

**Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Ingeniería Mecánica
Valparaíso, Chile**



**“Modelación de la confiabilidad, mantenibilidad y
disponibilidad de puentes grúa en la división Ventanas de
CODELCO Chile”**

Juan Pablo Godoy Espinosa

**Trabajo de titulación para optar al título de:
Ingeniero Civil Mecánico**

**Profesor Guía: Dr. Ing. Pedro Sariego P.
Profesor co-referente: Dr. Ing. Jaime Núñez S.**





DEDICATORIA

A mi familia.

A mi novia María José.

Por apoyarme en este proceso de titulación.

Le dedico de manera especial este trabajo a mi hijo Juan Pablo por ser la razón de mi esfuerzo.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que permitieron mi participación en este trabajo. Empezando por mi profesor guía Pedro Sariego, quien me dio la oportunidad de desempeñarme en este tema. A Codelco Ventanas por fomentar este tipo de estudios, en especial a los señores Ernesto Morales por requerir este trabajo, a Juan Carlos Davis por hacer posible mi llegada a la división ventanas de Codelco.

Agradezco a Bettsy Acosta quien fue una guía que me ayudo a sobrepasar los momentos difíciles. A José Muños y Javier Díaz por recibirme en sus oficinas. A toda la gente de Maestranza por hacer grata la estadía durante este trabajo. A Pablo Arellano por el incansable apoyo, imprescindible para lograr los objetivos planteados. Al equipo de mantención grúas, Mario y Reynaldo por aclarar todas mis dudas sobre los equipos.

Se agradece a Bettsy Acosta, Isabel Mena, Héctor Saavedra y Julio Soto por la recepción que me brindaron durante los primeros días en la planta.

RESUMEN

En este trabajo se realiza un análisis de ingeniería de confiabilidad en seis puentes grúas pertenecientes a la refinería electrolítica de Codelco Ventanas, ubicada en la localidad de Ventanas, Puchuncaví, Región de Valparaíso, Chile. Estos puentes grúas son críticos para el proceso de refinería electrolítica, dado que éstos permiten la extracción y colocación de cátodos y ánodos para la electrorrefinación, permitiendo que los productos finales puedan ser extraídos en el momento en que sean requeridos. Además de asegurar una extracción segura y eficaz, evitando una sobre disolución o deposito en los ánodos y cátodos.

El análisis desarrollado consiste en la modelación de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los puentes grúas a través de modelos estadísticos, desarrollados a partir de una base de datos existente. Este análisis consta de tres pasos. El primer paso consiste en la determinación de la **configuración lógica funcional** de los componentes, que permita el análisis de los equipos como sistema a través del estudio y comprensión del funcionamiento general del equipo. Como segundo paso se efectúa un **estudio de los datos históricos** de las mantenciones realizadas a los equipos de modo de asegurar propiedades básicas de estos para un análisis de este tipo, tales como la eventualidad (fecha y hora de la ocurrencia de la falla y mantención), duración, componente intervenido y tipo de mantención. Por último, la **determinación de los modelos y parámetros** de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a partir de la configuración lógica funcional y los datos ya analizados.

Con este esquema de trabajo se logra determinar comparativamente el estado de operación de los equipos. Estos se describen como equipos de baja confiabilidad, donde el elemento que más aporta a este indicador es la *Guía Telescópica* perteneciente al *Sistema de Levante*, esto por ser mayoritariamente mal utilizada por los operarios en funciones para las que no fue diseñada (alineamiento de los rack de ánodos y cátodos a través de forcejeo). También se observó que presentan un bajo tiempo de reparación (mantenibilidad), lo que influye de manera positiva a la disponibilidad de los equipos. El Subsistema de Levante contribuye negativamente a la disponibilidad de los equipos, ya que posee en promedio el mayor tiempo de reparación. De manera individual resaltan las grúas E-13 y E-15. La grúa E-13 presenta la peor confiabilidad por lejos lo que se ve altamente afectado por la falta de registros de la utilización de los equipos para una mejor comparación. La grúa E-15 de manera similar presenta una condición especial de duración de reparación alto y con demasiada variabilidad, donde nuevamente se observa que el tiempo y priorización de utilización juegan un rol decisivo. Estos resultados y la comprensión empírica por parte de los operarios y mantenedores sugiere un estudio más detallado con la inclusión de parámetros que no se están midiendo (tiempo de utilización). El tiempo de utilización debe ser registrado para mejorar la comparación y lograr una futura programación, de manera que los equipos sean provechosamente utilizados según la programación de la producción y la capacidad de las grúas.



La determinación de los modelos y parámetros estadísticos son calculados utilizando un software de análisis de datos de vida y confiabilidad de sistemas el cual es provisto por la empresa. De esta manera se obtienen los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los puentes grúas.



ABSTRACT

In this paper an analysis of reliability engineering in six overhead cranes belonging to the Codelco Ventanas electrolytic refinery, located in the town of Ventanas, Puchuncaví, Valparaíso, Chile. These cranes are critical for the electrolytic refining process because they allow the extraction and placement of cathodes and anodes for electrorefining, allowing the final products can be extracted at the time they are needed. Plus ensuring a safe and effective removal preventing over dissolved or over deposit on the anodes and cathodes.

The analysis developed consists in the modeling of reliability, maintainability and availability of overhead cranes through statistical models developed from an existing database. This is based on three steps. The first step is determining the functional logic configuration of components that allow the analysis of equipment and systems through the study and understanding of the overall equipment. The second step is carried out a study of historical data of equipment maintenances made so as to ensure basic properties of these for this kind of analysis, such as the occurrence (date and time of failure and maintenance) , duration, component and type of maintenance involved. Finally the determination of models and parameters of reliability, maintainability and availability from the functional logic configuration and data analysis. With this plan of work is achieved a comparison of the determined operating status of equipment. These overhead cranes are described as low reliability, where the element that contributes to this indicator is the telescopic guide belonging to the lifting system, this being largely due to chranes operators using it for functions for which it was not designed (alignment of anode and cathode rack through force). Also found to have a low time to repair (maintainability), which positively influences the availability of equipment. The element that contributes the most to the increased repair time are the elements of the Bridge System. Individually highlighted are cranes E-11 and E-15. Crane E-11 has the worst reliability so far is greatly affected by the lack of records of the use of equipment for better comparison. Crane E-15 similar manner it shows a special status of high repair time and high variability, which again is expected due to use time and prioritizing playing a decisive role. These results and empirical understanding by operators and maintainers suggest a more detailed study with the inclusion of parameters that are not being measured. The usage time should be adjusted so that the theoretical results are somewhat more consistent with the process experience.

The determination of models and parameters comes for the use of market statistical software of life data analysis and system reliability which is provided by the company. In this way the indicators of reliability, maintainability and availability of cranes are gotten.



ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	7
ÍNDICE.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABLAS	17
I. INTRODUCCIÓN	18
II. OBJETIVOS.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
III. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	20
1. CODELCO VENTANAS [ref. 2; 5]	20
1.1. Historia Fundición y Refinería Ventanas.....	20
1.2. Traspaso a Codelco	21
1.3. Propietarios	21
1.4. Ubicación	22
1.5. Acceso.....	22
1.6. Organización de la Empresa	23
1.7. Descripción Procesos de Fundición y Refinería Ventanas	25
1.7.1. Proceso de Fundición.....	25
1.7.2. Proceso de Productos intermedios.....	26
1.7.3. Proceso de Electro refinación	26
1.7.4. Proceso Productos finales.....	26
1.8. Volumen de producción y clientes	26
2. DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO REFINERÍA ELECTROLÍTICA [ref. 3, 7].....	28
2.1. Teoría de la Refinación Electrolítica	28
2.1.1. Principios.....	28
2.1.2. Mecanismos de contaminación	30
2.1.3. Electrorefinación industrial.....	30
2.1.3.1. Cátodos.....	31
2.1.3.2. Electrolito	32
2.1.3.3. Celdas y conexiones eléctricas	32
2.1.4. Ciclo típico de electrorefinación	34
2.2. Electrorefinación de Cobre en Codelco Ventanas	35



IV. MODELACIÓN DE CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD 38

3. MARCO TEÓRICO [ref. 4]..... 38

- 3.1. Divisiones del Tiempo [ref. 4] 39
- 3.2. Conceptos de la Confiabilidad [ref. 8] 43

Como se muestra en la figura 14..... 44

- 3.3. Modelos Probabilísticos [ref. 8]..... 46
 - 3.3.1. Weibull..... 46
 - 3.3.2. Exponencial..... 50
- 3.4. Representación de la Configuración de Sistemas [ref. 9, 10] 51

4. MODELACIÓN DE CONFIABILIDAD PUENTES GRÚAS REFINERÍA ELECTROLÍTICA 58

- 4.1. Diagrama Lógico Funcional..... 58
- 4.2. Construcción y Análisis de la Base de Datos..... 62
 - 4.2.1. Problemas en los datos 63
 - 4.2.1.1. Mantenciones sin duración 64
 - 4.2.1.2. Registros incompletos 64
 - 4.2.1.3. Registros que no representan detenciones del equipo..... 64
 - 4.2.1.4. Mala especificación del componente intervenido 65
 - 4.2.1.5. Registros sobrepuestos 66
 - 4.2.1.6. Resumen de revisión de datos por grúas 67
 - 4.2.2. Análisis de los datos..... 68
 - 4.2.3. Análisis individual de equipos 73
 - 4.2.3.1. Grúa E-11 73
 - 4.2.3.2. Grúa E-12 76
 - 4.2.3.3. Grúa E-13 78
 - 4.2.3.4. Grúa E-14 81
 - 4.2.3.5. Grúa E-15 83
 - 4.2.3.6. Grúa E-16 86
 - 4.2.3.7. Resumen 88
- 4.3. Determinación de Modelos de Confiabilidad 89
 - 4.3.1. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-11 91
 - 4.3.1.1. Curva confiabilidad sistema carro 91
 - 4.3.1.2. Curva confiabilidad sistema levante..... 93
 - 4.3.1.3. Curva confiabilidad sistema puente 95
 - 4.3.1.4. Confiabilidad grúa E-11 y comparación subsistemas 96
 - 4.3.1.5. Resumen 98
 - 4.3.2. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-12 98
 - 4.3.2.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro 99
 - 4.3.2.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante 100
 - 4.3.2.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente..... 101
 - 4.3.2.4. Comparación 102
 - 4.3.2.5. Resumen 103
 - 4.3.3. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-13 104
 - 4.3.3.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro 104
 - 4.3.3.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante 105



4.3.3.3.	Curva Confiabilidad Sistema Puente.....	107
4.3.3.4.	Comparación	108
4.3.3.5.	Resumen	109
4.3.4.	Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-14	109
4.3.4.1.	Curva Confiabilidad Sistema Carro	110
4.3.4.2.	Curva Confiabilidad Sistema Levante	111
4.3.4.3.	Curva Confiabilidad Sistema Puente.....	112
4.3.4.4.	Comparación	113
4.3.4.5.	Resumen	114
4.3.5.	Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-15	114
4.3.5.1.	Curva Confiabilidad Sistema Carro	115
4.3.5.2.	Curva Confiabilidad Sistema Levante	116
4.3.5.3.	Curva Confiabilidad Sistema Puente.....	117
4.3.5.4.	Comparación	118
4.3.5.5.	Resumen	119
4.3.6.	Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-16	119
4.3.6.1.	Curva Confiabilidad Sistema Carro	120
4.3.6.2.	Curva Confiabilidad Sistema Levante	121
4.3.6.3.	Curva Confiabilidad Sistema Puente.....	122
4.3.6.4.	Comparación	123
4.3.6.5.	Resumen	124
5.	ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD	125
5.1.	Análisis de Mantenibilidad	126
5.1.1.	Mantenibilidad Grúa E-11.....	126
5.1.1.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	126
5.1.1.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	127
5.1.1.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	127
5.1.2.	Mantenibilidad Grúa E-12.....	127
5.1.2.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	127
5.1.2.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	128
5.1.2.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	129
5.1.3.	Mantenibilidad Grúa E-13.....	129
5.1.3.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	129
5.1.3.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	130
5.1.3.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	130
5.1.4.	Mantenibilidad Grúa E-14.....	130
5.1.4.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	131
5.1.4.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	131
5.1.4.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	132
5.1.5.	Mantenibilidad Grúa E-15.....	132
5.1.5.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	132
5.1.5.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	133
5.1.5.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	133
5.1.6.	Mantenibilidad Grúa E-16.....	134
5.1.6.1.	Mantenibilidad Sistema Carro	134



5.1.6.2.	Mantenibilidad Sistema Levante	134
5.1.6.3.	Mantenibilidad Sistema Puente	135
5.1.7.	Resumen mantenibilidad	136
5.2.	Análisis de Disponibilidad	137
5.2.1.	Disponibilidad Grúa E-11	137
5.2.1.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	137
5.2.1.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	137
5.2.1.3.	Disponibilidad Sistema Puente	137
5.2.1.4.	Disponibilidad Grúa E-11	138
5.2.2.	Disponibilidad Grúa E-12	139
5.2.2.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	139
5.2.2.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	139
5.2.2.3.	Disponibilidad Sistema Puente	139
5.2.2.4.	Disponibilidad Grúa E-12	139
5.2.3.	Disponibilidad Grúa E-13	140
5.2.3.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	140
5.2.3.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	140
5.2.3.3.	Disponibilidad Sistema Puente	141
5.2.3.4.	Disponibilidad Grúa E-13	141
5.2.4.	Disponibilidad Grúa E-14	142
5.2.4.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	142
5.2.4.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	142
5.2.4.3.	Disponibilidad Sistema Puente	142
5.2.4.4.	Disponibilidad Grúa E-14	142
5.2.5.	Disponibilidad Grúa E-15	143
5.2.5.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	143
5.2.5.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	143
5.2.5.3.	Disponibilidad Sistema Puente	144
5.2.5.4.	Disponibilidad Grúa E-15	144
5.2.6.	Disponibilidad Grúa E-16	145
5.2.6.1.	Disponibilidad Sistema Carro.....	145
5.2.6.2.	Disponibilidad Sistema Levante.....	145
5.2.6.3.	Disponibilidad Sistema Puente	145
5.2.6.4.	Disponibilidad Grúa E-16	145
V.	CONCLUSIONES.....	147
	Recomendaciones	148
VI.	BIBLIOGRAFÍA	150
	ANEXOS.....	151
	ANEXO 1: Clasificación de Datos	152
	ANEXO 2: Software R-MES	155
	Gestión de activos	156
	Costos de ciclo de vida.....	157



ANEXO 3: Base de datos	158
Base de datos Grúa E-11	161
Base de datos Grúa E-12	166
Base de datos Grúa E-13	171
Base de datos Grúa E-14	177
Base de datos Grúa E-15	181
Base de datos Grúa E-16	186



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : ENAMI Ventanas años 60.	20
Figura 2: Traspaso de ENAMI a Codelco.	21
Figura 3: Ubicación Codelco Ventanas.	22
Figura 4: Acceso Sur Codelco Ventanas.	23
Figura 5: Organigrama general Codelco Ventanas.....	24
Figura 6: Organigrama Superintendencia de Mantención.....	25
Figura 7: Esquema electrorefinación.	29
Figura 8: Rack de cátodos iniciales de cobre.....	31
Figura 9: Esquema conexiones eléctricas entre ánodos y cátodos.....	33
Figura 10: Distribución física de los circuitos y origen de los ánodos.	36
Figura 11: Esquema de trabajo.	38
Figura 12: Representación de las divisiones del tiempo según estado de operatividad.	40
Figura 13: Ejemplo de las divisiones del tiempo para un elemento cualquiera.	41
Figura 14: Ejemplo de histograma de fallas	44
Figura 15: Ejemplo de función de densidad de probabilidad de falla.....	44
Figura 16: Representación de la función acumulada de probabilidad.....	45
Figura 17: Variación de la distribución Weibull al variar el parámetro de forma (Beta).	47
Figura 18: Variación de la distribución Weibull al variar el parámetro de escala (Alfa).	48
Figura 19: Tasa de falla en el tiempo. Curva de la bañera.	49
Figura 20: Variación de la distribución Exponencial al variar la tasa de falla (Lambda).	50
Figura 21: Representación gráfica en RBD de elementos en serie.	51
Figura 22: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en serie.....	52
Figura 23: Representación gráfica en RBD de elementos en paralelo.	52
Figura 24: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en paralelo.	53
Figura 25: Representación gráfica en RBD de elementos en redundancia parcial.	54
Figura 26: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en redundancia parcial.	55
Figura 27: Representación gráfica en RBD de elementos en fraccionamiento.....	55
Figura 28: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en fraccionamiento.	56
Figura 29: Representación gráfica en RBD de elementos en Stand by.	56
Figura 30: Disponibilidad operacional de sistema con dos elementos en Stand by.	57
Figura 32: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Carro.	61
Figura 33: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Levante.	61
Figura 34: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Puente.	62
Figura 35: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Puente Grúa.	62
Figura 36: Eventos con intersección de tiempo.	66
Figura 37: Eventos con la misma hora de inicio y duración (Simultáneos).....	66
Figura 38: Comparación número Mantenciones Planificadas y No Planificadas.	69
Figura 39: Comparación número Mantenciones Preventivas, Correctivas Planificadas y Correctivas No Planificadas.	70

Figura 40: Comparación duración Mantenciones Planificadas y No Planificadas.....	71
Figura 41: Comparación duración Mantenciones Preventivas, Correctivas Planificadas y Correctivas No Planificadas.	72
Figura 42: Comparación número de mantenciones entre subsistemas Grúa E-11.	73
Figura 43: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-11.	74
Figura 44: Comparación frecuencia de mantenciones componentes Sis. Puente Grúa E-11.....	74
Figura 45: Comparación duración de mantenciones componentes Sis. Puente Grúa E-11.....	75
Figura 46: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-12.	76
Figura 47: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-12.	76
Figura 48: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-12.	77
Figura 49: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-12.....	77
Figura 50: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-13.	78
Figura 51: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-13.	79
Figura 52: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-13.	79
Figura 53: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-13.....	80
Figura 54: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-14.	81
Figura 55: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-14.	81
Figura 56: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-14.....	82
Figura 57: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-14.....	82
Figura 58: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-15.	83
Figura 59: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-15.	84
Figura 60: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-15.....	84
Figura 61: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-15.....	85
Figura 62: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-16.	86
Figura 63: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-16.	86
Figura 64: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante grúa E-16.....	87
Figura 65: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante grúa E-16.	87
Figura 66: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-11.	91
Figura 67: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-11.....	91
Figura 68: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-11.....	92
Figura 69: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-11.....	93
Figura 70: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-11.	94
Figura 71: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-11.	95
Figura 72: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-11.	95
Figura 73: Curva de confiabilidad Grúa E-11.....	96
Figura 74: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-11.....	97
Figura 75: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-12.	98
Figura 76: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-12.....	99
Figura 77: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-12.....	100
Figura 78: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-12.....	100
Figura 79: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-12.....	101



Figura 80: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-12.....	101
Figura 81: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-12.....	102
Figura 82: Curva de confiabilidad Grúa E-12.....	102
Figura 83: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-12.....	103
Figura 84: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-13.....	104
Figura 85: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-13.....	104
Figura 86: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-13.....	105
Figura 87: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-13.....	105
Figura 88: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-13.....	106
Figura 89: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-13.....	107
Figura 90: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-13.....	107
Figura 91: Curva de confiabilidad Grúa E-13.....	108
Figura 92: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-14.....	109
Figura 93: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-14.....	110
Figura 94: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-14.....	110
Figura 95: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-14.....	111
Figura 96: Curva de confiabilidad Sis. Carro Levante E-14.....	111
Figura 97: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Puente E-14.....	112
Figura 98: Curva de confiabilidad Sis. Carro Puente E-14.....	112
Figura 99: Curva de confiabilidad Grúa E-14.....	113
Figura 100: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-14.....	113
Figura 101: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-15.....	114
Figura 102: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-15.....	115
Figura 103: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-15.....	115
Figura 104: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-15.....	116
Figura 105: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-15.....	116
Figura 106: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-15.....	117
Figura 107: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-15.....	117
Figura 108: Curva de confiabilidad Grúa E-15.....	118
Figura 109: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-15.....	118
Figura 110: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-16.....	119
Figura 111: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-16.....	120
Figura 112: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-16.....	120
Figura 113: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-16.....	121
Figura 114: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-16.....	121
Figura 115: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-16.....	122
Figura 116: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-16.....	122
Figura 117: Curva de confiabilidad Grúa E-16.....	123
Figura 118: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-16.....	123
Figura 119: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-11.....	126
Figura 120: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-11.....	127



Figura 121: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-11.....	127
Figura 122: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-12.	128
Figura 123: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-12.	128
Figura 124: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-12.....	129
Figura 125: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-13.	129
Figura 126: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-13.	130
Figura 127: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-13.....	130
Figura 128: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-14.	131
Figura 129: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-14.	131
Figura 130: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-14.....	132
Figura 131: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-15.	132
Figura 132: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-15.	133
Figura 133: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-15.....	133
Figura 134: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-16.	134
Figura 135: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-16.	134
Figura 136: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-16.....	135
Figura 137: Resumen mantenibilidad de las grúas por subsistema.....	136
Figura 138: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-11.	138
Figura 139: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-12.	140
Figura 140: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-13.	141
Figura 141: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-14.	143
Figura 142: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-15.	144
Figura 143: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-16.	146
Figura 144: Comparación grafica todas las grúas.....	148
Figura 145: Datos completos.....	153
Figura 146: Datos con censura a la derecha.	153
Figura 147: Datos con censura de intervalo.....	154
Figura 148: Datos con censura a la derecha.	154
Figura 149: Esquema funcionamiento integral R-MES.....	156



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Países clientes de Codelco Ventanas.....	27
Tabla 2: Participación de los países por mineral procesado en Codelco Ventanas.	27
Tabla 3: Composición del electrolito para la refinación del cobre.....	32
Tabla 4: Composición química ánodo y cátodo.	36
Tabla 5: Composición química ánodo y electrolito.	37
Tabla 6: Datos eliminados de la base inicial de datos.....	67
Tabla 7: Datos fusionados y con mala especificación de componente intervenido.	67
Tabla 8: Impacto de los datos eliminados.....	68
Tabla 9: Mantenciones de duración prolongada en la grúa E-15.	72
Tabla 10: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-11.....	75
Tabla 11: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-12.....	78
Tabla 12: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-13.....	80
Tabla 13: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-14.....	83
Tabla 14: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-15.....	85
Tabla 15: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-16.....	88
Tabla 16: Componentes críticos por grúa.	88
Tabla 17: Resumen fallas de subsistemas por grúa.	90
Tabla 18: Resumen confiabilidad Grúa E-11.	98
Tabla 19: Resumen confiabilidad Grúa E-12.	103
Tabla 20: Resumen confiabilidad Grúa E-13.	109
Tabla 21: Resumen confiabilidad Grúa E-14.	114
Tabla 22: Resumen confiabilidad Grúa E-15.	119
Tabla 23: Resumen confiabilidad Grúa E-16.	124
Tabla 24: Comparación final todas las grúas.....	147
Tabla 25: Base de Datos Puente Grúa E-11.....	165
Tabla 26: Base de Datos Puente Grúa E-12.....	170
Tabla 27: Base de Datos Puente Grúa E-13.....	176
Tabla 28: Base de Datos Puente Grúa E-14.....	180
Tabla 29: Base de Datos Puente Grúa E-15.....	185
Tabla 30: Base de Datos Puente Grúa E-16.....	189



I. INTRODUCCIÓN

Un análisis de ingeniería de confiabilidad es un estudio de los datos de vida de algún elemento que opera bajo condiciones preestablecidas. Se enfoca principalmente en la modelación del tiempo entre fallas a través de distribuciones probabilísticas que permiten comprender el estado actual del elemento analizado.

El trabajo desarrollado consiste en el estudio de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de seis puentes grúas de la refinería electrolítica de la división ventanas de CODELCO Chile entre enero del 2008 y junio del 2009. El objetivo general de este estudio es la determinación y comparación de los parámetros de confiabilidad de equipos críticos para la obtención de cátodos de cobre de alta pureza como lo son los puentes grúas.

El plan de trabajo se plantea en tres grandes pasos o etapas. La determinación de la configuración lógica funcional de los componentes de los equipos, recopilación y análisis de la base de datos pertinente al estudio y la determinación de los modelos probabilísticos basados en los resultados de los pasos anteriores.

El estudio de la configuración lógica de los equipos determina un diagrama de bloques de confiabilidad en serie. Esta configuración definida a partir del modo de funcionamiento implica una alta vulnerabilidad de funcionamiento de los puentes grúas cuando cualquiera de sus componentes presenta una falla.

Los datos entregados por la empresa son verificados para constatar que estos presentan las características necesarias para este estudio. De esta verificación se comprueba que no todos los datos son completos y, se desarrolla un procedimiento de identificación y corrección de la base datos. Una vez que se contó con una base de datos con las características necesarias se analiza para obtener una comprensión comparativa del estado de los equipos. La observación de la frecuencia y duración de las fallas muestra la realización de los planes de mantención de acuerdo a la planificación como también una gran diferencia del estado de los equipos respecto a las fallas presentes.

La obtención de los modelos probabilísticos que modelan el comportamiento de los equipos se realizó a través de un software, especializado en análisis de datos de vida y confiabilidad de sistemas, proveído por CODELCO. El resultado del análisis permite obtener la confiabilidad de los elementos y del equipo al que pertenecen según la configuración lógica funcional. Se realizó una comparación de los elementos de los puentes grúas para ver gráficamente como influían en la confiabilidad final del equipo.

A partir de estos resultados y con toda la información disponible se logró determinar a los elementos y equipos críticos de la refinería electrolítica, además de cuáles eran los elementos que influían mayormente a la indisponibilidad de los equipos. También fue posible destacar a través del conocimiento empírico de los equipos la falta de la medición de parámetros temporales vitales para lograr una comparación de mayor precisión. Particularmente medir el tiempo de utilización de los equipos. Esto último fue un factor influyente en los resultados teóricos de los datos disponibles en comparación el conocimiento empírico de los equipos.



II. OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es el desarrollo de un análisis de ingeniería de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de seis puentes grúa de refinería electrolítica a nivel básico.

Objetivos Específicos

Este trabajo tiene como objetivo general el realizar un estudio de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de sistema en seis puentes grúa de la planta de refinería electrolítica, que permitirá predecir el comportamiento de sus subsistemas y componentes, lo cual optimizara las acciones proactivas y correctivas, así como evaluar posibles mejoras y/o modernizaciones de estos equipos.

Para cumplir con el objetivo general señalado se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación de antecedentes de representación de los **Puentes Grúa**. Identificación del sistema **Puente Grúa** y sus correspondientes subsistemas y componentes críticos.
- Desarrollo de representación general de **Puentes grúa** de Refinería electrolítica de Codelco división Ventanas, a través de software adecuado.
- Identificación de modelo de confiabilidad de cada subsistema y componente de **Puentes Grúa** en especial a componentes críticos, a través de software de modelación de confiabilidad de equipos.
- Modelación de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema representativo de **Puentes Grúa** de refinería electrolítica de Codelco división Ventanas
- Determinación de parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los **Puentes Grúa** en un período de tiempo predeterminado.

III. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

El desarrollo de este estudio de ingeniería de confiabilidad de seis puentes grúa se realiza en la planta de refinería electrolítica de la división Ventanas de la Corporación Nacional Del Cobre, CODELCO. A continuación se procede a entregar antecedentes generales la empresa.

1. CODELCO VENTANAS

[ref. 2; 5]

1.1. Historia Fundición y Refinería Ventanas

La Fundición de Ventanas fue construida en la década de los 60 luego que el Estado de Chile decidiera tener una nueva fundición y refinería para exportar el cobre con mayor valor agregado. El objetivo consistía lograr mejores condiciones para exportar este patrimonio nacional, ya que en esa época, la gran minería del cobre y sus fundiciones pertenecían a empresas extranjeras.



Figura 1 : ENAMI Ventanas años 60.

http://www.codelco.com/la_corporacion/zooms/ventanas/1.html

Se escogió esta ubicación por su cercanía a los puertos de Quintero y Valparaíso, por contar con un abastecimiento seguro de agua desde el río Aconcagua, y la equidistancia con centros y proyectos mineros de la época. Además se tomó en cuenta el interés de los habitantes y autoridades de la zona, que defendieron la instalación de una gran industria en la zona.

La obra, que comenzó en 1960, estuvo a cargo de la empresa Klockner – Humboldt - Deutz y fue inaugurada el 30 de septiembre de 1964, bajo el gobierno del Presidente Jorge Alessandri Rodríguez. Paralelamente, en 1963, se contrató con Ferrostaal A.G. y Hochtief A.G., la construcción de una refinería electrolítica, la que fue inaugurada el 11 de noviembre de 1966 por el Presidente Eduardo Frei Montalva. En conjunto, el proyecto demandó una inversión de US\$ 45 millones de la época.

La Fundición comenzó sus operaciones a cargo de ENAMI sus operaciones con un horno tipo Reverbero de 37 m. de largo por 8 de ancho y dos convertidores Pierce Smith de 8 [m] de largo por 3 de diámetro. Su principal equipo de fusión era el Reverbero, una gran construcción de ladrillos refractarios donde quemadores de petróleo generaban 1.400 [°C] de temperatura permitiendo la fusión de 450 toneladas diarias.

Finalmente, luego de numerosos proyectos a lo largo del tiempo, la Fundición posee una capacidad de fusión de 424.000 toneladas anuales de concentrados. La Refinería Electrolítica tiene una capacidad de producción superior a las 330.000 toneladas de cátodos, las que se obtienen en seis circuitos de refinación que son alimentados por ánodos propios y provenientes de Fundición Hernán Videla (Paipote), Fundición Chagres y Fundición Caletones de El Teniente.

1.2. Traspaso a Codelco

El traspaso de la Fundición y Refinería Ventanas (FRV) de ENAMI a CODELCO fue dispuesto como una fórmula para solucionar los pasivos acumulados por ENAMI sin que el Estado perdiera su control. Consecuencia de esta “fórmula” se decreta la Ley 19.993 el 4 de enero del 2005. Ella establece que CODELCO garantizará que Ventanas mantendrá la capacidad para fundir y refinar, sin restricción ni limitación alguna, la producción de cobre de la pequeña y mediana minería.



Figura 2: Traspaso de ENAMI a Codelco.

1.3. Propietarios

La promulgación de la reforma constitucional que nacionalizó el cobre en Chile, el 11 de julio de 1971, detonó un proceso que culminó con la creación de una empresa encargada de operar y administrar las pertenencias mineras cedidas al Estado.

El Decreto Ley 1.350 de 1976 creó la Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO, concebida como una empresa minera, industrial y comercial, con personalidad jurídica y propiedad del Estado de Chile. La Corporación es encabezada por un Directorio con siete integrantes, nombrados por la Presidenta de la República de Chile y que es liderado por el Ministro de Minería.

1.4. Ubicación

La Fundición y Refinería Ventanas como se muestra en la figura 3 se encuentra ubicada en la bahía de Quintero, específicamente en playa La Herradura de la localidad de Ventanas, comuna de Puchuncaví, en la región de Valparaíso, con coordenadas geográficas aproximadas de 36° 46' Latitud y 71° 30' Longitud, distante 50 [km] al norte del puerto de Valparaíso y 150 [km] al noreste de la ciudad de Santiago.

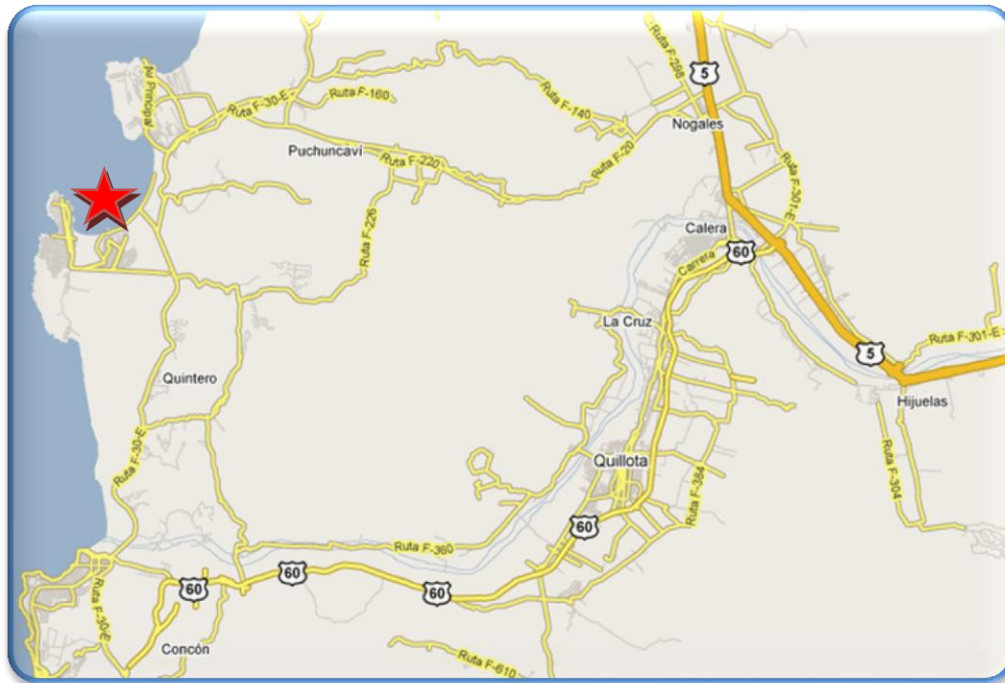


Figura 3: Ubicación Codelco Ventanas.
Fuente Google Maps.

1.5. Accesso

La Fundición y Refinería Ventanas cuenta con dos accesos:

- Acceso Norte para los camiones de transporte.
- Acceso Sur para los funcionarios. (ver figura 4)



Figura 4: Acceso Sur Codelco Ventanas.
http://www.aldeaminera.cl/imagenes/ventanas1_384.jpg

Ambos accesos son a través de la carretera F 30-E, ubicada en la Comuna de Puchuncaví.

1.6. Organización de la Empresa

El desarrollo de este estudio se lleva a cabo en la **Superintendencia de Mantención** específicamente en el **Subdepartamento De Análisis Predictivo Y Preventivo**, que forma parte del **Departamento Ingeniería De Mantenimiento**. Dentro de las actividades realizadas directamente con este departamento se encuentran, análisis en terreno para la determinación de las condiciones de operación, tipos de mantenimiento y familiarización con los puentes grúa en la refinería electrolítica los que se llevan a cabo bajo la supervisión de encargados y mantenedores del **Subdepartamento de Mantención Refinería Electrolítica** que forma parte del **Departamento de Mantención Mecánica General**.

A continuación en la figura 5 se muestra el organigrama general de Codelco Ventanas mostrando jerárquicamente la ubicación de la Superintendencia de Mantención dentro de la organización.

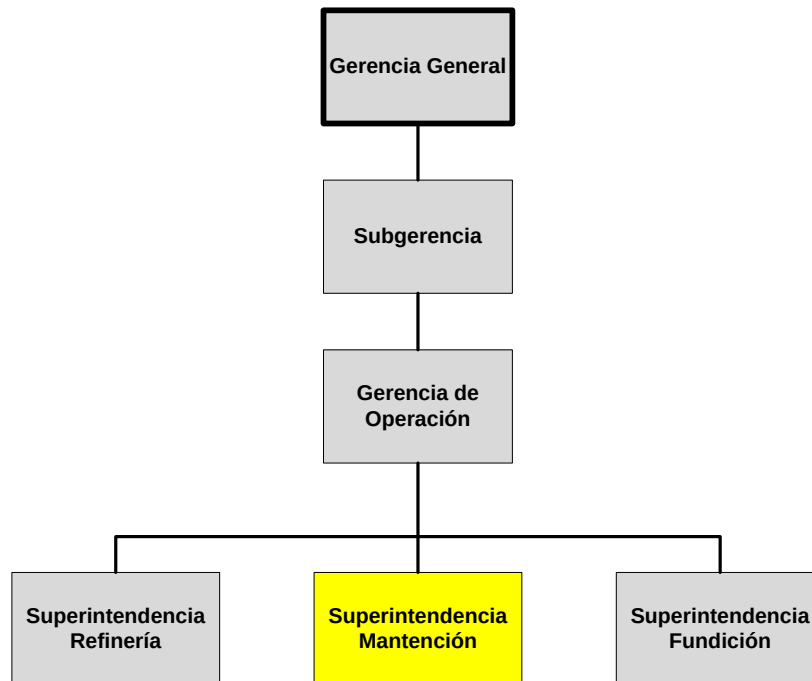


Figura 5: Organigrama general Codelco Ventanas
[ref. 5].

A continuación en la figura 6 se muestra el organigrama de los subdepartamentos (destacados en amarillo) con los que se trabajó directamente para la elaboración de este estudio de ingeniería de confiabilidad.

