forma que se pueda montar la mayor cantidad posible de piezas desde una misma ubicación, esto permite mayor continuidad en el montaje evitando demoras por traslado de ubicación de la grúa.

La grúa de 50 toneladas es capaz de colocar las columnas desde la banda izquierda del Motocoaster hasta la banda derecha, aunque será necesario que la grúa se traslade de posición cuando llegue el límite del radio de giro de la pluma.

Figura 36. **Ubicación de una grúa de 50 toneladas**



Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

La grúa de 200 toneladas utilizada para montar el Drop Tower permaneció todo el montaje en la misma posición en la que se encuentra en la figura 35 (extremo izquierdo de la imagen), solamente se movilizó la grúa de 50 toneladas (extremo derecho de la imagen).

Figura 37. **Posición de grúas para el montaje de la atracción Drop Tower**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3.6. Accesibilidad de equipos

En el proceso de cotización se puede conocer cuál es la disponibilidad del equipo y herramientas necesarias en la región y el precio al que se pueden adquirir. Puede darse el caso de que no se encuentren a la venta en el mercado local o que el precio de compra sea muy elevado, al mismo tiempo es probable que dicho equipo no se necesite de forma permanente, por lo tanto, se podría adquirir en calidad de préstamo o arrendado de manera que se pueda utilizar solamente durante el período del montaje o instalación. Otra posible solución es adquirir un equipo o herramienta similar que aunque no brinde las mismas comodidades y eficiencia, realice el trabajo necesario.

El aspecto de las herramientas y equipos a utilizar se determina en el diseño de las atracciones, tomando en cuenta que las atracciones fueron fabricadas en Italia, para que sus productos sean aceptados a nivel mundial deben apegarse a estándares o normas de fabricación establecidos por una entidad, para este caso, se aplican las Normas DIN (Organización Nacional de Normalización Alemana o *Deutsche Industrie Norm*) que aplican para Europa. De aquí se deduce que las herramientas que se necesitan son en su mayoría en medida milimétrica.

3.7. Definir la secuencia general a seguir

Se establece el punto de partida desde el cual se empezará el avance de la faena y el punto de finalización del montaje. Por ejemplo, la atracción número 1 está construida de columnas, tensores y *tracks* o rieles, se define entonces que se colocará cierta cantidad de columnas juntamente con los tensores correspondientes de forma que sea suficiente para colocar los primeros *tracks* o rieles de la pista, esto permite que se puedan organizar dos equipos, uno encargado de armar los grupos de columnas y tensores a nivel de piso, lo que facilita la labor de torque de los elementos de sujeción para proceder a colocar dichos grupos con sus respectivos soportes y tensores. El segundo equipo es el encargado de colocar los *tracks* o rieles.

En este caso se debe considerar que será necesario utilizar la grúa principal para trabajar con ambos grupos en paralelo, colocando grupos de columnas y al mismo tiempo colocando rieles. Existen distintas formas de montar un mismo juego, todo depende del análisis del especialista o encargado de la faena, tomando en cuenta que existe una forma más eficiente de llevar a cabo la tarea. El encargado del montaje debería encontrar esta forma de hacer más eficiente el proceso.

Otra forma podría ser terminar de colocar completamente las columnas, tensores y soportes para proceder a colocar solamente *tracks* o rieles de forma continua, esto permite estandarización de los procesos aunque aumentaría el tiempo de ocio de la grúa principalmente. Y terminar con torque de ambas secciones.

3.8. Análisis de espacio físico

Después de haber distribuido cada atracción en el terreno elegido y haber definido cual es el área necesaria para colocar cada una de las atracciones, se procede a realizar los trazos preliminares, esto es marcar el terreno o señalar el área y la ubicación exacta que van a ocupar las cimentaciones. El punto más importante es verificar los niveles de las plataformas del piso, la altura de los pilotes, el nivel y el centrado de los pernos de anclaje en el último tramo de fundición y las estructuras especiales que estén fundidas juntamente con los cimientos, todo esto para asegurar acoplamiento perfecto entre las piezas estructurales y las cimentaciones.

Esto es posible y más sencillo con la colaboración del equipo de topografía, se considera una tarea necesaria y especialmente importante antes de empezar a fabricar los cimientos en donde se van a colocar las estructuras o piezas estructurales. Los encargados de la topografía deben estar en capacidad de interpretar planos, de los cuales se obtiene la información exacta y detallada del diseño, con la cual se procede a delimitar los espacios físicos en tres dimensiones y realizar las tareas propias de la topografía, también deben estar en capacidad de realizar algunas operaciones matemáticas principalmente relacionadas con geometría, trigonometría y coordenadas cartesianas.

3.8.1. Importancia de la topografía en el montaje

El fabricante envía el diseño de los cimientos necesarios a la organización que adquiere los juegos, esta organización es la responsable de fabricar los cimientos con base en las especificaciones recibidas del fabricante, por este motivo la topografía es especialmente importante para ajustar los niveles y centros de los pernos de anclaje con el objetivo de evitar desfases al momento de colocar cada columna en su lugar definitivo, estos pernos se amarran a las estructuras de hierro de las zapatas y se verifica la posición de cada uno de ellos durante la elaboración de la armadura para los cimientos, antes de fundir la última etapa y después de la fundición, ya que las columnas estructurales de los juegos tienen cierta cantidad de agujeros para los pernos de anclaje.

Los pernos deben estar distribuidos de forma que ingresen en los agujeros de las columnas sin mayores dificultades, es importante señalar que el diámetro de los agujeros de las columnas es considerablemente mayor que el diámetro de los pernos de anclaje, esto permite trabajar con un rango de tolerancias o desviaciones aceptables con las que no se pone en riesgo la continuidad del proyecto, el fabricante señala 10 milímetros de desviación como máximo.

La topografía también se utiliza para centrar piezas mecánicas destinadas a trabajar en movimiento constante y sujetas a grandes esfuerzos de tracción estas condiciones exigen que los elementos mecánicos estén perfectamente alineados para evitar movimientos bruscos, vibraciones y desgaste prematuro de las piezas.

Figura 38. **Centrado de *lift* de ascenso**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

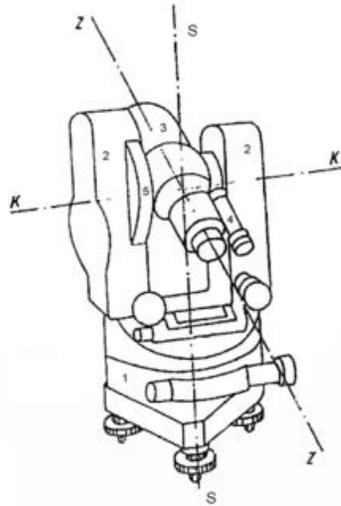
3.8.1.1. Equipo topográfico

Principalmente se utilizan dos equipos, el teodolito y el nivel de precisión, cada uno con una aplicación particular. El teodolito es un instrumento de medición mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada. Con otras herramientas auxiliares puede medir distancias y desniveles. Un equipo más moderno y sofisticado es el teodolito electrónico y otro instrumento aun más sofisticado es el teodolito conocido como estación total. Básicamente, el teodolito actual es un telescopio montado sobre un trípode y con dos círculos graduados, uno vertical y otro horizontal, con los que se miden los ángulos con ayuda de lentes.

Ejes principales:

- Eje vertical de rotación instrumental S - S
- Eje horizontal de totación del anteojo K - K
- Eje óptico Z - Z (EO)

Figura 39. **Ejes del teodolito**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Teodolito#Ejes>. [Consulta: junio de 2010].

3.8.1.2. Tolerancias permitidas

El diseño especifica las desviaciones máximas con las que es posible trabajar sin afectar la seguridad y ensamble de las piezas estructurales con las cimentaciones, cada juego tiene una particularidad que exige un trabajo topográfico de alta calidad, el Motocoaster, cuenta con gran cantidad de columnas entrelazadas por medio de tensores fabricados con longitudes exactas de forma que se puedan ensamblar con las columnas por medio de tornillos, es importante entonces que las cimentaciones se encuentren ubicadas a las distancias indicadas por el fabricante para que los pernos de anclaje también se encuentren ubicados a distancias exactas unos de otros y que los grupos estructurales prearmados ingresen en los pernos sin dificultades.

El fabricante indica para este juego una desviación de 13 milímetros como máximo debido a la diferencia de diámetros entre los agujeros de las columnas y los pernos.

Los profesionales asignados únicamente utilizaron 3 milímetros de desviación como máximo, este dato asegura una colocación más exacta de las columnas y minimiza los paros no programados durante el proceso.

Figura 40. **Distribución de columnas atracción 1**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

La torre de caída libre o Drop Tower mide cincuenta y cuatro metros de altura, la Norma Alemana permite un metro de desplome por cada 1 000 metros de altura, lo cual se logra nivelando la base principal que se coloca fundida dentro de los cimientos y sobre la cual se erige la estructura, la condición ideal se daría si los cuatro lados de la base estuvieran a la misma altura.

En este caso el desnivel que fue posible alcanzar es 0,25 milímetros en una de las cuatro esquinas, este pequeño desnivel provocó un desplome de 4 milímetros de la torre, tomando la Norma Alemana se procede a realizar el cálculo del porcentaje de desplome, el cual se obtiene de dividir 54 metros (altura total de la torre) entre 0,004 metros (desplome) dando como resultado 13 500 metros.

Esto significa que solamente se desvía un metro de cada 13 500 de altura, es decir que supera 13,5 veces el valor permitido por la norma Alemana que sería 0,054 metros. Se concluye entonces que el trabajo es de la más alta calidad y que la base estructural está lista para recibir las estructuras siguientes sin afectar significativamente la verticalidad de la torre.

Figura 41. **Base estructural fundida y nivelada**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3.8.1.3. Niveles y centros

Como se ha descrito anteriormente, una de las funciones de la topografía es ubicar los elementos en el área con respecto a un cuadrículado imaginario llamado grilla, el cual se utiliza de la misma forma que el plano de coordenadas cartesianas, con este plano es posible centrar los elementos de construcción y demás.

Otra aplicación frecuente es la nivelación, se refiere a las alturas que deben tener los elementos, existen unos accesorios llamados *shims* o alzas con espesores determinados que se utilizan para elevar las columnas hasta la altura necesaria, es importante destacar que la calidad en los trabajos de topografía se alcanza cuando el profesional demuestra interés y compromiso tanto con la organización como con el público que utilizará las atracciones.

Figura 42. ***Shims* colocados en posición**



Fuente:IRTRA, Petapa zona 12.

Figura 43. **Columna asentada sobre alzas y con todos sus pernos centrados**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3.8.2. Movimientos de grúa

Regularmente la longitud del juego es mayor que el radio de giro máximo permitido para la pluma de la grúa utilizada, mientras el proyecto de montaje avanza, la posición de la grúa se hace cada vez más desfavorable para soportar cargas a distancias más largas.

Debido a lo anteriormente descrito, será necesario trasladar la grúa para continuar con el montaje, esto requiere que los espacios para movilización de grúas sean lo suficientemente amplios de forma que permitan libertad de movimiento a la grúa y de este modo disminuir el tiempo necesario para traslados, los cuales se describen en el diagrama de flujo del proceso como demoras, debido a que no contribuyen con el avance del proyecto, el juego no cambia de estado mientras la grúa se traslada de un lugar a otro.

3.9. Pernos de anclaje

Su función principal es asegurar los elementos estructurales a los cimientos y contrarrestar las fuerzas de volteo ejercidas por las máquinas o estructuras. El anclaje de cimentación se emplea para sujetar elementos estructurales al bloque de cimentación en el que se apoya.

3.9.1. Tipos de pernos

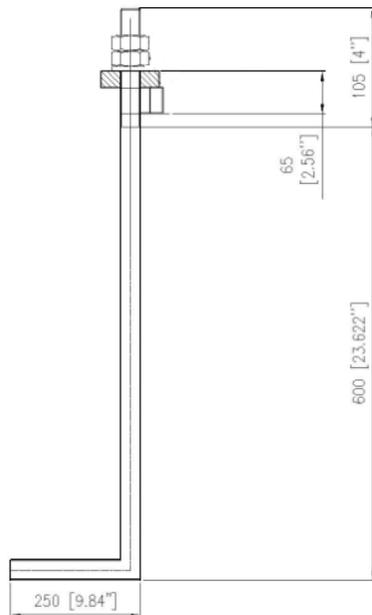
Existe una amplia variedad de sistemas de anclajes adheridos y mecánicos metálicos o plásticos adecuados para distintas aplicaciones. Con el fin de elegir el mejor producto para el trabajo, se debe determinar primero qué cargas se aplicarán a los anclajes.

La consideración más importante es saber si la carga aplicada será estática o dinámica. Al determinar el anclaje correcto que se va a usar, los ingenieros del proyecto, deben estimar las cargas dinámicas y estáticas y luego aplicar un factor de seguridad apropiado. Los anclajes pueden estar sometidos a cargas cortantes, cargas de tensión o una combinación. La mayoría de los anclajes para muros experimentan cargas combinadas, de modo que también deben ser consideradas al seleccionar el tamaño y el tipo de anclaje.

3.9.2. Dimensiones y formas

Las dimensiones de profundidad y longitud de pata se calculan con base en el tamaño de las zapatas, considerando las especificaciones del fabricante y tomado en cuenta el espacio necesario para las tuercas y arandelas.

Figura 44. Dimensiones de perno de anclaje



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2010.

- ✧ Diámetro: 24 milímetros (definido por el fabricante).
- ✧ Longitud de la pata: 250 milímetros [9,84"].
- ✧ Longitud de la rosca: 105 milímetros [4"].
- ✧ Longitud de fundición: 600 milímetros [26,182"].
- ✧ Longitud total: 705 milímetros [27,622"].

3.9.3. Propiedades mecánicas

Cuando se realizan pruebas en un perno cargándolo contra su propio hilo sin utilizar una probeta representativa, se genera un valor llamado carga de prueba, la cual puede utilizarse para diseñar el reemplazo de la resistencia a la fluencia.

- ✧ Esfuerzo de carga de prueba: 500 *Newton* sobre milímetros cuadrados (reemplazo de la resistencia a la fluencia).
- ✧ Dureza *Vickers*: 302 grados *Vickers*.
- ✧ Dureza *Brinell*: 290 grados *Brinell*.
- ✧ Dureza *Rockwell*: 30 grados *Rockwell*.
- ✧ Resistencia a la tracción: 500 *Newton* sobre milímetros cuadrados.
- ✧ Módulo de elasticidad: $E = 2\ 100\ 000$.

3.9.4. Características especiales

Debido a la gran cantidad de columnas aisladas es importante que el topógrafo no sobrepase las tolerancias permitidas (10 milímetros) de desfase en el centrado de los pernos, porque aunque es un problema corregible, provocaría retrasos en el montaje.

La rosca del perno debe sobresalir de la fundición 105 milímetros poder enroscar las tuercas, colocar la arandela y el *shim* o alza de nivelación.

El Drop Tower (atracción 2) no lleva pernos de anclaje, en su lugar se funde una estructura que recibe peso de la torre y lo distribuye a los cimientos, se sujetan por medio de tornillos y tuercas.

3.9.5. Experiencias anteriores con pernos semejantes

Dentro de la remodelación del parque habrá una atracción llamada mega disco, el cual, necesita pernos químicos para sujetar la estructura a los cimientos, un producto igual se instaló en el parque temático Xetulul utilizando pernos epóxicos, ineficientes para la función de sujeción que requiere dicha atracción debido a las fuerzas de volteo que se generan por el movimiento de rotación y traslación a lo largo de la estructura en forma de media luna por la que viaja el disco, provocando daños mecánicos y estructurales e incurriendo en un gasto doble, ya que fue necesario colocar pernos químicos luego de esta experiencia.

3.9.6. Materiales

El material utilizado para la fabricación de los pernos de anclaje, así como, las arandelas y tuercas del Motocoaster (atracción 1) es acero al carbono, templado y revenido.

3.9.7. Sistemas de pernos

Conjunto de anclajes similares que varían solamente en cuanto a su diámetro, profundidad embebida o mecanismo de instalación.

Perno de anclaje: barra o perno embutido en el hormigón para sujetar, fijar o asegurar un elemento estructural.

Perno de expansión: perno de anclaje que cuenta con tres cuñas que se expanden mecánicamente para ajustarse a las paredes de un orificio practicado en una obra de ladrillo o muro de hormigón.

Este sistema brinda distribución uniforme de la fuerza que ejerce en el material base, se puede utilizar para instalaciones con agujeros sin fondo y permite la colocación del elemento a fijar previamente o a través del mismo.

Figura 45. **Perno de expansión**



Fuente:<http://www.lat.hilti.com/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Perno hendido: perno de anclaje cuyo extremo roscado posee una ranura para recibir una contrachaveta.

Sistema de anclaje químico adhesivo HVA: están formados por dos partes, una barra roscada de acero y una cápsula adhesiva, cuenta con alta capacidad de carga en concreto y son útiles para conexiones estructurales metal-concreto, fijación de maquinaria pesada, estos pernos ofrecen varias ventajas:

- ✧ Adecuado para trabajar con cargas dinámicas y sismos.
- ✧ Soporta muy bajas y muy altas temperaturas.
- ✧ Empaque resistente para transporte y colocación.

- ☆ No ejerce fuerzas de expansión por lo que puede usarse en distancias mínimas al borde y entre anclajes.
- ☆ Capacidad de instalación bajo agua en conjunto con el adhesivo HY 150.

Figura 46. **Cápsula adhesiva HVA**



Figura 47. **Varilla roscada**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Sistemas químicos de inyección: es también un anclaje adhesivo de curado rápido que proporciona altos valores de carga en conjunto con varillas roscadas desde 3/8 de pulgada hasta 1,25 pulgadas, puede utilizarse en distancias cercanas al borde del concreto, mortero o piedra y entre anclajes ya que es una fijación sin presión de expansión.

Figura 48. **HIT HY 150**



Figura 49. **Varilla roscada de acero**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Anclaje de seguridad por autoexcavado: es un sistema de anclaje de seguridad que soporta altas cargas de tracción y corte pesadas que forman su propio autoexcavado.

Trabaja eficientemente en concretos con altas cargas de tensión y compresión, la calidad de la fijación es equivalente a la fijación de pernos J embebidos pero con mayor flexibilidad de colocación. Resiste cargas dinámicas, de impacto y sísmicas.

Figura 50. **Anclaje por autoexcavado**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/data/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Anclajes de rosca interna: se utilizan para fijaciones en concreto en zona de compresión y roca natural, se instalan al ras de la superficie y es resistente al fuego. Fabricados en acero al carbón y acero inoxidable.

Figura 51. **Anclaje de rosca interna**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/data/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Anclajes de rosca interna con flange: anclaje de rosca interna para fijaciones fiables en concreto vacío, el flange permite la instalación al ras y alineación con varilla roscada de $\frac{3}{4}$ de pulgada de longitud del anclaje.

Figura 52. **Anclaje de rosca interna con flange**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

Anclaje de camisa: se utiliza para fijaciones universales de carga mediana en concreto y ladrillo sólido o vacío.

Figura 53. **Anclaje de camisa**



Fuente: <http://www.lat.hilti.com/editorials/-8324/Anclajes.pdf>. [Consulta: junio de 2010].

3.9.8. Topografía

El papel de la topografía es esencial para la ubicación de los pernos de anclaje dentro de las zapatas de cimentación. Sin esta, el trabajo de colocación de pernos de manera centrada y nivelada se convertiría en una tarea de larga duración y con alto riesgo de desviaciones e incertezas.

Figura 54. **Cimientos con pernos fundidos**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Para evitar que los pernos de anclaje se muevan durante la fundición se utilizan platinas con la cantidad correspondiente de agujeros en donde ingresan los pernos, además, estas platinas se utilizan también para delimitar la altura de rosca que quedará sin fundir de los pernos, la posición de la platina es verificada por el equipo de topografía antes y después de la fundición.

Figura 55. **Colocación de platina**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3.10. Cimientos

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación al suelo. Debido a que la resistencia de este es generalmente menor que los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será proporcionalmente más grande que los elementos soportados, excepto en terrenos rocosos muy coherentes.