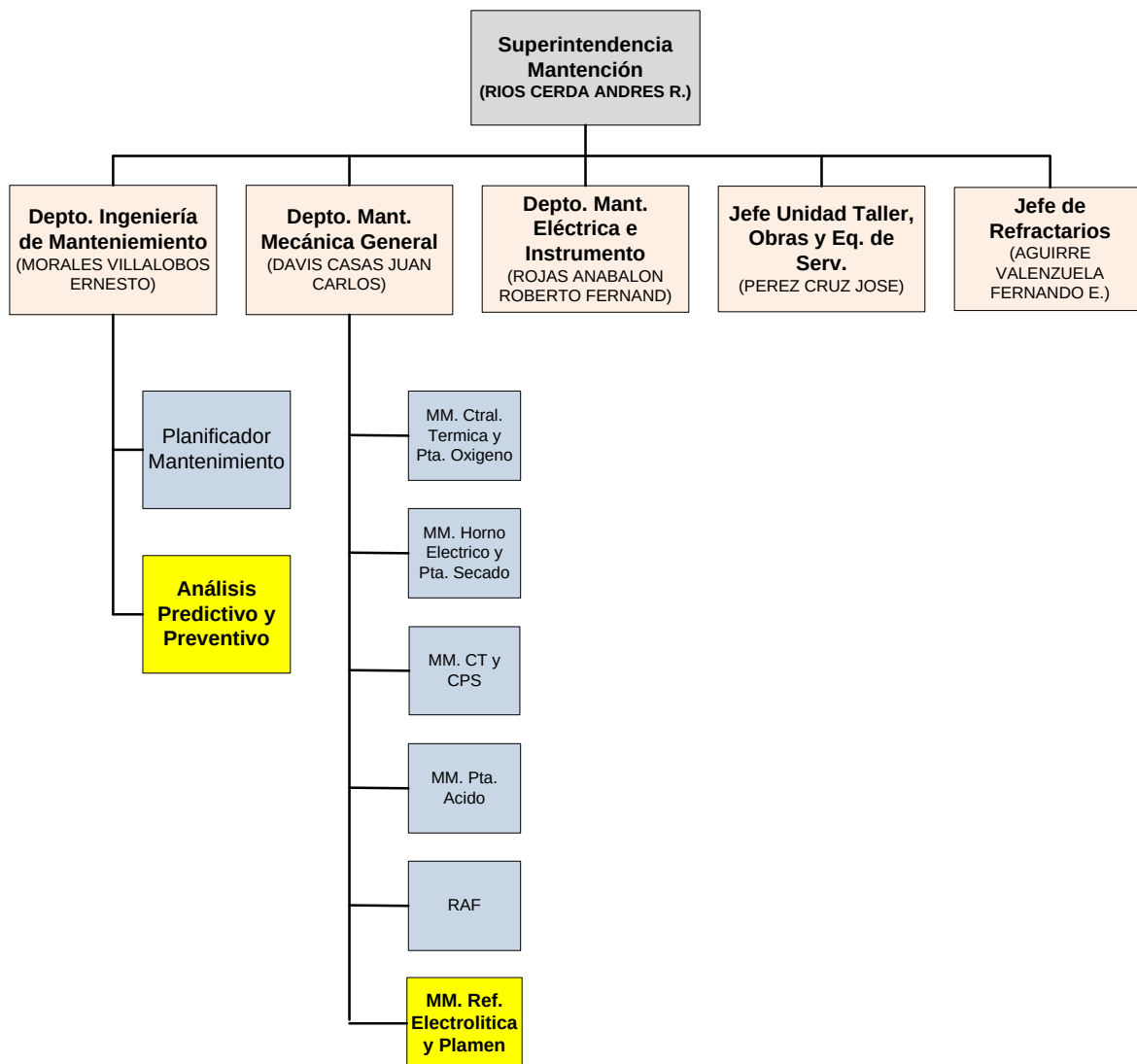


Figura 6: Organigrama Superintendencia de Mantenimiento.
[ref. 5]

1.7. Descripción Procesos de Fundición y Refinería Ventanas

Fundición y Refinería Ventanas (FRV), está dividida en ocho grandes procesos, Fundición, Refino a Fuego, Productos Intermedios, Refinería Electrolítica, Productos Finales, Planta de Metales Nobles, Planta de Oxigeno y Planta de Acido, de los cuales cinco están asociados al manejo y producción de cobre. A continuación una breve descripción de los cuatro procesos referentes a la obtención de cobre de alta pureza directamente.

1.7.1. Proceso de Fundición

La Fundición consiste en separar, mediante altas temperaturas, el cobre del material estéril. Este proceso se realiza a partir del concentrado de cobre, para lo cual el concentrado húmedo se seca en un secador rotatorio y luego se funde en el Convertidor Teniente.

De este proceso se obtiene el metal blanco o cobre que pasa a la etapa de conversión en reactores Pierce Smith, produciendo cobre Blíster de 99% de pureza; Por último la escoria restante se procesa en el Horno Eléctrico extrayendo el cobre residual y descartando la escoria con un contenido de cobre inferior al 0,6 %. Los gases resultantes del proceso se tratan en la Planta de Ácido, para producir ácido sulfúrico.

1.7.2. Proceso de Productos intermedios

Productos Intermedios es el proceso en el que los ánodos son recepcionados y preparados. Los ánodos provienen de Fundición Hernán Videla Lira (ENAMI), Caletones (CODELCO Teniente), Chagres (Anglo American) y los propios.

Este proceso se lleva a cabo en el patio de productos intermedios, ubicado entre el Refino a Fuego (RAF) y la Refinería Electrolítica, para ellos se utilizan diversos puentes grúa, grúas horquillas, y la Máquina Preparadora de Ánodos.

1.7.3. Proceso de Electro refinación

En este proceso se separan las últimas impurezas del cobre refinado a fuego. En 8 y 11 días, el cobre del ánodo se deposita en un cátodo inicial, hasta alcanzar 115 Kg de cobre 99,99% de pureza. Este producto, denominado cátodo comercial, se encuentra en condiciones de ser comercializado para su manufactura en la industria nacional o extranjera.

Parte de las impurezas obtenidas en la refinación electrolítica, forman el barro anódico que, al procesarlo en una planta de metales nobles, permite recuperar oro, plata y selenio.

1.7.4. Proceso Productos finales

Una vez retirados los cátodos de las celdas electrolíticas, pasan a la sección de Productos Finales, donde estos son pesados, lavados y se inspecciona la calidad. Se obtienen tres tipos de cátodos, los Grado A, Estándar y Rechazados.

Los cátodos son empaquetados, enzunchados y entran a un programa de embarque hasta su destino Final. Los restos de ánodos de la Refinería Electrolítica (SCRAP) se devuelven al Refino a Fuego (RAF).

1.8 Volumen de producción y clientes

La producción de Ventanas en el año 2007 alcanzó a 370.698 toneladas métricas de cobre electrolítico. Así mismo, por el procesamiento de los barros anódicos de la refinería en la planta de Metales Nobles, se produjeron 141.952 kilos de Plata y 3.423 kilos de Oro, y la Planta de Ácido produjo 328.807 toneladas de Ácido Sulfúrico.

La capacidad de fusión de concentrados de Ventanas fue de 445 mil toneladas métricas secas para el año 2006.

CODELCO-CHILE tiene una cartera de clientes estables y geográficamente diversos, los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Países clientes de Codelco Ventanas.
[ref. 5]

Europa	Italia	Inglaterra	Francia	Alemania
Asia	Taiwán	Japón	Corea	China
Sudamérica	Chile	Argentina	Brasil	

La producción se destina según producto y cliente como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Participación de los países por mineral procesado en Codelco Ventanas.
[ref. 5]

Cobre		Oro		Plata	
Europa	10%	EE.UU	100%	EE.UU	32%
				Argentina	29%
Asia	39%			Brasil	16%
				Chile	16%
Sudamérica	51%			Alemania	7%

Como se puede observar en la tabla 2 más de la mitad de la producción de cobre se destina al mercado sudamericano. El oro es completamente adquirido por Estados Unidos, siendo este país el mayor comprador de plata.

2. DESCRIPCIÓN PROCESO PRODUCTIVO REFINERÍA ELECTROLÍTICA

[ref. 3, 7]

La refinería electrolítica de Codelco Ventanas tiene como función principal la obtención de cátodos de cobre de alta pureza 99.99% de cobre a partir de la electrorefinación de los ánodos provenientes de la unidad de refino a fuego como de proveedores externos. Este sistema utiliza como principales elementos el ánodo y el cátodo donde estos son los electrodos positivos y negativo respectivamente, ambos son sumergidos en una solución acida llamada electrolito que es un buen conductor eléctrico por lo que se aplica una diferencia de potencial. El proceso de electrorefinación es la disolución de ánodo de cobre impuro proveniente de refinería a fuego y la posterior depositación del cobre puro en el cátodo mediante la inducción de corriente. Luego de ocho días en las cubas se hace la cosecha del producto, se sacan los cátodos finales y son llevados hacia la romana en el área de cátodos finales. Se obtiene como producto final un cátodo de cobre con un 99.99% de pureza.

2.1. Teoría de la Refinación Electrolítica

La mayoría del cobre es tratado eléctricamente durante su producción. Es electrorefinado desde ánodos impuros de cobre o electroobtenido de soluciones solventes de cobre. Una cantidad considerable de escoria de cobre es también electrorefinada. La electrorefinación conlleva:

- Disolver cobre electroquímicamente desde ánodos impuros de cobre en electrolito ($\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$).
- Selectivamente electrodepositar cobre puro sin las impurezas del ánodo desde el electrolito hacia los cátodos.

Esto sirve dos propósitos:

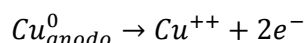
- Produce cobre esencialmente libre de impurezas;
- Separa impurezas valiosas (como oro y plata) del cobre para su posterior recuperación como subproductos.

El cobre electrorefinado, fundido y moldeado, contiene menos de 20 partes por millón de impurezas, además de oxígeno que es controlado alrededor del 0,025%.

2.1.1. Principios

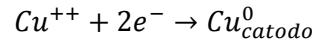
La aplicación de un potencial eléctrico entre el ánodo de cobre y un cátodo metálico en un electrolito ($\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$) causa los siguientes efectos:

- El cobre se disuelve electroquímicamente desde el ánodo en el electrolito produciendo cationes y electrones:



- Los electrones producidos en la reacción anterior son conducidos hacia el cátodo a través de un circuito externo y suministro de energía.

- c. Los cationes Cu^{++} en el electrolítico migran al cátodo por convención y difusión.
- d. Los electrones y los iones Cu^{++} recombina en la superficie del cátodo para producir cobre metálico el que se deposita en los cátodos por la siguiente reacción:



Los efectos netos son la disolución desde el ánodo de cobre, migración de los electrodos hacia el cátodo, y depositación del cobre en el cátodo.

Se previene que las impurezas se depositen en el cátodo al:

- a. Elegir electrolito ($\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$) en el cual algunas impurezas del ánodo no se disuelven.
- b. Manteniendo impurezas solubles a bajas concentraciones en el electrolito para evitar que se depositen en la superficie del cátodo.

En la práctica, la resistencia al flujo de corriente en el electrolito (por el transporte de iones) y resistencia al flujo de electrones en el circuito eléctrico debe ser vencida al aplicar una diferencia de potencial entre ánodo y cátodo. Pequeños voltajes (0.05 volts) también deben ser aplicados para depositar el cobre en la superficie del cátodo y disolver el cobre del ánodo. Potenciales industriales de ánodo y cátodo son 0.3 volts aproximadamente.

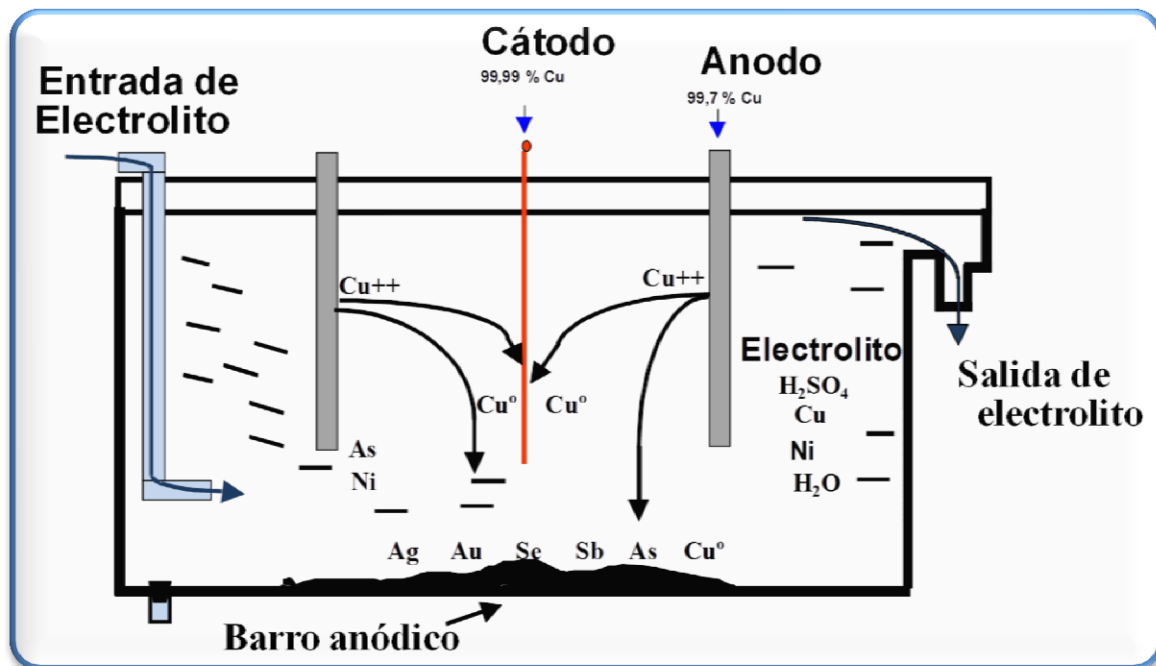


Figura 7: Esquema electrorefinación.
[ref. 1]

2.1.2. Mecanismos de contaminación

El principal mecanismo contaminante de los cátodos es el entrapamiento de escoria y electrolítico en el cátodo creciente. Una excepción a esto es la plata la cual:

- Se electrodeposita a voltajes menores que los del cobre.
- Se disuelve en pequeña parte en el electrolito.
- Se electrodeposita alrededor de 4 a 6 partes por millón en el cátodo de cobre.

Electrodeposición de Bismuto, Arsénico y Antimonio requiere, por otra parte, un poco más de voltaje que el cobre. Mientras las concentraciones de cobre en el electrolito sean altas y las concentraciones de Bismuto, Arsénico y Antimonio sean bajas en el electrolito, estas impurezas no se depositan en el cátodo. Su presencia en el cátodo de cobre es enteramente debido a la escoria y entrapamiento del electrolito. Bismuto, Arsénico y antimonio pueden, en ocasiones, ser electroplatinado desde el electrólito al bajar las concentraciones de cobre de cobre cerca de 20 [kg/m³]. Esta técnica se utiliza para purificar el electrolito.

Depositar Cobalto, Fierro y Níquel requiere mucho más voltaje que depositar cobre. La presencia de estas impurezas en el cátodo de cobre es también enteramente debido al entrapamiento de escoria y electrolito.

2.1.3. Electrorefinación industrial

Electrorefinación industrial se lleva a cabo con grandes (1m x 1m) ánodos delgados (0.05m) y cátodos (0.001-0.003m) intercalados en una celda llena con electrolito. Todos los ánodos en la celda están en potencial y todos los cátodos están en un segundo potencial (más negativo). Los ánodos y cátodos están espaciados igualmente a través de la celda para igualar la corriente entre el ánodo y cátodo. Esto asegura que todos los ánodos se corroan a la misma tasa y terminen su vida al mismo tiempo.

Electrolito purificado ($\text{CuSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$) entra continuamente un extremo de la celda (cerca del fondo) a través de tuberías de cloruro de polivinilo. El electrolito (ahora con un poco de menor pureza) sale de la celda al rebalsarse a un drenaje en el extremo opuesto de la celda.

Los ánodos impuros de cobre son fundidos en una refinería o fundición. Estos se disuelven lentamente mientras el cobre se disuelve en el electrolito. Se remueven de la celda antes de que estén en peligro de romperse y fallen. Este ánodo "Scrap" se lava, se derrite y se funde en un nuevo ánodo.

Los cátodos iniciales son delgadas hojas de cobre o de acero inoxidable. Estos se engruesan lentamente mientras el cobre se electrodeposita en los cátodos desde el electrolito. Cátodos completamente crecidos se remueven de la celda en intervalos regulares. Su cobre es lavado y vendido o enviado a fundición y fabricación. La vida de un ánodo es típicamente de entre

10 y 18 días, ánodos más pesados tienen mayor duración de electrorrefinación. Cada complemento de ánodo usualmente produce de dos a tres “cosechas” de cátodos (a veces una).

Las impurezas disueltas del ánodo dejan la celda en el electrolito circulante. Se remueven por el flujo de salida del electrolito. Las impurezas insolubles del ánodo (1 a 15 kg por tonelada de cátodo) se adhieren al ánodo o se caen al fondo de la celda como escoria (barro anódico). Se remueve de la celda al mismo tiempo que el Scrap de ánodo y se envía a otra planta como subproducto para recuperar plata, oro y otros metales (Por ejemplo **Pt, Pd, Se, Te**).

2.1.3.1. Cátodos

Los cátodos iniciales usualmente son delgados, cobre puro. Con esta configuración el cátodo final entero se vende o se envía a fundición o fabricación. En un número creciente de refinerías, el cátodo inicial es de acero inoxidable. En estas refinerías, el cobre depositado es removido por máquinas automáticas antes del fundido o la fabricación.

Los cátodos iniciales de cobre son producidos en la misma refinería. Son hechos a partir de la Electrodeposición (24 horas) en hojas de titanio o de laminados de cobre en hojas iniciales designadas celdas de revestimiento. Las hojas iniciales son de 0.5 a 1 [mm] de espesor y pesan entre 4 a 7 kilogramos.

Las hojas son removidas por máquinas automáticas o manualmente. La remoción se facilita al lubricar y entallar el cobre y posicionando cuñas plásticas en los lados de las hojas de titanio.

La preparación final de los cátodos iniciales consiste en el lavado y enderezamiento seguido por adjuntar la hoja electrodepositada a barras de soporte de cobre. Las hojas iniciales son entonces espaciadas en racks para la inmersión en las celdas de electrolito. En refinerías modernas, la mayoría de estas operaciones son mecanizadas.

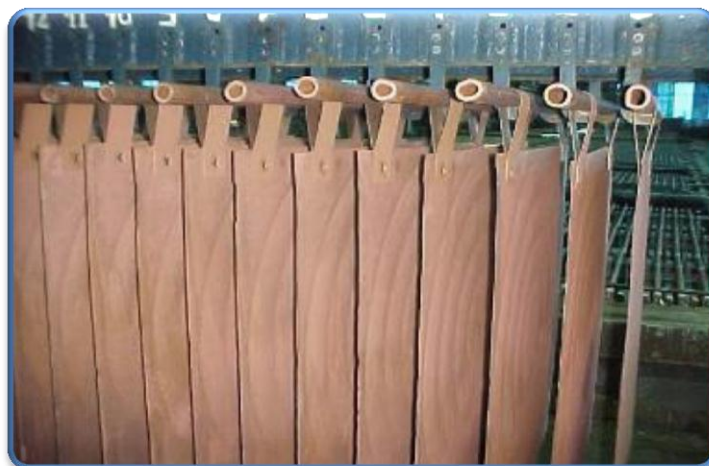


Figura 8: Rack de cátodos iniciales de cobre.
[ref. 6]

2.1.3.2. Electrolito

Electrolito para refinación de cobre contiene entre 40 y 50 [kg/m³] de cobre, 160 a 200 [kg] de H₂SO₄ libre, 0.02 a 0.05 [kg/m³] de Cl⁻ e impurezas (Principalmente Níquel, Arsénico y Hierro, Ver tabla 3). También contiene de 1 a 10 PPM de elementos orgánicos y agentes adicionados para refinación de granos. El electrolito se calienta a través de vapor a una temperatura de 65 a 70 [°C] (entrada de la celda), enfriado de 2 a 5 [°C] a lo que pasa por la celda.

Electrolito es circulado a través de cada celda a una velocidad de 0.02 [M3/min]. A esta velocidad de flujo, el electrolito en la celda es cambiado por nuevo electrolito cada cinco a seis horas. La circulación del electrolito es esencial para:

- Traer electrolito puro y tibio a la celda.
- Asegurar concentraciones uniformes de cobre y de agentes de nivelación orgánica y granos de refinación a través de la superficie de los cátodos.
- Remover las impurezas disueltas de la celda.

Componente	Concentración [kg/m ³]
Cu	40-50
S ₂ O ₄	160-200
Cl	0.02-0.05
Proteína colloids	0.0001-0.001
Thiourea	0.0001-0.0005
Ni	25 [PPM]
As	20 [PPM]
Fe	2 [PPM]
Sb	0.6 [PPM]
Bi	0.2 [PPM]

Tabla 3: Composición del electrolito para la refinación del cobre.
[ref. 3]

2.1.3.3. Celdas y conexiones eléctricas

Celdas de electrorrefinación industrial son de 3 a 6 metros de largo. Son suficientemente anchas y profundas (1.1 [m] x 1.3 [m]) para aceptar ánodos de la refinería y cátodos de 0.1 a 0.2 [m] por debajo. Cada celda contiene de 25 a 50 pares de ánodos/cátodos conectados en paralelo. Las celdas son hechas de concreto. Usualmente son forradas con cloruro de polivinilo flexible o 6% plomo antimonial. Muchas refinerías modernas están instalando celdas de concreto polímero pre fundido sin forrar. Las cuales pueden soportar directamente la exposición prolongada al electrolito sin presentar erosión excesiva. Estas celdas simplifican la operación y están siendo ampliamente adoptadas.

Las celdas están conectadas en serie para formar una sección de veinte (20) a cuarenta (40) celdas. Cada sección puede ser desconectada eléctricamente para insertar ánodos/cátodos, remover residuos de ánodos o mantenimiento. El número de celdas en una sección se escoge para maximizar la eficiencia de las maniobras.

La conexión eléctrica entre las celdas se hace al conectar los cátodos de una celda con los ánodos de la celda adyacente y así sucesivamente. La conexión es usualmente hecha al posicionar los cátodos de una celda y los ánodos de la celda siguiente en una barra de cobre distribuidora común.

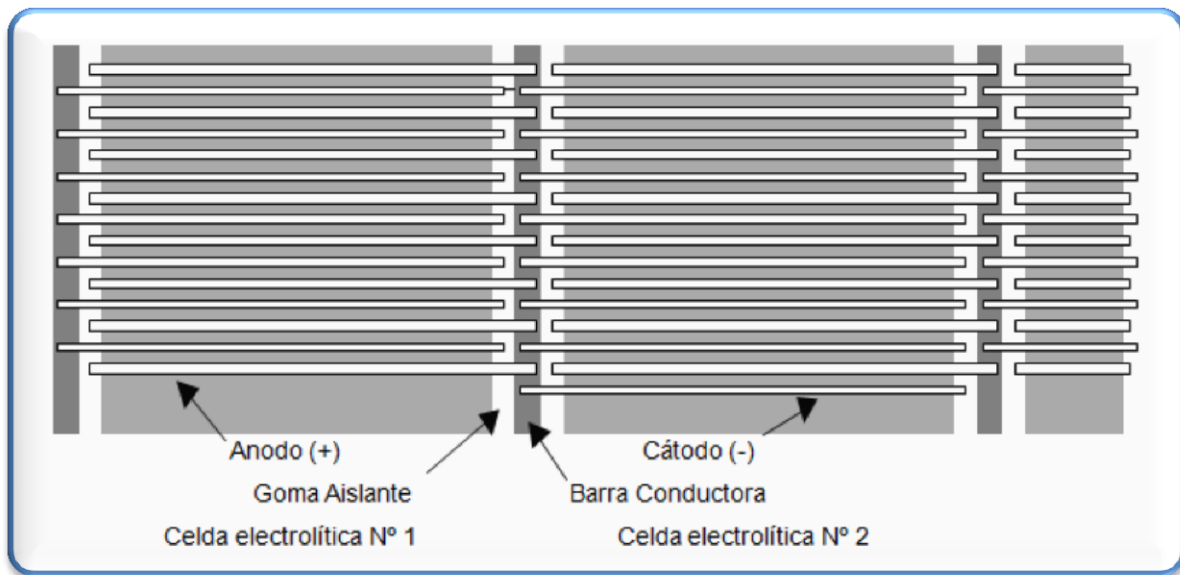


Figura 9: Esquema conexiones eléctricas entre ánodos y cátodos.
[ref. 1]

Considerablemente atención se presta al realizar buenos contactos entre los ánodos, cátodos y barras distribuidoras. Buenos contactos minimizan la pérdida de energía y aseguran una distribución uniforme de la corriente entre los pares de ánodos/cátodos.

La corriente eléctrica total a través de los ánodos y cátodos en una celda es de diez mil (10000) a treinta mil (30000) amperes.

La electrowinning requiere corriente y voltaje directo. Esto se obtiene al convertir la corriente alterna comercial en corriente continua en la refinería. Controles rectificadores de silicona son usualmente usados.

2.1.4. Ciclo típico de electrorefinación

La producción de electrorefinación comienza al insertar un complemento de ánodos y cátodos en una celda vacía de una sección recientemente limpia de la refinería. Se llevan por grúa o transportador a cada celda en una rack espaciadas parejamente.

Una vez que la sección se llena con ánodos, cátodos y electrolito se hacen rápidamente las conexiones eléctricas. Los ánodos comienzan a disolverse y cobre puro empieza a depositarse en la superficie de los cátodos. En algunas refinerías las hojas iniciales de cobre son removidas y enderezadas mecánicamente después de dos o tres días.

Cátodos completamente crecidos son removidos de la celda después de siete (7) o catorce (14) días de depositación. Y un nuevo complemento es insertado el cátodo de cobre es lavado y vendido o se envía a la fundición y fabricación. Dos o tres cátodos (ocasionalmente uno) son producidos de cada ánodo, cada uno pesando de 100 a 165 kilogramos. Este proceso multicátodo asegura que los cátodos no crezcan muy cerca de los ánodos cubiertos de escoria.

En la mayoría de las refinerías, las celdas son inspeccionadas regularmente durante la electrorefinación para localizar cortocircuitos en pares de ánodos/cátodos. La inspección se realiza por gaussómetros portátiles a mano o escáneres infrarrojos sostenidos por grúa (detectan calor, cátodos de alta corriente) y/o por voltímetros permanentes en cada celda.

Los cortos circuitos son usualmente causados por pandeo de las hojas iniciales de cobre o crecimiento nodular entre cátodo y ánodo. Estos desperdician corriente eléctrica y terminan en cátodos impuros de cobre, debido al depósito de escoria en los nódulos o pandeos del cátodo. Estos se eliminan al enderezar los cátodos y cortando los nódulos de cobre electrodepositado.

La electrorefinación es continua de 10 a 28 días, en dicho punto el ánodo se encuentra entre un 80% y 85% disuelto. El complemento de chatarra de ánodo no disuelta se remueve de la celda, lavada, fundida y moldeada en un nuevo ánodo. El electrolito y la escoria son drenados separadamente de la celda. La escoria es enviada a plantas de recuperación de subproductos metálicos. Así el ciclo de electrorefinación comienza de nuevo.

El principal objetivo de una electrorefinería es producir cátodos de alta pureza. Otros objetivos importantes son producir estos cátodos de alta pureza rápidamente con el menor consumo eléctrico y costo posible.



2.2. Electrorefinación de Cobre en Codelco Ventanas

La obtención de cátodos de cobre de alta pureza a partir de ánodos impuros de cobre se realiza en la planta de electrorefinación de Codelco Ventanas.

La planta de electrorefinación realiza tres procesos que permiten la producción de cátodos de cobre de alta pureza (99,99% de concentración de cobre). Los procesos que se realizan en la planta son: Producción de hojas madres (Cátodos iniciales de cobre de alta pureza), Producción de Cátodos comerciales tipo A y descubrización.

Las hojas madres de cobre se fabrican a partir de la electrorefinación de ánodos impuros de cobre utilizando cátodos de titanio. El cobre se deposita en la superficie de las hojas de titanio y es luego removido y mecanizado para obtener cátodos delgados de cobre de alta pureza. Estos cátodos delgados se denominan hojas madres y se utilizan para la obtención de cátodos comerciales tipo A.

La descubrización es el proceso por el cual se remueve cobre disuelto del electrolito, que se perdió por rebalse en la electrorefinación. Este proceso sirve también para purificar el electrolito de impurezas como Bismuto, Arsénico y Antimonio. Este proceso se realiza utilizando un ánodo de plomo y un cátodo de cobre logrando que el cobre presente en el electrolito se deposite en el cátodo.

La electrorefinación es el proceso principal de la refinería y por lo tanto es aquel que se realiza en mayor escala. Este proceso se lleva a cabo en celdas que contienen treinta y cuatro (34) ánodos, treinta y tres (33) cátodos y cuatro (4) metros cúbicos de electrolito. Las celdas se organizan en grupos de cuarenta y dos (42) celdas. Ocho (8) grupos forman un circuito. La refinería cuenta con seis (6) circuitos. Los ánodos tienen un ciclo de desgaste de catorce (14) días y los cátodos un ciclo de siete (7) días, por lo que por cada complemento de ánodos se producen dos (2) complementos de cátodos de alta pureza.

La distribución física de la refinería y el origen de los ánodos se muestran a continuación.

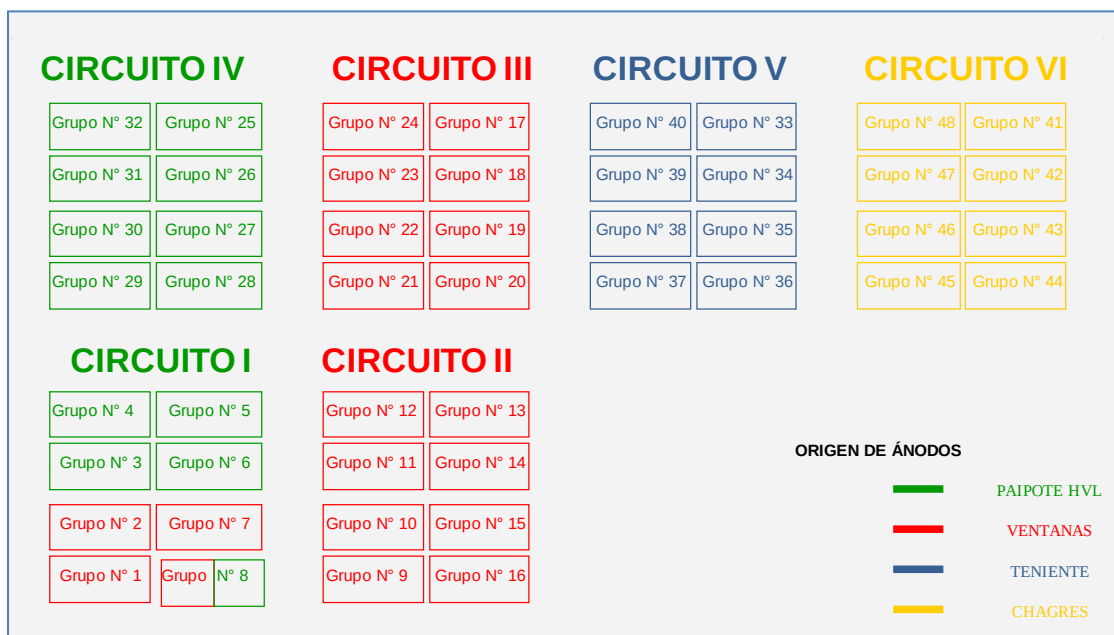


Figura 10: Distribución física de los circuitos y origen de los ánodos.
[ref. 1]

Las composiciones químicas de los ánodos y cátodos de este proceso se presentan a continuación.

Elemento	Anodo	Cátodo
Cu	99,6 - 99,7 %	99,99 %
O	0,20 - 0,24 %	43 ppm
S	26 - 31 ppm	3,9 ppm
Ni	250 - 350 ppm	0,6 ppm
Pb	280 - 380 ppm	0,5 ppm
As	300 - 500 ppm	0,6 ppm
Sb	130 - 160 ppm	0,6 ppm
Se	200 - 300 ppm	0,5 ppm
Fe	18 - 30 ppm	0,7 ppm
Te	55 - 85 ppm	0,5 ppm
Bi	10 - 20 ppm	0,1 ppm
Ag	400 - 900 gr/t	8,0 ppm
Au	30 - 45 gr/t	0,1 ppm

Tabla 4: Composición química ánodo y cátodo.
[ref. 1]

Otro aspecto importante es la composición química del electrolito y el barro anódico.

Elemento	Barro Anódico (%)	Electrolito (%)
Au	99	< 1
Ag	98	2
Se y Te	98	2
Pb	98	2
Sb	60	40
As	25	75
Ni	5	95
Bi	0	≈ 100
Fe	0	≈ 100

Tabla 5: Composición química ánodo y electrolito.
[ref. 1]

Estos parámetros demuestran la eficiencia con la que se logra la electrefinación. Este proceso permite la extracción del oro y la plata que se encuentra casi en su totalidad en el barro anódico. También se puede verificar las bajas concentraciones de impurezas presentes en el cátodo.

Los complementos de ánodos o cátodos son puestos y retirados con la ayuda de ocho puentes grúas que se deslizan por diferentes vías paralelas. Las grúas pueden cambiar de vía a través de un transportador que desplaza a las grúas de forma transversal de una vía a la otra. El proceso requiere de trabajo las 24 horas del día y de dos cuadrillas de trabajadores/grúa para el trabajo en un turno (tres turnos diarios). Esta facultad de poder utilizar cualquier grúa en cualquier vía permite una alta disponibilidad de grúas para realizar las maniobras de extracción y colocación en un turno. Esto se debe a que al momento de fallar una grúa se desplaza hasta el final de una vía y otra continúa con sus tareas.

IV. MODELACIÓN DE CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD

La modelación de los puentes grúa de refinería electrolítica de Codelco Ventanas consiste de tres etapas. En la primera etapa se determina la configuración lógica funcional de los subsistemas y componentes de los equipos (puentes grúa). La segunda etapa se basa en la recopilación y análisis de los datos de vida de los equipo. En la tercera etapa se determinan los modelos probabilísticos de las fallas aleatorias y se obtienen los parámetros de confiabilidad de interés.

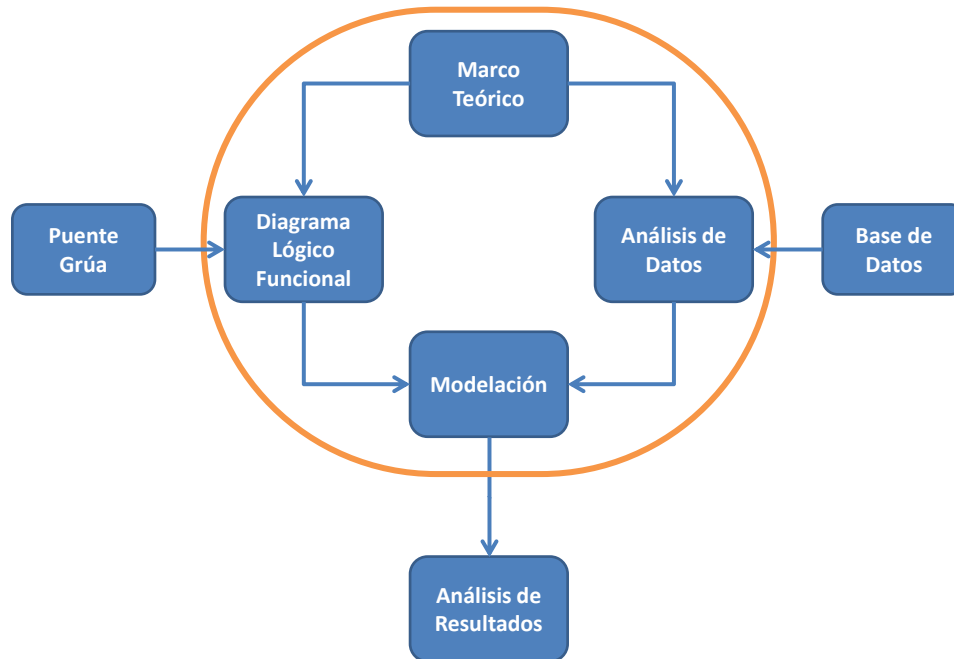


Figura 11: Esquema de trabajo.

3. MARCO TEÓRICO

[ref. 4]

En este capítulo se presenta el marco teórico que sirve de base para la realización de este análisis de ingeniería de confiabilidad. Los conceptos aquí descritos permiten un mejor entendimiento del análisis en los puentes grúas de refinería electrolítica.

Las fallas de un equipo en una instalación industrial no necesariamente se presentan por causas claras y asignables a condiciones preestablecidas, más bien muestran un comportamiento aleatorio con características propias de cada componente, equipo o sistema¹. Lo anterior queda en manifiesto al analizar las distintas fallas en equipos similares o de una misma instalación industrial sometidos a condiciones de operación comparables.

¹ De aquí en adelante se hablara de elemento al referirse a componente, equipo o sistema.

Las fallas por causas asignables a causas determinables tienen un estudio y solución a través del control de los hechos que las provocaron. En cambio las fallas aleatorias son propias del elemento y requieren un análisis diferente. Para este tipo de fallas una de las metodologías modernas es el estudio del tiempo hasta la falla. El tiempo hasta una falla puede ser modelado por distribuciones (o modelos) probabilísticos. La determinación y estudio de estos modelos probabilísticos que presentan los equipos se denomina análisis de confiabilidad. La confiabilidad de un elemento puede ser caracterizada a través de distintos modelos de probabilidades. Este modelamiento está condicionado a la etapa de vida en que se encuentre el elemento que puede ser ajustada a distribuciones Exponenciales o Weibull.

Confiabilidad: *Es la probabilidad de que un elemento rendirá satisfactoriamente durante un periodo de tiempo determinado bajo condiciones ambientales y de entorno preestablecidas.*

Esta definición trae consigo el reconocimiento de que un equipo en cualquier instante de su vida útil puede estar solo en dos estados, apto para su funcionamiento o averiado (con falla).

3.1. Divisiones del Tiempo

[ref. 4]

Por lo general en los equipos industriales se puede dividir el tiempo en la vida de un elemento en dos categorías o divisiones de tiempo, **Tiempo Disponible (Up time)** y **Tiempo No Disponible (Down time)**. El **Tiempo Disponible** es aquel tiempo durante el cual el elemento está en condiciones para ser utilizado, es decir se encuentra apto para su funcionamiento. El **Tiempo No Disponible** es aquel tiempo durante el cual el elemento no se encuentra en condiciones de realizar las funciones para las que fue diseñado.

El **Tiempo Disponible** se puede descomponer en **Tiempo de Utilización**, donde el operador del equipo está haciendo uso de este bajo las condiciones de entorno preestablecidas, y **Tiempo Dispuesto Para su Uso**, donde el equipo no está averiado pero, el operador no está haciendo uso de este, ya sea porque no es requerido, o se encuentra almacenado, o está siendo transportado, entre otros. El **Tiempo de Utilización** a su vez, se puede dividir en **Tiempo de Operación** y **Stand By**. **Tiempo de Operación** es aquel tiempo en el cual se está haciendo uso alguna de las funciones primarias del elemento. Durante el tiempo **Stand By**, no se utiliza ninguna de las funciones primarias pero si se están usando funciones secundarias como por ejemplo posicionamiento, etc.

Por otra parte en el **tiempo no disponible**, el intervalo de interés primordial es el **tiempo activo de reparación**, tiempo en el cual mantenimiento se está realizando en el sistema. Este tiempo puede comprender las actividades de inspección o ubicación de la falla, reparación, pruebas y/o puesta en marcha. El otro componente del tiempo no disponible es el **tiempo de espera**. Este término se aplica primordialmente al tiempo en el que no se pueden realizar tareas de mantenimiento por razones logísticas y administrativas, tales como tiempo antes de que personal de mantenimiento tenga la oportunidad de empezar los trabajos de reparación en el ítem. Un **periodo de espera** puede ocurrir durante un intervalo de reparación, por ejemplo, cuando las piezas requeridas, producto de la inspección, para la reparación no están disponibles.

En resumen se pueden clasificar las divisiones del tiempo para un elemento según el estado de operatividad como se muestra en la siguiente representación gráfica.

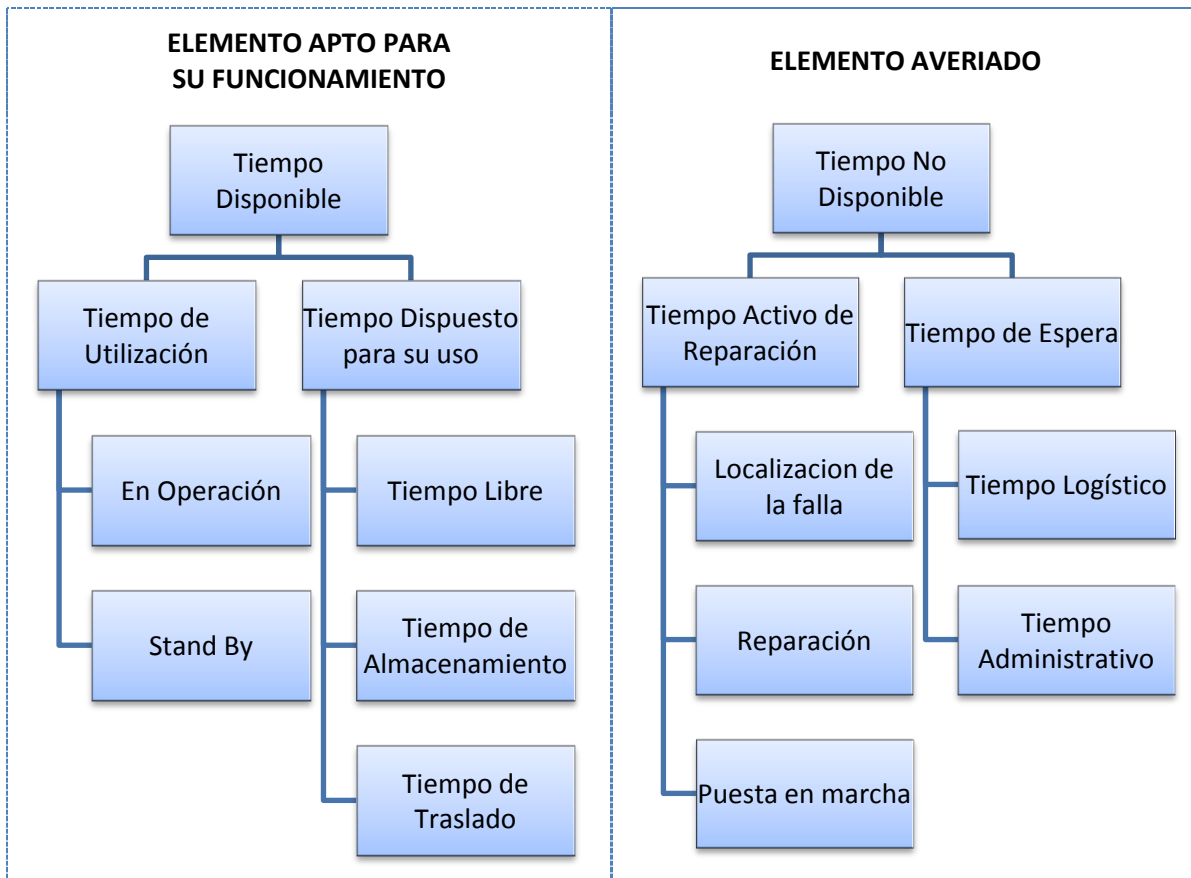


Figura 12: Representación de las divisiones del tiempo según estado de operatividad.

A continuación se muestran gráficamente las divisiones del tiempo ejemplificadas para algún elemento cualquiera.

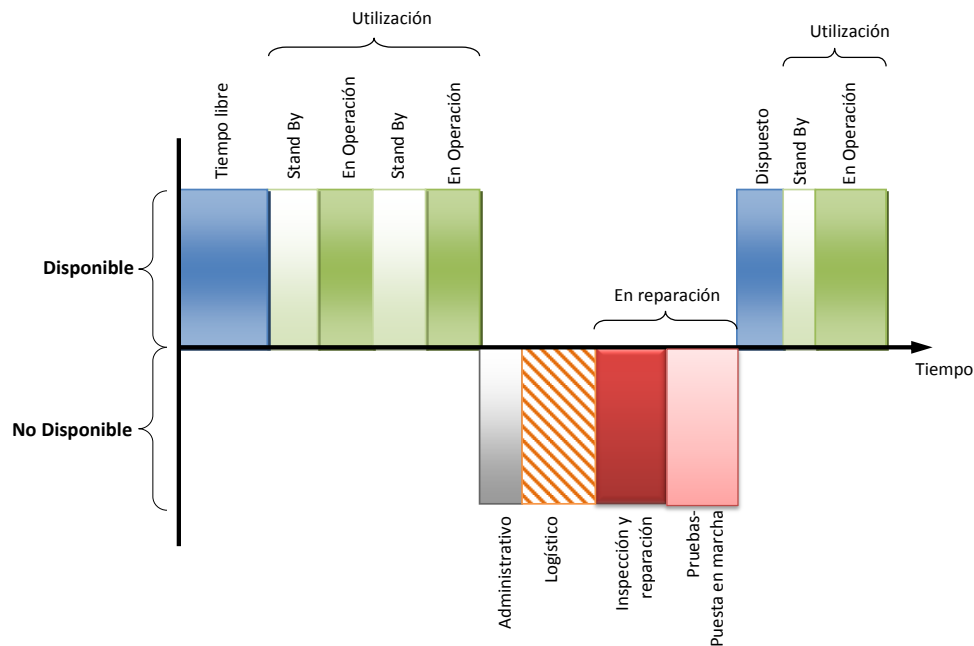


Figura 13: Ejemplo de las divisiones del tiempo para un elemento cualquiera. [ref. 4]

Para poder entender las definiciones de conceptos básicos de la confiabilidad, se entregan las siguientes definiciones para los tiempos, los cuales se deben considerar para la evaluación de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema.

UP-TIME: Up-Time es el tiempo total durante el cual el elemento se encuentra en condiciones aceptables de operación. Corresponde al **Tiempo Disponible**.

Up-Time o tiempo disponible puede dividirse en dos categorías:

- **Tiempo de utilización:** El tiempo de utilización es el intervalo en cual el elemento está OPERANDO de una manera aceptable para el operador. Esto incluye también el tiempo cuando el operador puede estar un poco insatisfecho con la manera de operación, pero no está suficientemente insatisfecho para apagar el sistema y solicitar la reparación.
 - **Tiempo de operación:** Corresponde al momento en que alguna de las funciones principales está siendo utilizada.
 - **Tiempo Stand by:** Es aquel en que el equipo se está utilizado para ser maniobrado² de tal manera que su uso es inminente.

² Por maniobrar se refiere a la acción de preparar el uso del elemento al posicionar, preparar, puesta en marcha o cualquier actividad necesaria para operar.

- **Tiempo Dispuesto Para Su Uso:** El tiempo dispuesto para su uso es aquel en que el elemento está en condiciones de realizar las tareas para las cuales fue diseñado, pero no es requerido o no se está haciendo uso de este. Esto incluye tiempos de traslado, de almacenaje, tiempo libre, etc.
 - **Tiempo de traslado:** Es aquel tiempo en el cual el elemento está siendo transportado de un lugar a otro, ya sea porque se traslada a destino de utilización o a almacenamiento.
 - **Tiempo libre:** Tiempo libre es el tiempo durante el cual no se requiere la utilización del elemento. Un ejemplo clásico son aquellos elementos experimentan un régimen horario de utilización, donde se consideran horas en las que no se requerirá de dicho elemento. Por ejemplo fábricas donde la producción no se realiza durante las 24 horas, como imprentas de diarios.
 - **Tiempo de almacenamiento:** El tiempo de almacenamiento es aquel tiempo en el cual el sistema es presunto en condiciones operables, pero está siendo reservado para emergencias o se almacena fuera de las temporadas de uso, como por ejemplo máquinas removedores de nieve, donde el uso depende de la época del año.

DOWN-TIME: Down-time es el tiempo total durante el cual el sistema no está en condiciones aceptables de operación. Corresponde al **tiempo no disponible**.

Down-time o tiempo no disponible puede dividirse en dos categorías:

- **Tiempo activo de reparación:** Es la porción del Down-time durante el cual uno o más técnicos están trabajando en el sistema para efectuar una reparación o chequeo. Este tiempo incluye tiempos de preparación, tiempos de localización de la falla, y finalmente tiempo de reparación y prueba del sistema.
- **Tiempo de espera:** Corresponde a aquel tiempo en el cual el elemento está siendo reparado directamente. Este tiempo considera la espera que se genera por actividades administrativas o trámites logísticos.
 - **Tiempo logístico:** Es la porción del tiempo no disponible durante el cual es requerido la espera de los elementos necesarios para reparación, pero que por condiciones logísticas no se encuentran en condiciones de realizar la reparación del elemento. Un ejemplo de este tiempo se produce cuando los repuestos necesarios para la reparación están en tránsito al lugar donde son requeridos, o el equipo de mantención debe ser trasladado al elemento averiado.
 - **Tiempo administrativo:** Es la porción de down-time no incluida en el tiempo activo de reparación y tiempo logístico. El tiempo administrativo es determinado por decisiones administrativas en el proceso de reparación como registros y políticas de personal. Se consideran como actividades que generan esperas de tipo administrativo la obtención de permiso de trabajo, análisis de riesgos, chequeo de procedimientos de mantención, etc.

Tiempo activo de reparación y tiempo de operación son ambos determinados principalmente por las características inherentes del elemento, por ende son primordialmente responsabilidad del fabricante. La búsqueda de mejoras para estos tiempos³ requiere acciones que ayuden a reducir la frecuencia de falla o mejorar la facilidad de las reparaciones o ambas. El tiempo de operación y tiempo activo de la reparación son asociados, respectivamente, con el concepto de confiabilidad y reparabilidad, los cuales se relacionan con el concepto de disponibilidad intrínseca.

Las empresas usuarias de elementos industriales pueden hacer poco para reducir el tiempo activo de reparación y aumentar el tiempo de operación, inherentes de los elementos que utilizan en sus procesos productivos. Las empresas pueden influenciar en estos elementos en una limitada extensión; como la verificación de que los niveles de carga operacional estén dentro de los niveles de las especificaciones de diseño del elemento, que la bodega de repuestos para las mantenciones este abastecida con las herramientas y elementos apropiados y se cuente con personal capacitado.

3.2. Conceptos de la Confiabilidad

[ref. 8]

La confiabilidad considera conceptos que permiten determinar aspectos importantes para la operación, mantención y administración de los equipos. Estos se describen a continuación:

Estados de los elementos: Para los elementos existen cinco posibles estados en los que ellos pueden quedar, una vez reparados después de una falla:

1. Tan bueno como nuevo.
2. Tan malo como antes de fallar.
3. Mejor que antes de fallar pero peor que cuando estaba nuevo.
4. Mejor que nuevo.
5. Peor que antes de fallar.

Los modelos probabilísticos tradicionalmente usados en análisis de Confiabilidad, se basan en los estados 1 y 2, también llamados estados límites, sin tomar en cuenta los estados 3, 4 y 5 a pesar de que el estado 3 es más realista en la práctica.

³ Mejoras se consideran como un aumento en el caso del tiempo de operación y una disminución en el tiempo de reparación.

Histograma de fallas: El histograma de fallas es una representación visual del número de ocurrencias de una falla a través de divisiones discreteas consecutivas (intervalos) del periodo de estudio.

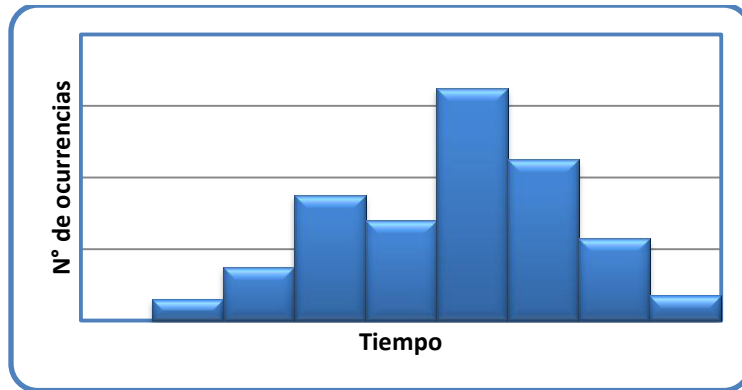


Figura 14: Ejemplo de histograma de fallas

Como se muestra en la figura 14 cada columna representa el número de ocurrencias de una falla en un intervalo de tiempo predeterminado. La suma de las frecuencias debe ser igual al total de fallas registradas en el periodo de estudio. La frecuencia en cada intervalo de tiempo dividido por el total de fallas en el periodo de estudio corresponde a la probabilidad de falla en ese intervalo.

Función de densidad de probabilidad (pdf): Es una función, usualmente denominada $f(t)$, que describe la densidad de la probabilidad de falla en cada punto del tiempo. De tal manera que la probabilidad de falla en un intervalo $a < t < b$ corresponde a:

$$P(a \leq t \leq b) = \int_a^b f(t) \partial t \quad (01)$$

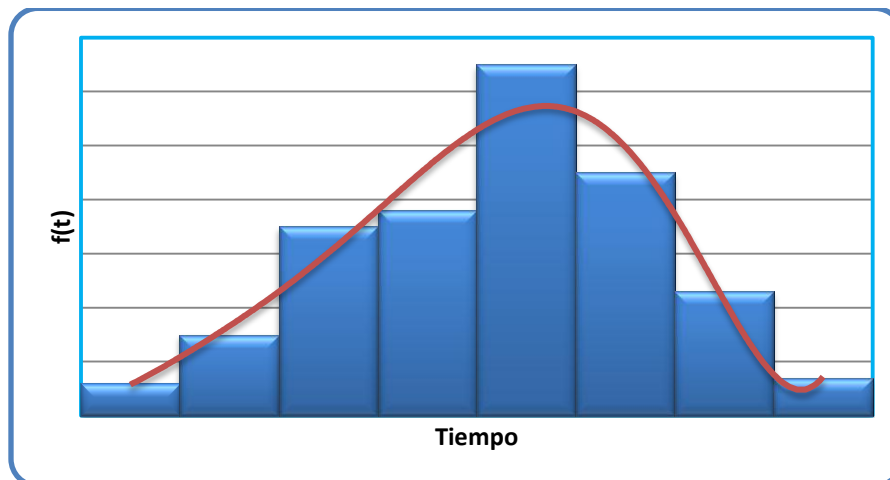


Figura 15: Ejemplo de función de densidad de probabilidad de falla.

La Función de Densidad de Probabilidades se entiende como una aproximación del histograma de fallas a través de un modelo probabilístico.

Función de distribución acumulativa: La probabilidad acumulada de fallas se puede definir como la probabilidad de que el equipo falle o salga de especificaciones de operación después de un periodo de tiempo dado.

$$F(x) = P(x \leq a) = \int_{0, -\infty}^a f(x) \partial x \quad (02)$$

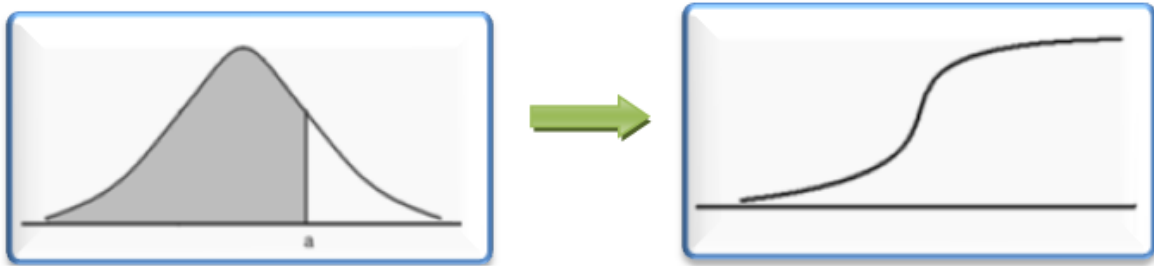


Figura 16: Representación de la función acumulada de probabilidad.

Desconfiabilidad: Se define la Desconfiabilidad $Q(t)$ de tal forma que represente la probabilidad de observar la falla hasta el tiempo t :

$$F(x) = Q(t) = \int_0^t f(s) \partial s \quad (03)$$

Confiabilidad: La confiabilidad es obtenida a través del complemento a la probabilidad de falla. Es por esto que la función de confiabilidad se representa como un 100% de probabilidad menos la probabilidad de falla o Desconfiabilidad:

$$R(t) = 1 - Q(t) \quad (04)$$

Cabe destacar que la confiabilidad no puede ser especificada sin el tiempo, es decir que no se puede decir que un ítem tiene una confiabilidad de 90% sin que digamos en que rango de tiempo, como por ejemplo una semana.

Tasa de falla: Corresponde al número de fallas ocurridas por unidad de tiempo. Esta se puede definir en función de la *pdf* y la confiabilidad:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (05)$$

Tiempo medio entre fallas (TMEF): Corresponde al tiempo previsto transcurrido entre fallas de un elemento durante el funcionamiento. Puede ser calculado como el promedio de los tiempos entre las fallas del elemento.

Tiempo medio para reparar (TMPR): Es la estimación del tiempo de reparación promedio que permite al elemento pasar del estado de avería a estar disponible para la operación.

Disponibilidad (A): La disponibilidad de un sistema o equipo es la probabilidad de que esté operando satisfactoriamente en cualquier punto en el tiempo cuando se usa bajo condiciones determinadas, donde el tiempo total considerado incluye tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo administrativo y tiempo logístico.

$$A = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo disponible} + \text{Tiempo no disponible}} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (06)$$

Disponibilidad operacional: La disponibilidad operacional de un sistema o equipo es la probabilidad de que en un punto dado del tiempo está operando satisfactoriamente o está dispuesto para ser puesto en operación dada la demanda cuando se usa en condiciones determinadas, incluyendo declaración de tiempo admisible de aviso. Así el tiempo total de calendario es la base para la computación de la disposición operacional.

$$A_O = \frac{\text{Tiempo utilización}}{\text{Tiempo utilización} + \text{Tiempo no disponible}} \quad (07)$$

Disponibilidad intrínseca: La disponibilidad intrínseca de un sistema o equipo es la probabilidad de que esté operando satisfactoriamente en un punto dado en el tiempo cuando se usa bajo condiciones determinadas, donde el tiempo considerado sea el tiempo de operación y el tiempo activo de reparación.

$$A_I = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo de operación} + \text{Tiempo activo de reparación}} \quad (08)$$

Así la disponibilidad intrínseca excluye de consideración todo el tiempo libre, tiempo de almacenamiento, tiempo administrativo, y tiempo logístico. Esta disponibilidad se refiere primordialmente a las capacidades incluidas en el sistema o equipo para operar satisfactoriamente bajo condiciones determinadas y es responsabilidad del fabricante.

Reparabilidad: Se define como la probabilidad de que un sistema fallado sea repuesto a condiciones operable en un tiempo activo de reparación determinado.

Mantenibilidad: Se define como la probabilidad de que un sistema fallado sea repuesto a condiciones operable en un down-time determinado.

3.3. Modelos Probabilísticos

[ref. 8]

Los modelos probabilísticos para representar la probabilidad de ocurrencias de las fallas aleatorias en este informe se basan en el análisis de datos de vida. En la práctica se trabajan con dos modelos: Weibull y exponencial.

3.3.1. Weibull

Se conocen diferentes y variados modelos estadísticos para determinar la probabilidad de ocurrencia de las fallas aleatorias tales como: Weibull, Exponencial, Normal, Log-Normal, Gamma, Logística, etc. Pero es la distribución de Weibull la más usada en la práctica debido a su versatilidad. Esta versatilidad se refiere a que este modelo es capaz de aproximarse a las otras

distribuciones. Esto es una ventaja porque sin importar la distribución de los datos se aplica la metodología para determinar la distribución Weibull de los datos. La ventaja se logra gracias a que la tasa de falla de esta distribución puede ser creciente, decreciente o constante, permitiéndole asemejarse a otros modelos y representar la probabilidad de ocurrencia de fallas en las diferentes etapas de vida del elemento.

La distribución Weibull utilizada en este informe se define a través de dos parámetros los que se definen a continuación:

Alfa (α): Corresponde al parámetro de escala, según sea su valor la curva se comprime o expande en el tiempo. Además se cumple siempre $\alpha > 0$.

Beta (β): Es el parámetro de forma. También se cumple $\beta > 0$. Dependiendo del valor de este parámetro se puede aproximar a otras distribuciones, como por ejemplo:

- Exponencial si $\beta \approx 1$;
- Log-normal si $\beta \approx 1.3$ y;
- Normal si $\beta \approx 3.5$

La distribución Weibull se modela según la siguiente función:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (09)$$

En las figuras 17 y 18, se muestran gráficamente demostrando como cambia la confiabilidad al variar un parámetro y mantener el otro constante. Primero, en la figura 17, se muestra el gráfico donde se mantiene el parámetro de escala alfa fijado en dos (2) y se grafica la curva de confiabilidad para distintos valores del parámetro de forma beta (β).

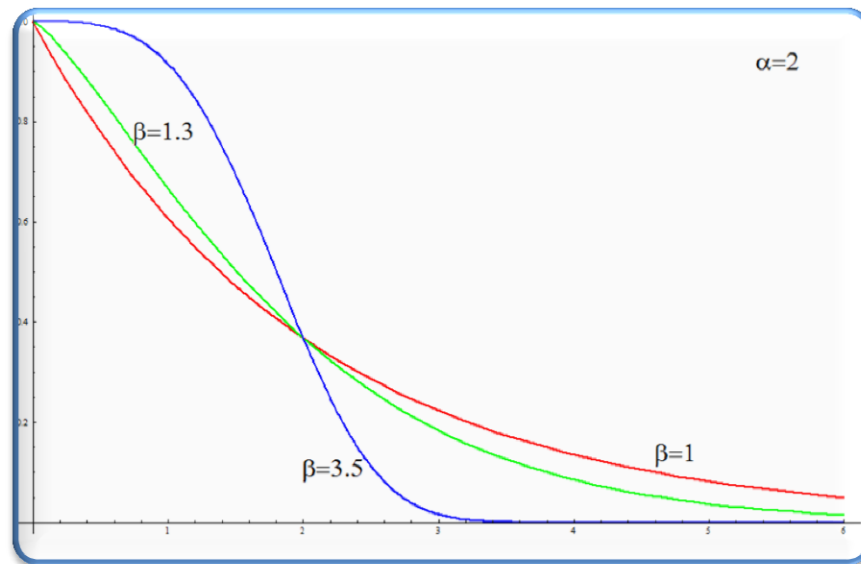


Figura 17: Variación de la distribución Weibull al variar el parámetro de forma (Beta).

Luego, en la figura 18, se procede de la misma manera pero esta vez se fija el parámetro de forma beta en 3.5 y se grafica la curva de confiabilidad para distintos valores del parámetro de escala α . Se puede observar que mientras mayor es el valor del parámetro alfa más confiable es el elemento en cualquier momento.

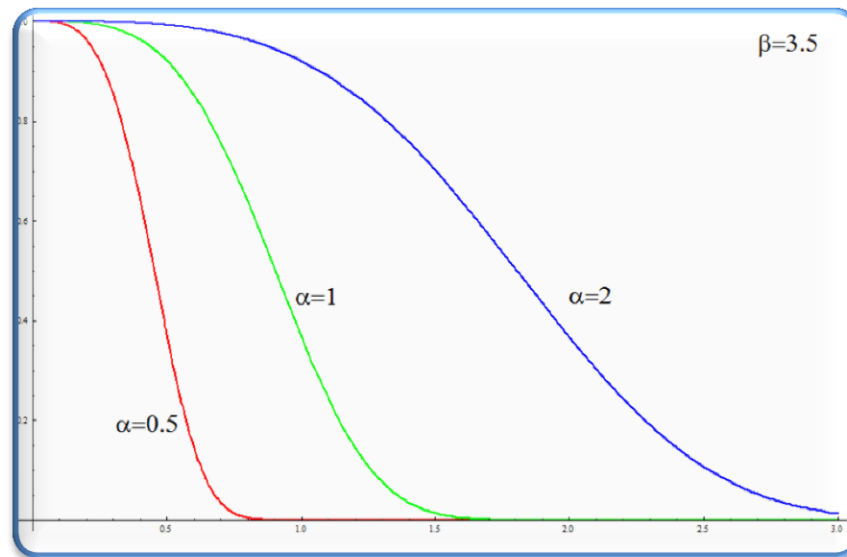


Figura 18: Variación de la distribución Weibull al variar el parámetro de escala (Alfa).

El análisis del parámetro beta de la distribución Weibull permite determinar la etapa de vida de un elemento. Se reconocen tres etapas básicas en la vida de un equipo industrial: rodaje, vida útil y desgaste. Cada una de estas etapas se caracteriza por poseer diferentes tasas de fallas debido al tiempo de vida. Así, en la etapa de rodaje la tasa de falla es decreciente ya que se presentan diferentes tipos de problemas referentes a la puesta en marcha como problemas de diseño, de montaje, de capacitación de operación, etc. A medida que estos problemas se van solucionando la tasa de falla disminuye. En la etapa de vida útil se presenta una tasa de falla constante inherente al equipo. A medida que se acerca al fin de la vida útil del equipo se produce un desgaste cada vez mayor por lo que la tasa de falla es creciente en esta etapa denominada desgaste. La curva que representa la tasa de falla en el tiempo es conocida como curva de la bañera por la forma que se crea.

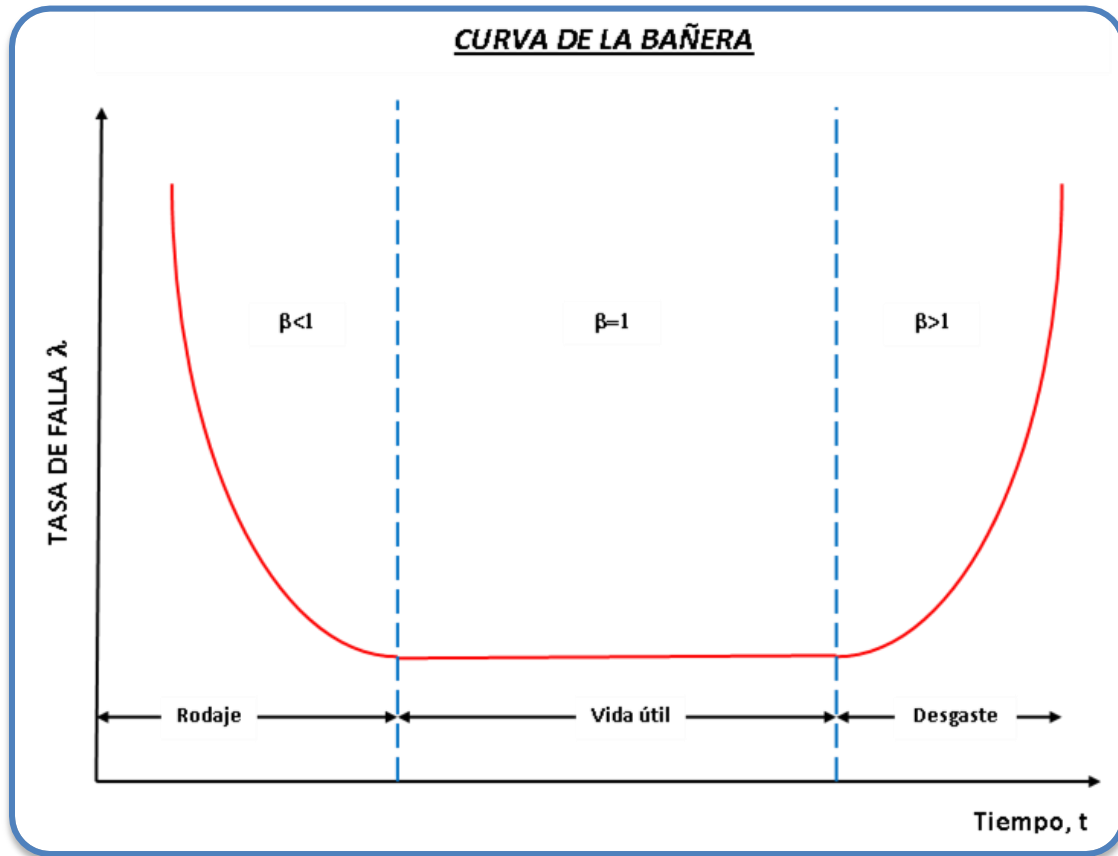


Figura 19: Tasa de falla en el tiempo. Curva de la bañera.

Además como se ve en la figura 19 es posible determinar la etapa de la vida de un elemento al determinar el valor del parámetro beta de la distribución Weibull.

3.3.2. Exponencial

El otro modelo estadístico de interés es la distribución exponencial. Esta es una distribución que se caracteriza por representar elementos que experimentan una tasa de falla constante, correspondiente a la tasa de falla presente en un elemento que se encuentra en su vida útil de operación. Esta distribución equivale a un caso especial de la distribución Weibull cuando el parámetro beta es igual a uno. La función que describe al modelo es la siguiente:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (10)$$

En este caso el factor Lambda λ representa la tasa de falla del elemento, por lo que se debe cumplir $\lambda > 0$. Sería el equivalente al inverso del factor alfa. A continuación, en la figura 21, se muestra un gráfico con diferentes valores para el factor lambda.

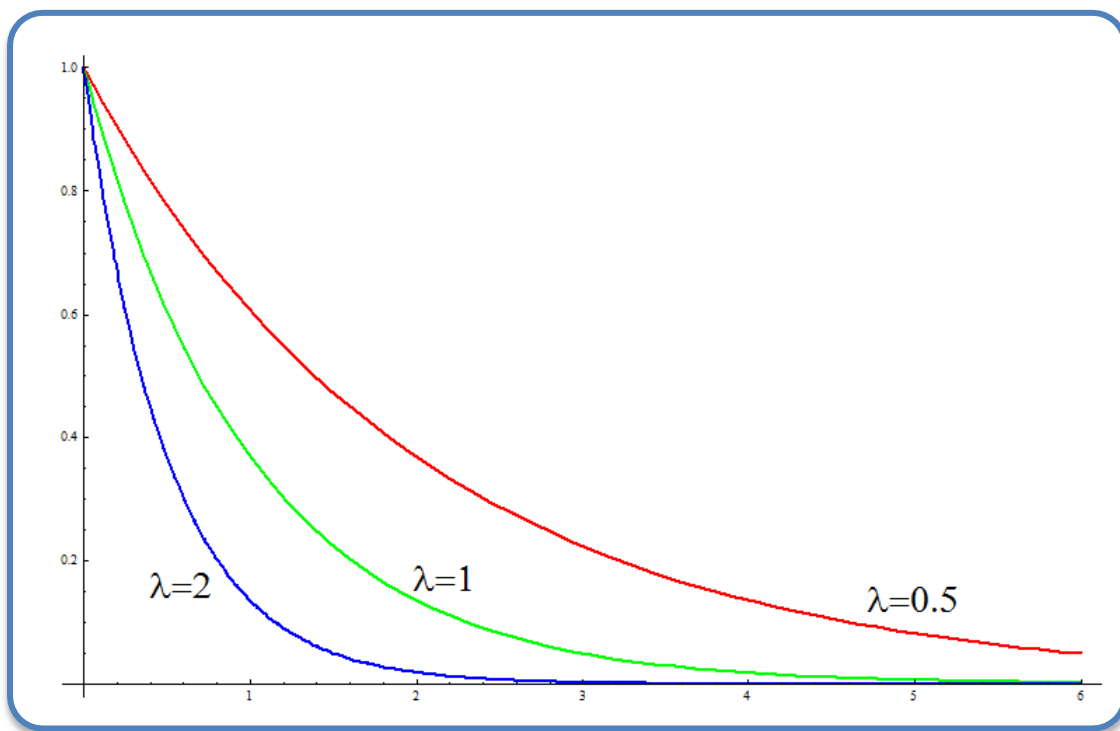


Figura 20: Variación de la distribución Exponencial al variar la tasa de falla (Lambda).

Se puede apreciar que mientras mayor sea la tasa de falla, más rápido decaerá la confiabilidad del elemento.

3.4. Representación de la Configuración de Sistemas

[ref. 9, 10]

Diagramas de bloque de confiabilidad (RBD) y análisis de árbol de fallas están relacionados con las metodologías para el modelado y análisis de la confiabilidad de sistemas. Al realizar el análisis del sistema utilizando un enfoque de RBD, se trabaja representando el funcionamiento o proceso para lograr el resultado esperado, mientras que con un árbol de fallas, se trabaja representando las combinaciones de falla del proceso o en el funcionamiento de un sistema. En otras palabras, RBD analiza las combinaciones de logro del resultado esperado mientras que los árboles de falla analizan las combinaciones de fracaso.

La metodología de *diagramas de bloques de confiabilidad (RBD)*, mediante la cual cada elemento es representado por un bloque, el que forma parte del sistema bajo diversas configuraciones lógico funcionales, que buscan representar la seguridad de funcionamiento de un proceso industrial. Existen diferentes configuraciones lógicas funcionales, las que se describen a continuación.

Configuración en serie: Este tipo de configuración, mostrada en la figura 21, implica que la falla de cualquier elemento⁴ provoca una detención total del sistema al que pertenecen.

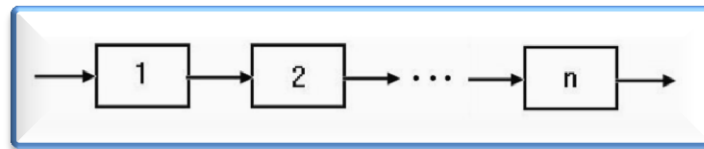


Figura 21: Representación gráfica en RBD de elementos en serie.

La confiabilidad de un sistema con elementos en serie es menor que la del elemento con menor confiabilidad. Esto se debe porque, para que el sistema mantenga su funcionamiento cada elemento debe estar funcionando. Esto corresponde a la confiabilidad del primer elemento y a la confiabilidad del segundo elemento... y a la confiabilidad del “n” elemento; por lo que la confiabilidad del sistema expresada en función de la confiabilidad de sus componentes se expresa así:

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \dots \cdot R_n \quad (11)$$

⁴ De aquí en adelante se hablara de elemento para referirse a un elemento, componente, subsistema o equipo.