3.10.1. Importancia de los cimientos

Constituyen el grupo de elementos que soportan a la superestructura; para lo cual se utiliza la llamada zapata de cimentación, esta divide las cargas de la edificación en partes iguales. La elección del tipo depende especialmente de las características mecánicas del terreno, como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes, a partir de todos esos datos se calcula la capacidad portante, que junto con la homogeneidad del terreno aconsejan usar un tipo u otro.

Siempre que es posible se emplean superficiales, ya que son menos costosas y más simples de ejecutar. Cuando por problemas con la capacidad portante o la homogeneidad del suelo no es posible usar cimentación superficial se evalúan otros tipos. Las cimentaciones superficiales son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener este suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas, se clasifican en cimentaciones ciclópeas y zapatas, las zapatas pueden ser aisladas, corridas o combinadas.

Para el caso del juego Motocoaster se utilizaron zapatas aisladas, estas sirven de base para elementos estructurales puntuales como los pilares o columnas; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar. Es el tipo más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo no son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o corridas en las que se asienten más de un pilar, como es el caso de algunas columnas y los cimientos para el motor del juego Motocoaster.

La zapata aislada no necesita junta, pues al estar empotrada en el terreno no se ve afectada por los cambios térmicos, aunque en las estructuras si es normal además de aconsejable poner una junta cada tres metros aproximadamente, en estos casos se calcula como si sobre ella sólo recayese un único pilar.

Figura 56. **Distribución de pernos en la cimentación**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Los cimientos del juego Drop Tower se consideran como una zapata aislada ya que las cuatro columnas principales de la estructura se entrelazan a lo largo del recorrido de cincuenta y cuatro metros y se asientan sobre una base estructural embebida en el concreto, por lo tanto, se considera una sola columna.

Figura 57. **Base estructural embebida en los cimientos**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

3.10.2. Dimensiones y cantidad de camas de hierro

El diseño de los cimientos es elaborado por el fabricante, aunque la empresa constructora deberá realizar un estudio de suelos para conocer las propiedades mecánicas del suelo y determinar si las dimensiones de los cimientos son adecuadas o si será necesario redimensionar.

3.10.3. Estructuras y estribos

Un factor importante para las estructuras es el diámetro del acero grado 60 a utilizar y la forma geométrica de estas, los estribos son armaduras perpendiculares a las barras longitudinales de una viga de hormigón armado que se coloca como refuerzo para soportar el esfuerzo tangencial o cortante, además que mantiene las varillas a la distancia adecuada con la ayuda de alambre de amarre, cuando la armadura es cilíndrica se le llama zuncho. También es necesario definir la distancia entre cada estribo o zuncho. El diámetro de las barras de hierro que se utilizará para elaborar las zapatas se detalla en los planos con un numeral, a continuación se presenta la tabla de equivalencias.

Tabla XVII. **Equivalencias de numerales a diámetros**

TAMAÑO DE BARRA DE HIERRO		
NÚMERO	DIÁMETRO (pul)	DIÁMETRO (mm)
# 2	1/4"	6,4
# 3	3/8"	9,5
# 4	1/2"	12,7
# 5	5/8"	15,9
# 6	3/4"	19,1
# 7	7/8"	22,2
# 8	1"	25,4
# 9	1 1/8"	28,7
# 10	1 1/4"	32,3
# 11	1 1/8"	35,8

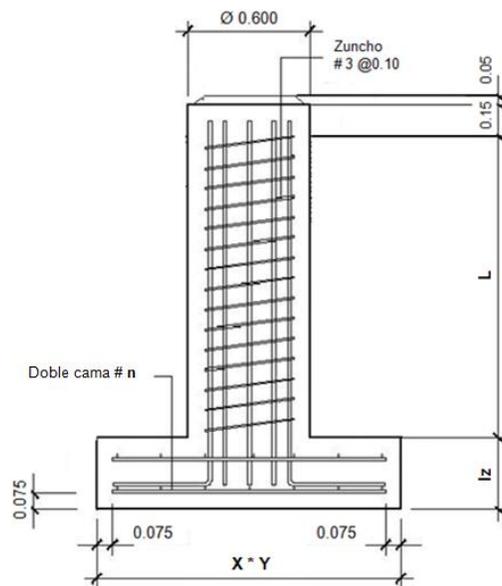
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XVIII. Dimensiones de la zapatas

Zapata	X * Y	L	Lz	n
Z-11	1,500 x 2,400	1,500	0,350	# 5
Z-12	2,000 x 2,000	1,500	0,400	# 5
Z-13	0,900 x 0,900	0,800	0,250	# 4
Z-14	0,900 x 0,900	0,800	0,250	# 4
Z-17	2,400 x 4,300	1,500	0,500	# 6
Z-18	2,800 x 3,200	1,500	0,500	# 6
Z-19	2,200 x 3,600	1,500	0,500	# 6
Z-20	2,400 x 3,350	1,500	0,500	# 6

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Figura 58. Armaduras Motocoaster



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad 2010.

Todas las medidas están expresadas en metros. Donde:

Variables:

X*Y: largo y ancho de zapata

L: altura del pilote

Lz: altura de la zapata

n: diámetro de las varillas de acero

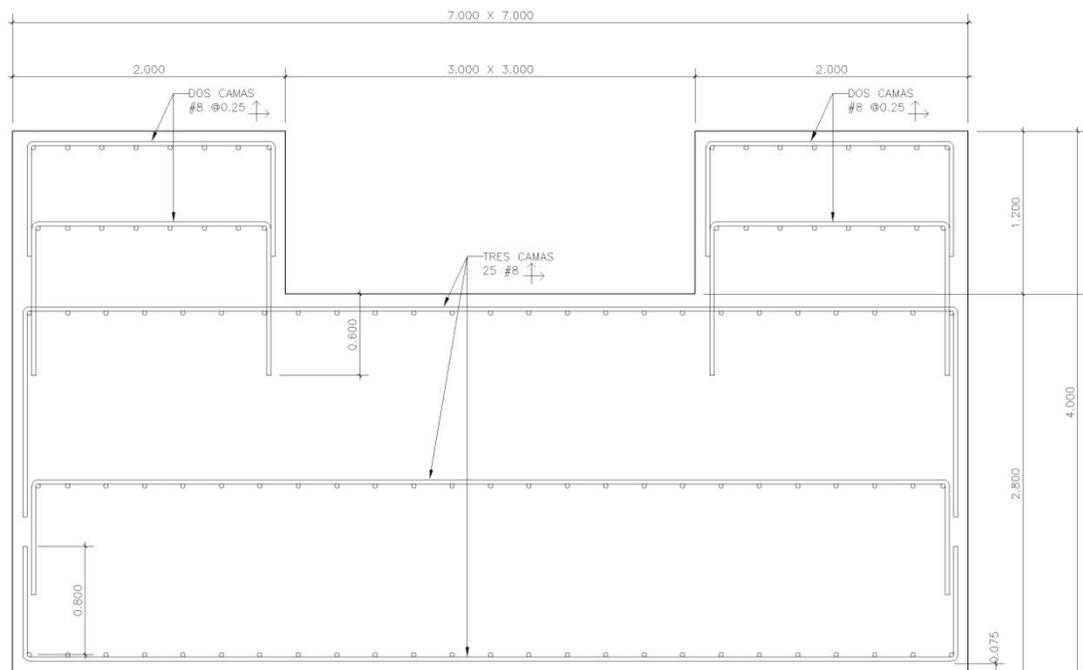
Constantes:

0,075 distancia del suelo a los cimientos

Ø: diámetro del pilote = 0,600 m

#3 @10: acero número 3 a cada 10 cm para los zunchos

Figura 59. Estructura de cimientos Drop Tower



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad 2010.

Para elaborar las armaduras de los cimientos del Drop Tower se utilizó acero grado 60 # 8 (1 pulgada).

3.10.4. Control de calidad de materiales para los cimientos

Para la fabricación de los cimientos es importante utilizar materiales de calidad comprobada, para lo cual, la institución exige dentro del contrato que los proveedores emitan un certificado de origen de los materiales y certificación de calidad en el caso del acero grado 60, esto con el objetivo de garantizar la resistencia de los cimientos.

3.10.4.1. Arena

Es el agregado fino de la mezcla y se utiliza arena de río o arena triturada libre de materia orgánica, plásticos, cartones o cualquier basura o elemento capaz de separar el concreto. El color azulado es un buen indicador de la calidad y debe ser capaz junto con el cemento y el pedrín, de retener el agua que se agrega a la mezcla para evitar el sangrado excesivo del concreto.

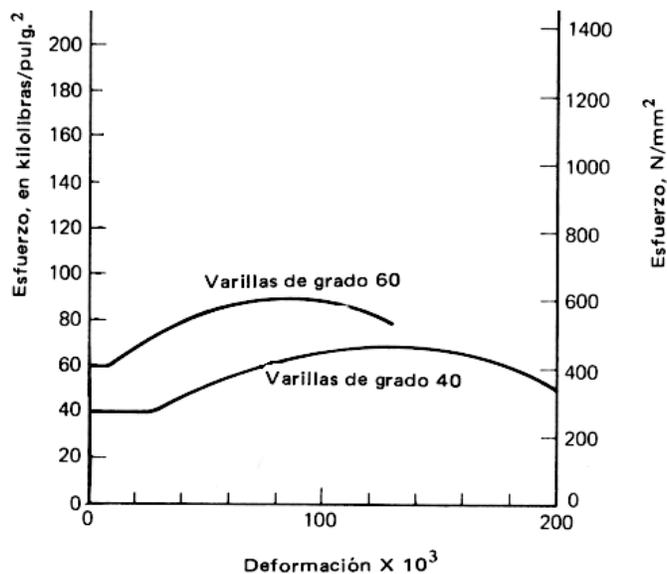
3.10.4.2. Pedrín

Se utiliza pedrín de piedra dura de $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ de pulgada y la inspección, además de buscar cualquier elemento que pueda separar el concreto incluye también inspeccionar el tamaño de la piedra para que cumpla con el requerimiento, de lo contrario puede afectar las proporciones de los agregados, así como, requisitos de agua, cemento, capacidad de bombeo. Puede causar porosidad, contracción y poca durabilidad del concreto.

3.10.4.3. Hierro

Se utilizó acero grado 60 de diferentes diámetros, para el juego Drop Tower de 1 pulgada y para el juego Motocoaster de 3/8, 1/2, 5/8 y 3/4 de pulgada que tiene límite de fluencia igual a 4 220 kilogramos por centímetro cuadrado, resistencia a la tracción de 6 330 kilogramos por centímetro cuadrado y módulo de elasticidad: $2,04 \times 10^6$ kilogramos por centímetro cuadrado.

Figura 60. **Curvas comparativas de esfuerzo-deformación para acero grado 40 y 60**

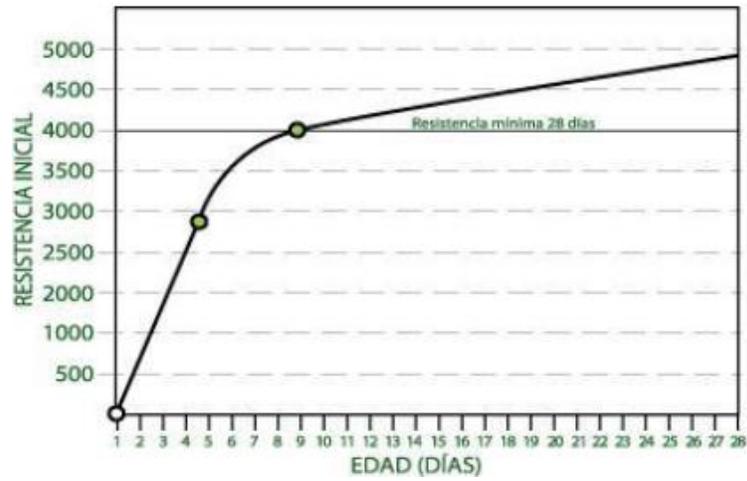


Fuente: <http://www.construaprende.com/tesis01/122-acero/1224-caracteristicas-de-esfuer.html>. [Consulta: agosto de 2010].

3.10.4.4. Cemento

Debido a las propiedades que se requieren para construcción de cimientos se utilizará cemento portland de 4 000 psi o 28 N/mm^2 de resistencia.

Figura 61. Comportamiento de resistencia típico



Fuente: <http://www.cementosprogreso.com/%20CEMENTOS%20UGC.pdfm>.

[Consulta: agosto de 2010].

4. MONTAJE E INSTALACIÓN DE LAS ATRACCIONES

El montaje como tal conlleva ciertas consideraciones importantes, este capítulo está elaborado para observar dichas consideraciones e implementar la idea que se ha estudiado y desarrollado en los capítulos anteriores. El trabajo en el campo debe apegarse al modelo establecido con anterioridad y se describen procesos como la identificación de las piezas, el prearmado de las secciones estructurales y las instalaciones neumáticas de los juegos en estudio.

4.1. Operaciones en terreno

Las operaciones en terreno, son generalmente las que se detallan a continuación, no obstante es posible que en determinadas ocasiones algunas de estas se incluyan en una sola y otras se omitan.

- ✧ Replanteamiento previo: lo más importante es el último chequeo previo al montaje de los cimientos y posiciones de los pernos de anclaje, tanto centrado como nivelación.
- ✧ Recepción y descarga: es una parte necesaria previo al montaje y únicamente se reciben las piezas enviadas por el fabricante, se describe más detalladamente en el inciso 2.5 del capítulo 2 Recepción y Descarga.
- ✧ Prearmado: busca minimizar los tiempos de montaje y los movimientos de levante de las grúas. Se refiere al ensamble de varias piezas a nivel de piso para elevarlas al mismo tiempo.

- ☆ Ordenamiento para montaje: con el objetivo de visualizar el flujo del proceso de mejor forma y minimizar los tiempos de montaje, la condición ideal se daría cuando el ordenamiento de las piezas se realizará en el momento de recepción y descarga.
- ☆ Traslado al sitio de montaje: podría realizarse al mismo tiempo del ordenamiento de las piezas como una condición muy difícil de alcanzar debido a que se involucra la coordinación de varias organizaciones. Al momento de descargar se podrían ordenar todas las piezas y colocarlas en el sitio del montaje.
- ☆ Verificación de calidad, corrección y codificación de piezas: en algunas ocasiones ha sido necesario corregir algunas piezas principalmente en el área de las soldaduras y proceder a codificarlas en los casos en que no tengan códigos colocados por el proveedor. Aunque el fabricante esté certificado por las normas que rigen en su región es importante tomar algunas muestras para cerciorarse de la calidad, esto puede prevenir accidentes futuros.
- ☆ Montaje: proceso de ensamblar y colocar las piezas en su lugar definitivo.
- ☆ Alineamiento: los elementos mecánicos que se encuentran en movimiento constantemente son a los que hay que prestarles mayor atención para evitar desgastes prematuros o cualquier otro tipo de problemas mecánicos, se realizan chequeos con la ayuda de topografía.
- ☆ Conexión final: después de alinear las piezas se procede a hacer la conexión con los elementos de sujeción.

4.1.1. Identificación de piezas y elementos

Consiste en colocar un correlativo a cada elemento estructural del mismo tipo con base en los planos proporcionados por el fabricante como si se tratara de un rompecabezas, esto se hace con el fin de reducir el tiempo utilizado para localización y ubicación durante todo el proceso, facilita la búsqueda y asegura que las piezas a colocar sean las indicadas; a diferencia de un rompecabezas de mesa, el montaje no se puede llevar a cabo utilizando el método de prueba y error, el personal encargado de esta tarea debe estar completamente seguro que transporta la pieza correcta y que la identificación también es la adecuada, minimizando errores humanos, lo cual ocasionaría desperdicio de recursos.

4.1.2. Verificación de calidad en las piezas

La seguridad que los juegos deben brindar es un aspecto crucial tanto para el fabricante como para el parque de diversiones que los adquiere, ambas partes hacen su mejor esfuerzo por alcanzarla con el objetivo de evitar accidentes y para que el usuario se sienta confiado en utilizarlos nuevamente y los recomiende a otras personas, para ello, es necesario asegurarse del adecuado funcionamiento individual e interrelación de todos los sistemas de los que se compone el juego, por lo cual, es necesario cumplir con el diseño de los cimientos, el sistema neumático, el sistema eléctrico, el diseño estructural, la calidad de los elementos de sujeción, el material que se utilizará para la fabricación de los juegos, entre otros aspectos.

Una operación en terreno muy importante que contribuye con la seguridad de los juegos es la revisión o inspección de calidad de las estructuras, debe realizarse antes de ensamblarlas o colocarlas en su lugar.

El cordón de soldadura puede presentar porosidad, grietas en las juntas o en el material base, cordones irregulares, inclusiones y algunos otros defectos que de forma individual o colectiva provocan deficiencias en la soldadura y pueden causar fractura de las piezas, es por este motivo que se llevan a cabo inspecciones de soldadura con ensayos no destructivos, tales como, inspección visual, líquidos penetrantes, radiografía, ultrasonido, entre otras.

Regularmente es necesario subcontratar una firma especializada en este tipo de ensayos ya que los equipos necesarios suelen ser de alto costo y la utilización de los mismos no es muy frecuente en el programa de mantenimiento, la verificación se inicia con inspecciones superficiales y en caso de encontrar indicios de defectos se procede a realizar inspecciones subsuperficiales debido a que para estas, es necesario utilizar equipos especializados de alto costo, algunos de ellos son radiografía y ultrasonido.

Figura 62. **Cordón de soldadura adecuado**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

Figura 63. **Cordón de soldadura deficiente**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

4.1.3. Ordenamiento y traslado hacia la ubicación exacta de montaje

Cuando los contenedores ingresan con la carga al lugar de montaje, se dispone un área para almacenaje mientras se comienza el proceso, a este lugar se le llama patio de acopio y regularmente las piezas en este punto están en completo desorden con respecto al flujo del proceso, incluso unas sobre otras cuando el espacio es limitado, esto obliga a ordenar las piezas antes de prearmarlas o colocarlas en su lugar definitivo, esto permite una mejor observación del avance de la faena y libera espacio para mejorar la ubicación de la grúa con respecto al área de montaje.

4.1.3.1. Equipo necesario

Habiendo definido la secuencia general a seguir y con el objetivo de propiciar el flujo continuo del proceso se deben asignar algunos equipos para el proceso de alimentación. Para agilizar el traslado de piezas de menor peso y colaborar en el prearmado de las estructuras que alimentaran al proceso principal se utiliza un montacargas de 5 toneladas, para el caso de piezas de peso considerable se puede utilizar una grúa de 20 toneladas y para decidir la capacidad de estos equipos también se toma como base el peso máximo a elevar.

4.1.3.2. Tiempo utilizado para el traslado

El traslado y prearmado de piezas se lleva a cabo en paralelo con el proceso de montaje como tal, lo más importante de este tiempo es que sea menor al tiempo que requiere el equipo encargado del montaje definitivo de los grupos de columnas y rieles, de lo contrario existirían demoras y ocio para el grupo principal y para el grupo de apoyo.

Considerando que se deben sumar los tiempos de localización de las piezas, liberación de la pieza en cuestión, colocación de eslingas en los puntos adecuados para el izaje, traslado con la pieza desde el patio de acopio hacia el lugar de prearmado y descarga o posicionamiento adecuado con respecto al grupo estructural y retorno. Tomando en cuenta también que dichos valores de tiempo varían respecto a la maquinaria que se utilice ya sea una grúa de 20 toneladas, un montacargas de 5 toneladas o ambos.

Figura 64. **Grúa todo terreno de 20 toneladas**



Fuente: IRTRA, Petapa zona 12.

4.1.3.3. Capacidad y experiencia del grupo de apoyo

El equipo de apoyo es el personal a cargo del manejo de la maquinaria, el objetivo del personal de abastecimiento es entregar piezas y grupos armados, listos para ensamblar en el lugar correspondiente de forma tal que no existan demoras en el proceso principal.

Las posibles amenazas para llevar a cabo esta tarea con éxito se prevén en el capítulo de planificación del montaje aunque la mayor dificultad con la que se puede encontrar el equipo de apoyo durante la operación en terreno son elevaciones inadecuadas, lo cual se perfecciona con la experiencia de los involucrados.

4.1.3.4. Costo del traslado

Es el costo en el que incurre la organización por trasladar las piezas desde el patio de acopio y la bodega, hacia el lugar definitivo de montaje y se distingue principalmente el costo de arrendamiento de grúas y montacargas.