En la figura 22 se muestra el impacto en la disponibilidad del sistema al presentarse alguna combinación de falla entre tres elementos de un sistema en serie.

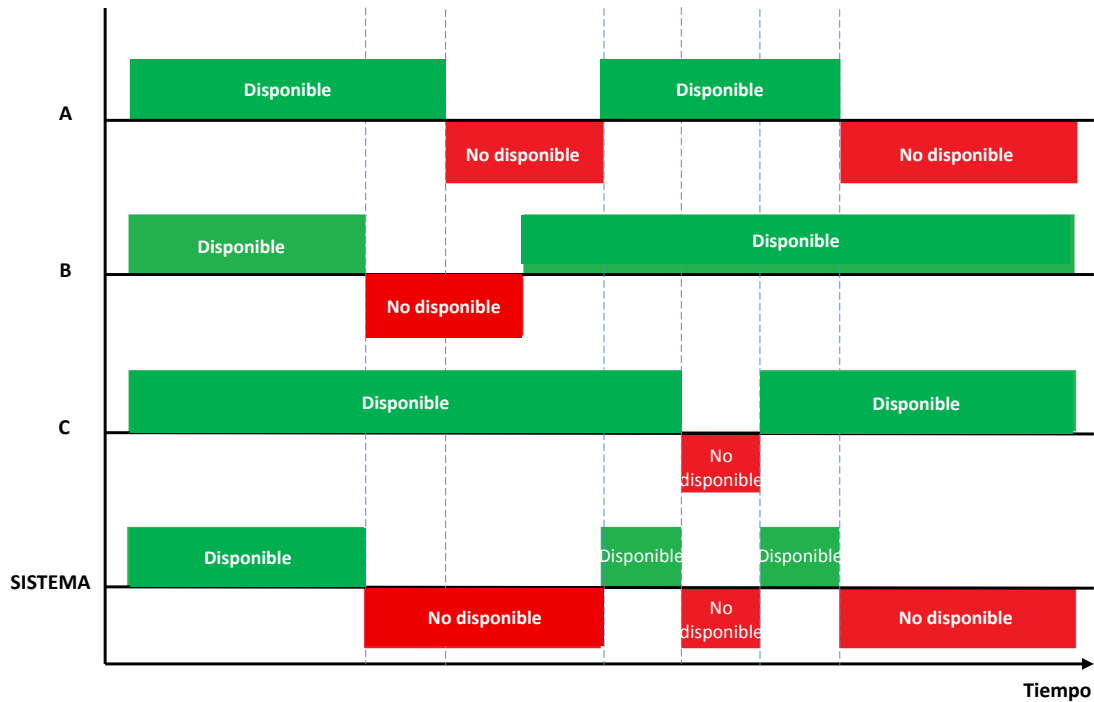


Figura 22: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en serie.
http://www.rmes.cl/img_dlf/config_serie.png

Configuración en paralelo: La configuración en paralelo, como se muestra en la figura 23, relaciona a dos o más elementos siendo cada uno de ellos capaz de soportar la carga total de la etapa del proceso. Esta característica de configuración de los elementos permite que la falla del sistema se presente solo cuando todos sus componentes fallan.

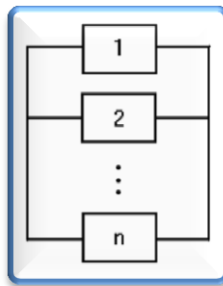


Figura 23: Representación gráfica en RBD de elementos en paralelo.

La confiabilidad de un sistema con elementos en paralelo es mayor que la del elemento con mayor confiabilidad. Esto se debe porque, para que el sistema mantenga el funcionamiento cualquiera de sus elementos debe estar funcionando. Esto corresponde a la confiabilidad de cualquiera de los “n” elementos; por lo que la confiabilidad del sistema expresada en función de la confiabilidad de sus componentes se expresa con la siguiente formula:

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (12)$$

En la figura 24 se muestra el impacto en la disponibilidad del sistema al presentarse alguna combinación de falla entre tres elementos de un sistema en paralelo.

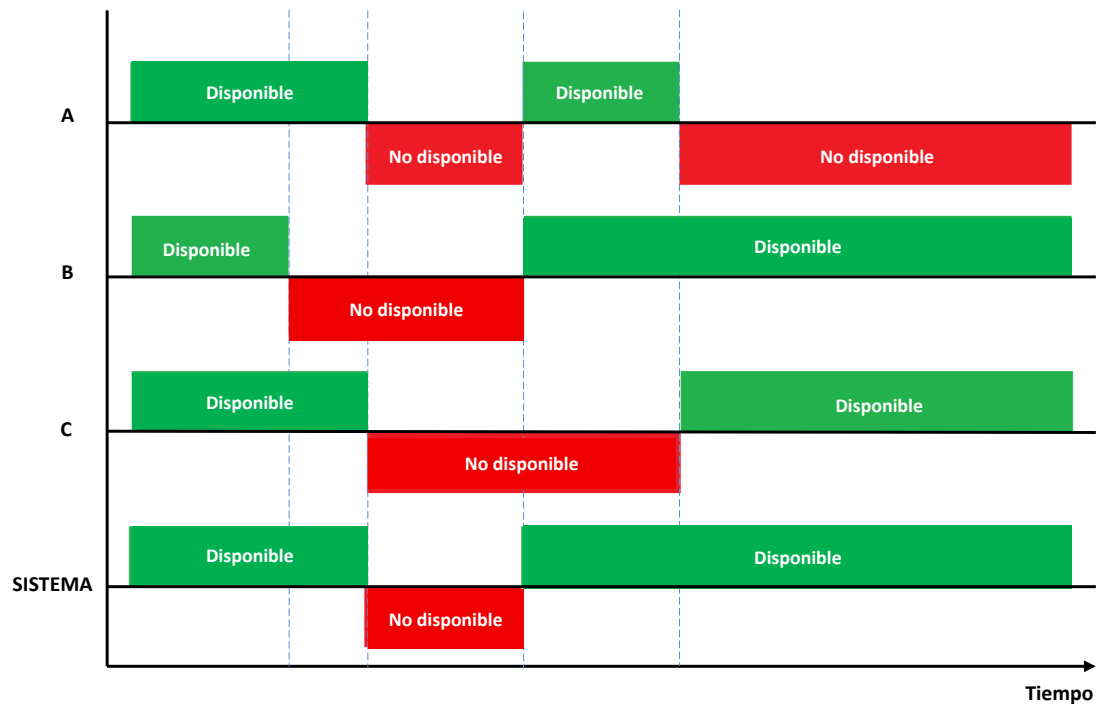


Figura 24: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en paralelo.
http://www.rmes.cl/img_dlf/config_paralelo.png

Configuración redundancia parcial: La configuración en redundancia parcial, como se muestra en la figura 25, es un caso especial de configuración en paralelo, donde se necesitan k de los “n” elementos en paralelo funcionando para que el sistema se mantenga en funcionamiento.

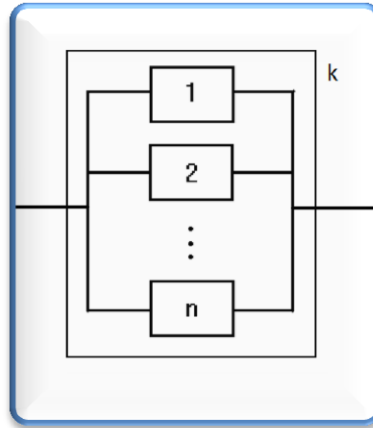


Figura 25: Representación gráfica en RBD de elementos en redundancia parcial.

La configuración de redundancia parcial posee una confiabilidad expresada en función de la confiabilidad de sus “n” elementos donde, se necesitan k elementos para el funcionamiento del sistema:

$$R_s = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} \cdot (R_i)^i \cdot (1 - R_i)^{n-i} \quad (13)$$

En la figura 26 se muestra el impacto en la disponibilidad del sistema al presentarse alguna combinación de falla entre tres elementos de un sistema en redundancia parcial que requiere de al menos dos elementos funcionando para evitar la falla del sistema.

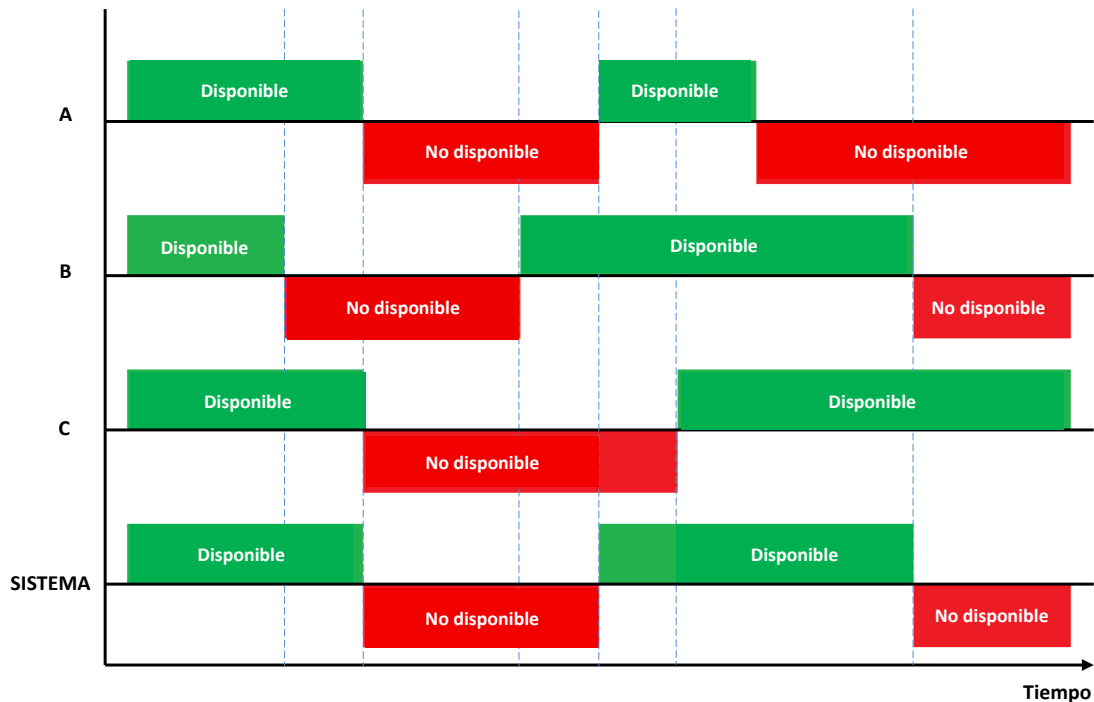


Figura 26: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en redundancia parcial.
http://www.rmcs.cl/img_dlf/config_redundancia.png

Configuración en Fraccionamiento: La configuración, que se muestra en la figura 27, contempla dos o más elementos que se reparten la capacidad de carga total de trabajo, según una ponderación generalmente asociada a capacidad productiva de cada elemento. La falla de algún elemento supone una pérdida proporcional a la carga que soportaba el elemento en cuestión.

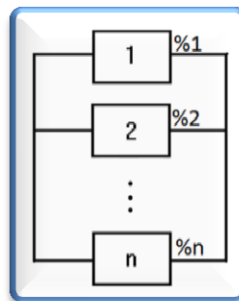


Figura 27: Representación gráfica en RBD de elementos en fraccionamiento.

La fórmula de confiabilidad de un sistema en fraccionamiento expresada en función de la confiabilidad de sus componentes y la capacidad de carga que poseen.

$$R_s = 1 - (\sum_{i=1}^n (1 - R_i) \cdot I_i) \quad (14)$$

En la figura 28 se muestra el impacto en la disponibilidad del sistema al presentarse alguna combinación de falla entre tres elementos de un sistema en fraccionamiento. Se muestra en la disponibilidad del sistema y la carga que es soportada por los elementos, la altura de la disponibilidad hace referencia a la capacidad disponible.

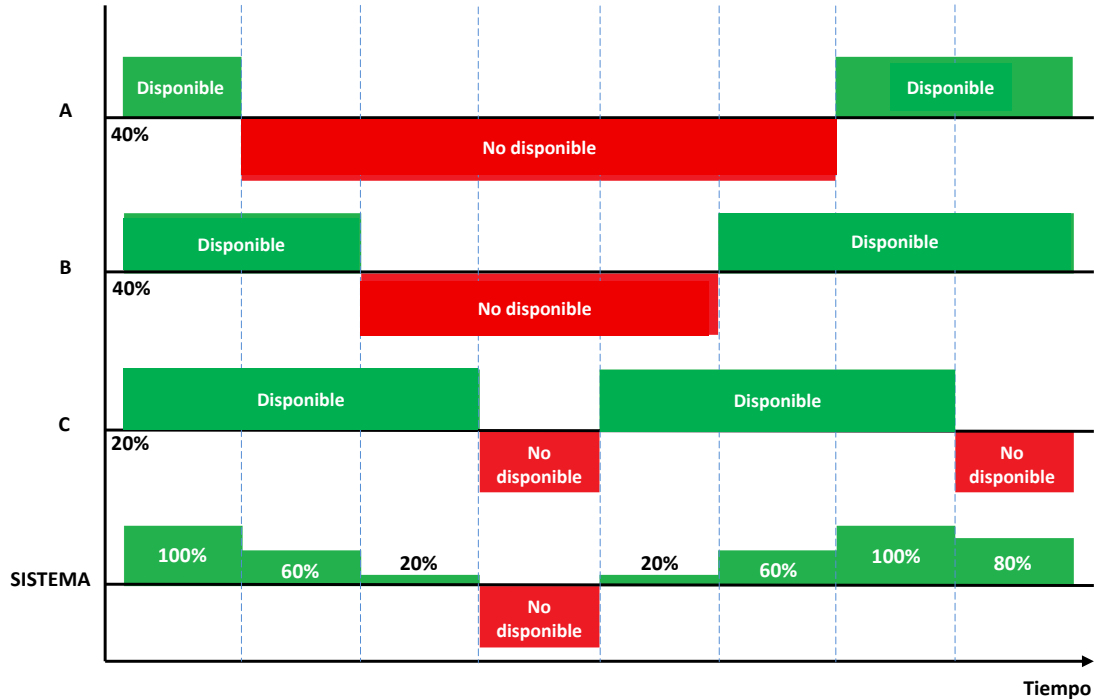


Figura 28: Disponibilidad operacional de sistema con tres elementos en fraccionamiento.
http://www.rmes.cl/img_dlf/config_fraccionamiento.png

Configuración Stand By: La configuración en Stand By, como se muestra en la figura 29, se compone de dos elementos, uno primario y otro secundario. El equipo primario opera hasta su falla y tras este evento lo reemplaza el equipo secundario, capaz de soportar en un 100% la capacidad del primario. La falla del sistema se verifica cuando ambos equipos se encuentran en estado de falla de manera simultánea.

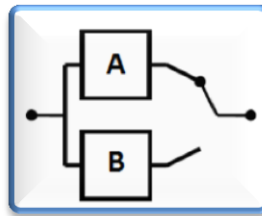


Figura 29: Representación gráfica en RBD de elementos en Stand by.

La confiabilidad expresada en función de la confiabilidad de los componentes queda como sigue:

$$R_s(t) = R_a(t) + \int_0^t f_a(\tau) \cdot R_b(t - \tau) d\tau \quad (15)$$

En la figura 30 se muestra el impacto en la disponibilidad del sistema al presentarse alguna combinación de falla entre los elementos de un sistema en Stand by. En la disponibilidad del sistema se indica cual elemento está siendo usado.

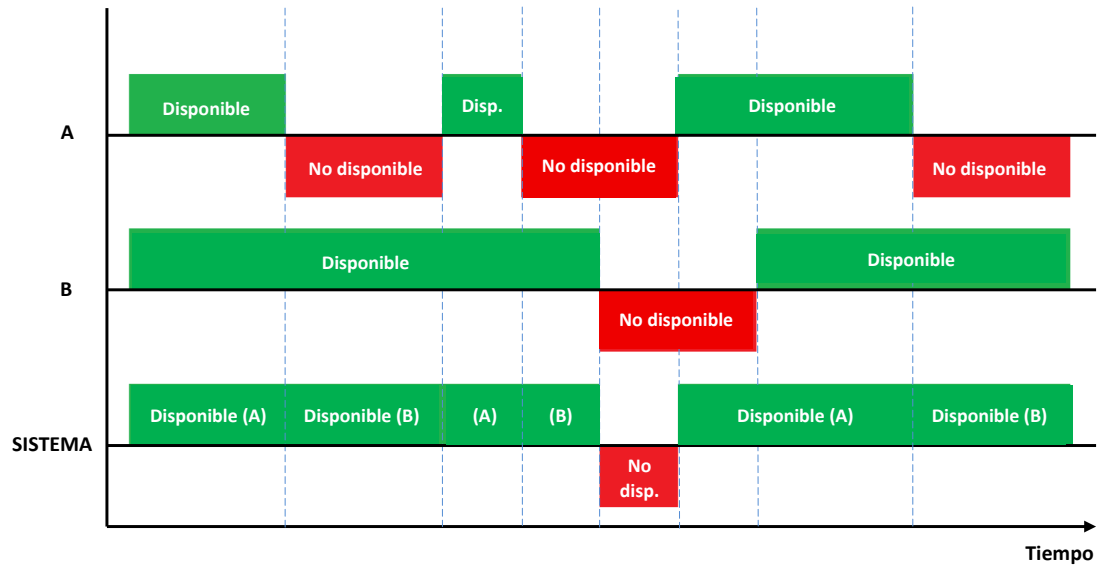


Figura 30: Disponibilidad operacional de sistema con dos elementos en Stand by.

http://www.rmes.cl/img_dlf/config_sb.png

4. MODELACIÓN DE CONFIABILIDAD PUENTES GRÚAS REFINERÍA ELECTROLÍTICA

La modelación de confiabilidad consta de tres etapas principales. La primera es la determinación de la configuración lógico funcional de los puentes grúas. La segunda etapa es la validación de la base de datos utilizada para el estudio. Por ultimo la tercera etapa es la determinación de los modelos de confiabilidad que mejor representa a los equipos.

4.1. Diagrama Lógico Funcional

Para construir el diagrama lógico funcional de los puentes grúas se define el número de componentes y subsistemas; y su funcionamiento. A partir de esto se debe determinar la relación lógica funcional de los elementos según la metodología *Bloques de Confiabilidad*.

Las mantenciones preventivas y correctivas efectuadas en Codelco Ventanas se registran en el sistema SAP⁵. Cada registro especifica el elemento del equipo intervenido en la mantención según los componentes definidos para los puentes grúas en el sistema SAP. Esto implica que en el sistema se encuentran definidos los componentes de cada equipo presente en la planta, incluyendo los puentes grúas, para generar los registros. Como los registros de las mantenciones (fallas) se llevan para los elementos definidos en el sistema, se escogen estas mismas definiciones para comprender los elementos de los puentes grúas.

Los puentes grúas de Codelco Ventanas se componen de tres grandes subsistemas:

SISTEMA CARRO: El *Sistema Carro* permite el movimiento del *Sistema de Levante* con o sin carga sobre el puente de la grúa. Este sistema se compone de los siguientes elementos:

- **Cabina del Operador:** En este componente se encuentra el asiento del operador y los controles de la grúa. Esta es una cabina tipo tropical debido a las condiciones de trabajo (alta temperatura).
- **Circuito de Control y Fuerza:** El circuito de control y fuerza procesa la información proveniente de los comandos de la cabina (joystick) y controla al variador de frecuencia según la información recibida para generar el movimiento del carro.
- **Estructura del Carro:** Estructura del carro soporta a los elementos del carro y al sistema de levante. Esta es la que se desplaza sobre el puente de la grúa de forma transversal.
- **Eje Transmisión Ruedas Motrices:** Transmite el movimiento del motor-reductor a las ruedas motrices.
- **Motor Eléctrico Carro:** Motor eléctrico utilizado para generar el deslizamiento del carro sobre las vigas del puente de la grúa.
- **Reductor Carro:** Reduce las RPM generadas por el motor eléctrico con una relación fija de reducción. Este transmite la potencia del motor al eje motriz.

⁵ Los componentes de la grúa se escogen de la misma forma con la que se describen las fallas en el registro de mantención.

- **Sistema de Rodadura Carro:** Este corresponde al conjunto ruedas-freno. En las operaciones no se hace distinción de estos como elementos separados, por lo que una falla de cualquiera de estos componentes resulta en una falla del sistema de rodadura.
- **Variador de Frecuencia Carro:** Es un sistema para el control de la velocidad rotacional del motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad

SISTEMA DE LEVANTE: El Sistema de Levante se encarga de realizar las maniobras de izaje de la carga (ánodos o cátodos) y se encuentra instalado sobre el Sistema Carro. Este sistema constituido por los siguientes elementos:

- **Cables Acero de Levante:** El cable de acero es utilizado para levantar el conjunto yugo-gancho.
- **Circuito de Control y Fuerza:** El circuito de control y fuerza procesa la información de los comandos de la cabina (joystick) y controla al variador de frecuencia según la información recibida por el operador para generar las maniobras de izaje (levante-descenso de la carga).
- **Conjunto Freno Gancho Levante:** Corresponde al gancho, el cual cuenta con freno para mantener el gancho a la altura deseada por el operador.
- **Estructura Gancho Levante:** La estructura del gancho de levante se conforma por un yugo con dos ganchos auxiliares laterales y un gancho principal central. El yugo es soportado por el cable de acero y las guías telescópicas.
- **Guías Telescópicas Levante:** Brazos telescópicos uniendo al carro con el yugo. Esta guía telescópica es pivotada en ambos extremos y amortiguada en el extremo superior. Este elemento se utiliza para disminuir la oscilación de la carga al desplazarse el puente grúa. Esto es de vital importancia para disminuir los tiempos de caga o descarga de las celdas electrolíticas, ya que permite un desplazamiento a gran velocidad y disminuye las oscilaciones de la carga. La oscilación de la carga es un problema ya que los racks de cátodos o ánodos debe ser descargados y cargados con precisión.
- **Machón Acoplamiento Gancho Levante:** Este elemento se acopla con el motor y el reductor. El propósito de este elemento es facilitar las tareas de mantenimiento al permitir un fácil acceso al acoplamiento y desacoplamiento del conjunto motor-reductor.
- **Motor Eléctrico de Levante:** El Motor Eléctrico produce el movimiento del tambor de enrollamiento para generar el movimiento ascendente y descendente de la carga.
- **Motoreductor de Levante:** Este elemento reduce las RPM de salida del motor eléctrico a una relación constante de reducción.
- **Tambor Enrollamiento de Levante:** Elemento para enrollar el cable de acero y generar el movimiento vertical de la carga.
- **Variador de Frecuencia de Levante:** Es un sistema para el control de la velocidad rotacional del motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de

alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

SISTEMA PUENTE: El Sistema Puente permite el movimiento longitudinal de los sistemas carro y levante sobre las vías, permitiendo el traslado de la carga. Este es el subsistema más grande (en tamaño) del equipo y es el que soporta la carga total (Carga, Sistema Carro, Sistema Levante, componentes Sistema Puente). Este sistema se compone de:

- **Circuito Control y Fuerza:** El circuito de control y fuerza procesa la información de los comandos de la cabina (joystick) y controla al variador de frecuencia según la información recibida por el operador para generar el movimiento del carro.
- **Estructura:** La estructura del puente soporta a los demás elementos del puente grúa. Soporta el total de la carga y a todos los subsistemas y componentes. Este elemento se desplaza sobre las vías para transportar la carga.
- **Motor Eléctrico Oriente:** Motor eléctrico encargado de generar el movimiento rotatorio de las ruedas del sector oriente del puente.
- **Motor Eléctrico Poniente:** Motor eléctrico encargado de generar el movimiento rotatorio de las ruedas del sector poniente del puente.
- **Pantógrafos Puente Grúa:** Los pantógrafos son la conexión a la fuente de poder de la grúa. Son una especie de enchufes grandes con varios sistemas de protección.
- **Reductor Oriente:** Reductor conectado al motor oriente de la grúa con relación única que transmite la rotación del motor a las ruedas del sector oriente.
- **Reductor Poniente:** Reductor conectado al motor oriente de la grúa con relación única que transmite la rotación del motor a las ruedas del sector poniente.
- **Sistema de Rodadura:** Corresponde a las ruedas de la grúa que se desplazan sobre las vías principales.
- **Variador de Frecuencia:** Es un sistema para el control de la velocidad rotacional del motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

Cada uno de los componentes descritos dentro de cada subsistema es un elemento con una función única, sin redundancia. Esto implica que la falla de cualquiera de estos elementos provoca una falla del subsistema correspondiente, lo que origina una incapacidad del sistema (puente grúa) de cumplir con las funciones definidas para su uso. Esta condición se traduce en una configuración lógica de serie entre los tres subsistemas del equipo. A sí mismo, todos los elementos dentro de cualquiera de los subsistemas se encuentran en serie. Esta es una condición desfavorable para el equipo ya que la falla de cualquiera de sus componentes resulta en una incapacidad de cumplir con sus funciones.

A pesar de que los puentes grúas sean equipos altamente vulnerables a la falla de sus componentes estos no presentan un inconveniente mayor en la producción de cátodos de cobre de alta pureza. El contar con un gran número de puentes grúas suprime cualquier inconveniente

que se pueda presentar por la falla de un equipo, ya que al fallar éste, es simplemente empujado por otro puente grúa hasta el final de las vías donde no estorba en el proceso y se asigna un nuevo puente para terminar la extracción o colocación de los complementos cátodo-ánodo. Este tipo de solución elimina la falta de redundancia de los elementos componentes, al aumentar la redundancia de equipos (puentes grúas).

Como cada componente de los subsistemas debe estar en condiciones de operar cuando es requerido, no se precisa un orden en particular, porque no es un proceso ordenado. Esto quiere decir que no importa el orden en que se posicionan los elementos para la configuración lógica funcional. Debido a que cada componente realiza una función específica y deben estar todos funcionando para asegurar el correcto funcionamiento del puente grúa, se plantea la configuración para los subsistemas de los puentes grúas de refinería electrolítica de Codelco Ventanas.

En la figura 32 se muestra la configuración en serie para el Sistema Carro.

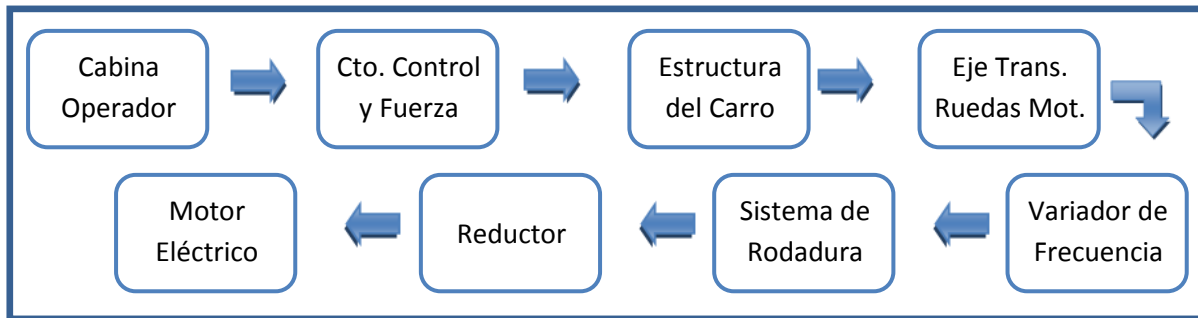


Figura 31: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Carro.

En la figura 33 se muestra la configuración en serie para el Sistema Levante.

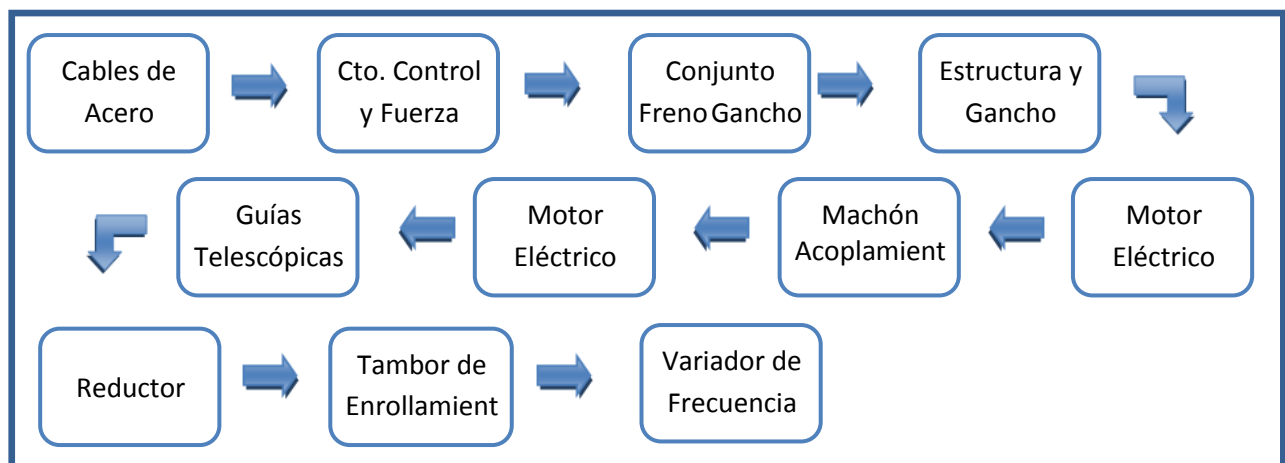


Figura 32: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Levante.

En la figura 34 se muestra la configuración en serie para el Sistema Puente.

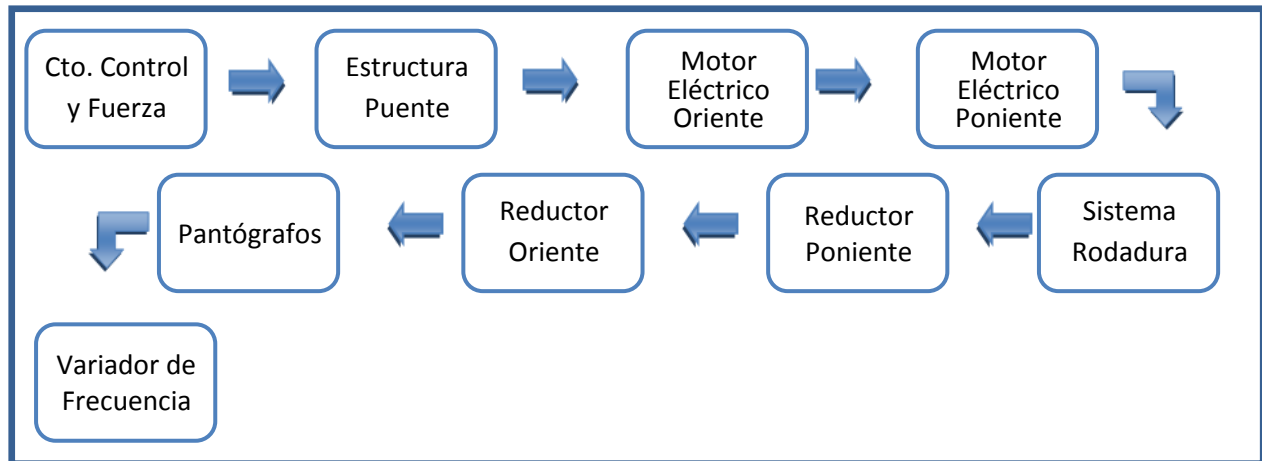


Figura 33: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Sistema Puente.

A continuación, en la figura 35, se muestra la configuración lógica funcional de diagramas de confiabilidad para el puente grúa según sus subsistemas.

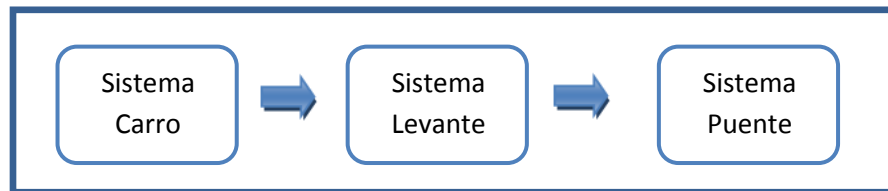


Figura 34: Diagrama Bloques de Confiabilidad en serie para Puente Grúa.

Con el diagrama lógico funcional determinado completamente se procede a la validación de la base de datos a partir de los registros de las mantenencias realizadas en los Puentes Grúa.

4.2. Construcción y Análisis de la Base de Datos

Un análisis de confiabilidad es un estudio probabilístico de los datos de vida para determinar parámetros relevantes a la mantención y operación de los equipos. Los datos suelen presentarse en cuatro formas diferentes dependiendo de las políticas de mantención e inspección⁶. Los parámetros de confiabilidad son dependientes del tiempo y permiten la construcción y/o evaluación de planes de mantenimientos entre otros usos.

Los datos de vida deben ser presentados acorde a los tiempos descritos en la sección “Marco Teórico: divisiones del tiempo”. Estos pueden ser obtenidos a partir de la información registrada en el sistema SAP como mantenencias realizadas a los equipos, ya sean mantenencias correctivas no planificadas, mantenencias correctivas planificadas o mantenencias preventivas planificadas, que se denominan “intervenciones”.

⁶ Ver ANEXO 1 para tipos de datos.

La base de datos necesaria para realizar este estudio de confiabilidad debe presentar ciertas características. Los datos deben ser completos, sin dejar lugar a dudas, y deben ser representativos de la realidad (datos no viciados).

Los datos necesarios de las intervenciones son obtenidos del sistema **SAP** y corresponden al periodo de **Enero del 2008 a Agosto del 2009**, de los cuales se debe obtener la siguiente información: Ocurrencia (Fecha y hora de inicio del evento); Duración de la intervención; Tipo de intervención (Planificada o No planificada); Equipo intervenido (componente bien especificado) y Costo.

Cabe destacar que las intervenciones predictivas deben eliminarse de la base de datos, ya que en teoría, son realizadas con el equipo en funcionamiento por lo que no representan detención o indisponibilidad del equipo. En los casos en que las intervenciones predictivas provocan una detención del equipo para ser mantenido, se realiza como mantención correctiva planificada.

Las características necesarias son verificadas en los datos obtenidos del sistema. A continuación se describen los problemas encontrados con respecto al tiempo y componentes; y las soluciones aplicadas para lograr una base de datos que permita el análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Los problemas encontrados se pueden categorizar de la siguiente manera:

- Mantenciones sin duración.
- Registros incompletos: sin fecha ni hora de término o sin fecha ni hora de inicio y término.
- Registros que no representan detenciones del equipo.
- Mala especificación del componente intervenido.
- Registros sobrepuestos.

Estos problemas se describen a continuación y se explican las soluciones aplicadas para la obtención de la base de datos final.

4.2.1. Problemas en los datos

Los problemas aquí descritos dificultan el análisis de confiabilidad que se pretende realizar con esta base de datos. Es por esto que la revisión es de vital importancia para lograr un adecuado análisis y realizar recomendaciones de recolección de datos y revisión de otras base de datos donde se puedan presentar estos mismos problemas.

Otro aspecto importante de destacar es el orden en que se revisan y corrigen los problemas. Esto porque los datos pueden presentar más de un error, en caso de que esto ocurra se puede invertir tiempo y recursos en solucionar uno de los problemas siendo que

posteriormente este dato con un problema resuelto pueda ser eliminado por presentar otro tipo de problema. El orden de revisión aquí planteado se considera óptimo dadas las soluciones que se adoptaron para la construcción de la base de datos. En caso de que las soluciones cambien a las aquí planteadas, se debe revisar el orden de búsqueda y corrección de problemas para optimizar la utilización del tiempo de revisión y recursos asociados (evitar corregir un problema y luego eliminar dato corregido por presentar otro problema).

4.2.1.1. Mantenciones sin duración

Este problema corresponde a mantenciones que se registran en la grúa, como sistema o componente, y **no se registró su duración**. Por este motivo no presentan una de las características necesarias para el análisis, por lo tanto se eliminan de la base de datos⁷ debido a la dificultad de obtener esta información después de ocurrido el evento.

Un gran número de estos casos corresponden a intervenciones denominadas *servicio taller (ST)*, las cuales no representan detenciones del equipo.

4.2.1.2. Registros incompletos

Los avisos incompletos se presentan de dos maneras: como avisos sin fecha ni hora de término o bien sin fecha ni hora de inicio y término. En el primer caso, es imposible determinar la duración del evento aun cuando se conozca su ocurrencia (fecha y hora de inicio) ya que los avisos son registrados sin su hora y fecha de término. En el segundo caso, los avisos son registrados sin su fecha y hora de inicio por lo que se desconoce su ocurrencia, además de su duración ya que tampoco se les registra la fecha y hora de término.

Estos avisos se eliminan⁷ de la base de datos ya que no cumplen con las características necesarias para el análisis de confiabilidad que se pretende en este estudio.

4.2.1.3. Registros que no representan detenciones del equipo

Estos son intervenciones registradas en el sistema SAP para dejar constancia de la realización de alguna tarea que no necesariamente representa una detención del equipo. Estos se registran con la misma hora de inicio y de término, por lo que según registro el evento no presenta duración. También se registran como eventos de poca duración, por lo general de 1 o 5 minutos, que no representan detención verdadera del equipo. En la práctica estos registros representan compras de materiales o repuestos o incluso servicios ocupados por otra área dentro de la empresa (*Servicio Taller*).

⁷ La eliminación de los datos se debe hacer verificando que éstos correspondan a un pequeño porcentaje de los datos, para poder mantener la representatividad de estos.



Estos avisos se eliminan de la base de datos ya que no son detenciones del quipo y no interfieren en la disponibilidad o confiabilidad de este.

4.2.1.4. Mala especificación del componente intervenido

Los eventos registrados en el sistema SAP deben detallar el componente específico donde estos ocurren, sin embargo en la práctica esto no se realiza en algunos de los casos. Los avisos se registran indiferentemente en el equipo general (por ejemplo mantención a grúa E-12) disminuyendo el nivel de detalle de los datos.

Existen planes de mantenimiento para los seis puentes grúa los cuales se registran como efectuados en el equipo en general debido a la gran cantidad de componentes que son intervenidos en estas mantenciones. Esto permite la determinación de los eventos con mala especificación del componente intervenido. Todas las intervenciones registradas al equipo en general que no posean un número de plan asociado implican que están mal especificados los componentes. Esto ocurre también en el caso de asignar a un subsistema y no a un componente específico.

Por otra parte también existen intervenciones registradas como “No Planificadas” en las que se especifica al equipo en general o algún subsistema como el elemento intervenido. Todos estos avisos con mala especificación del componente deben revisarse con más atención en el sistema SAP por personal calificado. Afortunadamente en algunos de estos eventos se describe brevemente las tareas realizadas en la intervención, de la cual se puede determinar el componente inmediatamente. De esta manera se logra un nivel de detalle más exacto.

En caso de determinar correctamente la ubicación técnica o establecer que en realidad corresponden al equipo en general (Plan de Mantención) habría que descartar la presencia de otros problemas en los datos. Por lo general estos datos pueden presentar también sobreposición con otros eventos.

4.2.1.5. Registros sobrepuestos

En el registro de datos que se lleva a cabo en la división Ventas de CODELCO se aprecian eventos que se sobreponen en un mismo componente, es decir que en algún momento del día hay dos o más intervenciones llevándose a cabo en un mismo equipo o componente al mismo tiempo, esto se puede dar como intersecciones de tiempo entre dos o más avisos, o avisos que se presentan con la misma hora de inicio y duración (simultáneos), como se ejemplifica en las figuras 36 y 37.



Figura 35: Eventos con intersección de tiempo.



Figura 36: Eventos con la misma hora de inicio y duración (Simultáneos).

Este es un problema que se origina al momento en que se realizan mantenciones por distintos grupos de trabajo, tales como mecánicos, electricista y lubricadores. Por lo general representan planes de mantención asignados al equipo en general. También puede ocurrir cuando se requiere más de un equipo, de especialidades distintas, para realizar una mantención correctiva en un mismo componente.

Como solución a este tipo de problema se propone fusionar los eventos sobrepuestos en un unico evento. Como se aprecia en las figuras 36 y 37 los avisos sobrepuestos se fusionan en un solo evento que abarca la duración total de la detención de la grúa. Este nuevo evento fusionado debe considerar los costos de los avisos que se sobreponían. Un aspecto importante es que no se pueden fusionar avisos que correspondan a mantenciones de diferente tipo, es decir no se pueden fusionar avisos que correspondan a mantenciones planificadas con mantenciones no planificadas. De esta manera el evento fusionado presenta características similares a los avisos sobrepuestos (tipo de mantención), mismo componente, y el costo total comprendido por todos los registros sobrepuestos.

4.2.1.6. Resumen de revisión de datos por grúas

Al momento de analizar los datos exportados del sistema SAP, éstos se encontraban con los problemas anteriormente descritos. Es por esto que se presenta un resumen de los datos y las revisiones realizadas.

Como primer paso se eliminan los datos de mantenciones predictivas (Sin detenciones) y los registros problemáticos según se explicó en el apartado anterior. Los resultados de eliminar estos datos son los eventos completos y representativos de la realidad.

Grúa	Datos iniciales	Mantenciones Predictivas	Mantenciones sin duración	Registros incompletos	Datos sin detención	Datos totales con detención
E-11	386	207	5	4	6	164
E-12	397	207	6	5	7	172
E-13	428	199	4	4	10	211
E-14	397	205	6	12	6	168
E-15	422	208	9	10	8	187
E-16	359	189	2	6	9	153

Tabla 6: Datos eliminados de la base inicial de datos.

La Tabla 6 muestra en la primera columna el dato total inicial con que se comenzó a trabajar. Luego se muestra el número de intervenciones predictivas, las que deben ser eliminadas ya que no merecen revisión en este tipo de análisis. En las tres columnas siguientes se muestran los datos eliminados por presentar alguno de los problemas descritos anteriormente. Por último se contabilizan los datos que se ocuparan para este análisis.

Grúa	Datos a Fusionar	Datos con Mala Especificación del componente
E-11	19	8
E-12	18	13
E-13	13	15
E-14	15	7
E-15	8	12
E-16	9	2

Tabla 7: Datos fusionados y con mala especificación de componente intervenido.

Para realizar el análisis del número de mantenciones se consideran todos los datos con detención, sin embargo al momento de analizar el tiempo acumulativo se ocupan los datos después de fusionar los eventos sobrepuestos, los que se resumen en la Tabla 7. Esto se debe a que se considera el tiempo de indisponibilidad de la grúa y al sumar las detenciones sobrepuestas se contarían las horas las veces que los datos estén sobrepuestos. Por ejemplo en el caso de obtener dos eventos sobrepuestos donde cada de uno dura 4 horas y comienzan a las 8:00:00 de

la mañana la indisponibilidad del equipo sería 4 horas, no 8 horas como en el caso en que estas se sumasen antes de fusionar.

El porcentaje de los datos eliminados con respecto de los datos iniciales menos las mantenciones predictivas se muestra en la Tabla 8, para evaluar el impacto de estos datos.

Grúa	% de datos eliminados
E-11	8%
E-12	9%
E-13	8%
E-14	13%
E-15	13%
E-16	10%

Tabla 8: Impacto de los datos eliminados.

El impacto de los datos eliminados debido a que presentaban algún tipo de problema se considera bajo, por lo que la decisión de eliminar los datos se estima correcta. Los datos a partir de este momento se consideran completos y representativos de la realidad con respecto al tiempo, al tipo de mantención, y componente intervenido.

4.2.2. Análisis de los datos

El objetivo aquí se centra en hacer un análisis de las detenciones que presentaron los puentes grúa de refinería electrolítica. En base a los datos obtenidos de cada equipo se pretende localizar cuales componentes son los de mayor incidencia en el número de detenciones e indisponibilidad.

La primera información a analizar es la cantidad y duración de las detenciones por equipo. Para la obtención del número de los eventos se deben considerar todos los eventos registrados en el sistema SAP después de haberse corregido los problemas encontrados. Esto incluye a los avisos sobrepuestos, ya que estos corresponden a mantenciones planificadas y se deben considerar para la comparación en el número de éstas.

La duración de las detenciones se realiza con todos los eventos registrados en el sistema SAP después de haberse corregido los problemas encontrados, y, excluyendo los avisos sobrepuestos. Estos avisos sobrepuestos se deben considerar como avisos fusionados ya que son estos los que mejor representan el tiempo de indisponibilidad de los equipos.

La base de datos considerada para este análisis corresponde a los registros desde el 1^{ero} de Enero del 2008 al 30 de Agosto del 2009. Este periodo posee una duración de 20 meses.

Con esto se puede visualizar cuáles son los equipos con mayor número de detenciones y de mayor tiempo de indisponibilidad en horas de detención.

Como primer paso, antes de analizar cada grúa se opta por una visión macro y comparativa de las grúas. Para esto se comparan el número y duración de las mantenciones planificadas (PL) y no planificadas (NP).

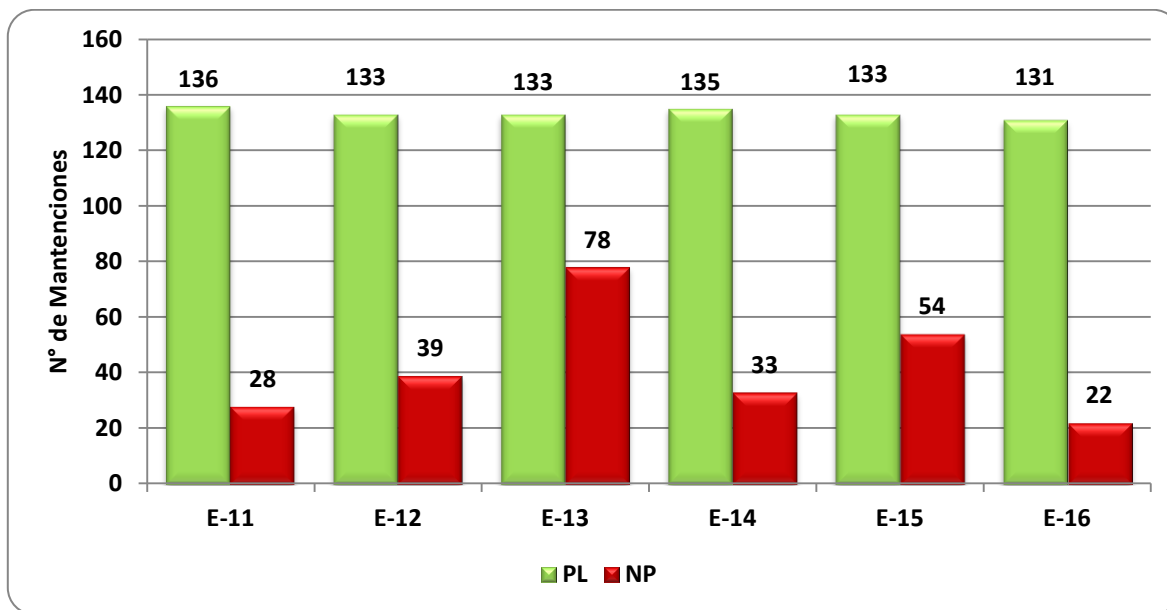


Figura 37: Comparación número Mantenciones Planificadas y No Planificadas.

Como se observa en el gráfico el número de mantenciones planificadas es relativamente similar entre las grúas de refinería. Esto era de esperarse ya que todos estos equipos poseen los mismos planes de mantención. La pequeña variación se puede deber a diferentes factores.

Un factor puede ser que simplemente no se completó un ciclo de mantención⁸ en todas las grúas al momento de cerrar el periodo de estudio, es decir que por planificación no se han realizado todas las mantenciones semanales y/o mensuales debido a que aún no correspondía por calendario. Un segundo factor es que lamentablemente no todos los planes de mantención se registran como tales, sino como una intervención sin plan. Un tercer factor importante corresponde a la diferenciación de mantenciones correctivas planificadas y mantenciones preventivas (Plan de mantención).

⁸ Ciclo de mantención programada semanal. Semana 1-grúa E11, Semana 2-grúa E-12, Semana 3-grúa E13, etc. Así hasta completar la totalidad de las grúas de refinería.

Para demostrar cómo afecta el tercer factor se procede a graficar las mantenciones preventivas⁹ (MP), mantenciones correctivas planificadas (MCP) y mantenciones correctivas no planificadas (MCNP). Como se observa en la figura 39, en la columna izquierda se aprecia el número de intervenciones planificadas y en la columna de la derecha las intervenciones no planificadas.

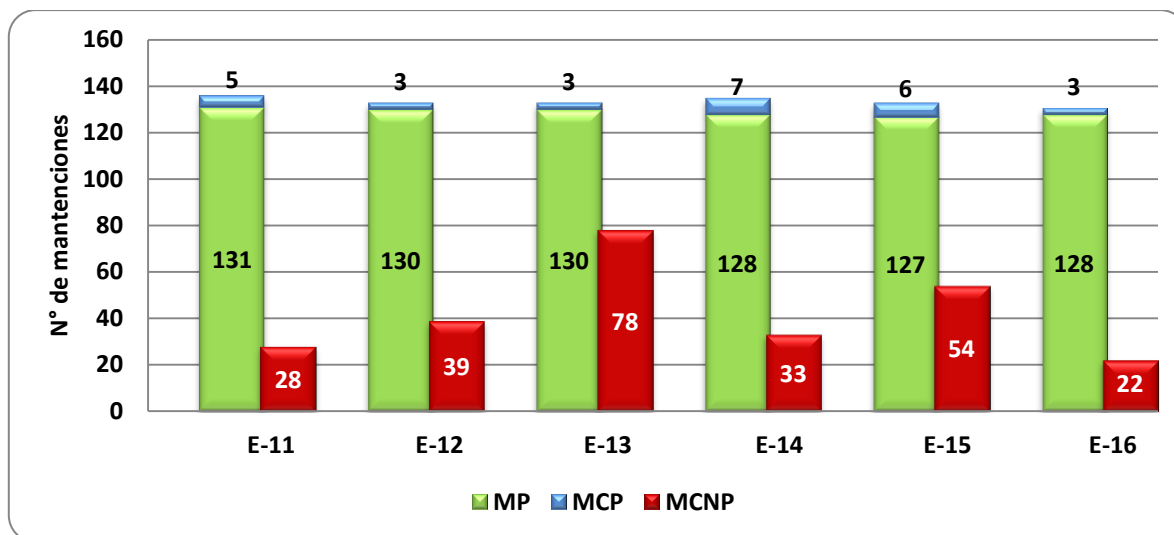


Figura 38: Comparación número Mantenciones Preventivas, Correctivas Planificadas y Correctivas No Planificadas.

En el gráfico de la figura 39 se puede apreciar que el número de mantenciones preventivas es prácticamente el mismo para las grúas E-11, E-12 y E13, como para las grúas E-14, E-15 y E-16. Esta situación se debe a que en el periodo analizado no se ha completado el ciclo de mantención en las últimas tres grúas.

De los dos gráficos mostrados en las figuras 38 y 39 también se puede determinar que la grúa con mayores mantenciones correctivas (por ende con más fallas) es la grúa E-13 seguida por la grúa E-15. Esto se puede deber al régimen de uso de las grúas en la refinería, coma también a que estas grúas son las más problemáticas de las seis.

⁹ Estas corresponden a mantenciones realizadas con un plan de mantenimiento.

A continuación se analiza el gráfico de la figura 40 con la duración de las mantenciones. Se debe recordar que en esta etapa se consideran los avisos fusionados y se descartan los sobrepuestos para no contar horas dos veces.

En el gráfico de la figura 40 se observa una gran variación en los tiempos de reparación por cada grúa. En el caso de la duración de las mantenciones la desviación estándar es de 36 horas entre grúas con un promedio de 318 horas. Para las mantenciones no planificadas existe una desviación estándar de 80 horas (muy superior a la desviación estándar de las mantenciones planificadas), con un promedio de 115 horas. Esta gran diferencia en la desviación estándar se debe al altísimo tiempo de reparación en la grúa E-15 cuando se realizan mantenciones correctivas no planificadas. La gran diferencia de duración entre las grúas habla de una diferencia de **mantenibilidad**¹⁰ donde la grúa E-13 es la que mejor mantenibilidad presenta y la grúa E-15 es la que peor mantenibilidad presenta. Esto puede deberse a la “urgencia” de reparar los equipos según el régimen de uso. De estos equipos la grúa E-13 presenta mayor afinidad entre los operarios y por esta razón es la que se utiliza con mayor frecuencia. Esto aumenta la urgencia presentada por el personal de operaciones para contar con esta grúa lo antes posible, a diferencia de la grúa E-15.

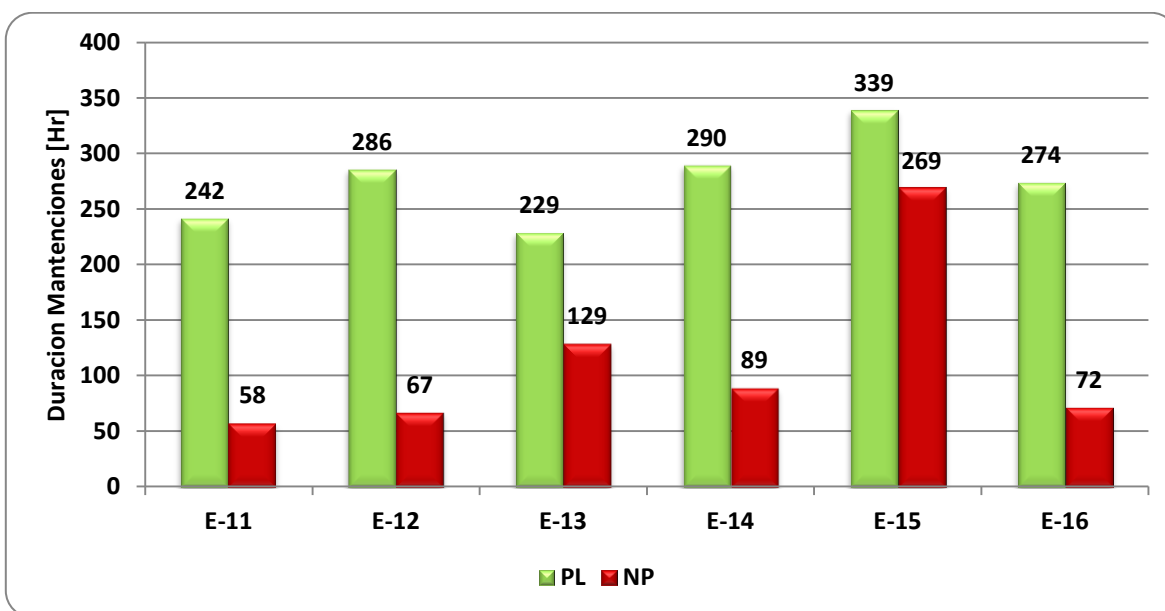


Figura 39: Comparación duración Mantenciones Planificadas y No Planificadas.

¹⁰ Esto se refiere a la complejidad con que las grúas son reparadas y/o el conseguir los materiales necesarios para las mantenciones.

Esa gran diferencia en tiempo de mantención en la grúa E-15 se produce debido a cuatro (4) mantenciones que se extienden por más de un día, llegando incluso hasta más de tres días, como se muestra en la Tabla 9.

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo Mantención	Componente
28-01-2008	8:00:35	49,99	No Planificado	Variador de frecuencia Sis. Levante
05-05-2008	8:00:00	56,50	No Planificado	Guías telescópicas Sis. levante
12-05-2008	8:00:00	57,00	No Planificado	Sistema rodadura Sis. Puente
16-03-2009	8:00:00	79,43	Planificado	Motor eléctrico Sis. Carro

Tabla 9: Mantenciones de duración prolongada en la grúa E-15.

A continuación se analiza la duración en horas de mantenciones preventivas (MP), mantenciones correctivas planificadas (MCP) y mantenciones correctivas no planificadas (MCNP).

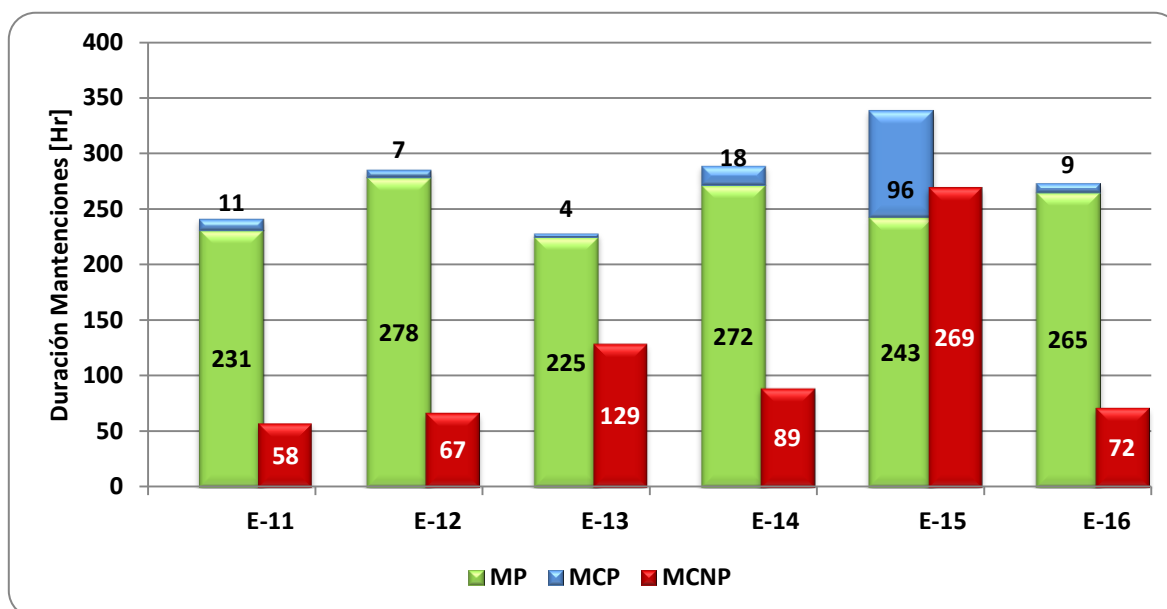


Figura 40: Comparación duración Mantenciones Preventivas, Correctivas Planificadas y Correctivas No Planificadas.

En el gráfico de la figura 41 no se puede inferir ninguna relación entre la frecuencia y la duración ni siquiera cuando se separa de esta manera. Esto evidencia que son múltiples los factores que interfieren en la mantenibilidad de estos equipos. Por ejemplo, se pueden considerar como factores influyentes en la duración de las mantenciones: la “urgencia” con la que se realizan según el régimen de operación de los equipos en refinería; la **mantenibilidad** de los equipos considerando que todas las grúas difieren en el diseño de sus componentes mecánicos y eléctricos (mismos componentes de diferente diseño).

4.2.3. Análisis individual de equipos

En este apartado se estudian los subsistemas y componentes críticos de cada grúa según número y duración de las mantenciones.

4.2.3.1. Grúa E-11

Para determinar cuáles son los componentes críticos de la grúa se analizan las mantenciones por subsistema y luego por componentes del subsistema crítico, determinando al componente crítico de cada grúa.

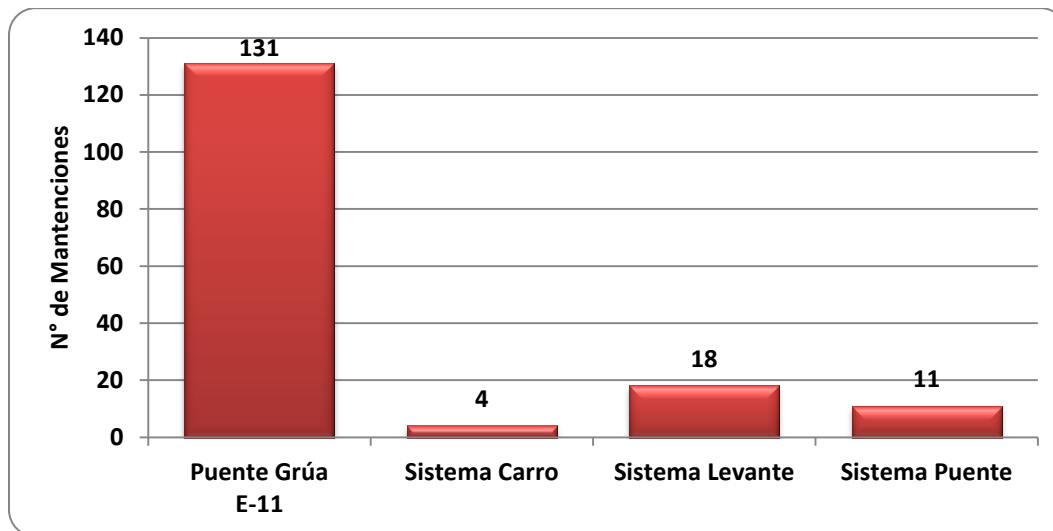


Figura 41: Comparación número de mantenciones entre subsistemas Grúa E-11.

Al igual como se demostró en los gráficos 38 y 39 el número de las mantenciones realizadas en el equipo en general (Plan de mantención preventivo) superan en gran medida a las mantenciones realizadas a algún componente específico (Mantenciones correctivas planificadas y mantenciones correctivas no planificadas). Por otro lado se sabe que las columnas de los subsistemas representan casi en su totalidad a mantenciones correctivas no planificada. Por lo tanto el subsistema crítico en relación a la frecuencia de fallas en la grúa E-11 corresponde al **sistema de levante**.

Al realizar este mismo análisis con respecto a la duración acumulada se obtiene el el gráfico de la figura 43.

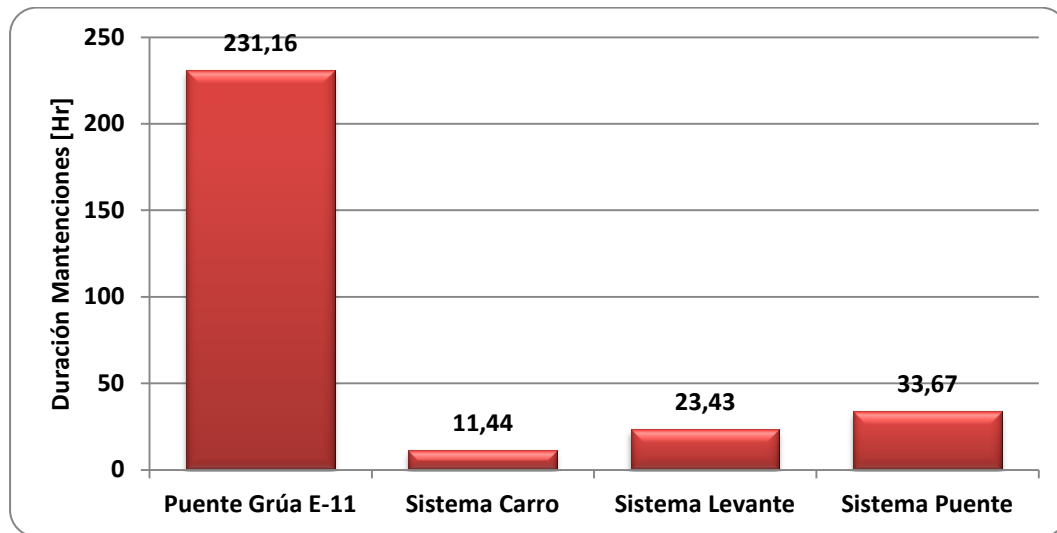


Figura 42: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-11.

Con respecto a la duración de las mantenciones es el **sistema puente** el subsistema crítico. Entre la criticidad de frecuencia y duración es la duración a la que se le debe prestar la mayor atención debido a que influye de manera directa en la disponibilidad de los equipos. Es por esta razón que se considera finalmente el **sistema puente** como el subsistema crítico de la grúa E-11 y se procede a realizar un análisis más profundo de sus componentes.

En las gráficos de las figuras 44 y 45 se analizan las frecuencias y duraciones para determinar cuáles de los componentes del subsistema es el de mayor criticidad.

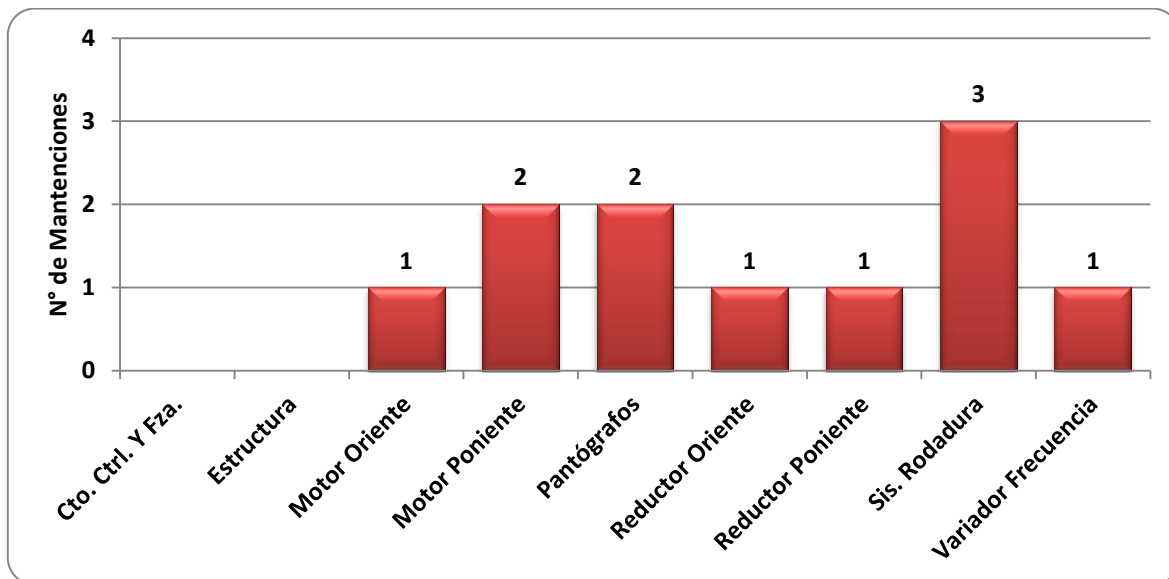


Figura 43: Comparación frecuencia de mantenciones componentes Sis. Punte Grúa E-11.

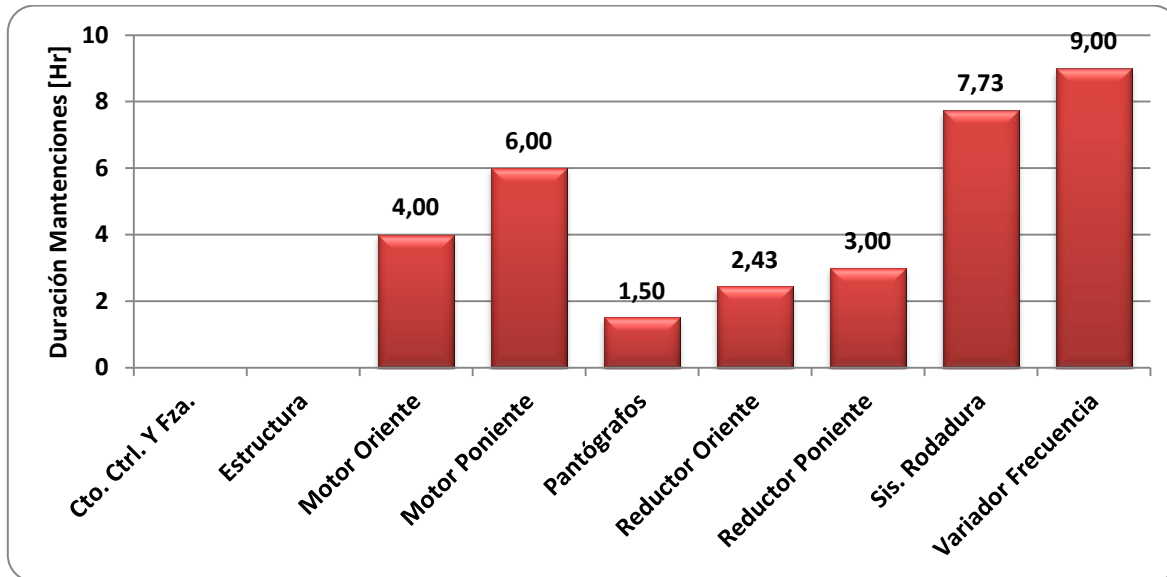


Figura 44: Comparación duración de mantenciones componentes Sis. Puente Grúa E-11.

Los datos resumidos para la grúa E-11 se muestran en la Tabla 10.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Variador de frecuencia	1	9,00	9,00
Motor eléctrico oriente	1	4,00	4,00
Motor eléctrico poniente	2	6,00	3,00
Reductor poniente	1	3,00	3,00
Sistema de rodadura	3	7,73	2,58
Reductor oriente	1	2,43	2,43
Pantógrafos	2	1,50	0,75
Circuito control y fuerza	0	0	0
Estructura	0	0	0

Tabla 10: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-11

El componente crítico del sistema puente es el **variador de frecuencia**, a pesar de que este componente falla solamente una vez en todo el periodo de análisis, es el que presenta la mayor duración promedio y por ende influye mayormente en la disponibilidad del equipo en caso de falla. Si es que una falla de este componente vuelve a ocurrir es muy posible que el tiempo de mantención se duplique, reconociendo la gran duración de su reparación.

4.2.3.2. Grúa E-12

Para este equipo se procede con el mismo análisis que para con el equipo anterior.

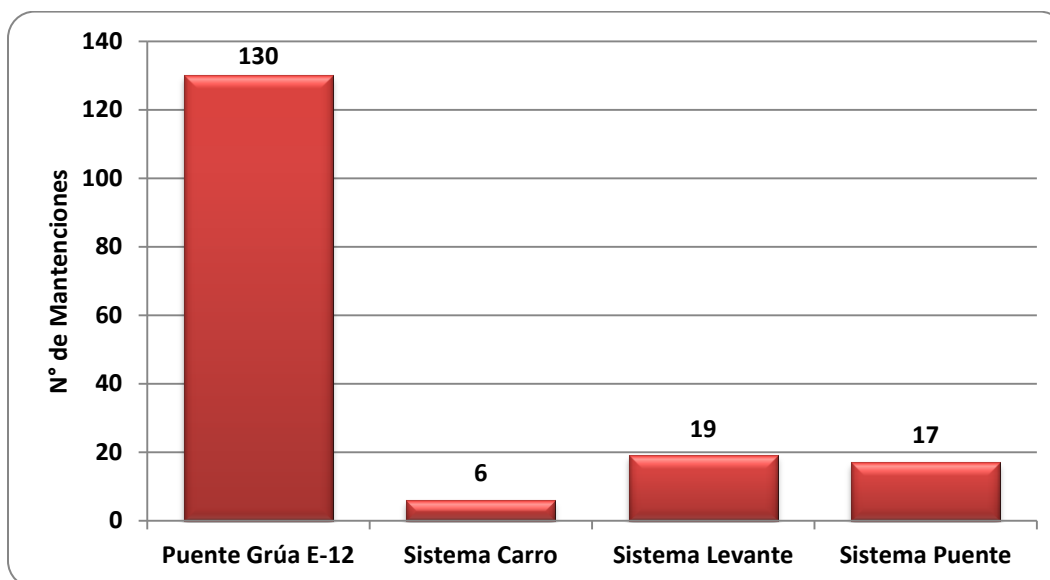


Figura 45: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-12.

Al igual que con la grúa E-11 el subsistema que presenta el mayor número de fallas es el **sistema de levante**. Pero esto no quiere decir que este sea el subsistema crítico del equipo.

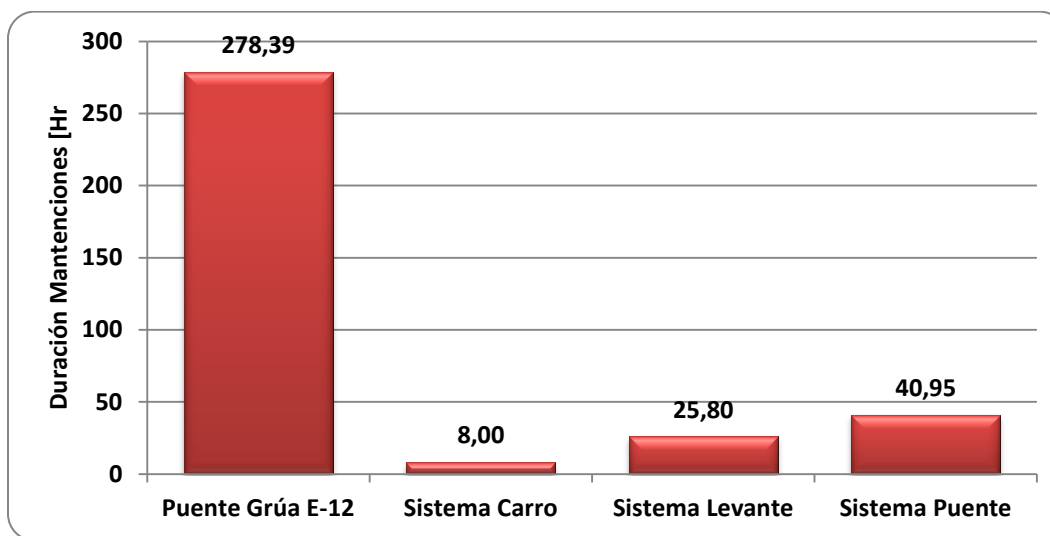


Figura 46: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-12.

Para la grúa E-12 se observa al igual que con la grúa E-11 es el **sistema puente** el más crítico debido a la alta duración de las mantenciones. Por lo que este subsistema el que se analiza con más detalle en las figuras 48 y 49.