Tabla XIX. Costo del traslado

Concepto	Montacargas	Grúa 20 ton	Grúa 30 ton
Alquiler por hora	Q325,00	Q375,00	Q450,00
Cantidad de horas	18	105	17
Subtotal	Q5 850,00	Q39 375,00	Q7 650,00
Movilización	Q1 000,00	Q1 100,00	Q1 100,00
TOTAL	Q6 850,00	Q40 475,00	Q8 750,00

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word.

4.1.4. Prearmado

El prearmado consiste en ensamblar varios elementos consecutivos de una sección de la estructura a nivel del suelo, este proceso se lleva a cabo con el propósito principal de levantar un elemento de mayor tamaño. Esto permite disminuir la cantidad de maniobras de la grúa, lo cual repercute en el aumento de la eficiencia total, brinda la opción de realizar el torque de los elementos de sujeción a nivel de piso disminuyendo los riesgos de accidentes, el costo de arrendamiento del Manlifo plataforma elevadora y disminuye el tiempo de preposicionamiento de las piezas ya que a nivel de piso se tiene mayor facilidad de ubicar los agujeros de las platinas y manipular cada elemento estructural.

4.1.4.1. Equipo

Además de la maquinaria que se utiliza para el traslado, preposicionar las piezas y sostenerla, también se utiliza el torquímetro para aplicar el par de apriete a los elementos de sujeción (véase sección Elementos mecánicos para conexión y ensamble), consisten en una llave fija de copa, a la que se acopla un brazo que incorpora un mecanismo en el que se regula el par de apriete, de forma que si se intenta apretar más, salta el mecanismo que lo impide, existen digitales, de reloj, de salto o clic. En el caso de la torre fue necesario utilizar uno de tipo neumático.

Figura 65. **Torquímetro de clic**



Fuente: <http://exposicionesvirtuales.com>. [Consulta: agosto de 2010].

Figura 66. **Torquímetro neumático**



Fuente: <http://www.hyorc.cl>. [Consulta: agosto de 2010].

4.1.4.2. Consideración de peso máximo de levante

Aunque, el rendimiento aumenta con cada pieza prearmada existe una restricción dictada por la capacidad de carga de la grúa principal, utilizada para montar los grupos estructurales en los espacios correspondientes, es posible determinar esta capacidad utilizando la tabla detallada en la sección Capacidad de levante del capítulo 2.

4.1.4.3. Rendimiento

El tiempo es un factor determinante para el rendimiento del proyecto total, el hecho de colocar una pieza estructural en su lugar correspondiente conlleva otros tiempos implícitos, como el tiempo de transporte, el tiempo de amarre, el tiempo de pruebas que son necesarias en muchas oportunidades para elevar la pieza en la posición necesaria, el tiempo de preposicionamiento de la pieza y el tiempo mismo de colocación y apriete de elementos de sujeción.

Como es de suponer, estos tiempos disminuyen considerablemente utilizando el proceso de prearmado ya que no se elevan las piezas una por una, sino que se eleva un grupo de al menos ocho piezas con cada elevación de la grúa, por lo tanto, también disminuye el tiempo total de montaje, como algunos costos están en función de tiempo, mientras menor sea el tiempo de montaje mayor será también el rendimiento económico del proyecto.

Figura 67. **Grupo estructural prearmado, listo para montar**



Fuente: IRTRA, Petapa, zona 12.

4.1.5. Montaje

Montaje es el proceso mediante el cual se emplaza cada pieza en su posición definitiva dentro de una estructura. Para llegar a ese emplazamiento o ensamble es necesario considerar muchos factores que intervienen. El montaje industrial es un desafío permanente al ingenio; con plazos de entrega bastante restringidos por los elevados montos de inversión comprometidos.

4.1.5.1. Interpretación de planos

En la sección interpretación de planos del capítulo 3, se describe la importancia y la ayuda que los planos pueden proporcionar al encargado del proyecto, se analiza cada plano para formar la idea general, se define la secuencia y los recursos que serán necesarios, debido a esto, es importante que el profesional encargado esté en capacidad de leer, interpretar y analizar los planos.

Al momento de proceder al montaje y durante la faena es necesario volver a consultar pero en esta oportunidad se utilizarán planos que brinden más detalles, como detalles de la dirección de las piezas, la identificación de las mismas, las conexiones, las características de los elementos de sujeción y estarán a disposición del personal operativo y el supervisor o supervisores de la obra.

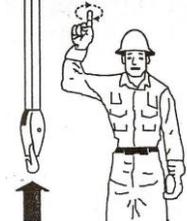
4.1.5.2. Descripción del grupo de apoyo

El grupo de apoyo se define como el personal que trabaja para la empresa que presta el servicio de maquinaria, como es el caso de las grúas, el cual se compone regularmente de un operador y un ayudante, quien es el encargado de dirigir los movimientos por medio de señales estandarizadas creadas para este fin, por medio de las cuales se comunica con el operador. El grupo de apoyo es el encargado de asegurar la colocación correcta de las eslingas de forma que todas y cada una de las piezas sean elevadas y trasladadas al lugar definitivo sin sufrir daño alguno. A continuación se listan algunas notas importantes a cerca de estas señales.

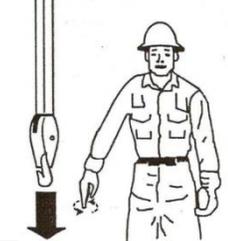
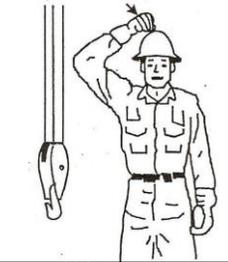
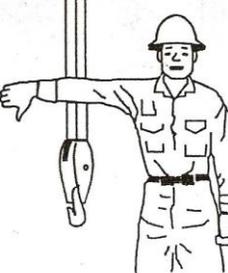
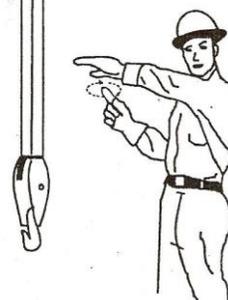
- ✧ Se utilizan para que todos los trabajadores involucrados, cuenten con la seguridad necesaria y eviten lesiones, accidentes y daños materiales.
- ✧ El objetivo de las señales es ayudar en la comunicación permanente que debe haber entre el operador y el señalador o ayudante.
- ✧ Es indispensable recordar que el responsable de la operación es el operador y por esta razón el señalador debe ser una persona competente que efectivamente colabore para que el operador logre realizar su trabajo de manera efectiva y segura.

- ☆ En las operaciones de levantamiento de cargas solamente debe haber un encargado de hacer señales, pues si hay más de una persona en esta tarea el operador puede confundirse y ejecutar maniobras inapropiadas.
- ☆ Aunque las señales sirven principalmente para comunicar al operador con el señalador, todos los involucrados en un proceso de levantamiento de cargas deben conocer las señales para saber lo que está ocurriendo y conocer el estado de la operación.
- ☆ Entre el operador y el señalador debe haber comunicación permanente, el operador siempre debe estar en capacidad de ver a quien está haciendo las señales, por lo tanto, se debe evitar en todo momento que haya obstáculos entre ellos.
- ☆ En el caso de que el operador considere que la señal que recibe no es correcta, debe discutir la maniobra hasta asegurarse de que se puede realizar de manera segura. Las señales más utilizadas son las que se muestran a continuación:

Tabla XX. **Señales del ayudante de grúas**

Señal y descripción	Ilustración
<p>Subir la carga: con el brazo vertical y el dedo índice apuntando hacia arriba mover la mano en un pequeño círculo horizontal</p>	

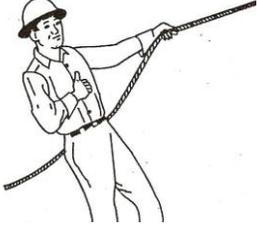
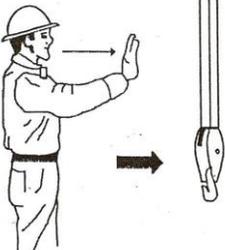
Continuación de tabla XX.

<p>Bajar la carga: con el antebrazo extendido hasta abajo y el dedo índice apuntando hacia abajo mover la mano en un pequeño círculo.</p>	
<p>Utilizar el gancho: levantar la mano por encima de la cabeza.</p>	
<p>Subir la pluma: brazo extendido, dedos cerrados, pulgar apuntando hacia arriba.</p>	
<p>Bajar la pluma: brazo extendido, dedos cerrados, pulgar apuntando hacia abajo.</p>	
<p>Mover lentamente: con la mano derecha se da la señal de movimiento y la otra se coloca encima y sin moverla.</p>	

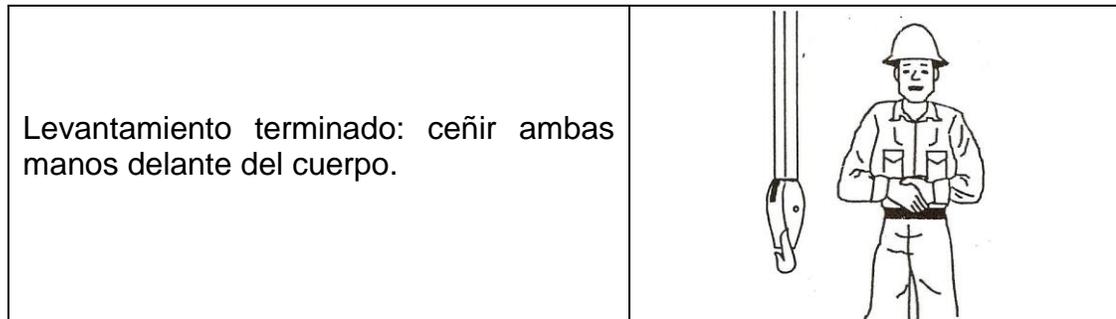
Continuación tabla XX.

<p>Subir la pluma y bajar la carga: con el brazo extendido y el pulgar apuntando hacia arriba, cerrar y abrir la mano alternativamente durante el tiempo que se desee que baje la carga.</p>
--

Continuación tabla XX.

<p>Extender la pluma: ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando hacia afuera.</p>	
<p>Retraete la pluma: ambos puños delante del cuerpo con los pulgares apuntando hacia delante.</p>	
<p>Extender la pluma con cuerda de seguridad: mantener postura rígida halando la cuerda firmemente con una mano y la otra mano con los dedos cerrados y el pulgar apuntando hacia el pecho.</p>	
<p>Retraete la pluma con cuerda de seguridad: mantener postura rígida halando la cuerda firmemente con una mano y la otra mano con los dedos cerrados y el pulgar apuntando hacia el frente.</p>	
<p>Viajar: brazo extendido hacia delante, mano abierta y algo elevada, hacer movimiento de empuje en la dirección del desplazamiento.</p>	

Continuación tabla XX.



Fuente: http://www.hugoecheverri.com/docfactor/seguridad_de_gruas.pdf

Los gestos o señales mostradas anteriormente no impiden que puedan emplearse otros gestos para indicar idénticas maniobras. Aunque son las señales aprobadas por la Norma UNE 003 desde 1957.

4.1.5.3. Refuerzos temporales (*FalseWork*)

Llamado *false work*, en algunas ocasiones es necesario colocar refuerzos temporales, como su nombre lo indica, son tensores que se colocan provisionalmente para sostener las columnas y las vigas mientras se finaliza el ensamble de las piezas que sostienen la estructura o sección estructural permanentemente.

4.1.5.4. Alineamiento

Esta operación se debe llevar a cabo en toda la estructura y prestando especial atención en las uniones de los rieles por donde transita el tren o vagón, debido a las grandes velocidades que los juegos alcanzan en operación.

Los saltos de un riel a otro son indeseables no solamente porque producen vibraciones en la estructura, sino porque también el vehículo sufre daño ocasionado al pasar de un riel a otro con diferente nivel, el proceso de fabricación debe asegurar que las piezas sean de las mismas dimensiones, en este caso los juegos son de origen europeo, por lo cual, las medidas son en milímetros, esto brinda una mayor exactitud en las medidas de las piezas.

A pesar que las piezas sean de las mismas dimensiones puede existir desfase de las mismas en el montaje, por lo cual se debe verificar que las dos piezas queden perfectamente alineadas y de lo contrario proceder a alinearlas.

☆ Inspección de requisitos de calidad de montaje

En algunas oportunidades las piezas no están fabricadas conforme el diseño lo manda, existen desviaciones de calidad en el proceso de fabricación, por ejemplo, la dirección de una pieza puede ser contraria a la pieza con la cual debe ser ensamblada, durante el montaje será necesario corregir la desviación, que en el caso del ejemplo expuesto, será cortar y volver a soldar en la dirección correcta, normalmente durante el transporte las sufren golpes, rayones, etcétera los cuales ocasionan concentraciones de esfuerzos en las piezas, la pintura juega un papel importante en el tiempo de vida útil de las estructuras ya que las protege de oxidación y corrosión.

Otro punto importante es el aseguramiento del torque aplicado a cada elemento de sujeción, este debe ser el adecuado según lo indicado en la tabla XX Torque permisible para tornillos.

4.1.5.5. Conexión definitiva

Estas conexiones se pueden hacer con uniones fijas o desmontables, es necesario que las uniones o conexiones de las piezas estructurales, tanto rieles como columnas y tensores sean sólidas, resistentes y capaces de sostener las piezas con las cargas estáticas y dinámicas que se producen en la estructura, una opción para unir piezas de forma resistente es la soldadura pero para este caso deben considerarse los fenómenos térmicos que sufren casi todos los sólidos, se dilatan cuando se calientan e inversamente se contraen al enfriarse. Esta dilatación o contracción es pequeña, pero sus consecuencias son importantes ya que se pueden generar tensiones sumamente peligrosas. Por eso, en las vías del ferrocarril se procura dejar un espacio entre los rieles por la misma razón, este coeficiente de dilatación para el acero es de 0,000013.

Debido a esta razón no se recomienda utilizar soldadura para unir piezas en un juego mecánico ya que las tensiones producidas por el alargamiento del material buscan una salida provocando fisuras a lo largo del recorrido, otra forma de fijación de piezas, es por medio de tornillos y tuercas, estas permiten la dilatación y contracción del material sin problemas ya que siempre queda luz en las uniones.

☆ Elementos mecánicos para conexión y ensamble

Un tornillo es una pieza cilíndrica de metal cuya superficie tiene un resalte en espiral de separación constante; este se emplea como elemento de unión, cuando se enrosca en una tuerca se le denomina perno y se aprieta aplicando el par torsor a la tuerca, estos dos elementos roscados mantienen unidos los objetos con gran fuerza, los tornillos pueden terminar en punta, planos o cualquier otra forma estandarizada.

Para el montaje de juegos mecánicos se usan tornillos pasantes ya que estos, atraviesan las piezas a unir sin roscar en ninguna de ellas sino hasta encontrar la tuerca y una arandela de cada lado. Los tornillos suministran un método relativamente rápido y fácil para mantener unidas dos partes y para ajustar partes móviles, los tornillos están sujetos a esfuerzos de corte, por lo cual es necesario calcular estos esfuerzos para determinar el grado y la sección del tornillo necesarios para resistir dichas cargas, el valor de resistencia a ceder (Rc) para cada grado de tornillo es el siguiente:

- Grado 2: 57 000 libras/pulgada²
- Grado 5: 92 000 libras/pulgada²
- Grado 8: 130 000 libras/pulgada²

Tabla XXI. **Torque permisible para tornillos**

TORQUE PERMISIBLE						
Diámetro	6.9		8.8		10.9	
	Nm	kgm	Nm	kgm	Nm	kgm
M8	21	2	25	3	35	4
M10	41	4	49	5	69	7
M12	70	7	84	9	120	12
M14	125	13	140	14	205	21
M16	176	18	206	21	350	36
M20	338	34	402	41	600	61
M22	456	47	539	55	900	92
M24	588	60	696	71	1100	112
M27	873	89	1030	105	1650	168
M30	1177	120	1422	145	2200	224
M33	1668	170	1977	202	2784	284
M36	2134	218	2425	258	3340	341

Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de mantenimiento de Motocoaster*.p. 18.

El diseño de los juegos mecánicos tiene diferentes cargas de corte a lo largo del recorrido por lo tanto, es necesario utilizar diferentes pernos que deben fijarse y apretarse adecuadamente, lo cual se logra con el torque, este se lleva a cabo utilizando el torquímetro y no se debe sobrepasar el torque permitido ya que es probable que el perno sufra fractura o se arruine la rosca. A continuación se presenta una tabla con los torques permitidos.

Es importante hacer la anotación de que las arandelas deben ser colocadas en la dirección correcta, estas sirven para evitar que los pernos se aflojen por la vibración, por lo tanto, la cara plana de la arandela debe tener la dirección hacia la pieza.

✧ Herramientas para conexión

Los tornillos cuentan con una cabeza que puede ser hexagonal, cuadrada, redonda con ranura para destornillador, chaflanada o plana con un hexágono adentro. Para el caso de los juegos mecánicos se utilizaron tornillos con cabeza hexagonal, en esta, se indica el grado del tornillo y sirve para realizar el apriete del mismo, al igual que las tuercas que regularmente son de forma hexagonal. Por lo tanto, se utilizan:

- Llaves cola corona de diferentes medidas
- Ratch con un juego de copas
- Un torquímetro
- Trozos de madera como receptores de las llaves

Estas herramientas deben ser de calidad aceptable, ya que estarán sujetas a trabajos continuos durante un largo período de tiempo y su función es sumamente importante para el adecuado ensamble y seguridad estructural.

Especialmente el torquimetro debe permanecer en buenas condiciones para evitar que se aplique exceso de torque, lo cual provocaría fatiga en los elementos de sujeción, es importante que las personas encargadas de manipular las herramientas, estén en capacidad de hacerlo y verificar que las herramientas se utilicen únicamente para lo cual fueron creadas.

☆ Ajustes

Al finalizar el ensamble de la estructura es necesario revisar las uniones, principalmente de los rieles para verificar que no existan gradas en el paso de uno a otro, que todos los tornillos hayan sido torqueados adecuadamente, de lo contrario proceder a realizar el torque o reemplazar los elementos necesarios. Lo más importante es el ajuste de los mecanismos como el cable de tracción y las poleas para evitar desgaste prematuro y la alineación de la tabla de transferencia que consta de dos secciones, una que es parte del recorrido normal del juego y otra que se utiliza para desviar los vehículos y llevarlos hacia el área de mantenimiento, es corrediza y cuenta con un sistema de frenos para asegurar el riel según sea necesario.

4.1.5.6. Orden y limpieza durante el montaje

Se debe destinar un lugar específico para cada herramienta que se utiliza en el proceso, el personal del montaje debe ser ordenado y responsable de colocar las herramientas que utiliza en el lugar correspondiente, un tema de interés referente al orden y limpieza durante el montaje es la aplicación de las 5's que se describen a continuación.

- ☆ Seiri: se traduce como Separación y Clasificación de las cosas necesarias e innecesarias, todos aquellos objetos que no se vayan a utilizar en los próximos treinta días.
- ☆ Seiso: mantener limpias las áreas de trabajo, se ha comprobado que las personas trabajan más a gusto en un ambiente limpio, por lo tanto, son más eficientes.
- ☆ Seiton: colocar los elementos necesarios en orden e instruir al personal involucrado en el proceso para que mantengan ese mismo orden permanentemente. Esto permite que las herramientas y demás objetos estén listos cuando se necesiten. También definir la cantidad de objetos de la misma clase que estarán a disposición.
- ☆ Seiketsu: aplicar el concepto de limpieza a uno mismo, proporcionar ropa y accesorios adecuados a los colaboradores y proporcionar continuidad a los tres pasos anteriores.
- ☆ Shitsuke: construir autodisciplina y compromiso con las 5's para practicarlo continuamente.

Adoptando la filosofía de las 5's se obtienen algunos beneficios aplicables para el montaje:

- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina.
- Reduce movimientos innecesarios y los accidentes de trabajo.

- Mejora la eficiencia, el rendimiento de la faena y la colaboración entre los integrantes del equipo de montaje.
- Disminuye los tiempos perdidos por extravío de herramientas, equipo y búsqueda de las mismas.
- Evita que se utilicen herramientas inadecuadas para los diferentes trabajos.

Figura 68. **Orden y clasificación de herramienta y equipo**



Fuente: IRTRA, Petapa.