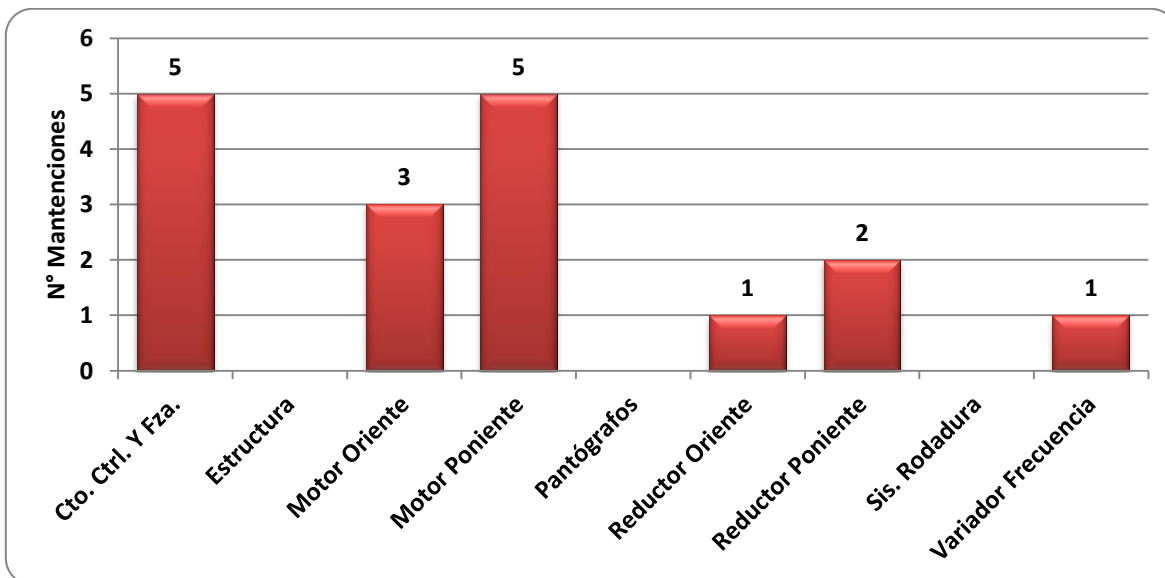


Figura 47: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-12.

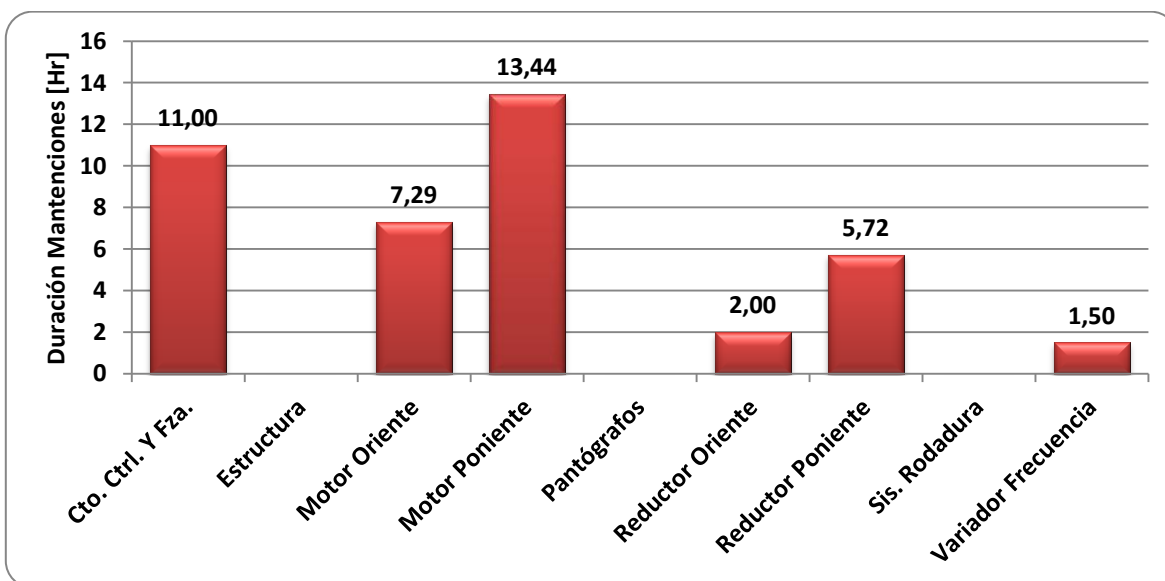


Figura 48: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-12.

Los datos resumidos para la grúa E-12 se muestran en la Tabla 11.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Reductor Poniente	2	5,72	2,86
Motor Poniente	5	13,44	2,69
Motor Oriente	3	7,29	2,43
Cto. Ctrl. Y Fza.	5	11,00	2,20
Reductor Oriente	1	2,00	2,00
Variador Frecuencia	1	1,50	1,50
Estructura	0	0,	0
Pantógrafos	0	0	0
Sis. Rodadura	0	0	0

Tabla 11: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-12.

Para la grúa E-12, el componente crítico corresponde al **motor eléctrico poniente**. El reductor poniente posee el mayor promedio de duración por mantención, pero el número de mantenciones es mucho mayor para el motor eléctrico poniente y la diferencia entre duración promedio es baja.

4.2.3.3. Grúa E-13

Para este equipo se procede con el mismo análisis que con el equipo anterior.

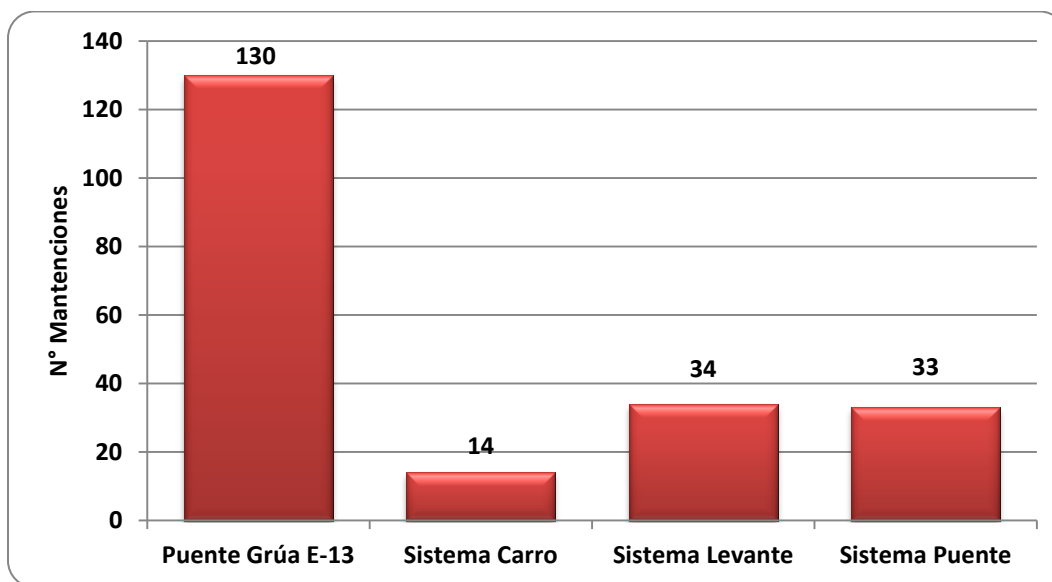


Figura 49: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-13.

Al igual que con las grúa E-11 y E-12 el subsistema que presenta mayor frecuencia de fallas es el **sistema de levante**. Pero esto no quiere decir que este sea el subsistema crítico del equipo.

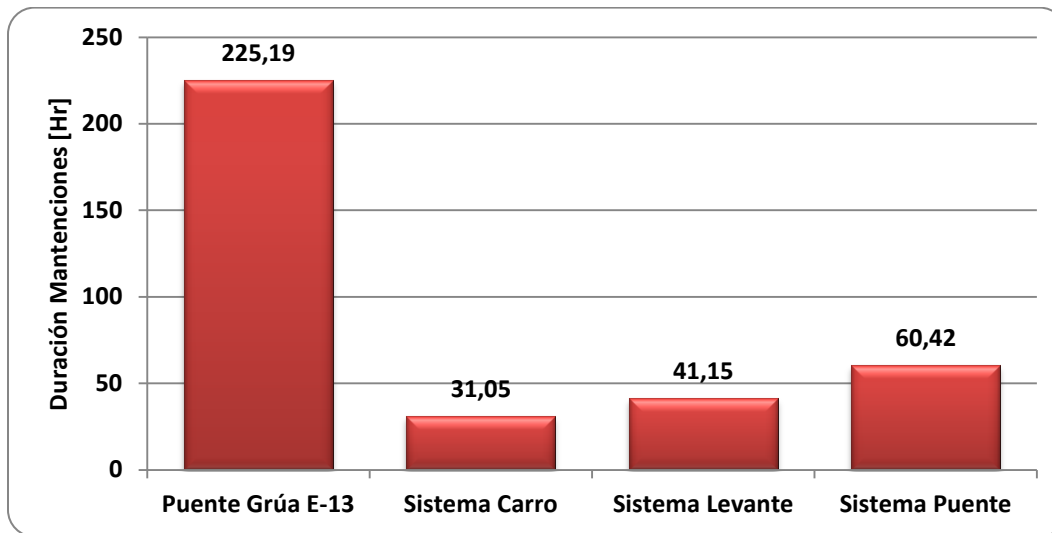


Figura 50: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-13.

Para la grúa E-13 se observa que el **sistema puente** es el más crítico debido a la alta duración de las mantenciones. Por lo que este subsistema el que se analiza con más detalle.

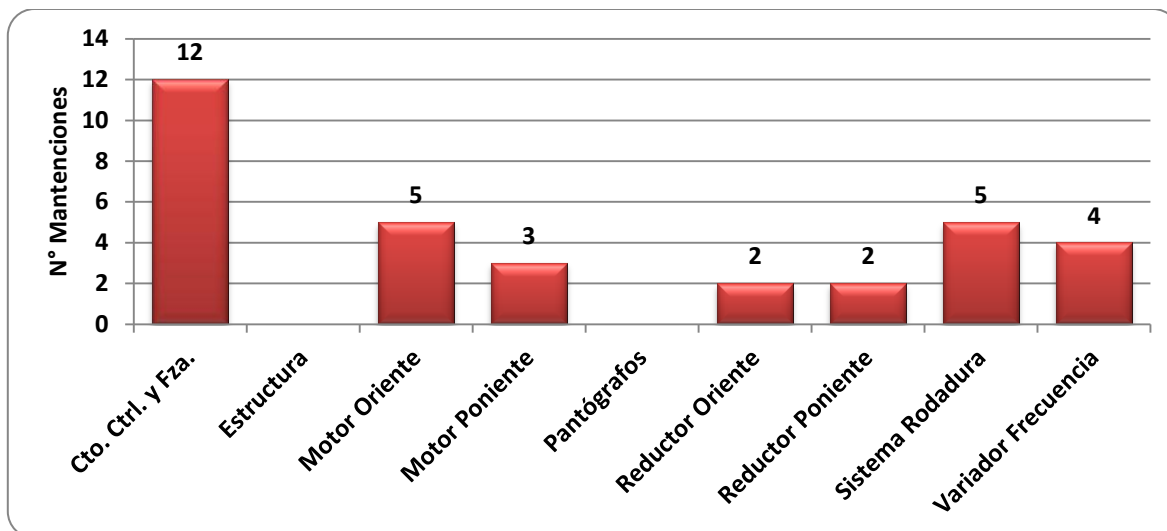


Figura 51: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-13.

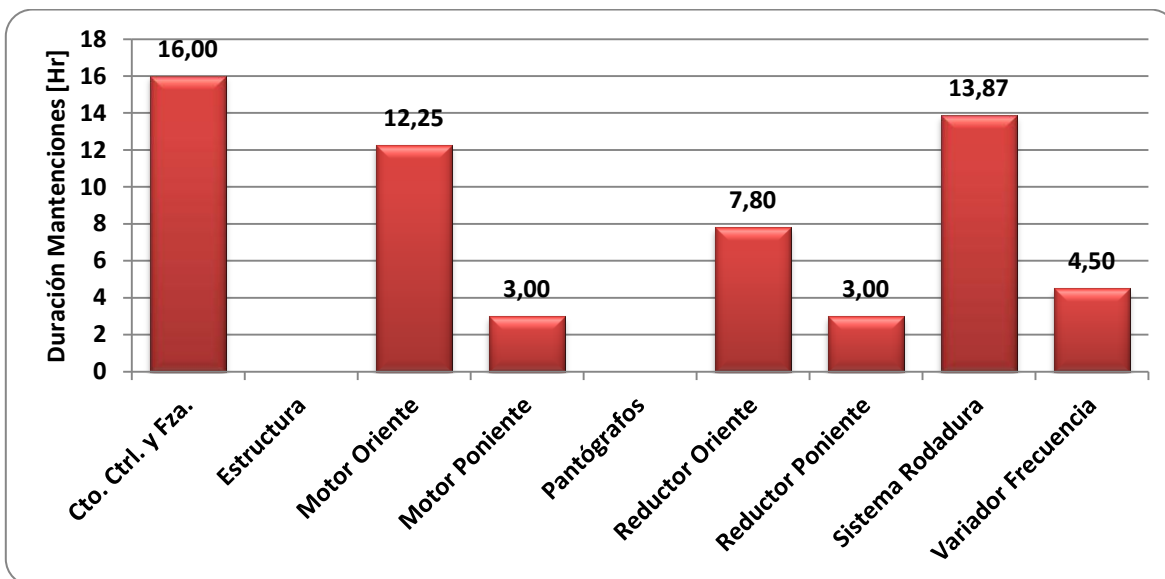


Figura 52: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Puente Grúa E-13.

Los datos resumidos para la grúa E-13 se muestran en la Tabla 12.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Reductor Oriente	2	7,80	3,90
Sistema Rodadura	5	13,87	2,77
Motor Oriente	5	12,25	2,45
Reductor Poniente	2	3,00	1,50
Cto. Ctrl. y Fza.	12	16,00	1,33
Variador Frecuencia	4	4,50	1,13
Motor Poniente	3	3,00	1,00
Estructura	0	0	0
Pantógrafos	0	0	0

Tabla 12: Análisis simple de criticidad Sis. Puente Grúa E-13.

Para esta grúa el componente crítico corresponde al **Circuito Control y Fuerza**. Este componente presenta un número alto de mantenciones, mucho más que los demás componentes. Además se puede observar en la Tabla 12 que a pesar de que el promedio de duración por mantención del Reductor Oriente es elevado debería presentar más de un 200% de aumento en la frecuencia de las fallas para influir en mayor manera que el Circuito Control y Fuerza en la indisponibilidad de la grúa E-13

4.2.3.4. Grúa E-14

Para este equipo se procede con el mismo análisis que con el equipo anterior.

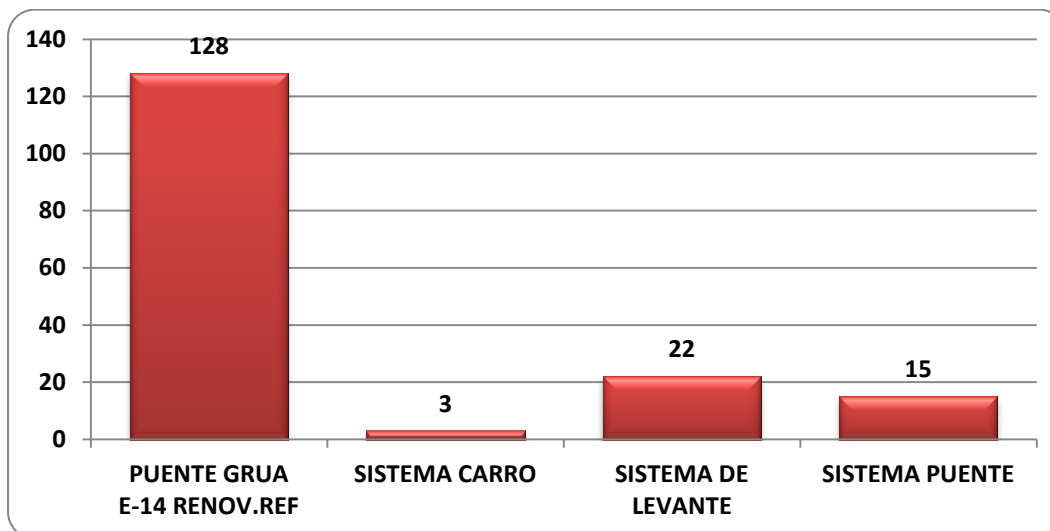


Figura 53: Comparación frecuencia mantenencias entre subsistemas Grúa E-14.

Al igual que con las grúas anteriores el subsistema que presenta mayor frecuencia de fallas es el **sistema de levante**. Pero esto no quiere decir que este sea el subsistema crítico del equipo.

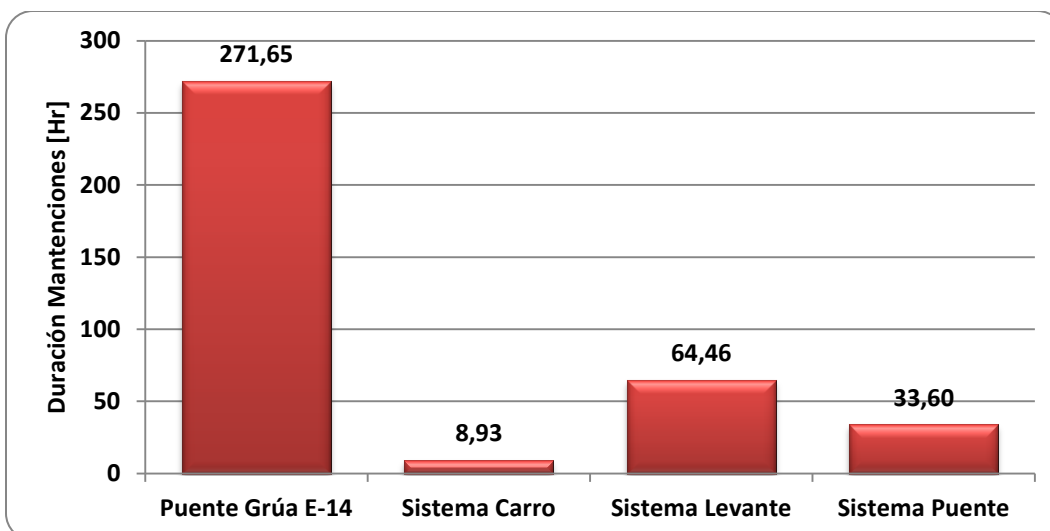


Figura 54: Comparación duración mantenencias entre subsistemas Grúa E-14.

Para la grúa E-14 se observa a diferencia de las grúas analizadas hasta el momento el **sistema de levante** es el más crítico debido a la alta duración de las mantenciones. Por lo que este subsistema el que se analiza con más detalle.

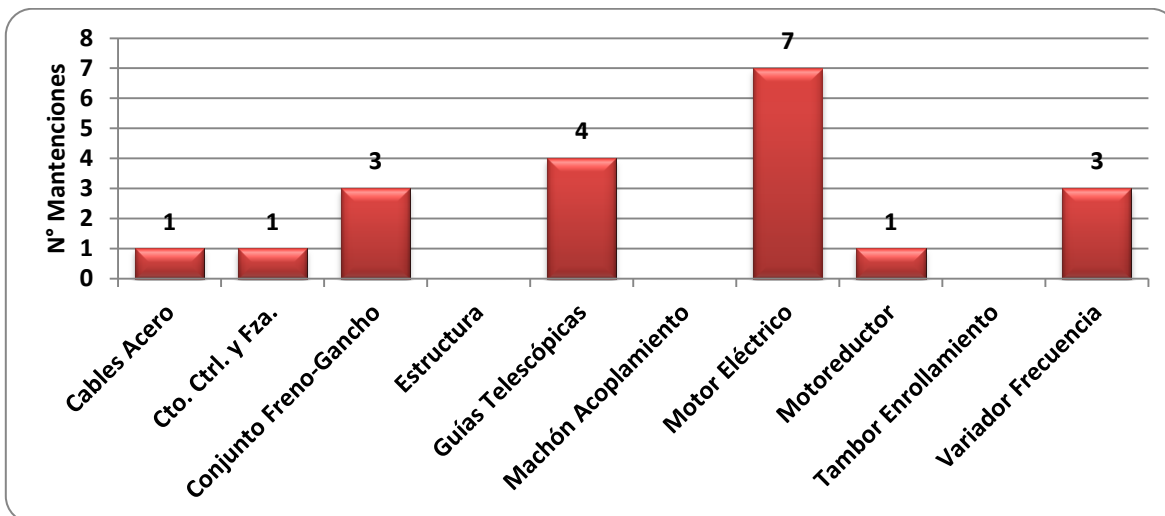


Figura 55: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-14.

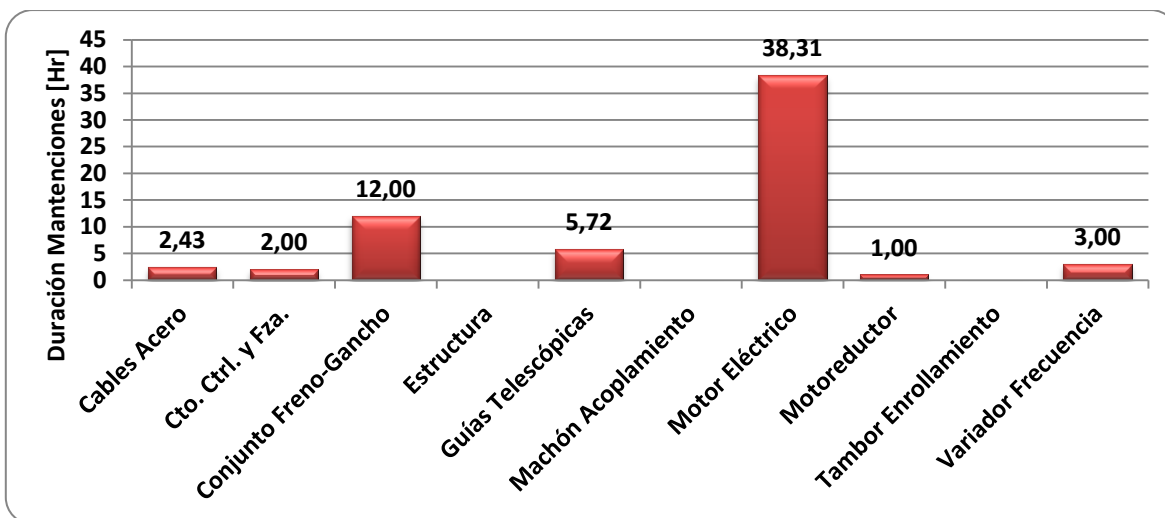


Figura 56: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-14.

Los datos resumidos para la grúa E-14 se muestran en la siguiente Tabla 13.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Motor Eléctrico	9	44,33	4,93
Conjunto Freno-Gancho	3	12,00	4,00
Cables Acero	1	2,43	2,43
Cto. Ctrl. y Fza.	1	2,00	2,00
Guías Telescópicas	4	5,72	1,43
Motoreductor	1	1,00	1,00
Variador Frecuencia	3	3	1
Estructura	0	0	0
Machón Acoplamiento	0	0	0
Tambor Enrollamiento	0	0	0

Tabla 13: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-14.

Para esta grúa el componente crítico es el **motor eléctrico de levante**. Este componente es claramente el crítico para esta grúa por la alta frecuencia de mantenciones y la alta duración promedio por mantención.

4.2.3.5. Grúa E-15

Para este equipo se procede con el mismo análisis que con el equipo anterior.

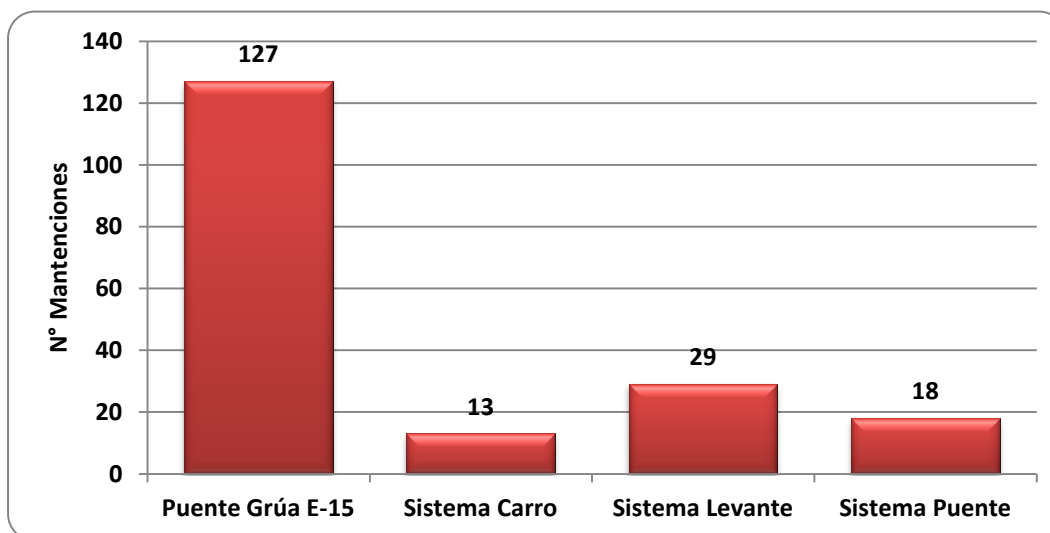


Figura 57: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-15.

Al igual que con las grúas anteriores el subsistema que presenta mayor frecuencia de fallas es el **sistema de levante**. Pero esto no quiere decir que este sea el subsistema crítico del equipo.

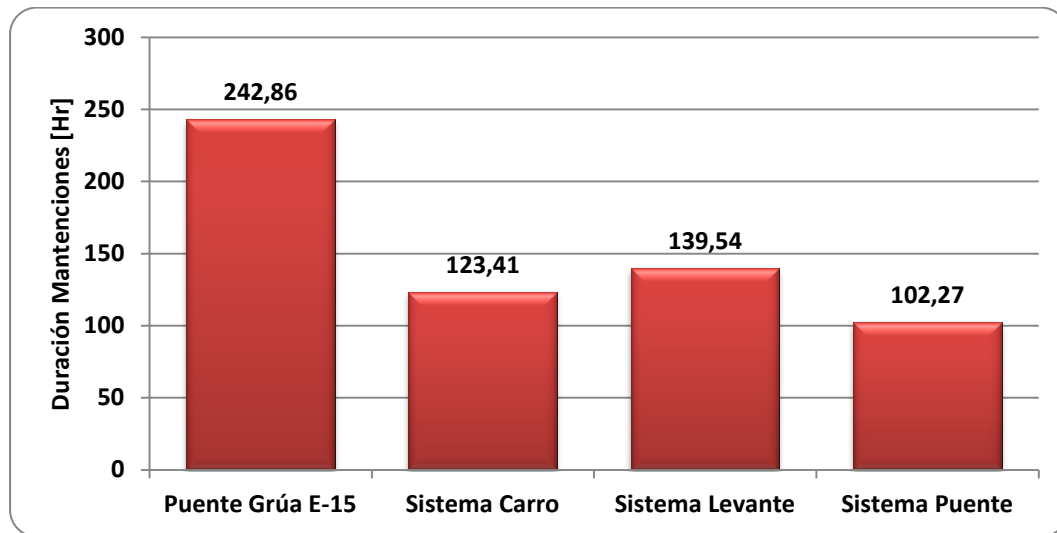


Figura 58: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-15.

Para la grúa E-15 se observa al igual que la E-14 que es en realidad es **sistema de levante** el más crítico debido a la alta duración de las mantenciones. Por lo que este subsistema el que se analiza con más detalle.

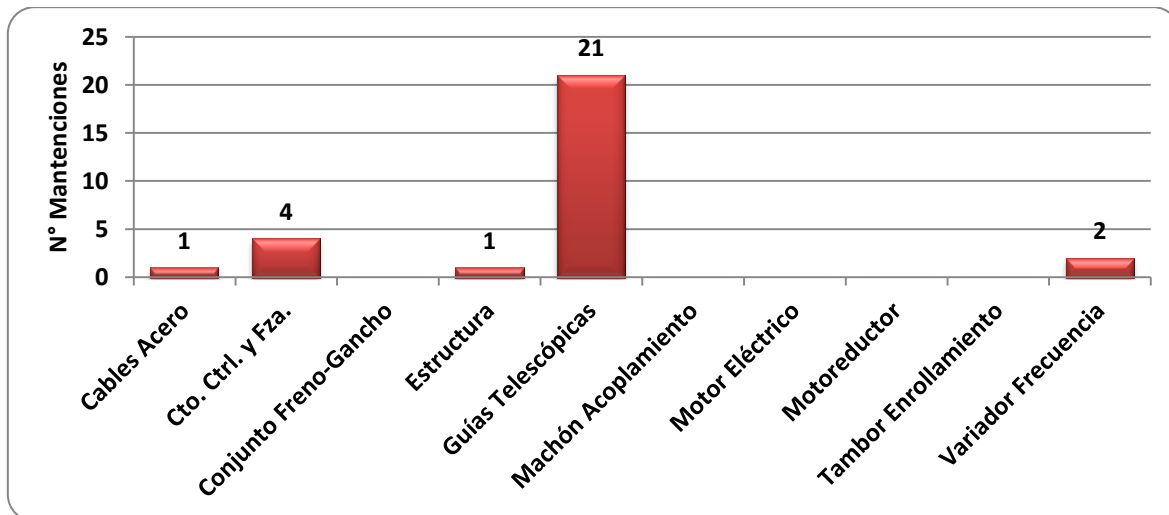


Figura 59: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-15.

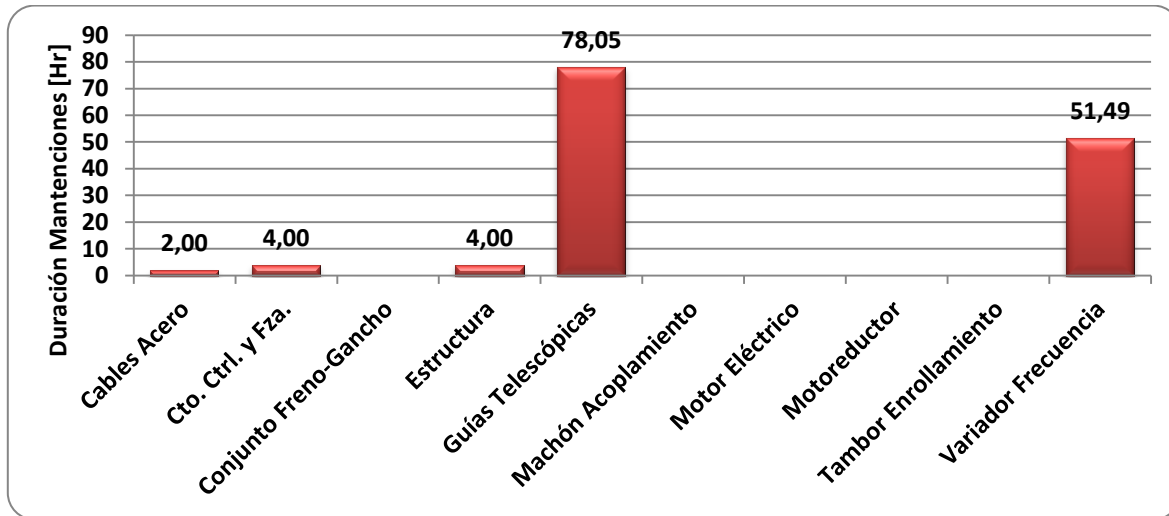


Figura 60: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante Grúa E-15.

Los datos resumidos para la grúa E-15 se muestran en la Tabla 14.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Variador Frecuencia	2	51,50	25,75
Estructura	1	4,00	4,00
Guías Telescópicas	21	78,05	3,72
Cables Acero	1	2,00	2,00
Cto. Ctrl. y Fza.	4	4,00	1,00
Conjunto Freno-Gancho	0	0	0
Machón Acoplamiento	0	0	0
Motor Eléctrico	0	0	0
Motoreductor	0	0	0
Tambor Enrollamiento	0	0	0

Tabla 14: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-15.

Para esta grúa el componente crítico corresponde a las **guías telescópicas**. En este caso la alta frecuencia de mantenciones y el alto promedio de duración de las mantenciones determinan que este es el componente de mayor criticidad. Esto asumiendo que la mantención del variador de frecuencia que posee una alta duración se debió a circunstancias especiales que pueden ser fácilmente evitadas en el futuro, como por ejemplo contar con los repuestos necesarios para las reparaciones o planificando o priorizando la mantención de los equipos.

4.2.3.6. Gura E-16

Para este equipo se procede con el mismo análisis que con el equipo anterior.

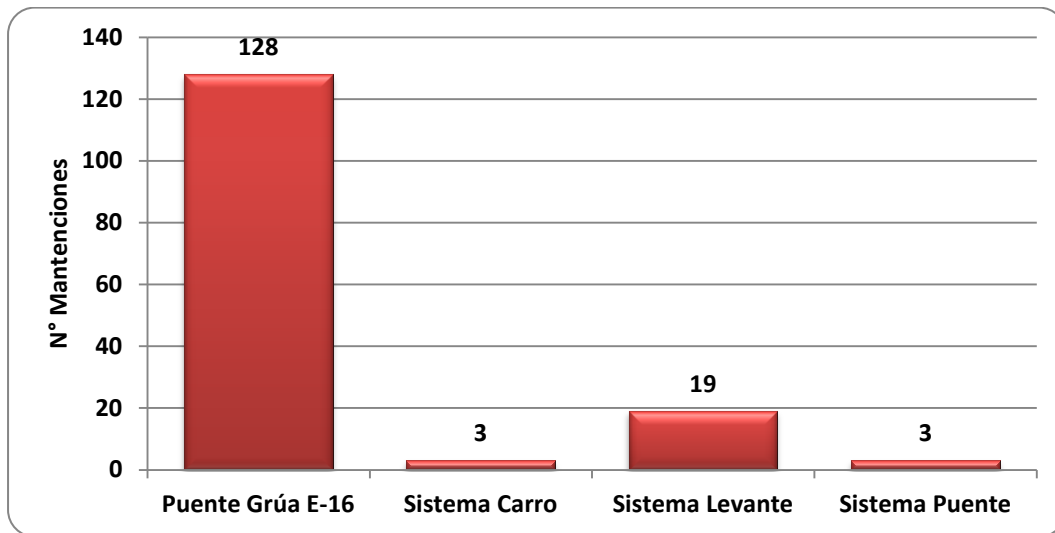


Figura 61: Comparación frecuencia mantenciones entre subsistemas Grúa E-16.

Al igual que con las grúas anteriores el subsistema que presenta mayor frecuencia de fallas es el **sistema de levante**. Pero esto no quiere decir que este sea el subsistema crítico del equipo.

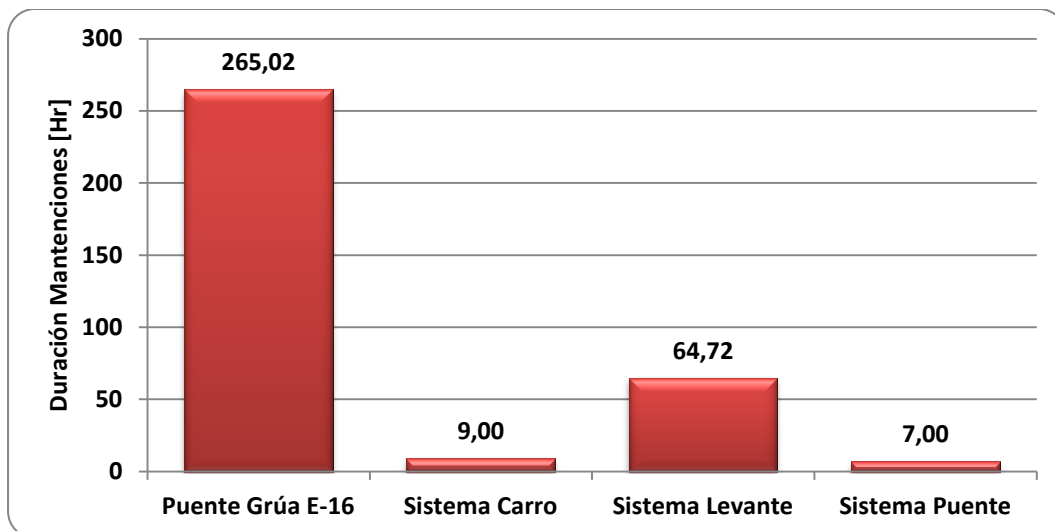


Figura 62: Comparación duración mantenciones entre subsistemas Grúa E-16.

Para la grúa E-16 se observa al igual que la E-14 y E-15 que es en realidad es **sistema de levante** el más crítico debido a la alta duración de las mantenciones. Por lo que este subsistema el que se analiza con más detalle.

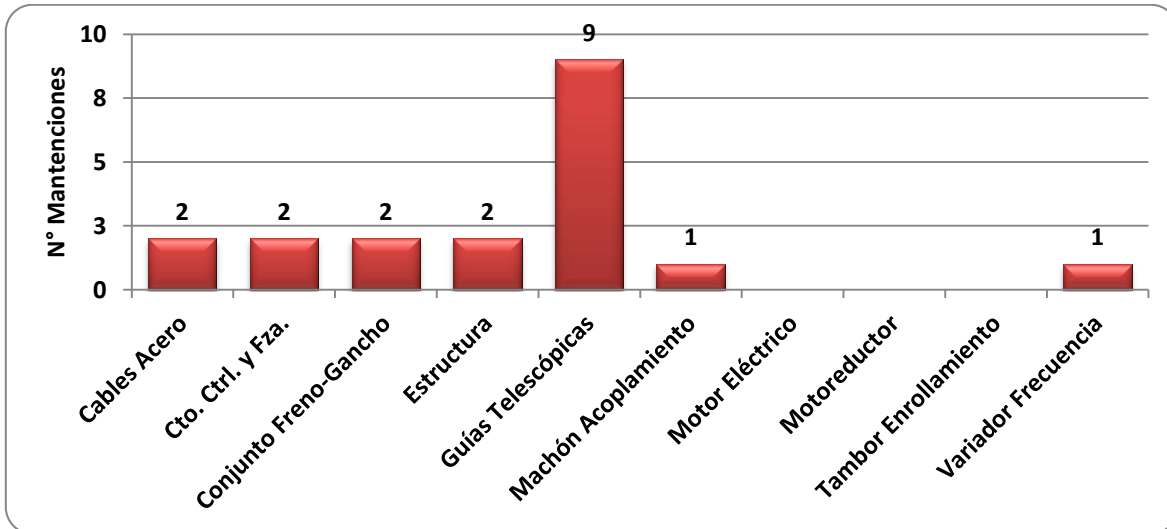


Figura 63: Comparación frecuencia mantenciones entre componentes Sis. Levante grúa E-16.