4.2. Instalaciones neumáticas

La neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de mecanismos, máquinas y otros elementos que proporcionan movimiento.

La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice bajo de peligrosidad en relación con otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos, las fugas en las tuberías o accesorios causan un gasto importante de aire, pero la máquina sigue trabajando y aunque debe resolverse, no tiene porque detenerse el proceso productivo, el aire se deja escapar a la atmósfera por lo que no se necesita tubería de retorno.

Contiene una serie de elementos interrelacionados, instalados de tal forma, que es posible controlar los movimientos de las máquinas automática o semiautomáticamente. Por estas ventajas las instalaciones de aire comprimido son ampliamente usadas en todo tipo de industrias aunque la principal desventaja sea la limitada fuerza que ofrecen alcanzando un máximo de 8 bar de presión.

4.2.1. Definiciones de instalaciones neumáticas

Neumática: es el área de la mecánica que trata de los movimientos, procesos y comportamiento del aire comprimido, para su utilización como medio de trabajo en la automatización del mando y accionamiento de máquinas.

Electroneumático: es la combinación de elementos neumáticos con la electricidad y se aplica para automatizar el sistema.

Aire: el aire es un fluido elástico o compresible y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales, el aire se dilata bajo la acción del calor. Algunas ventajas más importantes del aire comprimido son:

- ✧ Está disponible en todas partes en cantidades ilimitadas.
- ✧ Puede acumularse fácilmente y transportarse cómodamente mediante tuberías, incluso a grandes distancias.
- ✧ No es necesario regresarlo a su lugar de origen. Una vez realizado su trabajo, puede dejarse escapar al exterior.
- ✧ Es un gas no inflamable, de esta forma se garantiza un trabajo seguro, incluso en condiciones extremas de temperatura.
- ✧ No se precisa ningún dispositivo costoso de protección contra explosiones.
- ✧ El aire comprimido es limpio.
- ✧ Por su rapidez permite obtener elevadas velocidades de trabajo.
- ✧ Las velocidades y fuerzas de los elementos neumáticos son regulables sin escalonamientos.

Automatización: cuando un sistema tiende a ser regulado por sí mismo.

Impurezas: en neumática se entiende como impurezas a todos aquellos elementos indeseables que viajan junto con el aire comprimido causando daños a los elementos del sistema como la humedad, aceite, polvo, desgaste metálico y carboncillos. El agua es el mayor enemigo de los sistemas neumáticos.

Compresores: máquinas utilizadas para producir aire comprimido, están dotados de admisión de aire, mecanismo que eleva la presión al valor de trabajo deseado y descarga.

Válvulas: según la Norma DIN/ISO 1219 las válvulas son elementos que regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como, la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito.

Cilindros: son los encargados de realizar el trabajo y aplicar fuerza y movimiento en sentido rectilíneo, pueden ser de simple efecto o de doble efecto. Algunas de sus aplicaciones son sujetar, expulsar, prensar, elevar, alimentar, introducir, etcétera.

Red: es la distribución del aire comprimido por medio de tuberías, pueden ser abiertas o cerradas. Las tuberías no deben ser demasiado largas para evitar caídas de presión. Dentro de las tuberías se incluyen las mangueras diseñadas especialmente para soportar la presión de hasta 8 bar.

Circuito: es la disposición de los elementos neumáticos o electroneumáticos para controlar los movimientos, secuencias y velocidades de forma automática o semiautomática.

4.2.2. Aplicación de neumática en los juegos mecánicos

Como se ha mencionado anteriormente, la neumática es una forma de energía de fácil obtención y utilización, por lo cual, tiene gran cantidad de aplicaciones y la flexibilidad de acomodar o diseñar los circuitos según las necesidades de movimientos con la ayuda de los accesorios de distribución y control del flujo de aire.

En el caso de los juegos electromecánicos también tiene varias aplicaciones importantes como el sistema de frenado, el sistema de seguridad de los asientos, proporcionar los movimientos de elevación y descenso de la góndola para el caso de la torre y apertura de compuertas de acceso.

4.2.3. Descripción de dispositivos neumáticos utilizados

Secadores:son los encargados de eliminar la humedad del aire, ya que se considera como impureza para los sistemas neumáticos y los filtros son incapaces de eliminar este tipo de impurezas.

Circuito de refrigerante

- ✧ Separador de refrigerante: garantiza que sólo pueda entrar en el compresor gas refrigerante, ya que en estado líquido causarían daños.
- ✧ Compresor de refrigerante: comprime el gas refrigerante a una elevada presión y temperatura.
- ✧ Presostato de máxima presión.
- ✧ Presostato de control de ventilador.
- ✧ Ventilador de condensador.
- ✧ Condensador: enfría ligeramente el gas refrigerante para que cambie de gas a líquido; el refrigerante es más eficaz en estado líquido.

- ✧ Tubo capilar: reduce la presión del refrigerante, haciendo que disminuya su temperatura y aumente su capacidad de refrigeración; el refrigerante es ahora prácticamente líquido, con algún gas residual.
- ✧ Filtro capilar: protege al dispositivo de expansión contra partículas dañinas.
- ✧ Derivación de gas caliente: regula la cantidad de refrigerante que pasa por el intercambiador de calor aire-refrigerante, asegurando un punto de rocío a presión estable y eliminando la posibilidad de que se congele el condensado.

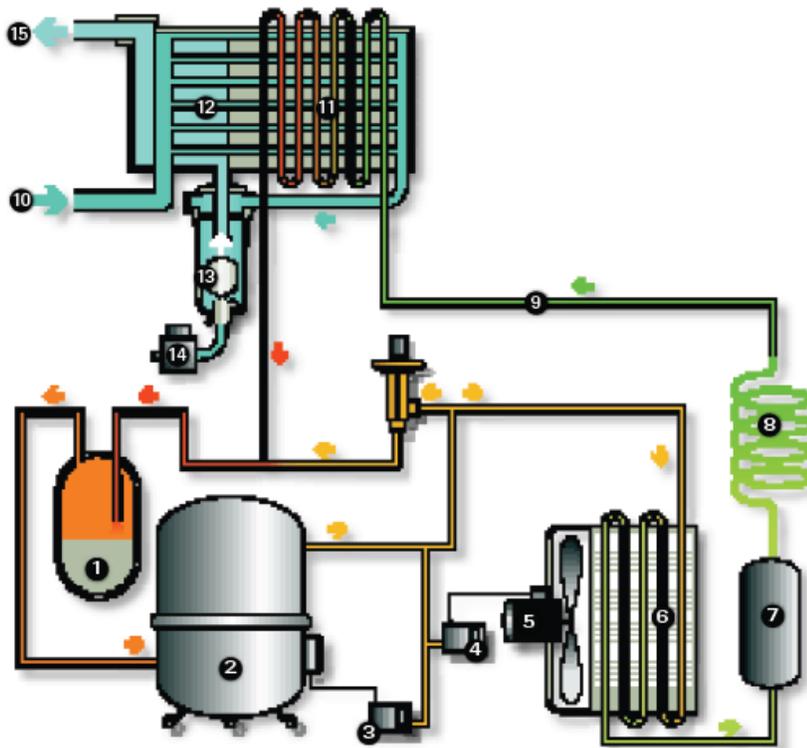
Circuito de aire

- ✧ Entrada de aire: el aire caliente saturado entra en el secador y es enfriado por el aire que sale por el intercambiador de calor aire-aire. Reduciendo la temperatura del aire de entrada, disminuye la carga sobre el circuito de refrigerante.
- ✧ Intercambiador de calor aire-refrigerante: transfiere el calor del aire comprimido al refrigerante frío, forzando la condensación del vapor de agua que hay en el aire comprimido. Cuanto más eficaz sea la transferencia de calor, más se enfriará el aire y más vapor de agua se condensará.
- ✧ Intercambiador de calor aire/aire.
- ✧ Salida de aire: recalienta el aire que sale para impedir condensación en las tuberías.

- ☆ Separador de humedad: recoge y drena el condensado del flujo de aire enfriado. Cuanto más eficiente sea la separación, mejor será el punto de rocío a presión, ya que las gotitas que no se recogen se vuelven a evaporar y degradan el punto de rocío a presión. Las gotitas recogidas se evacúan de forma fiable del separador a través de un purgador electrónico.

- ☆ Purgador automático.

Figura 69. Diagrama de secador



Fuente: <http://www.clif-tecno.com.ar/pdf/Secadores%20FX.pdf>.

[Consulta: septiembre de 2010].

Filtros: son los encargados de eliminar todas las impurezas que pueda contener el aire, antes de llegar a los dispositivos neumáticos, excepto la humedad.

Ductos: la capacidad de estos depende de la presión de trabajo necesaria y son los encargados de transportar el aire desde el compresor hasta los actuadores.

Válvulas: mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como, la presión o el caudal del aire. Se utilizan para controlar y modular todas las fases de trabajo incluyendo las velocidades y duración de cada fase.

Acumuladores: almacenan el aire producido por los compresores.

Cilindros: son los encargados de proporcionar el movimiento necesario por medio del vástago que entra y sale conforme el ciclo de trabajo.

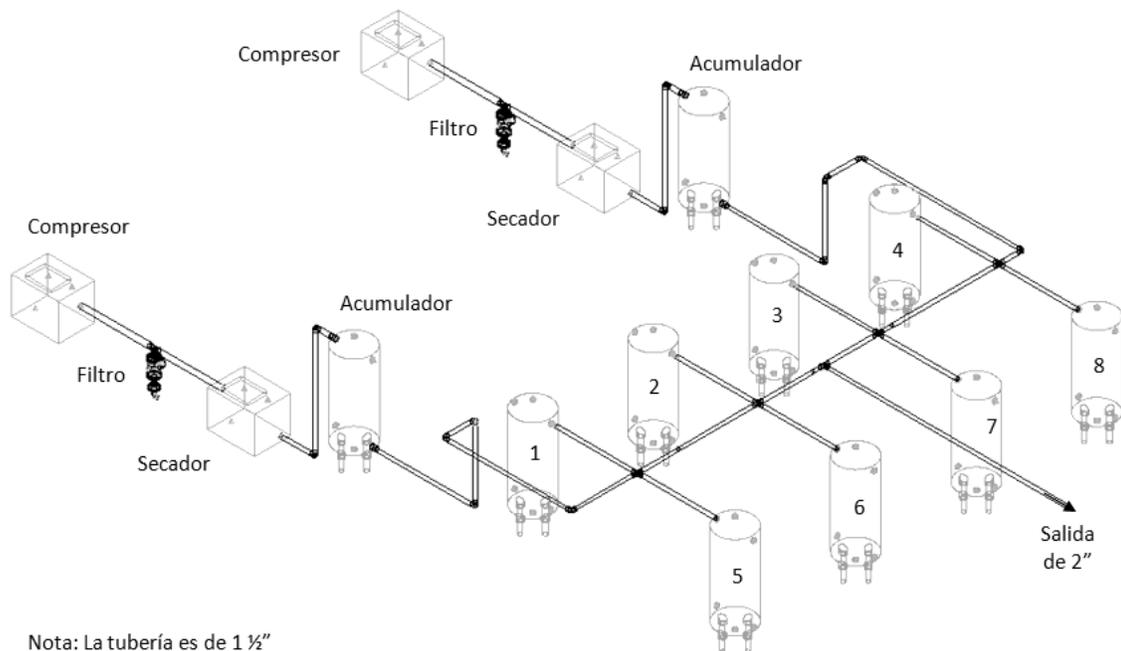
Sensores: detectan la posición de los elementos, con lo cual se definen los ciclos de trabajo y envían las señales a los elementos de regulación y distribución.

Unidad de mantenimiento: prepara el aire antes de ser utilizado en un dispositivo. El aire debe ser depurado y de él debe extraerse el agua, esta operación la efectúa el filtro con separador de agua. La presión puede ajustarse a un valor determinado y constante por medio de la válvula reguladora de presión, finalmente, el aire debe enriquecerse con una fina niebla de aceite, para lubricar las guías de los elementos de mando y de trabajo, el lubricador cumple con este objetivo, las abreviaciones son FRL o FR.

4.2.4. Descripción del circuito

Drop Tower: utiliza dos cables de tracción, cada uno con la capacidad suficiente para elevar el vehículo. El sistema de aire comprimido se encarga de elevar y bajar las poleas que están unidas al vástago de los cilindros neumáticos de doble efecto de aproximadamente trece metros de longitud cada uno, para suministrar suficiente volumen de aire a estos cilindros se utilizan dos compresores de trece bar de capacidad cada uno, los cuales producen aire comprimido que se limpia y seca utilizando un filtro y un secador, este aire ya tratado se almacena en una serie de ocho acumuladores para utilizarlo cuando los cilindros lo demanden.

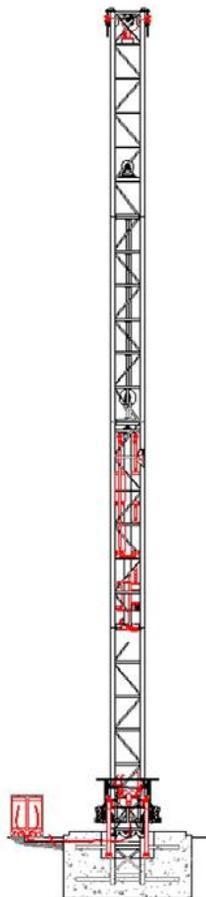
Figura 70. **Generación y tratamiento de aire comprimido Drop Tower**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad 2010.

En el cuarto de máquinas se localizan dos compresores de tornillo rotativo que generan aire comprimido para almacenarlo en un banco de diez acumuladores, inmediatamente después de la salida del compresor se encuentra un filtro y un secador para eliminar las impurezas y la humedad del aire, previo a ser almacenado. Se conecta a una tubería de salida de 2 pulgadas de diámetro para abastecer a los actuadores ubicados en la torre que se encargan de subir y bajar la góndola por medio de los cables y las poleas colocadas en los vástagos de los cilindros neumáticos.

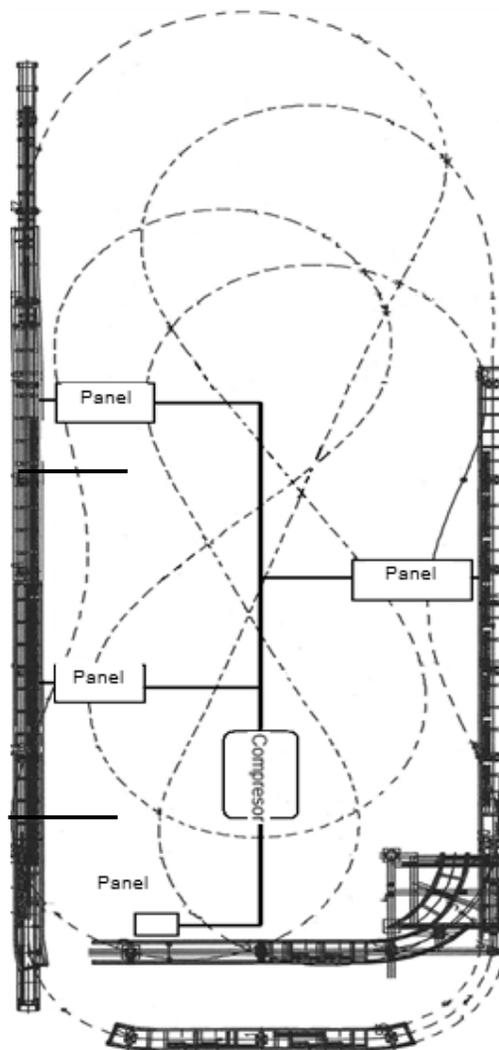
Figura 71. **Distribución de aire comprimido de Drop Tower**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento Drop Tower*. p 157.

Motocoaster: utiliza un compresor de 10 bar de capacidad para alimentar el sistema de frenos y los dispositivos de seguridad accionados por cilindros neumáticos, envía el aire a los acumuladores ubicados cerca del área de frenos y de aquí se envía por medio de mangueras hacia los actuadores.

Figura 72. **Generación y distribución de aire comprimido Motocoaster**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Modificación de diagrama de Motocoaster* p. 141

4.2.5. Compresores

Se utilizan para producir aire comprimido, elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Dependiendo del tipo de trabajo y la cantidad de aire requerido para realizar el trabajo se elije un tipo de compresor capaz de cumplir con la demanda.

Drop Tower: utiliza dos compresores de tornillo rotativo, cada uno con un filtro y un secador.

Figura 73. **Compresor de tornillo rotativo de 100HP**



Fuente: http://www.ceccato-russia.ru/inf/ENG_CSC.pdf. [Consulta: septiembre de 2010].

Las características técnicas más relevantes de los compresores son:

- | | |
|-----------------------------|---|
| ✧ Tipo: CSC 100/13 | ✧ Caudal: 308 cfm (523 m ³ /h) |
| ✧ Frecuencia: 60 Hz | ✧ Ancho: 2 010 mm |
| ✧ Presión: 13 bar (188 psi) | ✧ Nivel de sonoridad: 73 dB |
| ✧ 3 fases | |
| ✧ Potencia: 100 HP (75 kw) | ✧ Largo: 1 790 mm |
| | ✧ Voltaje: 400 V |
| ✧ Longitud: 1 100 mm | ✧ Peso: 980 kg |

Motocoaster: utiliza un compresor de tornillo rotativo, lubricado, de transmisión directa con arranque estrella delta.

- ✧ Tipo: Junior 15-10/270+DF Z
- ✧ Voltaje: 440 – 480 V
- ✧ Presión: 10 bar (145 psi)
- ✧ Frecuencia: 60 Hz
- ✧ Potencia: 20 HP (15 kw)
- ✧ 3 fases
- ✧ Caudal: 68 cfm (1,92 m³/h)
- ✧ Peso: 388 kg
- ✧ Nivel de sonoridad: 64 dB
- ✧ Velocidad del motor: 3 500 rpm

Figura 74. **Compresor de tornillo rotativo de 20HP**



Fuente:<http://www.powersystem.it/iwcm/iwcmssystem/default.asp?Call=Mod:|Lang:ESP|pag:36>. [Consulta: septiembre de 2010].

4.2.6. Puntos importantes

La capacidad del acumulador o sistema de acumuladores debe ser al menos 10% mayor que la presión máxima de trabajo del compresor al igual que los ductos o mangueras que transportan el aire comprimido de un lugar a otro, esto con el fin de brindar mayor seguridad en la red de distribución del aire.

5. MANTENIMIENTO Y CAPACITACIÓN

Además de la calidad propia del producto, la vida útil de todas las máquinas y equipos depende de dos factores:

- ✧ Operación adecuada (a través de la capacitación)
- ✧ Mantenimiento

En el presente capítulo se presta especial interés a estos dos factores con el objeto de prolongar la vida útil de los juegos y brindar un servicio de calidad a los visitantes del parque y especialmente de las nuevas atracciones instaladas, con el mínimo de riesgos posible.

5.1. Mantenimiento

Un mantenimiento adecuado, eficaz y periódico asegura la vida más larga de todas las estructuras y maquinaria, al mismo tiempo que reduce el peligro de accidentes. La eficiencia de los juegos mecánicos de los parques de diversiones se calculan con base en la cantidad de clientes atendidos por unidad de tiempo, este número aumenta mientras cada atracción permanezca en óptimas condiciones de funcionamiento durante los días de recreación o atención al público, lo cual se logra utilizando eficientemente los días establecidos para el mantenimiento y programando las tareas de mantenimiento antes de que alguna pieza falle. Se deben considerar las siguientes recomendaciones antes, durante y después de cada tarea de mantenimiento para obtener mejores resultados y evitar accidentes.

- ✧ Las operaciones de mantenimiento deben ser realizadas únicamente por personal competente y capacitado.
- ✧ El público no debe ser admitido durante los trabajos de mantenimiento.
- ✧ Colocar rótulos y señalización de aviso de mantenimiento.
- ✧ No realizar tareas de mantenimiento, lubricación o limpieza mientras el juego está en funcionamiento ni en sistemas sometidos a altas temperaturas y presiones.
- ✧ Utilizar los enclavamientos y candados en los interruptores para evitar que la atracción se inicie de forma inesperada, evitar movimientos inesperados de las partes mecánicas, eliminar el peligro de descarga eléctrica, impedir que personas ajenas al mantenimiento pongan en marcha la atracción y provoquen algún accidente.
- ✧ Utilizar siempre piezas de recambio originales del fabricante.
- ✧ Verificar que las piezas reemplazadas y las herramientas utilizadas para el mantenimiento se hayan retirado de la atracción.
- ✧ Contar con un registro de mantenimiento en el que se indique la fecha de mantenimiento y los equipos o partes en los que se realizó el trabajo, así como, los períodos de lubricación por partes.
- ✧ Verificar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad, especialmente los botones de paro de emergencia, frenos de emergencia y dispositivos de seguridad de pasajeros.

- ✧ Un buen mantenimiento preventivo requiere atención constante y supervisión continua de la atracción. Comprobar inmediatamente la causa de las anomalías eventuales como el ruido excesivo, el sobrecalentamiento, fugas de fluidos, etcétera.

Revisar periódicamente:

- ✧ Las estructuras.
- ✧ El ajuste de los tornillos.
- ✧ El estado de las juntas y soldaduras.
- ✧ La condición y el funcionamiento de los dispositivos mecánicos de seguridad.
- ✧ Sustitución de los componentes desgastados o dañados.
- ✧ El funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
- ✧ Eliminar inmediatamente cualquier indicio de óxido y brindar tratamiento a la superficie para prevenir la recurrencia.

5.1.1. Traducción de los manuales del fabricante

Motocoaster (atracción 1)

Mantenimiento diario:

- ✧ Inspeccionar visualmente el apriete de las tuercas y los tornillos de toda la estructura y asegúrese de que el torque aplicado está intacto.
- ✧ Inspeccionar las soldaduras en busca de fisuras.

- ✧ Inspeccionar visualmente la fijación correcta de todos los sensores a lo largo de toda la pista.
- ✧ Revisar la presión en los tanques de aire en busca de fugas. La presión de trabajo es alrededor de 9 bar. Inspeccionar también el estado de desgaste y la seguridad de todas las válvulas, conectores y tuberías o mangueras ubicados dentro de los paneles neumáticos, así como, las conexiones neumáticas desde el compresor hacia los paneles neumáticos y desde los paneles hasta el equipo.
- ✧ Revisar el nivel de aceite del compresor.
- ✧ Verificar el estado de la válvula de toma de aire para la apertura de las compuertas traseras adecuada para la limpieza de los rieles, así mismo, verificar el estado del empaque en el cono de la válvula de admisión de aire.
- ✧ Revisar las conexiones eléctricas de todos los equipos (motores, sensores, circuito de frenos, paneles, controles, etcétera).
- ✧ Revisar el estado y las conexiones eléctricas de los cepillos.
- ✧ Revisar el nivel de aceite en el tanque de servicio para el embrague hidráulico y el nivel de aceite para el sistema de freno por medio de las escalas de indicación. Limpiar los indicadores visuales y revisar el estado de todos los instrumentos de medición.
- ✧ Revisar y limpiar las aletas del intercambiador del calor en la unidad hidráulica del embrague y de la caja de cambios.

- ✧ Revisar los ductos o mangueras de aceite (embrague, frenos y caja de cambios).
- ✧ Revisar el estado y la adecuada inserción de la polea del sistema de tracción.
- ✧ Asegurarse de que siempre haya flujo mínimo de grasa en los cojinetes del volante y la polea. De lo contrario, abra el cojinete y asegúrese de que contiene una cantidad adecuada de grasa (usar grasa SKF LGHP2).
- ✧ Revisar el apriete de sellado de todas las conexiones, prestando particular atención a los tornillos de los cojinetes, caja de cambios, acoples flexibles y disco de freno.
- ✧ Revisar el estado del caucho de la junta entre el motor de corriente directa y el volante. Particularmente asegurarse de que no existan fracturas entre los dos lados del caucho. Revisar el estado y la eficiencia de las tiras de metal que mantiene los tornillos de fijación en su lugar.
- ✧ Revisar la condición, fijación y conexiones hidráulicas de las zapatas del sistema de freno y el estado del disco de frenado.
- ✧ Revisar el apriete de los tornillos de sujeción y la inclinación de la salida del ventilador.
- ✧ Revisar el estado y la alineación de las dos fajas de transmisión, los cepillos y los discos en la unidad de reinicio de embrague.

- ✧ Verificar la conexión de la tubería a la distribución de aceite y revisar que está firmemente asegurada a la estructura para evitar la rotación accidental de distribuidor.
- ✧ Revisar el estado y la apropiada colocación de la unidad de protección de la polea.
- ✧ Inspeccionar visualmente el estado del cable, en busca de cualquier fractura o daño que pueda presentar. Revisar también el estado de las terminales y la fijación de los pasadores.
- ✧ Verificar que no existan objetos dentro del radio de acción del cable. Y Mantener el área de lanzamiento perfectamente limpia para evitar la deposición de cualquier material al cable y en las ranuras de las poleas que pueda interferir con la acción de tracción del cable.
- ✧ Revisar el estado de las ruedas y la fijación de las tuercas y clavijas de bloqueo para mantener la rueda en su lugar.
- ✧ Revisar el apriete de los reflejos de los sensores.
- ✧ Revisar el estado y el correcto funcionamiento del dispositivo con la barra que indica que el tren está conectado.
- ✧ Revisar la parte de la carretilla que entra en contacto con los dientes del vehículo.
- ✧ Revisar el estado de las fajas y las poleas y de todos los elementos de sujeción. También revisar el estado del cilindro neumático.

- ✧ Inspeccionar visualmente el estado de las cámaras y terminales de aire y el apriete apropiado de las abrazaderas. Note que en orden de incrementar el apriete de las abrazaderas primero debe aflojar la tuerca de control flexible para luego apretar. La contratuerca es utilizada sólo para fines de seguridad para evitar que la conexión se suelte.
- ✧ Revisar el estado de las ruedas, prestando particular atención a las muescas, verificar que la presión en las ruedas y el desgaste consecuente no afecte el borde de la llanta.
- ✧ Revisar el estado de las almohadillas y los insertos de nailon. Revisar visualmente que las almohadillas de nailon están descansando pero, no apretando contra el cojinete de la rueda guía. Revisar también las soldaduras.
- ✧ Revisar el estado de las hojas de freno de cada vagón del tren.
- ✧ Revisar la sujeción y el estado mecánico de las hojas de cada vagón. Revisar la superficie cubierta con material antideslizante y si hay más del 30 % eliminado, tomar medidas para restaurarlo.
- ✧ Inspeccionar visualmente todas las soldaduras. Incluyendo la tabla de transferencia y el pedestal del semáforo.
- ✧ Revisar todos los anclajes de los pedestales, la nariz y la puerta trasera del vehículo. Revisar el estado de las barras de dirección y el torque del pin principal ubicado en la plataforma del vehículo.

- ✧ Revisar el funcionamiento de los siguientes motores: motor de la bomba para el sistema de freno hidráulico, motor para la bomba de lanzamiento, motor de corriente directa del sistema de enfriamiento.
- ✧ Verificar que el ventilador de refrigeración para la caja de cambios de engranajes planetarios no se inicia de inmediato hasta que la temperatura supere los 35 a 40 grados Celsius.
- ✧ Revisar cada una de las piezas y accesorios del vehículo, los sistemas de seguridad, los tornillos y tuercas, las conexiones eléctricas neumáticas, las mangueras y cables, las soldaduras y la integridad de la estructura, el sistema de apertura de emergencia, la conexión de los vehículos, los resortes de la parte trasera, el estado de desgaste de los bujes de bronce entre el eje central y el eje posterior del vehículo y chequear los cordones de seguridad entre cada vehículo.
- ✧ Revisar el flujo adecuado de aceite a través de las tuberías que conectan el embrague a la unidad de potencia hidráulica.
- ✧ Revisar todas las presiones, temperaturas y niveles utilizando los indicadores visuales (manómetros, termómetros e indicadores de nivel).
- ✧ Revisar el adecuado movimiento del carrito o vagón. Existe cierta flexibilidad de contacto entre las ruedas y la pista y debido a defectos mínimos de fabricación, puede ser que algunas de las ruedas no entren en contacto en algunas secciones de la pista. Ajustar las ruedas si se detecta este fenómeno en todo el recorrido.

- ✧ Abrir y cerrar el respaldo de seguridad de la espalda de cada motocicleta del tren de forma consecutiva al menos diez veces, espere veinte segundos entre una operación y la siguiente.

Mantenimiento semanal:

- ✧ Drenar el condensado y suciedad del tanque principal del compresor y también de los cuatro tanques auxiliares.
- ✧ Engrasar el engranaje del sistema de seguridad de la espalda de cada motocicleta, utilizando lubricante en aerosol. Lubricar todos los componentes mecánicos con grasa SKF LGEP 2.
- ✧ Revisar el estado en los sectores dentados y las palancas de bloqueo.
- ✧ Revisar el apriete de los tornillos que sujetan el respaldo de seguridad para la espalda con el marco del asiento.
- ✧ Engrasar el mecanismo de cierre para las piernas del usuario.
- ✧ Verificar que los tornillos de la fibra de vidrio de la motocicleta estén apropiadamente apretados.
- ✧ Chequear manualmente todos los elementos de sujeción del tren.
- ✧ Revisar el estado de las llantas, el diámetro mínimo de las ruedas de marcha debe ser de 240 milímetros, el de las ruedas guía debe ser de 190 milímetros, el de las ruedas de paro debe ser de 127 milímetros.

Es necesario también, calibrar la luz entre los rieles del tren y las ruedas de frenado, la cual debe ser 3 milímetros.

Mantenimiento quincenal:

- ✧ Revisar el nivel de aceite en la caja de engranajes del sistema de lanzamiento.
- ✧ Revisar cuidadosamente el estado del cable de tracción en busca de signos de ruptura o daño en las cuerdas. Revisar el estado de las terminales y el apriete de los tornillos.
- ✧ Desmontar, limpiar y revisar dos ruedas de marcha, dos ruedas guía y dos ruedas de frenado y sus componentes e inspeccionar visualmente el estado de los tornillos y el caucho para absorber las vibraciones. Lubricar de ser necesario.
- ✧ Lubricar todos los pines utilizando las graseras.
- ✧ Revisar el torque de los cuatro tornillos que fijan la palanca de dirección a la inclinación de la barra con un torquímetro y ajustar si alguno está debajo del torque necesario y revisar todos los tornillos del vehículo.

Mantenimiento mensual:

- ✧ Desarmar y revisar los filtros de aire de la bomba y del motor del embrague hidráulico.
- ✧ Revisar los filtros del compresor.

- ✧ Desarmar y revisar los filtros de aceite de la unidad de refrigeración de la caja de cambios, de la bomba de frenos y la bomba del embrague hidráulico.
- ✧ Abrir las dos escotillas del embrague (*clutch*) y revisar los discos, los tornillos y asegurarse de que no existan anomalías mecánicas. Revisar también las platinas que impiden que los tornillos se suelten.
- ✧ Revisar el estado de desgaste de las poleas que soporta el cable de tracción, midiendo la profundidad de la ranura, la cual no puede sobrepasar los 47 milímetros.
- ✧ Engrasar los cojinetes de la polea tensora utilizando la grasera.
- ✧ Revisar el acople de todos los pares de fijaciones para los frenos en la zona de lanzamiento.
- ✧ Desarmar completamente un conjunto de ruedas y revisar el estado de los tornillos, los cojinetes y las soldaduras. Engrasar todos los rodamientos cónicos del tornillo principal.
- ✧ Engrasar las juntas articuladas que conectan los vehículos y los resortes dentados de lanzamiento ubicados debajo de cada vehículo.
- ✧ Revisar el acople del 20 % de los tornillos del tren, en los meses siguientes revisar otro 20 % de los tornillos y así sucesivamente.
- ✧ Revisar el par de acople de las pinzas de freno. Asegurarse de que el soporte de la pastilla está correctamente instalado.

- ✧ Revisar el apriete y las soldaduras del disco de frenado.
- ✧ Revisar el 5 % de los tornillos de sujeción de la estructura, que son: tornillos de columnas al piso, tornillos de columna a columna, tornillos de columna a riel, de riel a riel y los soportes del área de lanzamiento.

Mantenimiento trimestral:

- ✧ Desmontar dos conjuntos de ruedas y dos tornillos completos de los vehículos y revisar su condición, el estado de las ruedas, de los cojinetes, del caucho y las soldaduras.
- ✧ Desmontar las pastillas de la pinza del sistema de freno mecánico para verificar que no exista desgaste. El espesor mínimo permitido para las pastillas es de 9 milímetros. Y el disco debe tener 39 milímetros de espesor como mínimo.

Mantenimiento anual:

- ✧ Abrir el cobertor de los cojinetes del volante al menos una vez al año o cada 1 500 horas de operación y revisar el estado de los rodillos y los sellos de anillos, en busca de cualquier marca de desgaste. Revisar el estado de los anillos exteriores de los rodamientos, girando el volante manualmente con el fin de revisar todas las partes.
- ✧ Revisar los rodamientos de las poleas y verificar que no presentan desgaste. Al menos una vez al año o cada 3 000 horas de operación.

- ☆ Deslizar el carro hacia afuera de la pista de lanzamiento para desarmar las ruedas y revisar los rodamientos, limpiarlos y engrasarlos, llenando completamente el rodamiento y 30 % de remanente.
- ☆ Por lo que al menos una vez al año o cada 3 000 horas será necesario revisar el desgaste en todas las pastillas.
- ☆ Verificar la precarga de los acumuladores de la bomba hidráulica para el embrague y la bomba hidráulica para los frenos. Disminuir la presión del sistema hasta cero bar y revisar la presión de nitrógeno en los acumuladores con un instrumento de medición adecuado.
- ☆ Extender totalmente el abanico de amortiguación, desarmar los tornillos del fuelle, limpiar la mayor cantidad de grasa posible y relubricar.
- ☆ Desarmar dos frenos mecánicos completamente y revisar el estado de todos sus componentes (muelles, cámaras de aire, terminales, pastillas y elementos de sujeción).

Drop Tower (atracción 2)

Mantenimiento diario:

- ☆ Funcionamiento del compresor e instalaciones neumáticas: el trabajo del compresor es regulado automáticamente por el interruptor de presión, el cual, interrumpe el suministro de energía eléctrica del motor cuando la presión del aire en el tanque alcanza el valor máximo predefinido y se reinicia cuando la presión disminuye más allá del límite de presión mínimo.

Una válvula de seguridad regulada a una presión ligeramente mayor que el valor máximo, opera en caso de que el interruptor de presión esté trabajando irregularmente. Con el fin de facilitar el encendido durante el invierno, trabajando a temperaturas inferiores de 0 grados Celsius es importante vaciar el tanque (esta condición no se da en la ciudad de Guatemala).

Después de 5 a 10 minutos de haber encendido el compresor, chequear la presión máxima de trabajo (presión máxima: 8 bar). Una vez al día drenar el condensado de los filtros y de todo el sistema neumático, para esta operación es suficiente abrir las válvulas de drenaje.

☆ Chequear visualmente las poleas y los pines de las poleas. Inspeccionar visualmente la posición de los cables en las poleas a lo largo del viaje, en los siguientes puntos:

- Grupo de poleas en la parte inferior de la torre
 - Grupo de poleas sujetas al vástago del cilindro neumático
 - Grupo intermedio de poleas
 - Grupo de poleas en la parte superior de la torre
-
- ✓ Inspeccionar visualmente el alojamiento del cable de tracción en la ranura de las poleas. Chequear el estado del alojamiento del cable de tracción en la ranura de la polea y también chequear el estado de desgaste de la polea causado por la fricción. Esta operación debe ser llevada a cabo con la atracción sin funcionamiento y en una posición segura.

- ☆ Chequear la tensión exacta del cable de tracción en la cima de la torre y corregir en caso de ser necesario, mientras la tensión está siendo corregida, observe que la góndola está en posición horizontal y por lo tanto, perfectamente alineada con todos los cables de tracción y en la posición exacta de trabajo.
 - Inspeccionar visualmente de forma general las clavijas y pines que forman parte de las articulaciones de conexión del cable de tracción.

- ☆ Revisar el desgaste y el estado general de las guías de las ruedas, presente entre la góndola y las guías, también chequee la exacta posición y establecer la posible holgura o luz con los tornillos de ajuste.

- ☆ Revisar diariamente el correcto funcionamiento de la protección personal
 - Revisar que los ganchos de sujeción cierren adecuadamente.
 - Revisar que el bloque de cierre mecánico funciona adecuada y perfectamente para todos los arneses de hombro.

- ☆ Descargar el condensado del filtro silenciador, las unidades de compresión, el secador de aire, los acumuladores, el grupo de acumuladores, los cilindros neumáticos al menos una vez al día. Para esta operación es suficiente abrir la válvula de descarga de condensado del equipo. El condensado es una mezcla de aceite y agua, la cual debe ser recogida en contenedores adecuados y cuidadosamente desechada, de acuerdo con las leyes ambientales actuales del país o región.

Mantenimiento semanal:

- ✧ Revisar la sujeción y apriete de todos los tornillos de la góndola.
 - El acople del marco de la góndola con las butacas de los pasajeros.
 - Uniones de la góndola.
 - Extensión de la góndola con el riel.

Estas secciones están compuestas por:

- Tornillos M14 x 45 grado 8,8 con torque de 140 Nm
 - Tuerca M14
 - Arandelas 15 x 28 R40
-
- ✧ Chequear el estado de desgaste del bastidor y del gancho de seguridad de cada protección personal y el enganche y desenganche del cinturón de seguridad. Revisar también la lubricación de todos los mecanismos de cierre de protección personal.

 - ✧ Revisar el ajuste de los tornillos de las ruedas pequeñas de la góndola, en caso de aflojarse, debe corregirse mediante el ajuste de los tornillos especiales.

 - ✧ Revisar las conexiones del cable de tracción, los cuales se sujetan al marco de la góndola para hacerla subir y bajar. Llevar a cabo una inspección detallada del cable de tracción para verificar que no existan fisuras.

Para llevar a cabo la inspección de cada cable a lo largo de toda su longitud, primero haga una revisión en el grupo de poleas en la cima de la torre haciendo deslizar el cable totalmente. Durante la misma operación revise también el estado de las poleas y los soportes.

- ✧ Sistema neumático: revisar el nivel de aceite para lubricación de los cilindros neumáticos del sistema de impulsión y de los cilindros neumáticos amortiguadores; para revisar el nivel de aceite es suficiente mirar la ventanilla especial que cuenta con pequeñas marcas para indicar el nivel mínimo y máximo. Nivele con el mismo tipo de aceite y cierre la tapa. (Los cilindros utilizan aceite Agip OSO 15 Viscosidad 98 aunque también son compatibles el Shell TELLUS 15 y Esso NUTO H15).

Revisar la eficiencia y degradación del filtro de aire silencioso SKD FA 831-50 G 2 pulgadas, para evitar mal funcionamiento y sobrepresión del sistema neumático, si no son eficientes limpiarlos o reemplazarlos.

- ✧ Revisar el nivel de aceite en el compresor y si está por debajo del máximo, rellenar con el mismo tipo de aceite hasta el nivel máximo y cerrar la tapa. La primera sustitución de aceite del compresor se debe realizar después de 100 horas de trabajo, para las siguientes sustituciones de aceite se recomienda realizarlas después de 500 horas de trabajo o al menos una vez al año.

Mantenimiento mensual:

Tabla de torque permisible, según la clase y propiedades de los tornillos.

☆ Revisar los tornillos ubicados en las platinas de acople entre el módulo 0 y el módulo 1. Para esto se utilizan:

- Tornillo M30 x 220 Grado 8,8 (torque permisible: 1 422 Nm)
- 2 tuercas M30 clase 8 G
- 2 arandelas $\varnothing 31$ x 56

☆ Revisar los tornillos utilizados para el acople entre módulos. Para esto se utilizan:

- Tornillo M24 x 380 Grado 8,8 (torque permisible: 696 Nm)
- 2 tuercas M24 galvanizadas
- 2 arandelas $\varnothing 25$ x 44

☆ Revisar los tornillos utilizados para el acople entre las platinas de los cilindros neumáticos y la plataforma de soporte. Para esto se utiliza:

- Tornillo M16 x 100 Grado 8,8 (torque permisible: 206 Nm)
- 2 tuercas M16
- 2 arandelas $\varnothing 16,2$ x 27,4

☆ Revisión de la góndola

Revisar el adecuado funcionamiento de los elementos para protección del sistema de seguridad de los pasajeros, prestando especial importancia a las partes que se señalan a continuación:

- Revisar la integridad de la estructura de la góndola para los pasajeros y todas las partes de las que está compuesta.