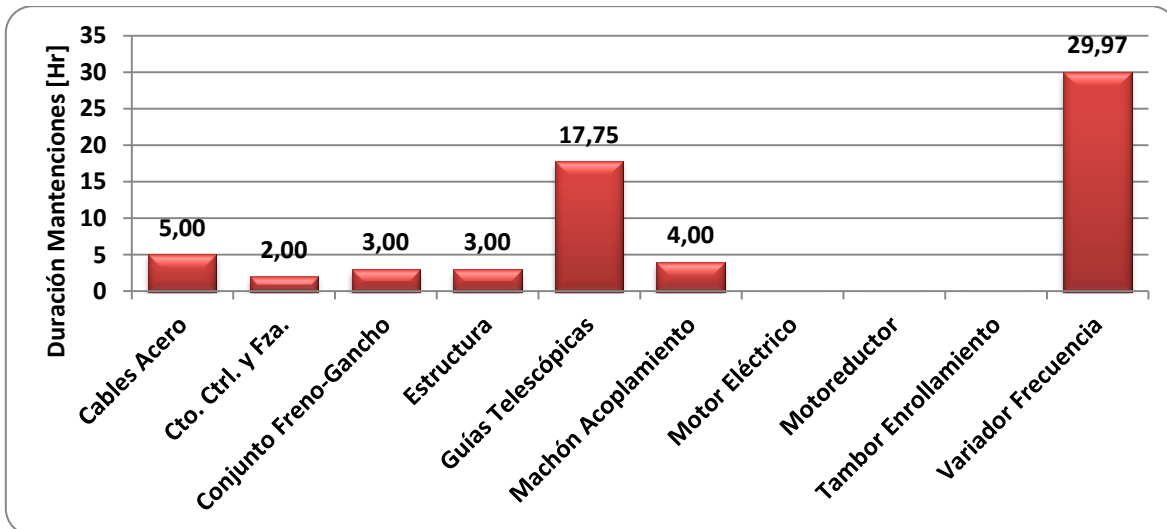


Figura 64: Comparación duración mantenciones entre componentes Sis. Levante grúa E-16.

Los datos resumidos para la grúa E-16 se muestran en la Tabla 15.

COMPONENTE	N° MANTENCIONES	DURACIÓN	DURACIÓN PROMEDIO POR DETENCIÓN
Variador Frecuencia	1	29,97	29,97
Machón Acoplamiento	1	4,00	4,00
Cables Acero	2	5,00	2,5
Guías Telescópicas	9	17,75	1,97
Conjunto Freno-Gancho	2	3,00	1,50
Estructura	2	3,00	1,50
Cto. Ctrl. y Fza.	2	2,00	1,00
Motor Eléctrico	0	0,	0
Motoreductor	0	0	0
Tambor Enrollamiento	0	0	0

Tabla 15: Análisis simple de criticidad Sis. Levante Grúa E-16.

Para esta grúa el componente crítico corresponde al **Machón de Acoplamiento**. Nuevamente se supone una causa especial para la alta duración de la mantención en el variador de frecuencia. Estas “causas especiales” pueden ser evitadas analizando las posibles causas y eliminando las.

4.2.3.7. Resumen

Del análisis de los componentes críticos de cada grúa, resumido en la tabla 6, se concluye que cada equipo se comporta de manera diferente de los otros. A pesar de que los equipos son similares en sus componentes, estos difieren en su diseño, así cada puente grúa es diferente de los demás. Esta es una de las razones por las cuales existe esta diversidad de componentes críticos. Esto afecta directamente en la obtención de los repuestos, como es el caso de la grúa E-15 y E-16 que eventualmente podría ser la causa de las mantención de alta duración vista en el análisis de estos equipos.

Grúa	Subsistema crítico según frecuencia	Subsistema crítico según duración	Componente crítico
E-11	Sis. Levante	Sis. Puente	Variador de frecuencia
E-12	Sis. Levante	Sis. Puente	Motor eléctrico poniente
E-13	Sis. Levante	Sis. Puente	Circuito Control y fuerza
E-14	Sis. Levante	Sis. Levante	Motor eléctrico
E-15	Sis. Levante	Sis. Levante	Guías telescópicas
E-16	Sis. Levante	Sis. Levante	Machón de Acoplamiento

Tabla 16: Componentes críticos por grúa.

Otro factor que puede influir es la priorización que se hace al momento de mantener estos equipos. Si bien todos los equipos cumplen la misma función, el rendimiento entre estos varía de acuerdo al diseño de sus componentes. Por esta razón la utilización de ciertos puentes grúas se prefiere sobre el uso de otros para desarrollar el proceso de producción. Esto influye directamente en la “urgencia” en que se mantienen los equipos.

La forma de utilización por parte de los operarios es un factor a considerar como influyente, en cada momento hay dos cuadrillas en turno, con tres turnos en un día y con dos operarios (grueros) por cuadrilla. Cada operador utiliza de forma diferente los equipos influyendo directamente en la tasa de falla.

4.3. Determinación de Modelos de Confiabilidad

El propósito de la determinación de la curva de confiabilidad que modela el comportamiento de los elementos en los puentes grúa es representar los tiempos característicos de comportamiento de vida de estos. Se pretende entender el comportamiento de fallas en el tiempo a través de parámetros de confiabilidad, como tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparar y los parámetros de la curva de confiabilidad¹¹.

Para la determinación de los modelos se utiliza el software R-MES¹². Este es un software que permite determinar la confiabilidad de los elementos a partir de los datos de vida (datos de mantenciones) así como los parámetros importantes de estos. Dentro de sus funciones esta la determinación de la confiabilidad de sistemas a partir de la configuración lógico funcional en forma de bloques de confiabilidad. Esto permite la modelación de los puentes grúas en forma de diagramas de confiabilidad y la determinación de los parámetros de confiabilidad a partir de la base de datos ya construida.

Para el correcto análisis de los datos el software requiere un mínimo de cinco (5) datos para determinar el modelo probabilístico de un elemento dado. Lamentablemente en los puentes grúas hay elementos que presentan menor número de datos, incluso habiendo algunos componentes que no fallaron en el intervalo de tiempo de este estudio. Es por esto que se plantea un análisis con enfoque simple para cumplir con los datos requeridos. Para contar con los datos necesarios para que el software determine el modelo probabilístico con un mínimo de error se contabilizan los datos de los componentes como datos del subsistema al que pertenecen. Es decir si por ejemplo un dato de falla pertenece al Motor Eléctrico de Levante esta falla se contabiliza como si hubiese ocurrido en el Subsistema de Levante. Esto aumenta el número de fallas en los subsistemas al sumar las fallas de los componentes que los componen. Aun así en algunos casos no se cuentan con el mínimo de datos requeridos por el software, por lo que para esos casos se cuenta con un modelo determinado por el mismo software R-MES, el cual advierte de la poca exactitud del modelo por no contar con los datos mínimos requeridos.

¹¹ De los parámetros de la curva de confiabilidad que modela a un elemento se puede inferir la etapa en la vida de este. Para más información referirse al apartado “Marco Teórico: Modelos probabilísticos”.

¹² Ver ANEXO 2

A continuación, en la Tabla 17 se muestra un resumen para contabilizar las mantenciones en los subsistemas por grúa.

Equipo	Subsistema Carro	Subsistema Levante	Subsistema Puente
Grúa E-11	4	18	10
Grúa E-12	6	19	17
Grúa E-13	14	34	33
Grúa E-14	3	20	15
Grúa E-15	13	29	18
Grúa E-16	3	19	3

Tabla 17: Resumen fallas de subsistemas por grúa.

Como se puede observar en la Tabla 17 aun con este arreglo hay cuatro subsistemas que no cumple con el mínimo de datos para un análisis certero. Aun así, como se dijo con anterioridad, el software permite analizar los datos sin embargo se alerta al usuario que los resultados podrían presentar errores. En este momento no se cuenta con una alternativa de análisis, siendo imposible recopilar más datos, porque el registro de mantenciones previas no existe, ni si quiera en papel. Con esto presente se procede a realizar el análisis con los datos con que se cuentan. El cálculo de los parámetros del modelo de confiabilidad contarán con cierto grado de error para los sistemas que no cuenten con el número de datos mínimo requerido por el software.

4.3.1. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-11

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen.

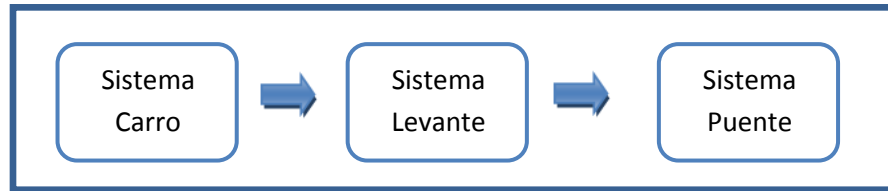


Figura 65: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-11.

4.3.1.1. Curva confiabilidad sistema carro

El Sistema Carro presenta cuatro (4) mantenciones correctivas no planificadas durante el periodo analizado, siendo el sistema con menor número de mantenciones. La curva de densidad de probabilidad de falla calculada por R-MES se muestra en la figura 67.

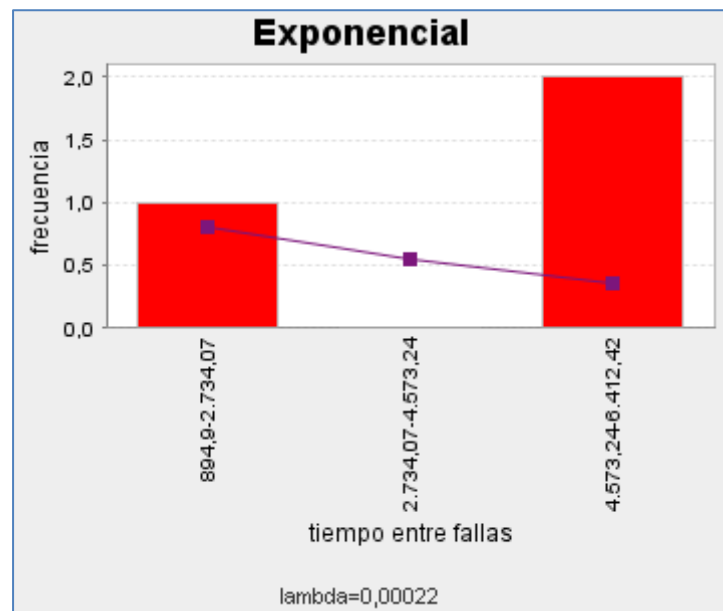


Figura 66: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-11.

En la Figura 67 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ igual a 0,00022 fallas por hora. Esto implica una tasa de falla constante igual a λ (0,00022 fallas por hora) y que el sistema se encuentra en su etapa de vida útil (curva de la bañera). El Tiempo Medio Entre Fallas para este subsistema corresponde al inverso de la tasa de falla y es de 4599 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva que se presenta en la Figura 68.

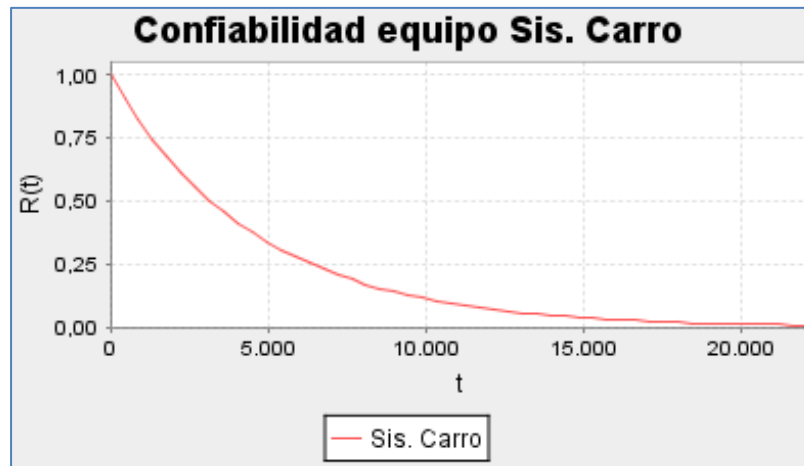


Figura 67: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-11.

4.3.1.2. Curva confiabilidad sistema levante

El sistema de Levante de la grúa E-11 es el subsistema con mayor número de mantenciones en el periodo de estudio, presentando 16 mantenciones correctivas no planificadas y 2 mantenciones correctivas planificadas. La curva de densidad de probabilidad de falla calculada por el software R-MES se muestra en la Figura 69.

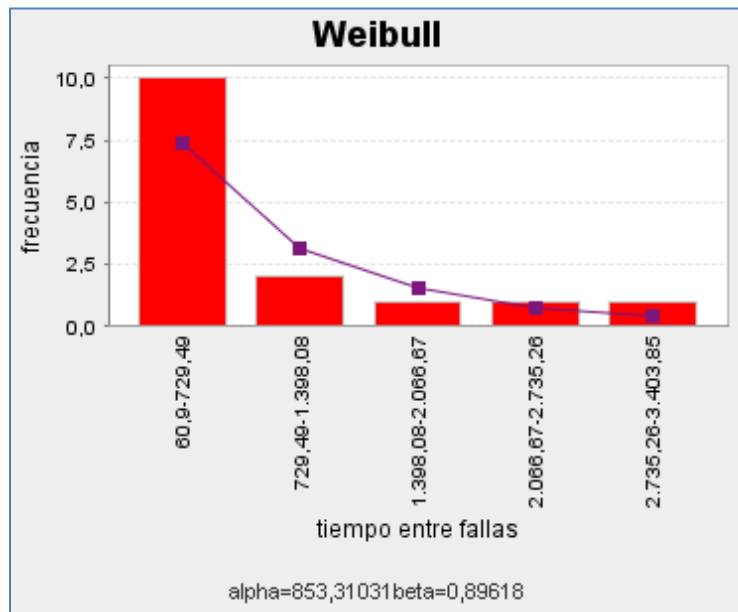


Figura 68: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-11.

Como se observa en la Figura 69 este subsistema se modela utilizando la distribución Weibull con parámetros α (α) igual a 853,31 y β (β) igual a 0,89618. Esto implica que el subsistema se encuentra en etapa de rodaje (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio es de 0,00109 fallas por hora y el Tiempo Medio Entre Fallas es de 900 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la siguiente curva, de la figura 70.

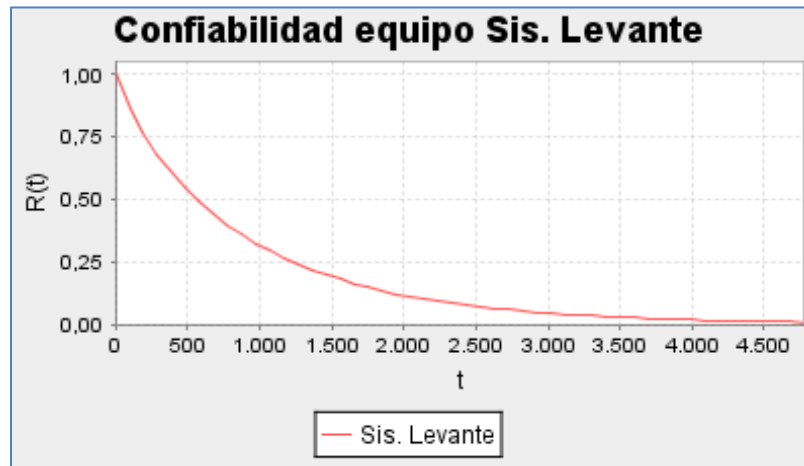


Figura 69: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-11.

4.3.1.3. Curva confiabilidad sistema puente

El Sistema Puente de la grúa E-11 presenta 7 mantenciones correctivas no planificadas y 3 mantenciones correctivas planificadas en el periodo de estudio, corresponde al segundo subsistema con mayor número de fallas de la grúa. La curva de densidad de probabilidad de falla calculada por R-MES se muestra en la figura 71.

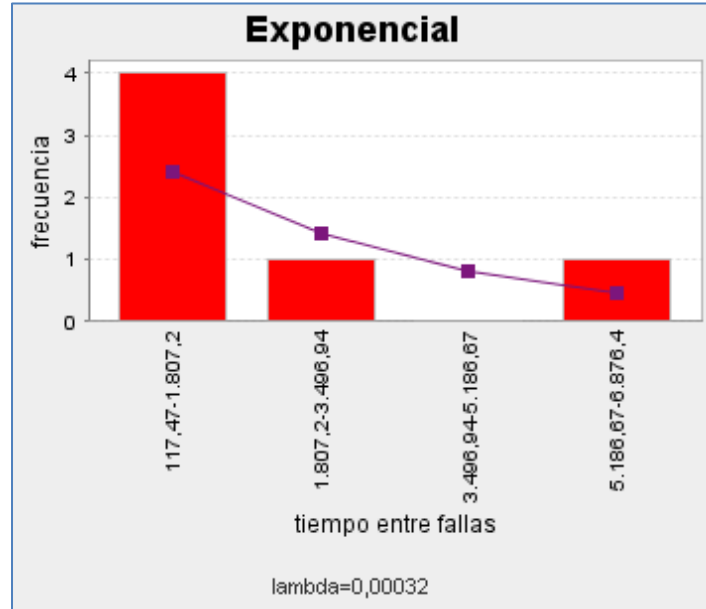


Figura 70: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-11.

Se puede observar en el gráfico de la figura 71 que los datos se ajustan con la distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00032 fallas por hora. Este subsistema al igual que el Sistema Carro se encuentra en la vida útil con tasa de falla constante igual a λ (0,00032 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Fallas para el Sis. Puente es igual a 3115 horas. La curva de confiabilidad se muestra en la figura 72.

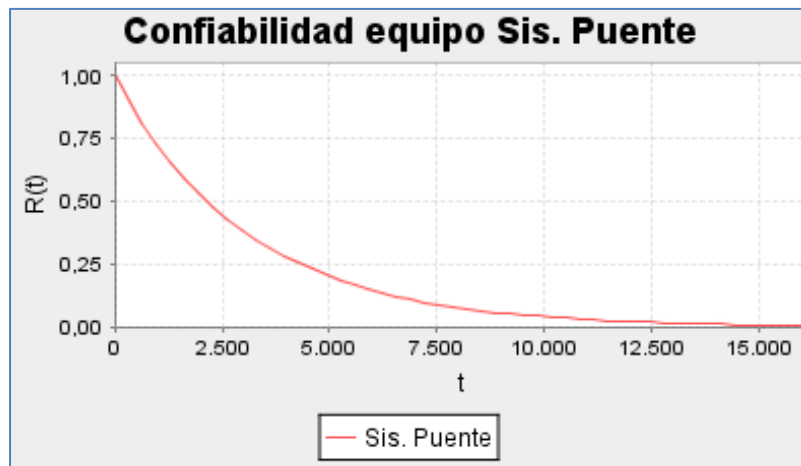


Figura 71: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-11.

4.3.1.4. Confiabilidad grúa E-11 y comparación subsistemas

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa, mostrándose en la figura 73.

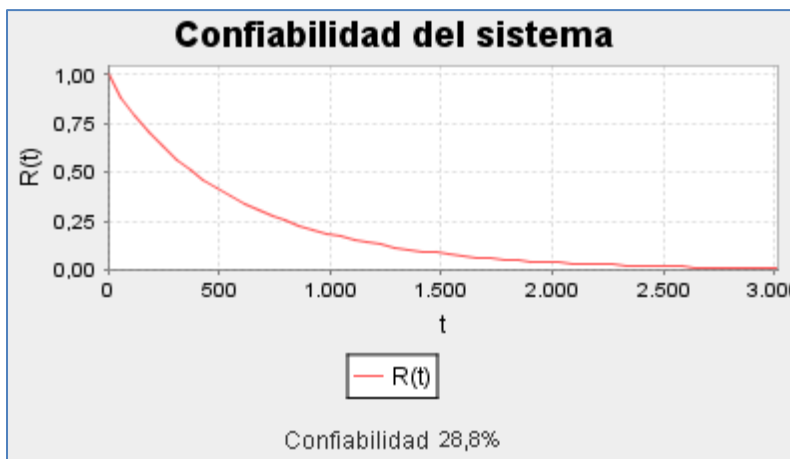


Figura 72: Curva de confiabilidad Grúa E-11.

Como se puede observar en el gráfico de la figura 73 el sistema presenta una confiabilidad de 28,8 % para las 720 horas (30 días)¹³. En la figura 74 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.

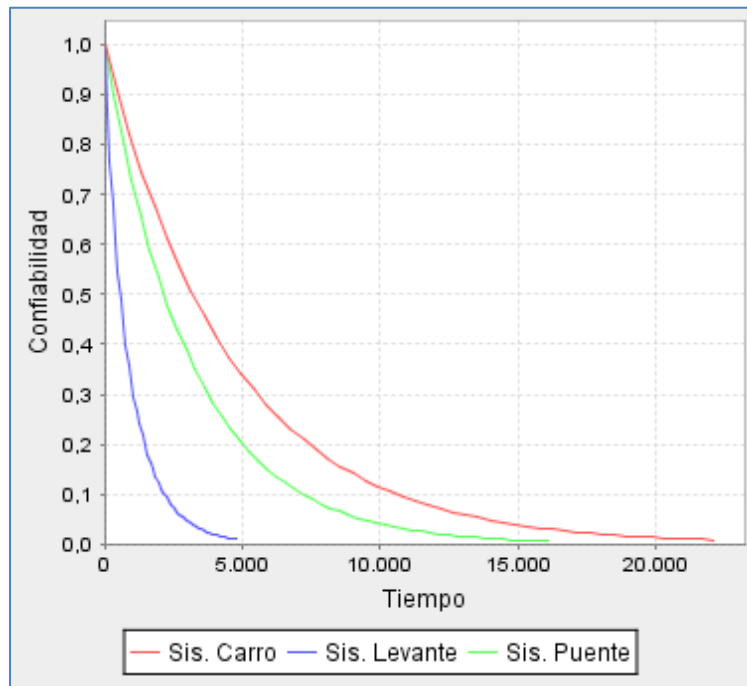


Figura 73: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-11.

En el gráfico de la figura 74 se observa como el Sistema de Levante es el subsistema que más influye negativamente en la confiabilidad de la grúa.

Dentro de los elementos que componen al Sistema de Levante se encuentran componentes con la cantidad de datos necesaria para determinar la curva de confiabilidad. A continuación se muestra cómo influyen algunos de los componentes del sistema de levante en la confiabilidad de este.

¹³ Se escoge esta escala de tiempo ($30 \times 24 = 720$ horas) para calcular una confiabilidad comparativa entre grúas, ya que representa la confiabilidad que los equipos poseen al momento en que se realizan las mantenencias preventivas mensuales.

4.3.1.5. Resumen

A continuación, en la tabla 18 se presenta un breve resumen con los datos obtenidos.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [Hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-11	---	---	---	---	28,75%
1.1. Sis. Carro	Exponencial	4599	0,00022	Vida útil	85,51%
1.2. Sis. Levante	Weibull	900	0,00107	En rodaje	42,37%
1.3. Sis. Puente	Exponencial	3115	0,00032	Vida útil	79,36%

Tabla 18: Resumen confiabilidad Grúa E-11.

Al realizar estudios de confiabilidad de sistemas, se modela un elemento a través de sus componentes según su configuración lógica funcional, por este motivo no existe forma de determinar el estado de vida del sistema. Sin embargo la curva de confiabilidad del sistema muestra la confiabilidad en el tiempo de dicho elemento.

4.3.2. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-12

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen, tal como se muestra en la figura 75.

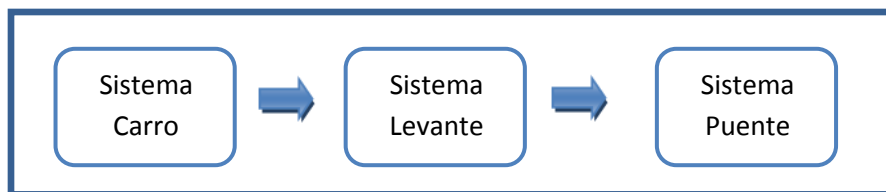


Figura 74: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-12.

4.3.2.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro

El Sistema Carro de la grúa E-12 presenta seis (6) mantenciones correctivas no planificadas en el periodo de estudio, corresponde al subsistema con menor número de fallas para esta grúa. La curva de densidad de probabilidad de falla calculada por R-MES se muestra en el grafico de la figura 76.

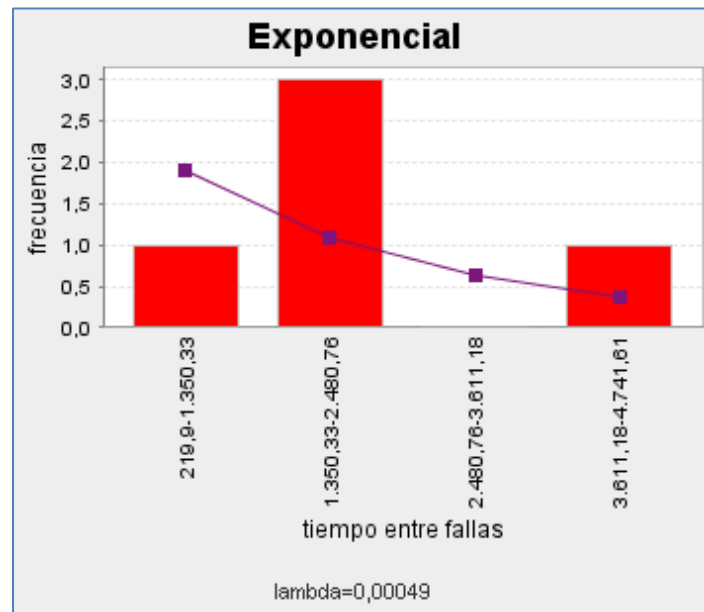


Figura 75: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-12.

Como se puede observar en la curva de la figura 76 los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ igual a 0,00049 (*fallas por hora*). Esto implica una tasa de falla constante igual a λ (0,00049 fallas por hora) y que el sistema se encuentra en su etapa de vida útil (curva de la bañera). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 2034 horas.

La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la figura 77.

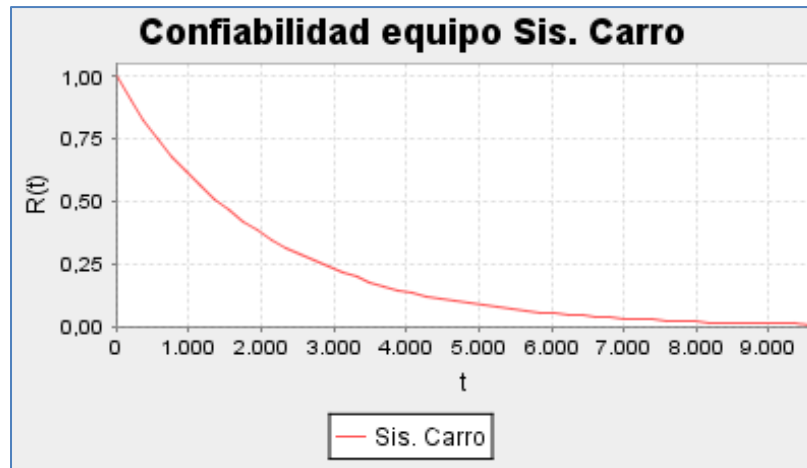


Figura 76: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-12.

4.3.2.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante

El Sistema Levante presenta dieciocho (18) mantenciones correctivas planificadas y una (1) mantención correctiva planificadas durante el periodo analizado. El sistema Levante es el sistema que presenta la mayor cantidad de mantenciones para este equipo. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la figura 78.

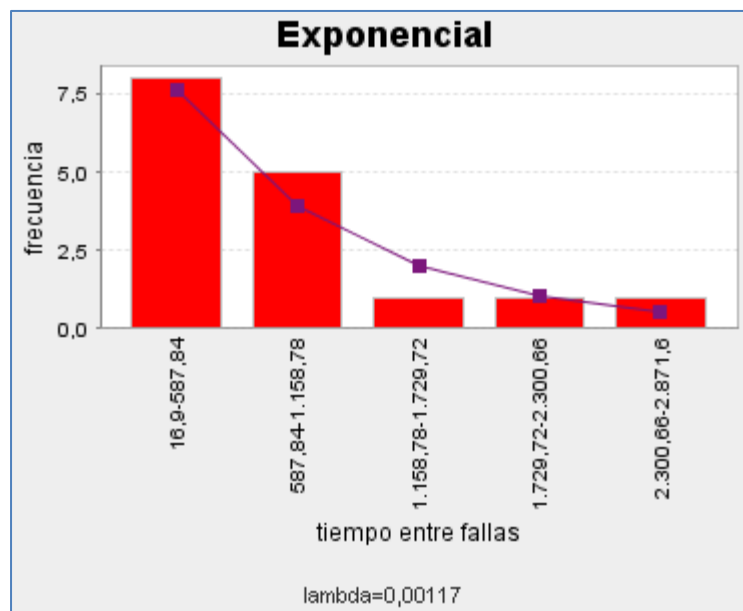


Figura 77: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-12.

En la figura 78 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ igual a 0,00117 fallas por hora. Esto implica una tasa de falla constante igual a λ (0,00117 fallas por hora) y que el sistema se encuentra en su etapa de vida útil (curva de

la bañera). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 857 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la figura 79.

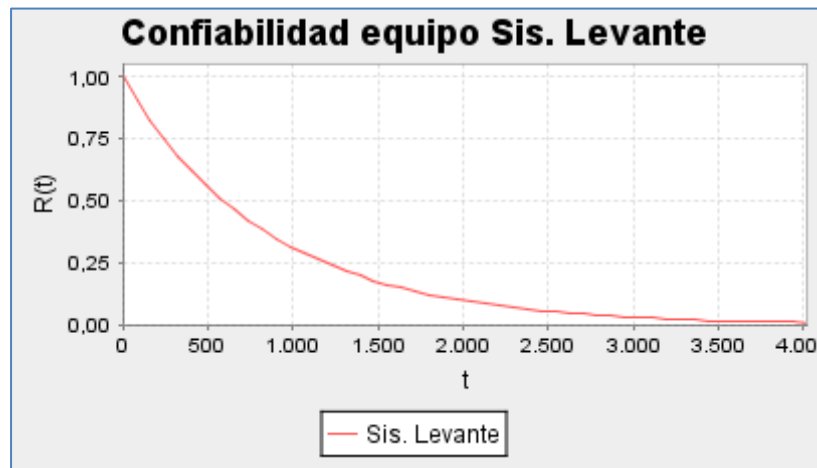


Figura 78: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-12.

4.3.2.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente

El Sistema Puente presenta quince (15) mantenciones correctivas no planificadas y dos (2) mantenciones correctivas planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la figura 80.

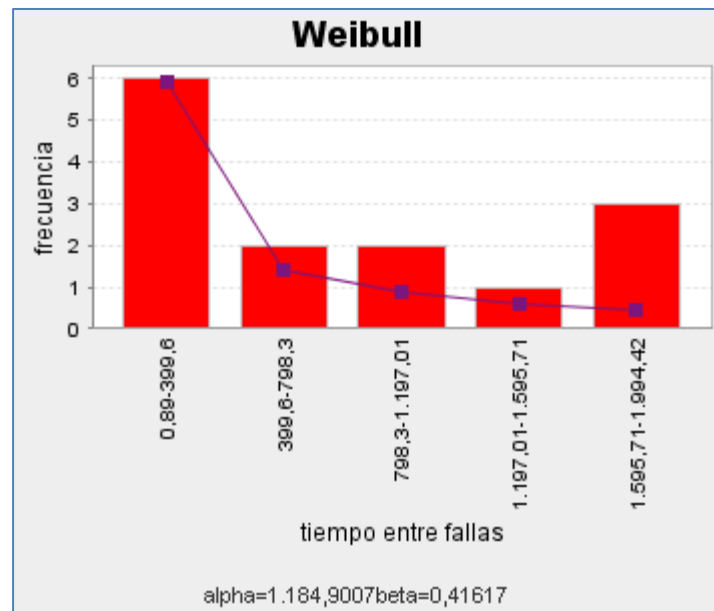


Figura 79: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-12.

En la Figura 80 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 1.184,9007 y β (β) igual a 0,41617. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje (valor de β (β) menor que uno, curva de la

bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio para el periodo de estudio se de 0,00047. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 3543Horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la figura 81.

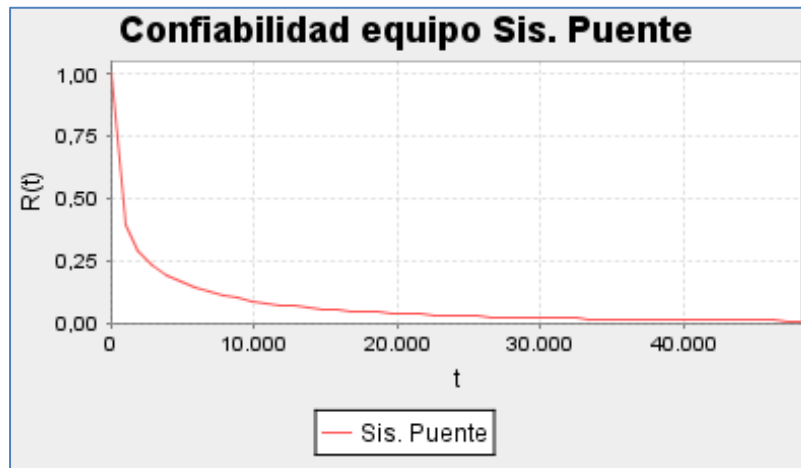


Figura 80: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-12.

4.3.2.4. Comparación

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa, la que se muestra en la Figura 82.

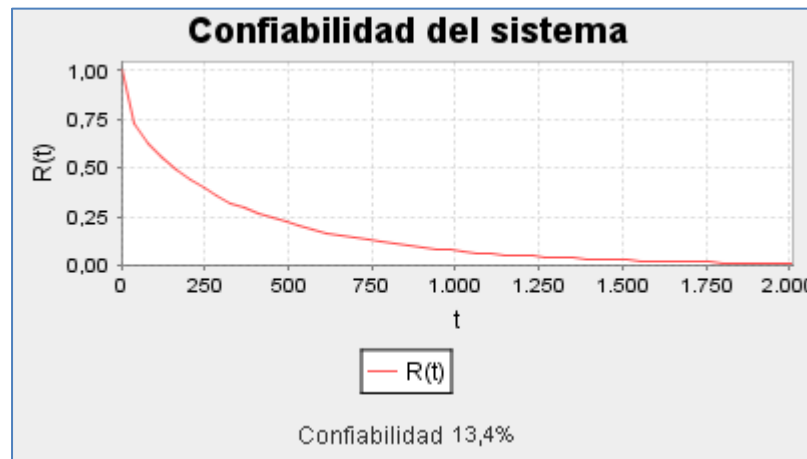


Figura 81: Curva de confiabilidad Grúa E-12.

Como se puede observar en el gráfico de la Figura 82 el sistema presenta una confiabilidad de 13,4 % para las 720 horas (30 días). En Figura 83 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.

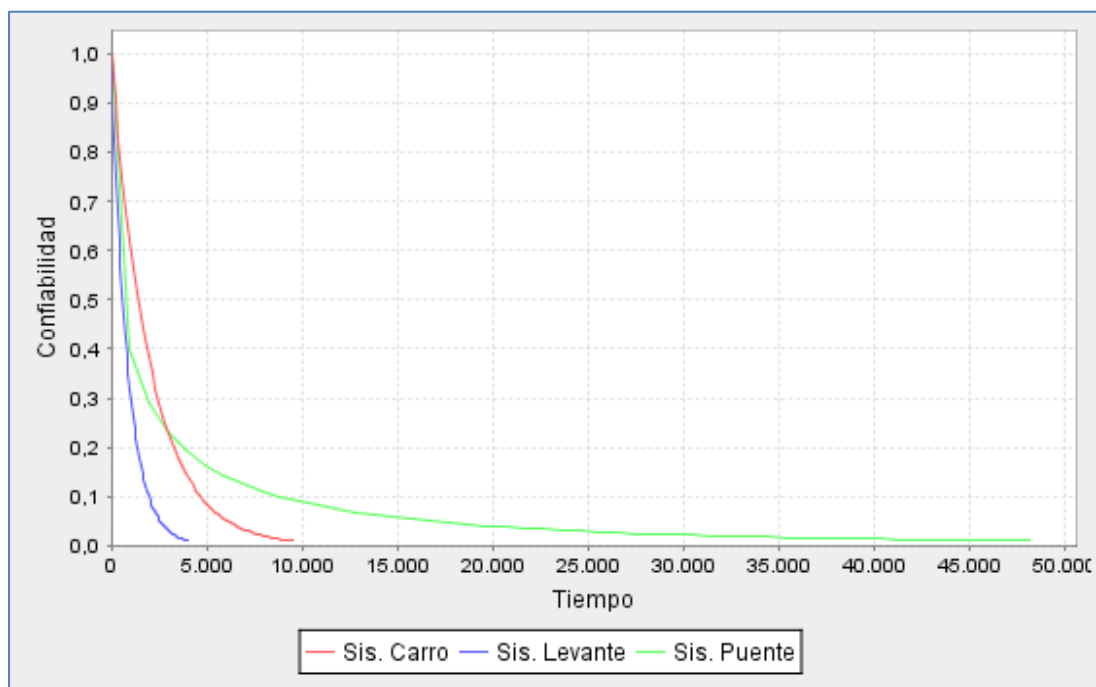


Figura 82: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-12.