- Revisar la adecuada fijación de los muelles de gas, se ajusta utilizando las tuercas de cada muelle.
- Revisar visualmente la integridad estructural del sistema de cierre en cada butaca de la góndola y el montaje adecuado de cada barra de cierre principal, prestando especial atención a las soldaduras.
- Revisar el perfecto funcionamiento y la integridad de los pines de conexión entre el cierre del grupo de transmisión y la barra de seguridad. Todos los pines deben estar equipados con pasador. Mantenga lubricados los pines con grasa.
- Revisar el adecuado funcionamiento y la integridad de los pines de conexión entre las barras de seguridad y el marco de las butacas, todos los pines deben estar equipados con pasador. Mantenga lubricados los pines con grasa.
- Revisar la sujeción y el torque de los tornillos para el acople del cierre del soporte, los tornillos que se utilizan son M12 grado 8,8 con torque a 84 Nm.
- Revisar los tornillos para el acople entre el bloque de cierre y la barra de seguridad. Para esto se utilizan tornillos M8x50 clase 8,8 torqueados a 25 Nm y una tuerca M8.
- Revisar los tornillos para el acople entre el cinturón de seguridad y la butaca de los pasajeros y entre el cinturón y la barra de seguridad.

☆ Revisar las poleas

- Controlar periódicamente las tuercas de los aros del frenado automático para los tornillos de las poleas y revisar la presencia de la clavija de seguridad. Revisar la presencia de rotación de los pasadores de las cerraduras.
- Controlar periódicamente el bloqueo de las tuercas de anillo entre la cuchilla de apoyo de la polea y el vástago del cilindro, verificar la presencia de la clavija de seguridad.
- Controlar periódicamente el bloqueo de los anillos de frenado automático. Para los pernos de las horquillas de la polea y verificar la presencia de la clavija de seguridad. Comprobar la presencia de la rotación de los pasadores de las cerraduras.
- Comprobar el ajuste de los tornillos de acople entre las cuchillas móviles que sujetan las poleas unidas rígidamente a los cilindros neumáticos. Para esto se utilizan tornillos M20 x 130 8,8, M20 x 150 torquados a 402 Nm tuerca M20 y arandelas $\varnothing 21$ x 37.

☆ Revisar los tornillos para el acople entre las platinas de soporte y la plataforma del sistema de freno. Utilizar tornillos M16x50 grado 8,8 torquados a 206 Nm, tuercas M16 y arandelas $\varnothing 17$ x 30.

☆ Revisar los cilindros hidráulicos

- Revisar el desgaste y eficiencia de los cilindros hidráulicos ubicados en el módulo 1 y módulo 4.

- Revisar los tornillos de acople entre las platinas de los cilindros hidráulicos y la platina de unión superior, entre la platina de unión superior y la plataforma de soporte del módulo 4 y entre la platina inferior de soporte del cilindro con la plataforma del módulo 4. Usar tornillos M16 x 70 grado 8,8 torquados a 206 Nm tuerca y arandelas $\varnothing 17$ x 30.
- Revisar los tornillos de acople entre las platinas de los cilindros hidráulicos y la columna de soporte del módulo 0 y módulo 1. Se utilizan tornillos M16 x 70 grado 8,8 torquados a 206 Nm tuerca M16 y arandelas $\varnothing 17$ x 30.

✧ Revisar de los cilindros hidráulicos

- Revisar el estado general y el nivel de desgaste de los parachoques de los cilindros.
- Revisar los tornillos que se utilizan para el acople entre la platina de soporte de los cilindros y el módulo 1. Se utilizan tornillos M10 x 38 torquados a 49 Nm y arandela de $\varnothing 11$ x 21.

✧ Revisar toda la tornillería de sujeción de las plataformas de inspección, escaleras y barandas de protección, así mismo, revisar la integridad y el estado general de dichas secciones cada tres meses.

✧ Revisar y regular la tensión de los cables utilizando los tensores situados en el marco de la góndola.

- ✧ Revisar todo el sistema neumático en busca de fugas a lo largo de las tuberías y mangueras, prestando especial atención a los puntos de contacto con otros componentes, en caso de encontrar ductos dañados se deberán reemplazar con otro igual.
- ✧ Revisar y regular la presión de las ruedas, esto se realiza utilizando los tornillos.

Mantenimiento anual

- ✧ Revisar la integridad estructural de la atracción prestando especial atención a las soldaduras e inspeccionar las plataformas cuidadosamente, además es importante revisar el espacio excesivo y el desgaste de los tornillos de conexión, asegurar la correcta posición de los tornillos y arandelas de seguridad.
- ✧ Reemplazar el aceite del sistema hidráulico con otro de las mismas características.
- ✧ Sustituir tornillos y tuercas: es necesario sustituir los tornillos de la estructura, así como, en las conexiones de las platinas.
- ✧ Revisar los tornillos de acople ubicados en las platinas de la cabeza de los cilindros neumáticos, los tornillos de los depósitos y los tornillos de los soportes de los cilindros.
- ✧ Inspeccionar el soporte estructural de las poleas. Así como, la horquilla de soporte de los dos cilindros neumáticos, inspeccionar también el deslizamiento de las poleas.

- ☆ Revisar completamente la condición de la máquina: debido a la complejidad de la atracción es necesario que al menos una vez al año se lleve a cabo una revisión completa de la condición de la atracción por un ingeniero calificado.

Nota: cada dos años de trabajo se deben sustituir los resortes de los ganchos de sujeción de cada protección personal.

5.1.2. Programa de mantenimiento estimado teóricamente

El mantenimiento preventivo es la mejor garantía para un correcto manejo, el operador debe inspeccionar y limpiar la atracción diariamente. La lubricación, las revisiones y los reemplazos de piezas deben llevarse a cabo de acuerdo con los intervalos recomendados por el fabricante, siguiendo estrictamente las instrucciones de los manuales.

Además será necesario recopilar datos históricos para determinar períodos más exactos de reemplazo de cada pieza y de esta forma programar los mantenimientos para fechas de baja demanda de las atracciones. Un sistema de inventarios debe ser incluido también y determinar el punto de reorden de manera que los costos de almacenaje sean óptimos y se asegure la existencia de repuestos en bodega para los períodos de mantenimiento.

A continuación se presenta un ejemplo de una orden de mantenimiento, con las cuales se debe trabajar para asegurar la implementación de los planes establecidos en los manuales del fabricante, unido con las acciones que el profesional encargado del mantenimiento decida tomar para proteger las atracciones.

Figura 75. Ejemplo de orden de mantenimiento

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE LOS JUEGOS Y MANTENIMIENTO GENERAL DEL PARQUE RECREATIVO URBANO PETAPA.																									
<p>TUNEL MAGICO</p> <p style="text-align: center;">INSPECCIÓN QUINCENAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO</p> <p>FECHA: _____ RESPONSABLE NOMBRE _____</p> <p>HORA: _____ FIRMA _____</p> <p>INSTRUCCIONES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Antes de trabajar tomar todas las medidas de seguridad necesarias 2. Antes de trabajar contar con la herramienta necesaria y repuestos a utilizar 3. Revisar que no existan daños en el equipo y área de trabajo, si existen notificar al jefe inmediato 4. Revise el nivel de aceite en la caja de engranajes del sistema de lanzamiento <input type="checkbox"/> 5. Revise el cable de tracción, las terminales y apriete de los tornillos <input type="checkbox"/> 6. Desmante, limpie y revise dos ruedas de marcha, dos ruedas guía y dos ruedas de frenado y sus componentes e inspecciones el estado de los tornillos y el caucho. Lubrique de ser necesario <input type="checkbox"/> 7. Lubrique todos los pines <input type="checkbox"/> 8. Revise el torque de los tornillos que fijan la palanca de dirección de los vehículos. <input type="checkbox"/> <p>OBSERVACIONES</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%; border: 1px solid black;">MATERIALES</th> <th style="width: 50%; border: 1px solid black;">CANTIDAD</th> <th style="width: 50%; border: 1px solid black;">REPUESTOS</th> <th style="width: 50%; border: 1px solid black;">CANTIDAD</th> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"> </td> </tr> </table> <p>SUPERVISOR NOMBRE _____ FIRMA _____</p>		MATERIALES	CANTIDAD	REPUESTOS	CANTIDAD																				
MATERIALES	CANTIDAD	REPUESTOS	CANTIDAD																						

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.1.2.1. Lubricación

La función principal de la lubricación es incrementar el tiempo de vida útil de las partes mecánicas sometidas a movimiento o rotación constante evitando el contacto de metal con metal. La elección del lubricante apropiado y del método de lubricación para cada aplicación es tan importante como el concepto mismo, depende sobre todo de las condiciones de trabajo, es decir, de la temperatura, la velocidad y el ambiente.

Debido a la acción mecánica, el envejecimiento y acumulación de impurezas, el lubricante puesto en un sistema poco a poco pierde sus propiedades, por lo que es necesario sustituir las piezas de vez en cuando. Hay una gran variedad de aceites y grasas en el mercado que aparentemente son del mismo tipo pero es aconsejable utilizar jabón de litio, grasas con características EP (Presión Extrema) y que tenga una amplia gama de temperatura de trabajo (-30 a 110 grados Celsius).

Relubricación: con el fin de decidir cuándo se debe llevar a cabo, es necesario considerar varios factores que están interconectados de manera bastante compleja. Factores como la velocidad de rotación, temperatura de trabajo, el tipo de lubricante y el ambiente. Es por esto, que solamente se pueden proporcionar recomendaciones generales basadas en datos estadísticos.

✧ Establecer períodos de lubricación por piezas

Se deben utilizar solamente grasas sin ácidos, resinas, no higroscópico, resistente al desgaste y con un rango de variación de temperatura que sea adecuado para el uso de los rodamientos.

La frecuencia de lubricación debe ser elegida, de acuerdo con las condiciones, pero en cualquier caso debe ser superior a cuatro horas de trabajo. Por otra parte, se recomienda mayor frecuencia en ambientes muy húmedos, polvorientos, sujetos a cambios bruscos de temperatura o en continua rotación. La lubricación completa de los rodamientos tiene el propósito de reducir la fricción, actuando como un sello y protector de la corrosión. Es aconsejable, por lo tanto, aplicar la grasa de tal manera que se forme un cordón a lo largo del círculo de la pieza.

Esta operación debe llevarse a cabo cuando la máquina está parada, luego, la atracción debe ponerse en marcha a bajas revoluciones sin pasajeros y repetir la operación hasta que se alcancen las condiciones prefijadas. Es importante tener cuidado que durante las operaciones de limpieza, el detergente o cualquier agente no ingrese en el sistema de rotación o dañe los sellos o arandelas (el uso de productos agresivos cambia las propiedades de las grasas, corroe las piezas del sistema de rotación y daña los sellos). Las piezas que se deben lubricar se describen a continuación.

Motocoaster (atracción 1)

- Lubricar los rodamientos del carro de lanzamiento cada año.
- Lubricar el acordeón de amortiguación del inicio del área de lanzamiento cada año.
- Aplicar 130 gramos de lubricante SKF LGHP2 a los rodamientos y rodillos del volante.

- Aplicar 260 gramos de lubricante SKF LGHP2 a los cojinetes de la polea.
- Reemplazar el aceite de la caja reductora cada 30 000 horas.
- Reemplazar el aceite para la bomba del embrague hidráulico (Mobil AFF 220) después de las primeras 500 horas de trabajo.
- Lubricar los rodamientos del motor eléctrico con lubricante SKF LGLT2.

Drop Tower (atracción 2)

- Cable de tracción: el cable de tracción de acero fue lubricado durante su elaboración con *Brilube 16* o *Vanguard v7166 FA*. Lubricantes de alto rendimiento que tiene dos funciones. Provee protección contra la corrosión y minimiza la fricción interna entre los alambres mientras que el cable este en servicio. De cualquier manera, los cables son como cualquier otro mecanismo y para alargar su vida útil debe lubricarse cada tres meses. El tipo y la frecuencia de lubricación varían dependiendo de la construcción del cable, las condiciones de operación y la aplicación.
- Lubricar los pines de soporte de cada grupo de poleas mensualmente.
- Lubricar los espacios entre las poleas mensualmente.

- Limpiar y lubricar los vástagos de cilindros neumáticos mensualmente.

☆ Acceso a los lubricantes recomendados

Los principales fabricantes exigen que los lubricantes que se utilicen en sus máquinas cumplan ciertas especificaciones y exigencias, de acuerdo con las condiciones de servicio para el trabajo que han de realizar. Los factores que pueden afectar la adquisición de los lubricantes recomendados por el fabricante son el costo de los mismos y la falta de existencia de estos en el mercado, esto obliga a las organizaciones a utilizar equivalencias. A continuación se presentan los recomendados por el fabricante para las diferentes atracciones, las equivalencias aprobadas y las nuevas sugerencias, para los casos en los que los equivalentes sugeridos no cumplen los requerimientos o su costo es muy elevado.

Tabla XXII. **Lubricantes recomendados por el fabricante y lubricantes equivalentes para Motocoaster**

Área	Lubricante	Equivalencia	Recomendación del Fabricante	Nueva Equivalencia
Freno hidráulico	EssoNuto H 32	Tribol AW 32	SI	
Sistema hidráulico de embrague	Mobil ATF 220	Tribol AW 32	Mobil ATF D/M	
Cojinetes eje volante	SKF LGHP2	OptimolOlista PD 2	Turmogrease NM2	Firetemp XT 2
Bujes entre los carros	SKF LGEP2	MolubAlloy 860/220-2	SI	
Mecanismo de sujeción de pernos	INTERFLO N FIN GREASE	OptimolObben UF 3 Spray	Obben UF 0 Spray	

Continuación tabla XXII.

Mecanismo de sujeción de pernos	SKF LGEP2	OptimolOlis ta PD 2	MolubAlloy 860/220-2	
Platos de sujeción de bronce	SKF LGEP2	OptimolOlis ta PD 2	MolubAlloy 860/220-2	
Guías de rodos del block	SKF LGEP2	OptimolOlis ta PD 2	MolubAlloy 860/220-2	
Rodos de carros	SKF LGLT2	OptimolOlis ta PD 2	Thermoplex ALN 252 SP	Optitemp GL 2
Reductor planetario entre volante y <i>clutch</i>	MobilGear SHC XMP 220	Alpha Sint 220	SI	
Impulsor del cable	SKF LGLT2	OptimolOlis ta PD 2	Thermoplex ALN 252 SP	Optitemp GL 2
Impulsor del cable	SKF LGEP2	MolubAlloy 860/220-2	SI	
Pernos de chasis de motos	MOLYKOT E 1000	MolubAlloy 369	GTP 600 o GraphiteGrease	
Tensor de poleas	SKF LGHP2	OptimolOlis ta PD 2	Turmogrease NM2	Firetemp XT 2
Ruedas de tracción	SKF LGLT2	OptimolOlis ta PD 2	Thermoplex ALN 252 SP	Optitemp GL 2
Eje de resortes de carros	SKF LGEP2	MolubAlloy 860/220-2	SI	
Volante	SKF LGHP2	OptimolOlis ta PD 2	Turmogrease NM2	Firetemp XT 2
Polea principal	SKF LGHP2	OptimolOlis ta PD 2	Turmogrease NM2	Firetemp XT 2
Embrague	SKF LGHP2	OptimolOlis ta PD 2	Turmogrease NM2	Firetemp XT 2
Mecanismo de retorno del cable	SKF LGLT2	OptimolOlis ta PD 2	Thermoplex ALN 252 SP	Optitemp GL 2
Jack	KLUBER CHD	OptimolVis cogen KL-300	CastrolSpherol EPL O	MolubAlloy 860/220-2
Riel de transportación	CLP 220	Tribol 1100/220	SI	
Cadenas	-	-	KluberStructovis FHD	OptimolVis cogen KL-23

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XXIII. **Lubricantes recomendados por el fabricante y lubricantes equivalentes para Drop Tower**

Área	Lubricante	Equivalencia
Engranajes y guías	Molycote 165 LT	MolubAlloy 936
Rodamientos	Beacon EP 2	MolubAlloy 860/220-2
Depósito neumático	Tellus 15	OptimolOptileb PR 15
Cables	Brilube 30	MolubAlloy 902
Compresor	ISO 46	Tribol 943/46
Transmisión	Mobil ATF serie 20	

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

☆ **Lubricantes equivalentes**

La viscosidad es la característica de los lubricantes que fija las pérdidas por fricción, el rendimiento mecánico y la capacidad de carga para condiciones fijas de velocidad, temperatura y dimensiones del elemento que se está calculando. Es la característica que interviene como unidad física en el cálculo de las máquinas, esta propiedad disminuye con el aumento de temperatura en los líquidos, debido a esto también se utiliza el índice de viscosidad para elegir el lubricante capaz de proteger la maquinaria.

Las propiedades superficiales son las que más influyen en la vida de la máquina. Se pueden encontrar interfaces líquido-gas, como es el caso de aceite aire; líquido-líquido, como en el caso de aceite agua y líquido-sólido que corresponde al contacto aceite metal. Las propiedades de estas interfaces dependen no solamente de la naturaleza de los cuerpos en contacto, sino también de la contaminación del aceite por partículas extrañas como polvo, partículas carbonosas, agua, etcétera.

☆ Investigación de costos de lubricantes

Tabla XXIV. **Precios de lubricantes**

Lubricante	Cantidad	Precio Q
Tribol 943/32	37 libras	3 639,00
OptimolOlista PD 2	40 libras	7 007,00
MolubAlloy 860/220-2	37 libras	5 829,00
OptimolObeen UF 3	Spray	578,00
Alphasyn EP 220	37 libras	5 615,00
MolubAlloy 369	6 libras	2 874,00
MolubAlloy 902	35 libras	4 204,00
Optimol KL-300	Spray	574,00

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.1.2.2. Reemplazo de piezas

Debido a que una máquina es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, es normal que estos se desgasten, la lubricación evita el contacto entre metales y previene el desgaste prematuro pero no evita que sea necesario reemplazar las piezas después de un tiempo de uso determinado por los materiales.

Además, existen otros elementos dentro de las máquinas que también están sujetos a desgaste y que no trabajan con lubricación, como es el caso de las fajas de transmisión de movimiento. Por lo tanto, será necesario planificar reemplazos dentro del plan de mantenimiento. Se deben respetar estrictamente los períodos establecidos por el fabricante e investigar el estado de la pieza al momento de su reemplazo para verificar si será necesario extender o acortar el período de tiempo recomendado.

☆ Período de reemplazo de piezas

Motocoaster (atracción 1)

- Cada 30 000 horas de operación o 900 000 lanzamientos reemplazar:
 - ✓ Tornillos del respaldo
 - ✓ El eje flexible
 - ✓ Engranaje de lanzamiento
 - ✓ Palanca de regulación
 - ✓ Tornillo de la palanca de regulación
 - ✓ Tornillos de las ruedas guías
 - ✓ Tornillos de las ruedas de carrera
 - ✓ El pin del soporte de las ruedas guías

- Cada 15 000 horas de operación o 450 000 lanzamientos reemplazar:
 - ✓ Tornillos del juego de ruedas.
 - ✓ Pin principal de los vehículos.
 - ✓ Pasador de enganche.
 - ✓ Tornillos del eje trasero.
 - ✓ Anualmente o cada 180 000 ciclos reemplace el cable de tracción.

- Cada 20 000 horas de operación reemplazar los cojinetes del motor de corriente directa.

- Reemplazar anualmente los filtros de aire y de aceite del sistema del embrague y del sistema de freno.
- Reemplazar anualmente los casquillos *Glycoder*.
- Anualmente reemplazar los rodamientos o cojinetes del carro de lanzamiento.
- El espesor del disco del embrague debe ser mayor de 71,4 mm, en caso contrario deberá reemplazar el disco.

Drop Tower (atracción 2)

- Reemplazar los filtros de aire en caso de ser necesario, usar el mismo tipo (CKD FA 831-50G2”).
- Reemplazar los filtros de las unidades de generación de aire comprimido, el período depende del ambiente en el que se encuentre la unidad.
- En general, deben reemplazarse todas las piezas mecánicas que sufran deterioro, para conocer el período será necesario verificar constantemente las piezas y elementos y llevar un historial de los reemplazos y reparaciones que se han realizado.

5.1.2.3. Recomendaciones especiales

- ✧ Prestar especial atención a la calidad de las piezas de reemplazo, estas deben ser iguales a las piezas originales o al menos con las mismas características mecánicas y físicas.

- ☆ En caso de que sea necesario suspender el uso de la atracción durante un mínimo de dos meses, es recomendable desmontar el cable de tracción y colocarlo en un lugar adecuado para almacenamiento, ventilado y seco para evitar cualquier tipo de corrosión o deterioro. El manejo y transporte del cable será supervisado por una persona competente y utilizando las herramientas y accesorios necesarios para el cuidado del cable con el fin de evitar el deterioro prematuro.

- ☆ Una vez al año se recomienda realizar un ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con el objetivo de detectar fisuras en las estructuras, soldaduras y todas las piezas metálicas que componen la atracción. Durante los primeros seis años será necesario revisar únicamente el primero y el último vehículo de ambos trenes, a partir del sexto año se deben revisar todos los vehículos.

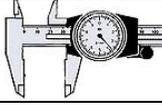
5.1.3. Herramientas y máquinas necesarias para el mantenimiento

Deben considerarse previo a iniciar a trabajar en las órdenes de mantenimiento con el objetivo de hacer más eficientes los procesos y proteger tanto las piezas de cambio como las partes que sea necesario desarmar.

Tabla XXV. **Herramientas necesarias para mantenimiento**

Símbolo	Herramienta / maquinaria
	Limpiadores o wipe
	Brocha para limpiar y lubricar

Continuación de la tabla XXV.

	Embudo para nivelar el aceite
	Aire comprimido
	Torquímetro con un juego de copas en medida milimétrica
	Juego de llaves cola corona en medida milimétrica
	Destornilladores planos y <i>philips</i>
	Vernier y micrómetro
	Grúa
	<i>Tricket</i>
	Bomba de grasa

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.1.3.1. Definir rutas de ingresos para maquinaria pesada

En algunas ocasiones se utilizará maquinaria pesada para los trabajos de mantenimiento, por lo tanto, será necesario prever una ruta que permita el ingreso de las mismas sin causar complicaciones para la infraestructura del parque y se utilice el mínimo de tiempo posible.

La ruta inicia en la puerta de salida del parqueo de la 41 calle, atravesándolo completamente hasta tomar la calle principal del parque, la cual lleva hacia las atracciones en cuestión. Se aprecia en la imagen del apéndice 2 ruta de ingreso para maquinaria pesada indicando con flechas de color negro.

5.2. Operación adecuada

Otro aspecto importante para el cuidado de las atracciones es el uso adecuado por parte de los operadores, incluyendo las recomendaciones del fabricante, la limpieza y las notificaciones hacia el Departamento de Mantenimiento al momento de identificar cualquier anomalía.

5.2.1. Capacitación al personal contratado

Para lograr que los operadores utilicen las atracciones de forma óptima y colaboren con el cumplimiento de los objetivos y metas organizacionales es importante que reciban capacitación.

Tabla XXVI. **Programa de capacitación para operadores de juegos**

Módulo I

Tema	Subtema	Duración	Responsable
Bienvenida e inducción	Visión	2 días	Asistente de operaciones y mantenimiento
	Misión		
	Cultura IRTRA		
Mi puesto de trabajo	Descripción del puesto	1 día	Gerente de operaciones y mantenimiento
	Ver instalaciones		

Módulo II

Tema	Subtema	Duración	Responsable
Manejo de la maquinaria	Recomendaciones del fabricante	3 días	Asistente de operaciones y mantenimiento
	Práctica con supervisión	2 días	Supervisor

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.2.2. Recomendaciones de operación del fabricante

El operador es la persona que se encarga de la limpieza de la atracción, colabora con algunos trabajos de montaje y desmontaje de las piezas mecánicas y algunas operaciones ordinarias de mantenimiento, así como, operar la atracción con y sin usuarios. El objetivo principal de la capacitación de los operadores es brindar direcciones generales a seguir para realizar un adecuado manejo de la atracción en todas las situaciones y especialmente en situaciones de emergencia.

Para una operación óptima de la atracción, el operador necesita ayuda de dos o más asistentes que se encarguen de los procesos de carga y descarga de pasajeros. Pero solamente una persona deberá ser la encargada de controlar la atracción por medio del panel de operación, especialmente debido a que durante el tiempo de carga y descarga los botones no deben ser presionados.

El operador debe tener en cuenta que a las personas con alguna de las siguientes características no se les debe permitir el ingreso a la atracción, con el fin de proveer seguridad a ellos mismos y a los demás usuarios.

- ✧ Personas bajo la influencia de alcohol o drogas.
- ✧ Mujeres embarazadas.
- ✧ Pacientes del corazón y personas con estado de salud delicado.
- ✧ Personas con discapacidad física o mental, que no estén capacitados para utilizar los dispositivos de seguridad de la atracción.
- ✧ Personas con estatura menor a la recomendada, que les impida utilizar adecuadamente los dispositivos de seguridad de la atracción.

También debe verificar que la posición de los pasajeros en los asientos, es la adecuada y que permite el uso correcto de todos los dispositivos de seguridad.

Motocoaster: atracción 1

Al colocar la máquina en servicio

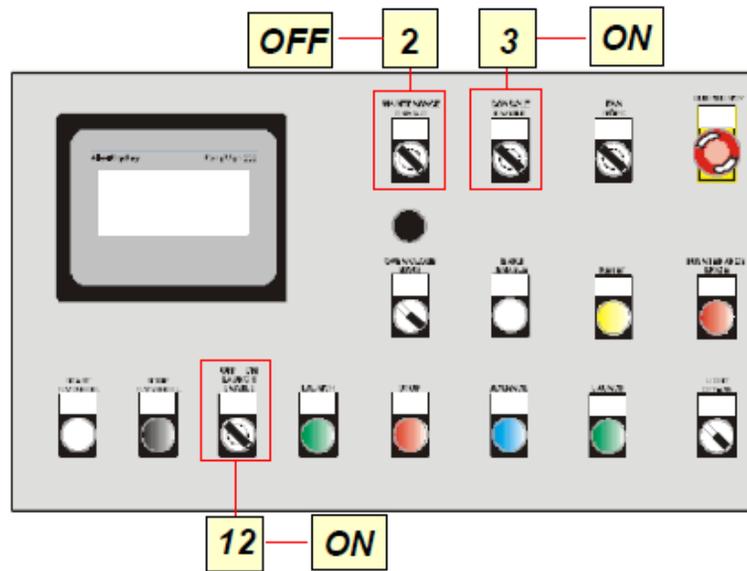
- ✧ Asegurarse de que los interruptores están posicionados como se indica a continuación:

Selector 2: habilitador de mantenimiento apagado

Selector 3: habilitador de consola encendido

Selector 12: habilitador de lanzamiento encendido

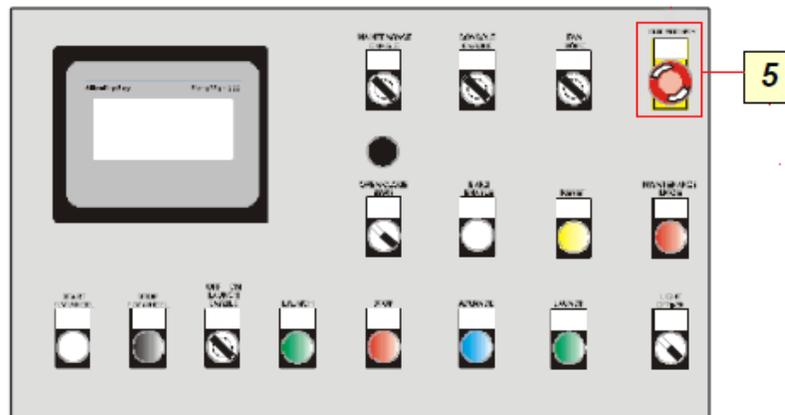
Figura 76. **Panel de control Motocoaster, paso 1**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*.p. 117.

- ☆ Verificar que el botón de emergencia (5) este liberado

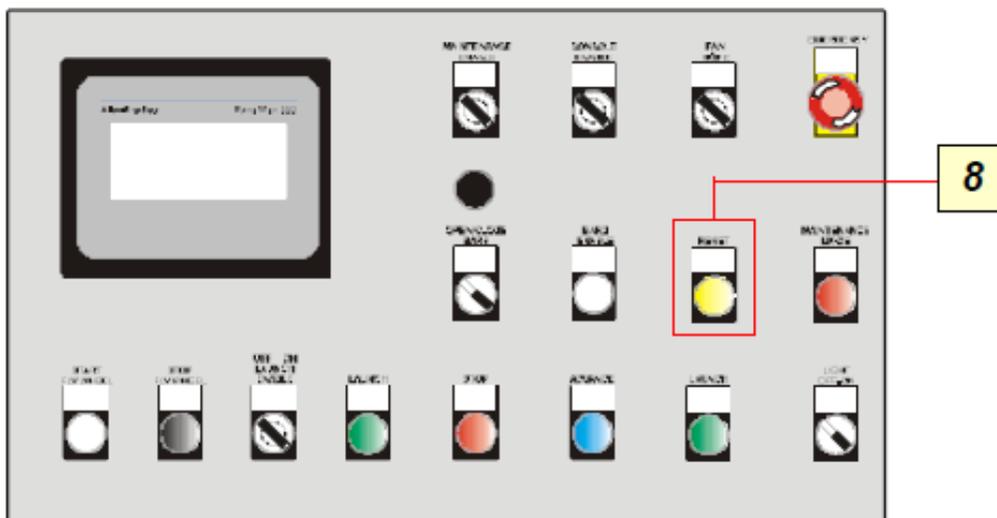
Figura 77. **Panel de control Motocoaster, paso 2**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 117.

- ✧ Girar el interruptor principal en el panel hacia la posición de encendido
- ✧ Revisar que el compresor alcanza la presión de 8 ATM
- ✧ Presionar el botón 8 de reinicio

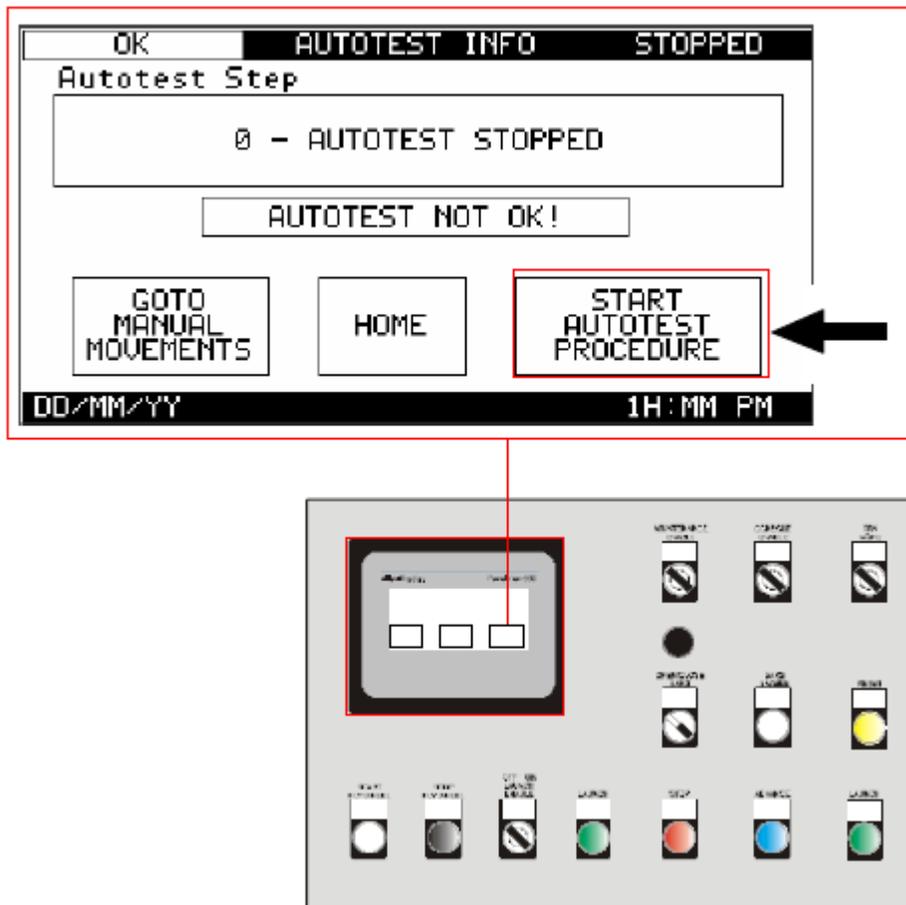
Figura 78. **Panel de control Motocoaster, paso 5**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 118.

- ✧ Verificar que el tren uno está posicionado en la estación y el tren dos está parqueado en el área de freno.
- ✧ La pantalla uno despliega la página de información de autoevaluación, en caso de mostrar alguna alarma, debe ser cancelada presionando el botón de reinicio (botón 8) o ACK.

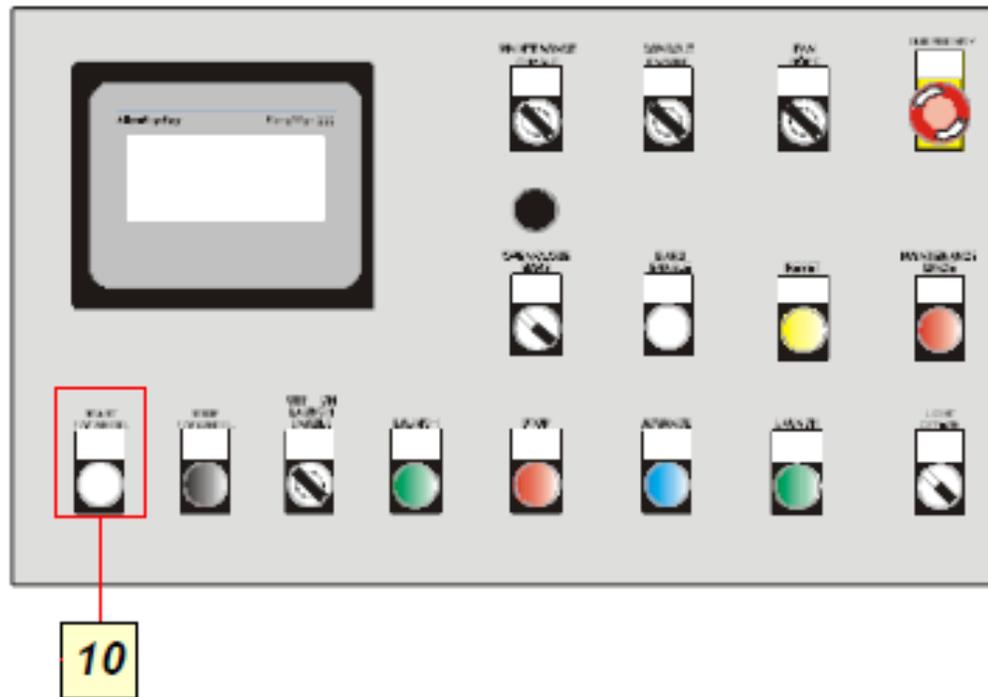
Figura 80. Panel de control Motocoaster, paso 8



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 120.

- ☆ Presionar el botón número 10, Inicio de volante. Durante la aceleración del volante, la luz en el botón parpadea, una vez alcanzada la velocidad de operación (920 rpm o revoluciones por minuto) la luz permanece encendida en vez de parpadear.

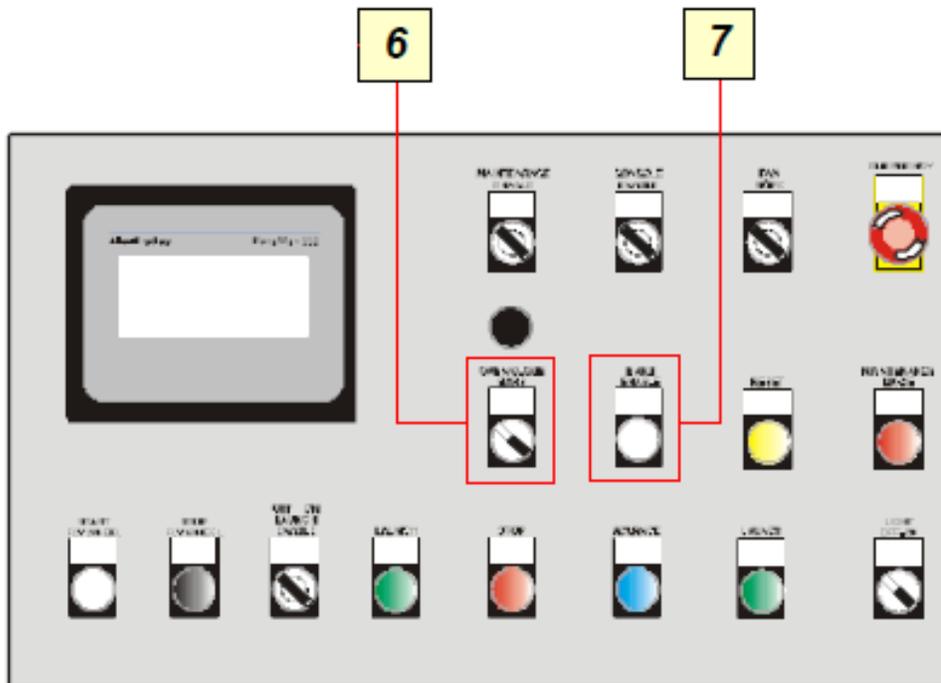
Figura 81. Panel de control Motocoaster, paso 9



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 121.

- ✧ Asegurarse de que todas las barras de seguridad del tren en la estación están correctamente cerradas.
- ✧ Si alguna de las barras de seguridad están abiertas girar la manija número 6 abrir/cerrar barras, primero hacia la izquierda abrir y luego hacia la derecha cerrar. Cuando todas las barras estén cerradas correctamente la luz número 7 se encenderá.

Figura 82. **Panel de control Motocoaster, paso 11**

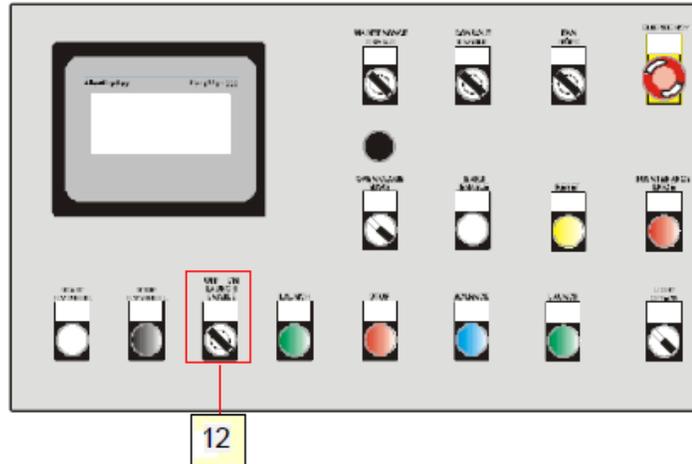


Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 122.

- ☆ Presionar el botón de avance, los trenes se moverán de la siguiente manera: el tren uno desde la estación se posicionará en el área de lanzamiento. El tren dos se posicionará en la estación desde el área de frenado.

- ☆ Verificar que el selector de lanzamiento 12 habilitación de lanzamiento se encuentre en la posición de encendido.

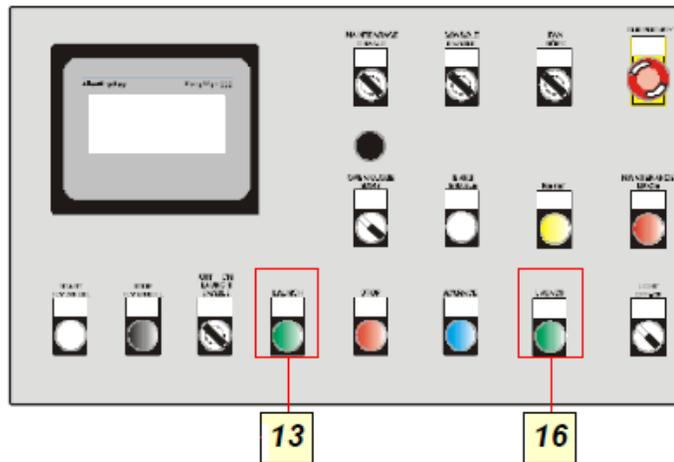
Figura 83. Panel de control Motocoaster, paso 13



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*, p. 124.

- ☆ Para realizar el lanzamiento presione los botones 13 y 16 lanzamiento al mismo tiempo.

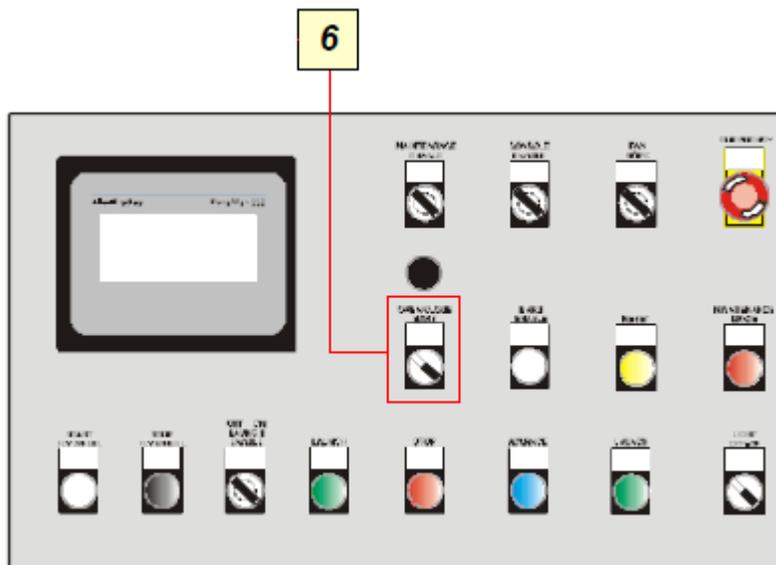
Figura 84. Panel de control Motocoaster, paso 14



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*, p. 124.

- ☆ Después de completar las pruebas de lanzamiento y revisar que todo esté trabajando correctamente, se puede iniciar a cargar pasajeros.
- ☆ Abrir las barras de seguridad girando el selector 6 Abrir/Cerrar barras hacia la izquierda Abrir.

Figura 85. **Panel de control Motocoaster, paso 16**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento*. p. 125.

- ☆ Después de que los pasajeros están sentados en las motocicletas, cerrar las barras de seguridad girando el selector 6 Abrir/Cerrar barras hacia la derecha cerrar.
- ☆ Cuando todas las barras de seguridad estén correctamente cerradas, se encenderá la luz 7 barras habilitadas.

Figura 90. **Panel de control Drop Tower, identificación de cada pulsador**



- 1) **SA108:** selector de luz de la torre
- 2) **SA113:** selector de luz de faros
- 3) **SA116:** selector luz faros
- 4) **SA121:** selector luz faros
- 5) **SA123:** selector de luz de faros de en la parte alta
- 6) **SA126:** selector de luz del letrero
- 7) **SA129:** selector de luz de faros de en la parte baja
- 8) **HL403:** señal de nivel bajo de aceite de lubricación
- 9) **S213:** timbre de sobrepresión
- 10) **HL214:** luz de señal de presión mínima de trabajo
- 11) **HL215:** luz de señal de nivel mínimo de aceite de lubricación
- 12) **SB157:** pulsador de emergencia general

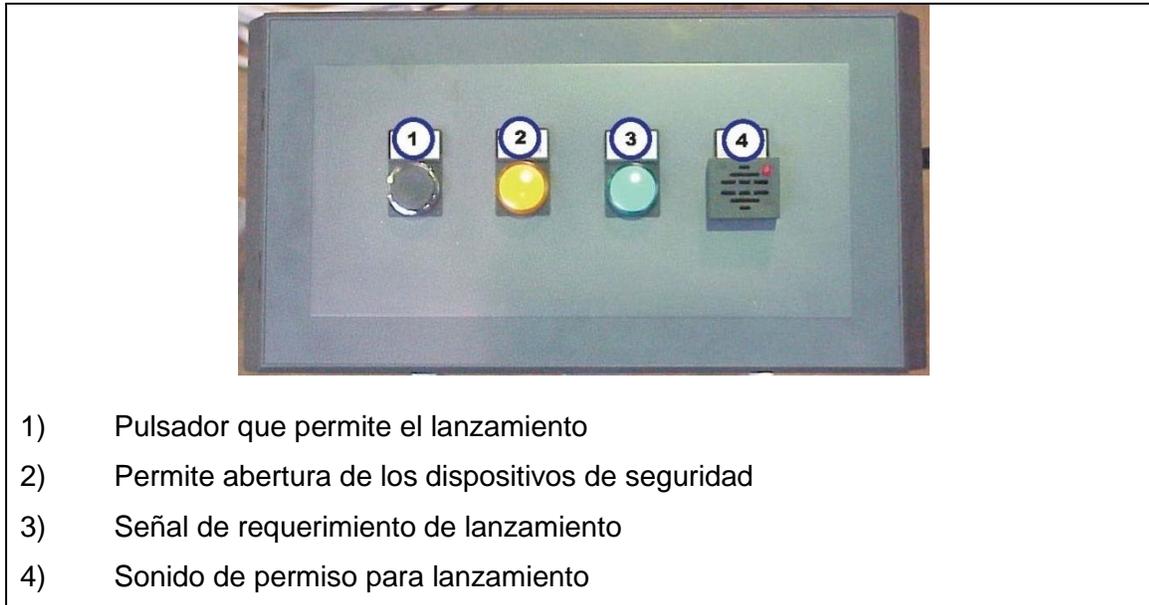
Continuación de la figura 90.

- | | |
|-----|--|
| 13) | SA157: selector de habilitación del panel de operación, utiliza llave |
| 14) | SA207: selector del ciclo, utiliza llave |
| 15) | HL211: lámpara de señal de aire listo para el disparo |
| 16) | HL172: lámpara de señal de permiso auxiliar listo |
| 17) | HL212: lámpara de señal de aire de caída listo. |
| 18) | SB205: pulsador de descarga de aire |
| 19) | SB205: pulsador de alarma de reinicio |
| 20) | SB165: pulsador de carga de tanques de aire |
| 21) | SB164: pulsador de carga de segundo nivel |
| 22) | SB170: pulsador de disparo |
| 23) | SB190: pulsador de caída |
| 24) | SA143: selector para descenso de emergencia |

Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento Drop Tower.*
p. 174-175.

Cuenta también con una consola auxiliar, la cual, se muestra a continuación.

Figura 91. **Panel de control auxiliar, identificación de cada pulsador**



Fuente: ZAMPERLA, Antonio. *Manual de uso y mantenimiento Drop Tower*. p. 174-175.

Descripción del funcionamiento:

El funcionamiento de la máquina es de tipo neumático y se acciona por dos cilindros de doble efecto alimentados por servoválvulas controladas electrónicamente. Las fases diferentes del funcionamiento son realizadas por la supervisión de un PLC programado pero habilitadas por el operador.

Ciclo número 1: ciclo completo de la máquina con lanzamiento hacia el alto, posicionamiento en lo alto del vehículo y frenado del mismo para la preparación del lanzamiento hacia abajo; lanzamiento hacia abajo y posicionamiento del vehículo por la carga y la descarga de los pasajeros.

Ciclo número 2: ciclo con solo lanzamiento hacia abajo y posicionamiento del vehículo por la carga y la descarga de los pasajeros.

Ciclo número 3: lanzamiento hacia arriba y posicionamiento del vehículo por la carga y la descarga de los pasajeros.

Modo de operación:

Para manejar la atracción, se necesitan por lo menos dos operadores: uno para la maniobra principal y uno en la plataforma, quien controlará que los dispositivos de seguridad sean cerrados e indicará el permiso para la salida del vehículo.

Para que la máquina funcione, se necesita una presión mínima de aire en el circuito. La indicación de que se ha alcanzado dicha presión, se indicará al operador principal a través de una señal luminosa. El ciclo se tiene que realizar como a continuación:

- ☆ Controlar que los dispositivos de seguridad se cierren correctamente.
- ☆ El operador principal tendrá que seleccionar uno de los tres ciclos de funcionamiento a través del selector y reajustar el sistema con el pulsador adecuado.
- ☆ El operador en la plataforma tendrá que permitir la salida del vehículo presionando el pulsador en la consola auxiliar, una señal luminosa hará que el operador compruebe esta operación.

- ☆ El operador principal empezará el ciclo presionando un pulsador de partida que variará según la preselección realizada y que se describirá en los párrafos a continuación que conciernen a cada ciclo.

- ☆ Al final del ciclo, con el vehículo en posición de carga y descarga de pasajeros, el operador en la plataforma podrá proceder abriendo los dispositivos de seguridad.

Si a lo largo del ciclo de funcionamiento, por cualquier razón el operador principal cambiará ciclo de funcionamiento o presionará el pulsador de ajuste de alarmas, se tendrá la parada inmediata del ciclo, la imposibilidad por parte del operador de continuar cualquier ciclo y la imposibilidad de llevar en posición de carga y descarga el vehículo automáticamente.

Forma de realización de los ciclos de funcionamiento:

Ciclo número uno

El ciclo número uno es el ciclo de funcionamiento de la máquina. Este ciclo prevé el lanzamiento hacia arriba, hacia abajo y el posicionamiento del vehículo para la carga y descarga de los pasajeros. El ciclo tiene que realizarse como a continuación se describe:

- ☆ El operador tiene que controlar que los dispositivos de seguridad se cierren correctamente. Él tendrá que presionar el pulsador adecuado para permitir el lanzamiento.

- ☆ El operador principal tendrá que verificar que la posición del selector de los ciclos de funcionamiento estén en el número uno y presionará el pulsador de reajuste de alarmas.
- ☆ El operador principal procede a la carga de los tanques de aire presionando el pulsador carga de aire.

Cuando la carga del aire se ha completado, la lámpara correspondiente dará la señal. El operador principal tendrá que verificar que el operador en la plataforma haya presionado el pulsador que permite el lanzamiento, se tendrá una señal luminosa de la lámpara adecuada y hará que la fase de lanzamiento empiece presionando el pulsador Lanzamiento hacia arriba.

- ☆ Desde este momento, el control se hará por el sistema automático.

El operador en la plataforma podrá soltar el pulsador para permitir el lanzamiento y tendrá que quedarse en una posición de seguridad cerca de la atracción.

- ☆ El juego realizará una serie de rebotes a velocidad lenta en la parte alta de la torre. Cuando se alcanza dicha posición, se realizará el frenado automático del vehículo y empezará el procedimiento para el lanzamiento hacia abajo.
- ☆ La carga del aire para el lanzamiento hacia abajo ocurrirá automáticamente, cuando se alcanza la presión fijada se encenderá una señal luminosa en el panel de control del operador principal.

- ✧ El operador en la caja tendrá que presionar el pulsador de Lanzamiento hacia abajo para empezar la función.
- ✧ Después de algunos rebotes, los vehículos serán llevados automáticamente a la posición de carga/descarga de los pasajeros.
- ✧ Una señal luminosa en el panel de control del operador en la plataforma permitirá la apertura de los dispositivos de seguridad.

Ciclo número dos

El ciclo número dos es el ciclo que prevé el lanzamiento del vehículo sólo hacia abajo y el posicionamiento automático en el área carga/descarga de los pasajeros. La modalidad de realización del ciclo es el siguiente:

- ✧ Control visual del cierre correcto de los dispositivos de seguridad por parte del operador en la plataforma, quien tiene que presionar el pulsador adecuado para permitir el lanzamiento (pulsador 1).
- ✧ El operador principal verifica que la posición del selector de los ciclos sea en número dos y después presione el pulsador de reajuste de alarmas.
- ✧ El operador principal tiene que verificar que el operador en la plataforma haya presionado el pulsador para permitir el lanzamiento (pulsador 1), para lo cual, se tendrá una señal luminosa a través del dispositivo adecuado y se empezará la fase de subida con velocidad reducida presionando Lanzamiento hacia arriba.

- ☆ Desde este momento, el control se hará por el sistema automático. El operador en la plataforma tiene que dejar el pulsador para permitir el lanzamiento (pulsador 1) y quedarse en una posición de seguridad cerca de la atracción.
- ☆ Cuando se alcanza la posición máxima superior, el sistema procede al frenado de los vehículos y a la carga del aire para el lanzamiento hacia abajo. Cuando alcanza la presión fijada, se enciende una señal luminosa en el panel de control del operador principal.
- ☆ Después de unos rebotes, el vehículo se llevará automáticamente en posición de carga y descarga de los pasajeros. Una señal luminosa en el panel de control del operador en la plataforma permitirá la apertura de los dispositivos de seguridad.

Ciclo número tres

El ciclo número tres es el ciclo que prevé el lanzamiento del vehículo sólo hacia arriba y el posicionamiento automático en el área de carga de los pasajeros. La manera de realización es el siguiente:

- ☆ Control visual del cierre correcto de los dispositivos de seguridad por parte del operador en la plataforma, que tendrá que presionar el pulsador adecuado para realizar el lanzamiento.
- ☆ El operador principal tendrá que verificar la posición del selector de los ciclos de funcionamiento en el número tres y presionar el pulsador de reajuste de alarmas.

- ☆ El operador principal tendrá que cargar los tanques de aire presionando Carga de Aire.
- ☆ Cuando la carga de aire se ha completado, la lámpara correspondiente hará una señal.
- ☆ El operador principal tiene que controlar que el operador en la plataforma haya presionado el pulsador para permitir el lanzamiento (se tendrá una señal luminosa a través de la lámpara adecuada) y empezará la fase de lanzamiento presionando lanzamiento hacia arriba. Desde este momento, el control se realizará por el sistema. El operador en la plataforma podrá soltar el pulsador que permite el lanzamiento y quedarse en una posición de seguridad acerca de la atracción.
- ☆ El juego realizará algunos rebotes y cuando termine, los vehículos se llevarán automáticamente a la posición de carga y descarga de los pasajeros.
- ☆ Una señal luminosa en el panel de control del operador en la plataforma permitirá que los dispositivos de seguridad se abran.

5.2.3. Tiempo máximo de operación continua

El tiempo máximo que permanecerán en servicio las atracciones será de 7 horas de forma continua, debido al horario de atención al público establecido desde las 9 a las 16 horas. Las atracciones están diseñadas de tal forma que resistan el ritmo, tomando en cuenta que entre cada ciclo existe un tiempo de carga y descarga de pasajeros, lo cual, sirve de descanso para toda la maquinaria.

5.2.4. Limpieza

Cuando un operador limpia una máquina y su área de trabajo, incluyendo pisos y paredes, puede descubrir muchos defectos de funcionamiento y problemas de operación, cuando se reconocen estos problemas pueden solucionarse con facilidad, se ha comprobado que la mayoría de las veces las fallas o averías en las máquinas comienzan con vibraciones debidas a tuercas y tornillos flojos, con la consiguiente introducción de partículas extrañas como polvo o rebabas de metales o con lubricación inadecuada.

CONCLUSIONES

1. Las propiedades del suelo influyen directamente en las dimensiones de los cimientos. El estudio de suelos para el Motocoaster concluyó que es necesario incrementar 20 centímetros la profundidad de las zapatas, debido a la poca coherencia del suelo en el área de su ubicación. En el caso del Drop Tower, se llevo a cabo la fundición de los cimientos en cuatro etapas tal como indica su diseño originalmente.
2. La función principal de los pernos de anclaje es asegurar los elementos estructurales a los cimientos. Para la atracción Motocoaster se usaron pernos de acero inoxidable que miden 705 milímetros de longitud incluyendo 105 milímetros de rosca, 250 milímetros de pata y 24 milímetrosde diámetro, quedando fundidos 600 milímetros. La atracción Drop Tower incluye una pieza estructural fundida en 4 metros de concreto en la que se asientan las demás secciones de la torre.
3. Las grúas que se utilizaron para las atracciones Motocoaster y Drop Tower son todo terreno de 50 y 200 toneladas respectivamente, capaces de levantar las piezas que ejercen mayor momento de inercia sobre su eje. Las herramientas más importantes son llaves cola corona y torquímetros con medidas milimétricas.
4. El proceso administrativo se establece por medio del diagrama de Gantt y los diagramas de flujo de proceso, los cuales permitieron visualizar las tareas de forma ordenada, facilitando el control de las secuencias.

5. Con la ayuda de un diagrama de Gantt se determinó el tiempo necesario para el montaje e instalación de las atracciones, siendo este tiempo de 97 días para el caso del juego Motocoaster y 72 días para el caso del juego Drop Tower, estos tiempos incluyen el tiempo de fabricación de cimientos.
6. Para utilizar eficientemente los recursos fue necesario apegarse a la planificación, principalmente controlando los tiempos de entregas parciales y verificando que el equipo y herramienta se utilizara por personal capacitado y de forma adecuada.
7. El plan de capacitación fue dirigido para el personal operativo e incluye inducción a la cultura IRTRA, recomendaciones del manual de uso del fabricante y práctica supervisada por el profesional a cargo.

RECOMENDACIONES

1. Crear una comisión que pertenezca al Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, encargada de regular el montaje e instalación de equipos mecánicos y estructuras, con el objetivo de evitar accidentes en cuanto al montaje, uso y operación de atracciones en parques de diversiones y otras instituciones con edificaciones de este tipo.
2. Que las entidades que manejan y operan parques de diversiones, incluyan en su organización un puesto denominado lubricador asignado al Departamento de Operaciones y Mantenimiento, quien tendrá a su cargo la tarea de lubricar las máquinas de todas las atracciones y el control de los tiempos de lubricación de cada una, debido a la importancia de esta actividad para su correcto funcionamiento.
3. Respetar los períodos de revisiones, ajustes y reemplazo de piezas recomendado por el fabricante de las atracciones y recopilar los datos históricos de los mantenimientos para definir nuevos tiempos de reemplazo, así como, de piezas no incluidas en el manual de mantenimiento del fabricante.
4. Previo a la llegada de las partes que constituyen las atracciones, es necesario disponer de una bodega amplia para colocar las partes pequeñas, cajas de repuestos, tornillería, planos, equipo eléctrico y electrónico entre otros, para evitar extravíos de piezas debido a los movimientos que se puedan generar de un lugar a otro.

5. Planificar la llegada de las partes de forma ordenada respecto al flujo de montaje y previamente contar con los cimientos terminados, es decir, justo a tiempo, con su implementación se lograría disminuir los costos de almacenaje y arrendamiento de grúas.

6. Proporcionar capacitación técnica al personal contratado para operar las atracciones, con el objetivo que tenga conocimientos generales sobre el funcionamiento de las máquinas que las integran.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARILLAS JIMÉNEZ, Cesar Augusto. *Consideraciones a tomar en cuenta para un Montaje Industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, 1976. 73 p.
2. Canel E. Álvaro E. *Introducción a la Metalurgia + Sujeciones*. Guatemala.
3. DESSLER, Gary. *Administración de personal*. México: Pearson Educación, 2001. 700 p.
4. FERDINAND LEÓN, Singer y PYTEL Andrew. *Resistencia de Materiales*. 4a ed. México: Harla, 1994. 615 p.
5. FRENCH, Wendell L. *Administración de personal: desarrollo de recursos humanos*. México: Limusa, 1993. 656 p.
6. IRTRA. Quienes somos [en línea]. Guatemala: [ref. de 11 de noviembre de 2012]. Disponible en: http://www.irtra.org.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=4
7. MCFARLAND, Dalton E., *Administración de Personal: Teoría y Práctica*. 1a ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1973. 823 p.

8. STEWART, Harry L., *Energía Hidráulica y Neumática Industrial*. Madrid: Interciencia, 1964. 454 p.
9. NIEBEL. Benjamín W., FRIVALDS Andris, *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, 10a ed. México D.F.: Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2001. 546 p.
10. MINERA SOTO, Rony Antonio. *Manual de Neumática aplicado al laboratorio de instalaciones mecánicas*. Trabajo de graduación de ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 166 p.
11. SOLÉ CREUS, Antonio. *Neumática e hidráulica*. 2a ed. México: Alfaomega, 2008. 404 p.
12. TIMOSHENKO, Stephen, YOUNG D.H. *Elementos de Resistencia de Materiales*. 2a ed. España: Montaner y Simon, 1966. 404 p.