Como se puede observar en el gráfico de la figura 83 el Sistema de Levante es el sistema que más afecta a la confiabilidad de la grúa. La influencia del sistema de Levante es solo comprable con el Sistema Puente que para las primeras 1000 horas (Tiempo relevante) posee una curva de confiabilidad muy cercana a la del Sistema de Levante.

4.3.2.5. Resumen

A continuación un breve resumen con los datos obtenidos en la Tabla 19.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [Hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-12	---	---	---	---	13,44%
1.1.Sis. Carro	Exponencial	2034	0,00049	Vida útil	70,19%
1.2.Sis. Levante	Exponencial	857	0,00117	Vida útil	43,17%
1.3.Sis. Puente	Weibull	3543	0,00047	En rodaje	44,36%

Tabla 19: Resumen confiabilidad Grúa E-12.

4.3.3. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-13

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen tal como se muestra en la figura 84.

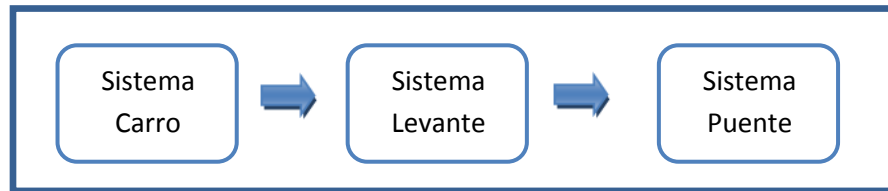


Figura 83: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-13.

4.3.3.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro

El Sistema Carro presenta 14 mantenciones correctivas no planificadas, siendo este el sistema que menor número de intervenciones presenta durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 85.

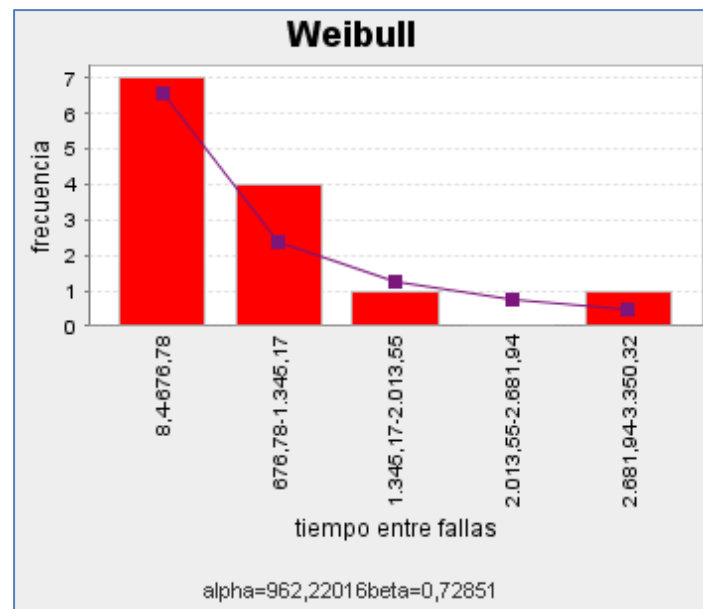


Figura 84: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-13.

En la figura 85 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 962,2201 y parámetro β (β) igual a 0,72851. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente.

La tasa de falla Promedio para el periodo de estudio es de 0,00082 fallas por hora y el Tiempo Medio Entre Fallas es de 1174 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 86.

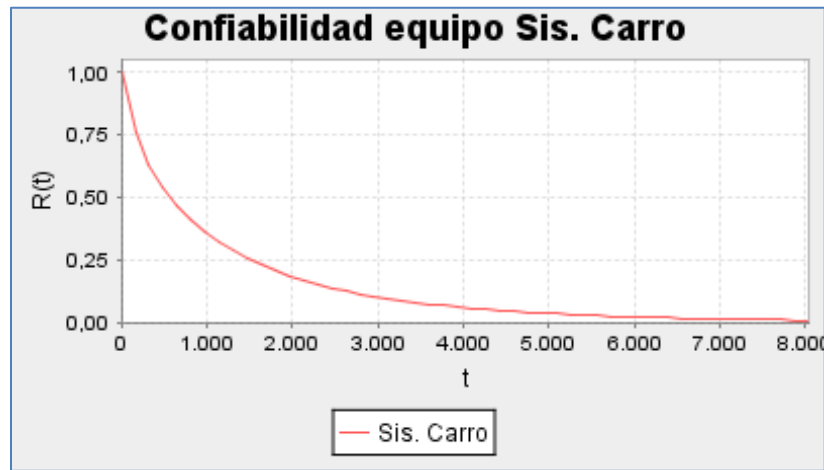


Figura 85: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-13.

4.3.3.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante

El Sistema Levante presenta treinta y tres (33) mantenciones correctivas no planificadas y una (1) mantención correctiva planificada siendo el sistema con mayor número de intervenciones durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 87.

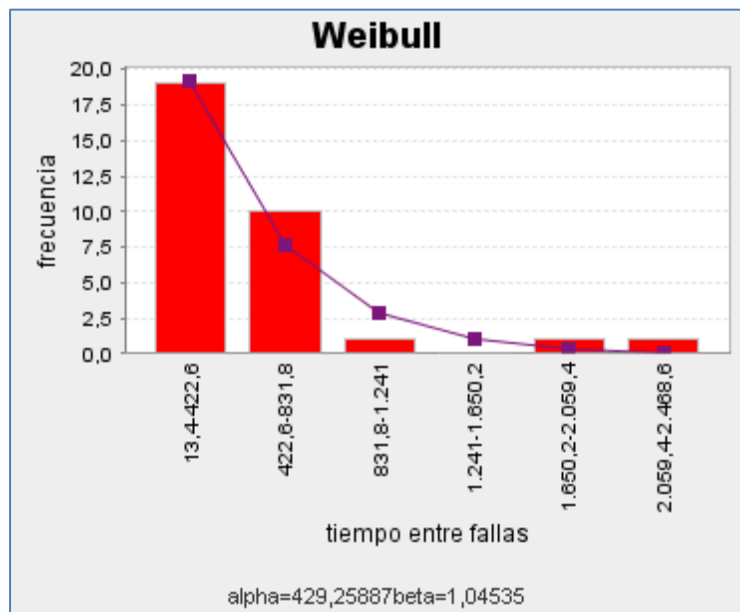


Figura 86: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-13.

En la Figura 87 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 429,25887 y parámetro β (β) igual a 1,04535. Para este caso basándose en la curva de densidad de probabilidades del sistema y que el factor beta sea muy cercano a 1 se determina que el Sistema Levante se encuentra en su vida útil, con tasa de falla constante o con muy poca variación. La tasa de falla es de 0,00249 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 421 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 88.

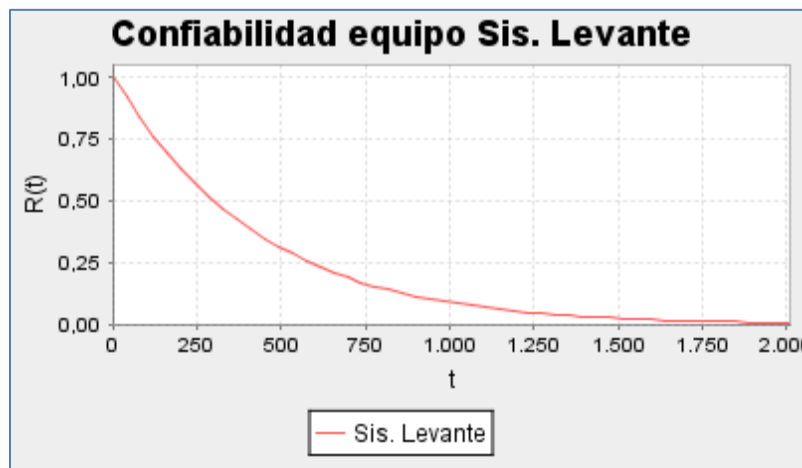


Figura 87: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-13.

4.3.3.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente

El Sistema Puente presenta treinta y un (31) mantenciones correctivas no planificadas y dos (2) mantenciones correctivas planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 89.

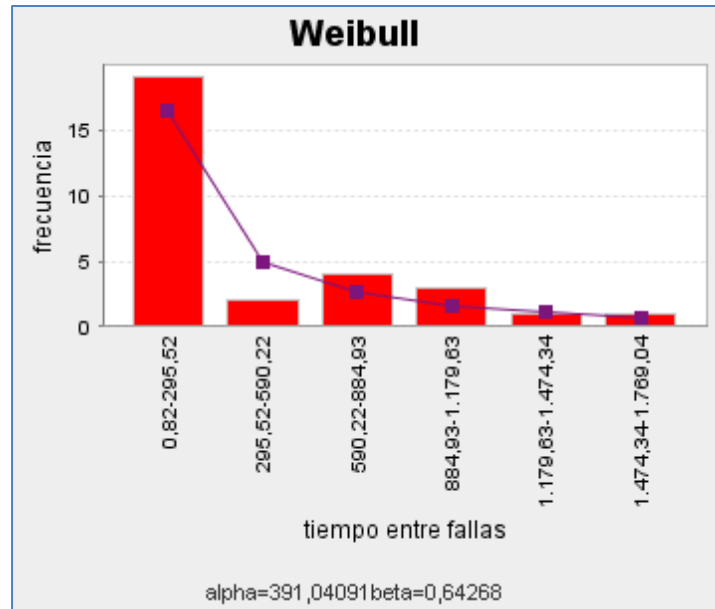


Figura 88: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-13.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 391,04091 y parámetro β (β) igual 0,64268. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio es de 0,00132 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 541 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 90.

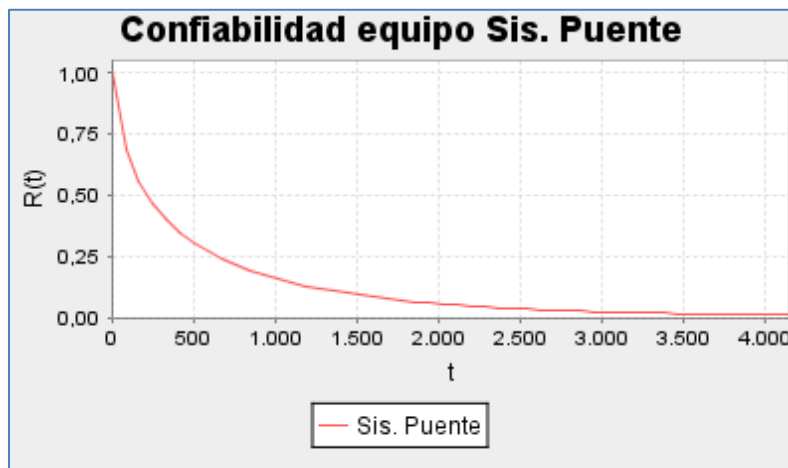


Figura 89: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-13.

4.3.3.4. Comparación

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa, que se muestra en la _Figura 91.

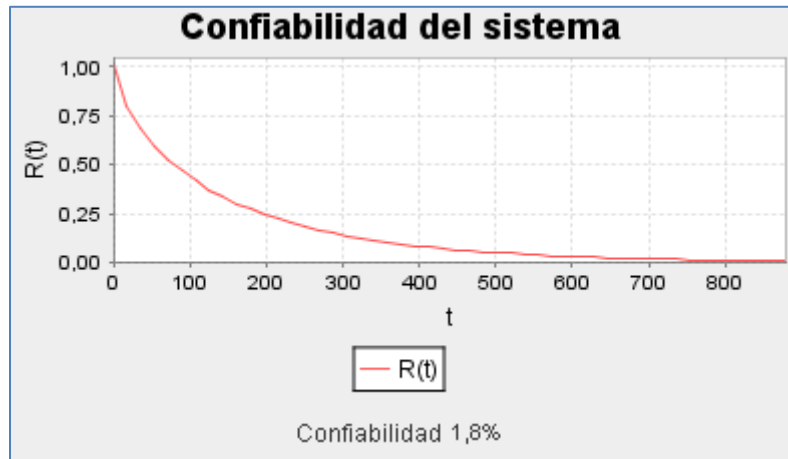
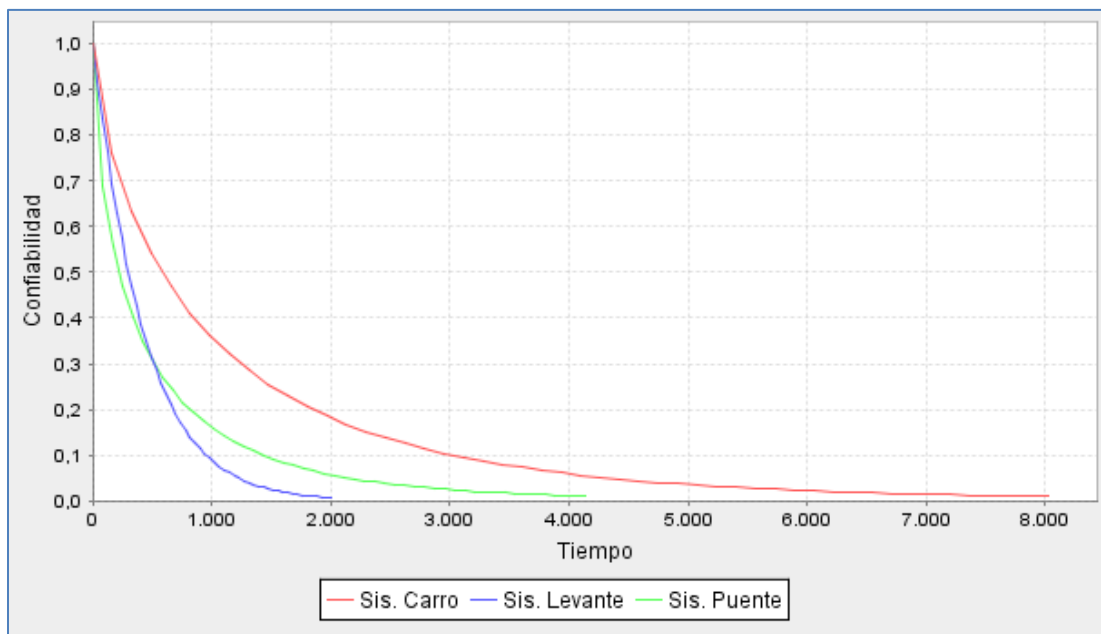


Figura 90: Curva de confiabilidad Grúa E-13.

Como se puede observar en el gráfico de la Figura 91 el sistema presenta una confiabilidad de 1,8% para las 720 horas (30 días). En el gráfico de la Figura 92 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.



En el gráfico anterior se observa como el Sistema de Levante es el subsistema que más influye en la confiabilidad de la grúa. También se puede apreciar que para tiempos de operación menores a las 600 horas el Sis. Puente posee menor confiabilidad aunque muy cercana al Sis. Levante.

4.3.3.5. Resumen

A continuación un breve resumen con los datos obtenidos presentados en la Tabla 20.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [Hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-13	---	---	---	---	1,82%
1.1. Sis. Carro	Weibull	1174	0,00082	En rodaje	44,51%
1.2. Sis. Levante	Weibull	421	0,00249	Desgaste	17,96%
1.3. Sis. Puente	Weibull	541	0,00132	En rodaje	22,75%

Tabla 20: Resumen confiabilidad Grúa E-13.

Este equipo en particular cuenta con un buen número de datos para este análisis, sin embargo es difícil entender los resultados sobre la etapa de vida (en rodaje) de dos de sus subsistemas. El hecho de que el equipo tenga tantos años de servicio (alrededor de 30 años) y aun se encuentre en su etapa de rodaje se puede deber a que aun en esta etapa avanzada de su vida real se hacen mejoras importantes para disminuir la tasa de falla.

4.3.4. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-14

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen, tal como se muestran en la Figura 92.

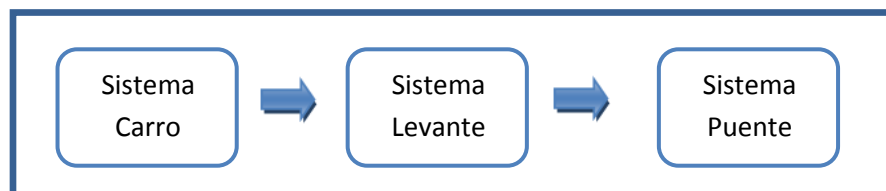


Figura 91: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-14.

4.3.4.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro

El Sistema Carro presenta dos (2) mantenciones correctivas no planificada y una (1) mantención correctiva planificada durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 93.

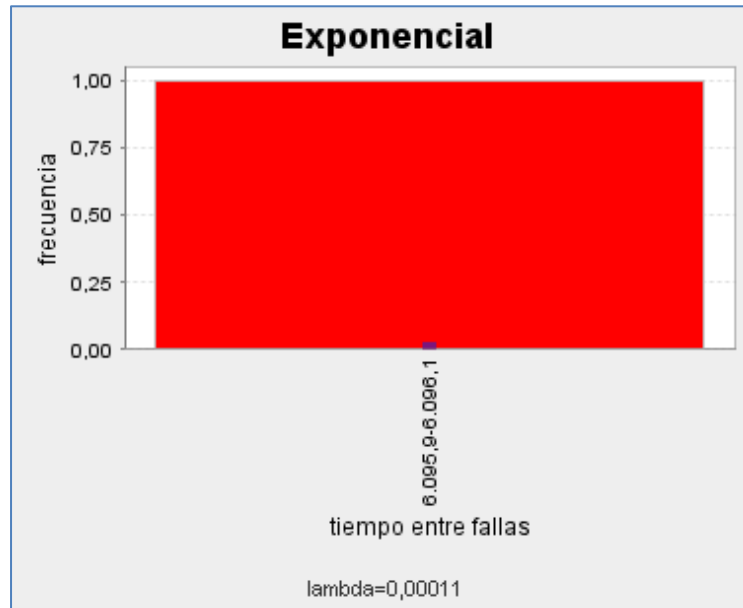


Figura 92: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-14.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00011 fallas por hora. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa vida útil (curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es constante igual a λ (0,00011 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Falla es de 8795 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 94.

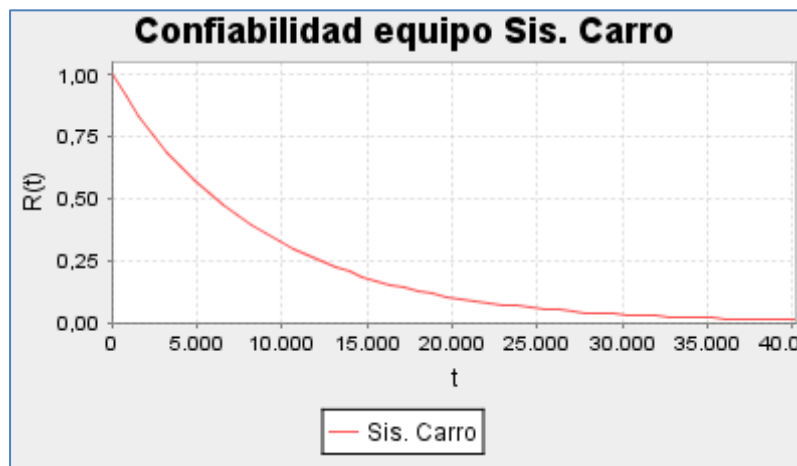


Figura 93: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-14.

4.3.4.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante

El Sistema Levante presenta dieciséis (16) mantenciones correctivas no planificadas y cuatro (4) mantenciones correctivas planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 95.

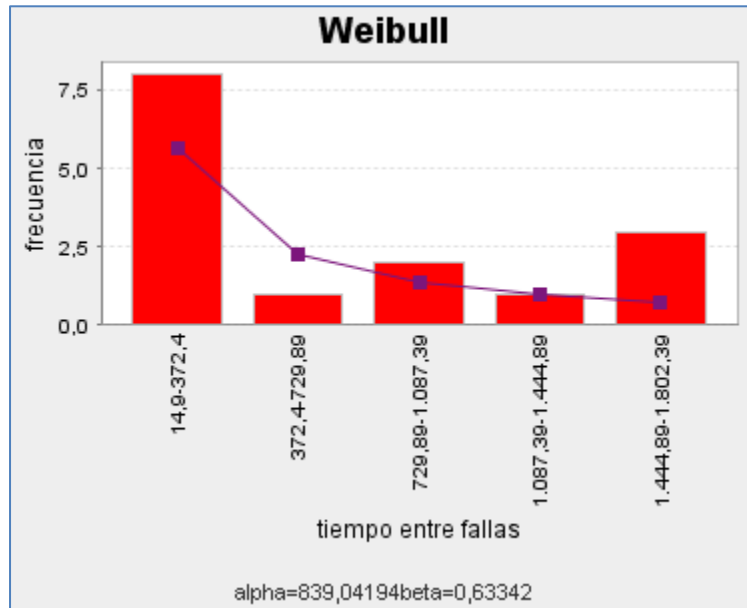


Figura 94: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-14.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 839,04194 y parámetro β (β) igual 0,63342. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje de su vida útil (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio para el periodo es igual a 0,00085 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 1180 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la figura 96.

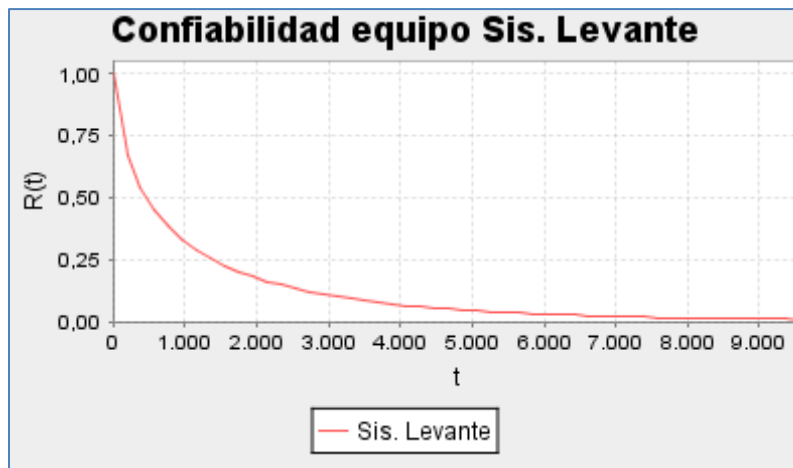


Figura 95: Curva de confiabilidad Sis. Carro Levante E-14.

4.3.4.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente

El Sistema Puente presenta once (11) mantenencias correctivas no planificadas y cuatro (4) mantenencias correctivas no planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 97.

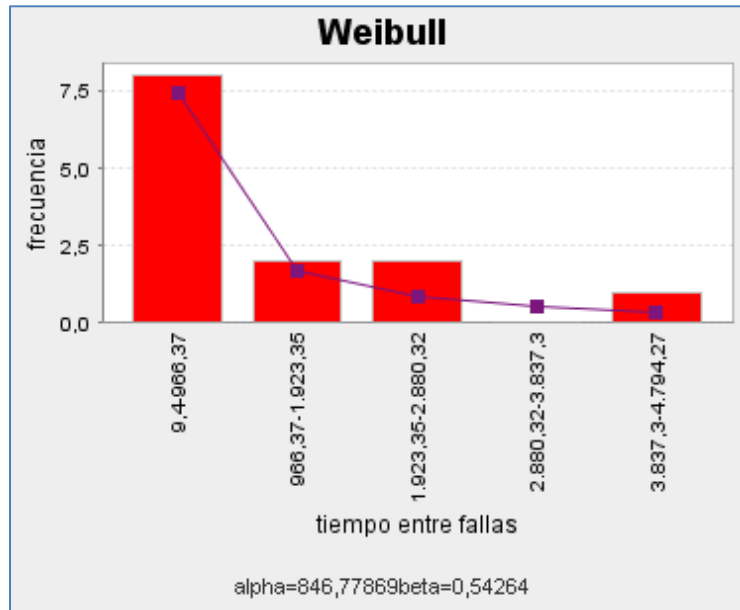


Figura 96: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Puente E-14.

En la figura 97 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 846,77869 y parámetro β (β) igual 0,54364. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje de su vida útil (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla para el periodo de estudio es igual a 0,00068 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es igual a 1472 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 98.

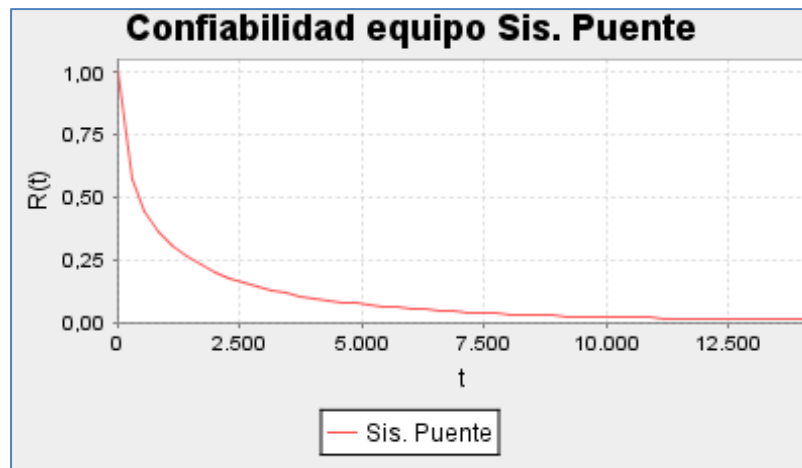


Figura 97: Curva de confiabilidad Sis. Carro Puente E-14.

4.3.4.4. Comparación

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa de la Figura 99.

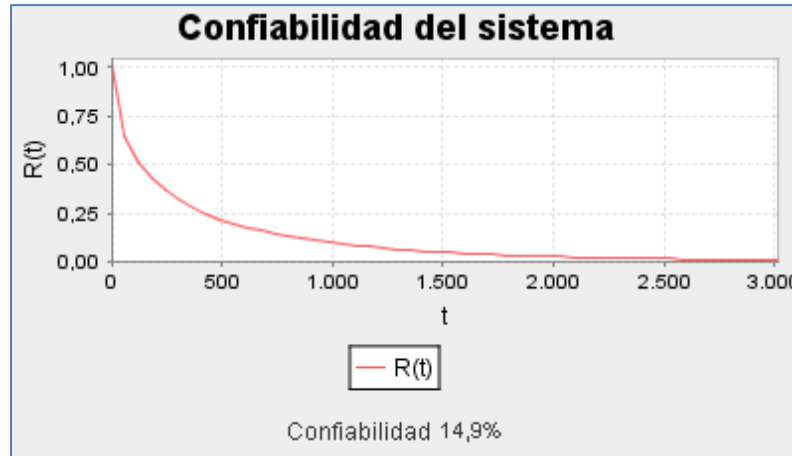


Figura 98: Curva de confiabilidad Grúa E-14.

Como se puede observar en el gráfico anterior el sistema presenta una confiabilidad de 14,9% para las 720 horas (30 días). En el gráfico de la Figura 100 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.

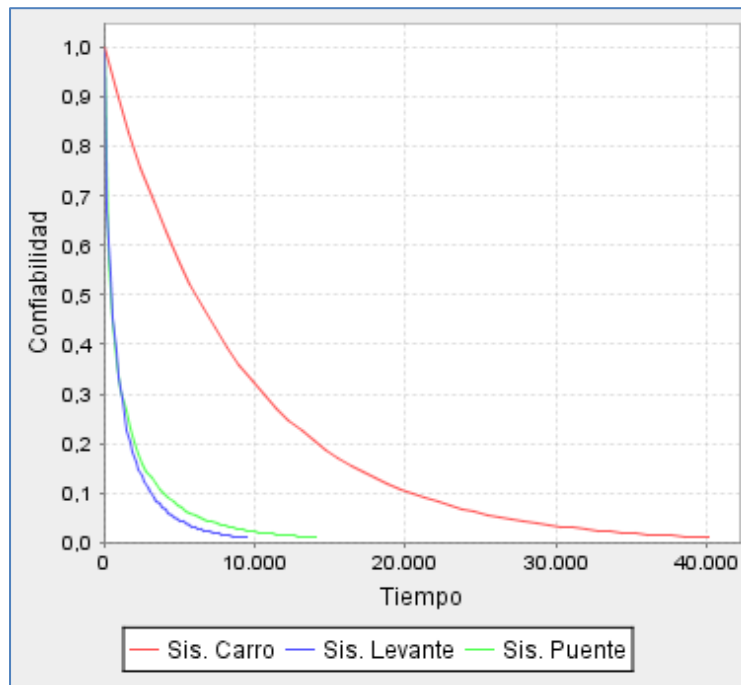


Figura 99: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-14.

En el gráfico de la Figura 100 se observa como el Sistema de Levante en conjunto con el Sistema Puentees son los subsistemas que más influye en la confiabilidad de la grúa. También se observa que el sistema más confiable de los tres es el sistema Carro ya que cuenta con muy pocas fallas en el periodo.

4.3.4.5. Resumen

A continuación un breve resumen con los datos obtenidos en la Tabla 21.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [Hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-14	---	---	---	---	14,88%
1.1. Sis. Carro	Exponencial	8794	0,00011	Vida útil	92,14%
1.2. Sis. Levante	Weibull	1180	0,00085	En rodaje	40,35%
1.3. Sis. Puente	Weibull	1472	0,00068	En rodaje	40,02%

Tabla 21: Resumen confiabilidad Grúa E-14.

Nuevamente en este caso la etapa de vida de dos subsistemas corresponde a una etapa en rodaje y justamente son los que cuentan con mayor número de intervenciones. Esto evidencia que el gran número de mantenciones se ha ido obteniendo una mejoría en la tasa de falla.

4.3.5. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-15

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen, tal como se muestra en la Figura 101.

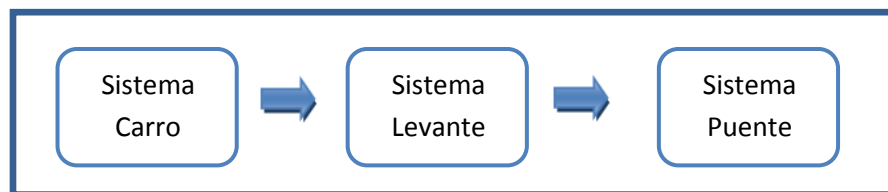


Figura 100: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-15.

4.3.5.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro

El Sistema Carro presenta diez (10) mantenciones correctivas no planificadas y cuatro (4) mantenciones correctivas planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 102.

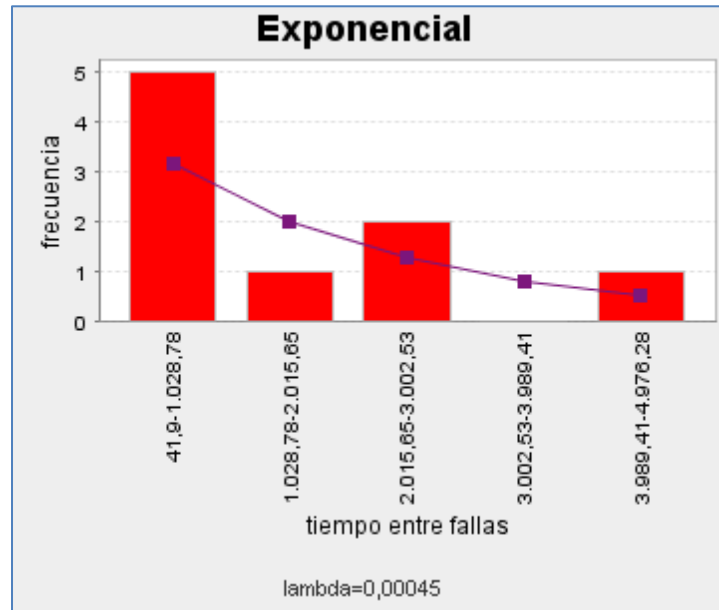


Figura 101: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-15.

En la figura 102 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00045 fallas por hora. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de vida útil (curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es constante igual a λ (0,00045 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 2217 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 103.

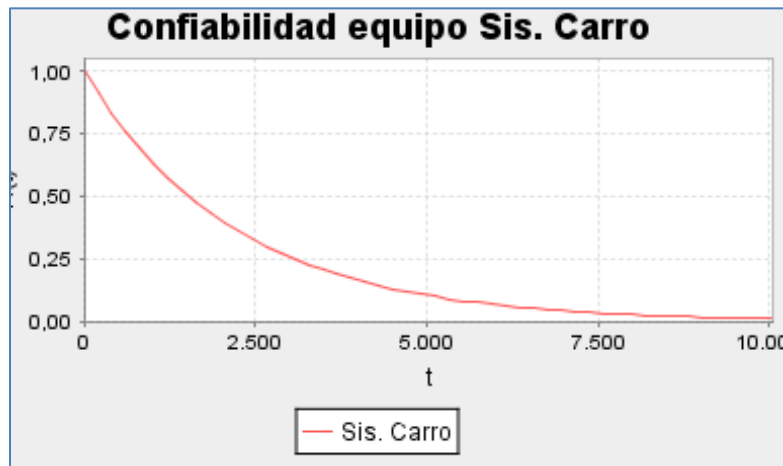


Figura 102: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-15.

4.3.5.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante

El Sistema Levante presenta veinte y ocho (28) mantenciones correctivas no planificadas y una (1) mantención correctiva planificada durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 104.

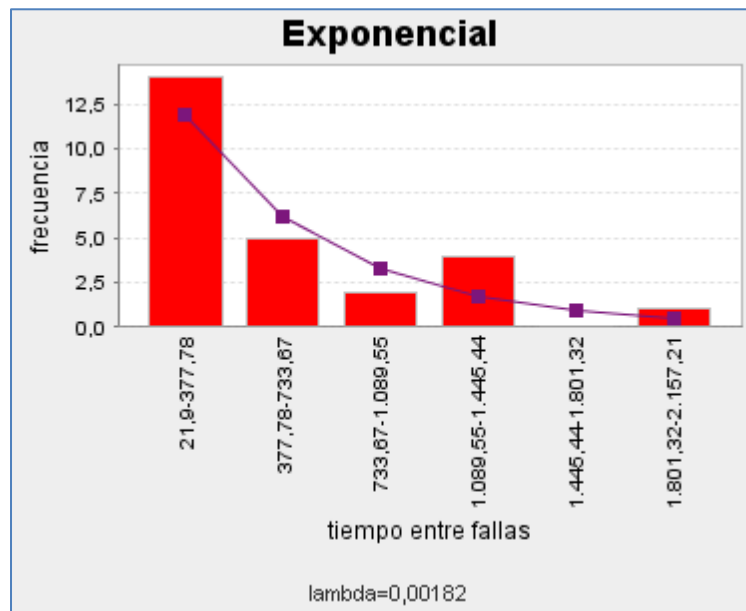


Figura 103: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-15.

En la figura 104 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00182 fallas por hora. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de vida útil (curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es constante igual a λ (0,00182 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 549 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 105.

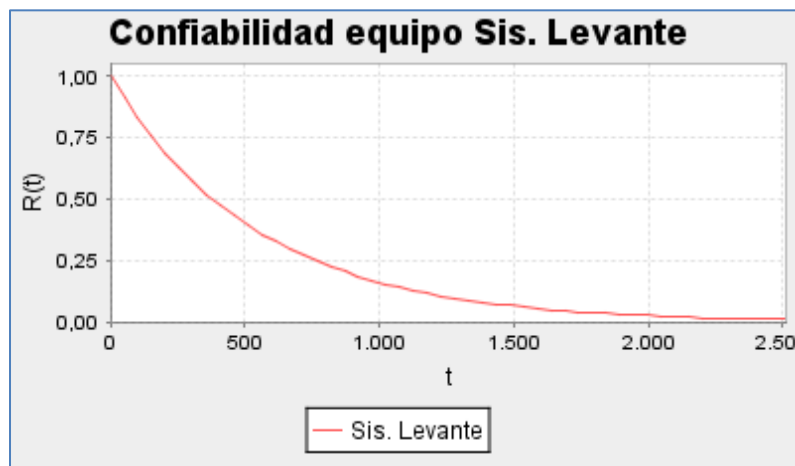


Figura 104: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-15.

4.3.5.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente

El Sistema Puente presenta dieciséis (16) mantenciones correctivas no planificadas y dos (2) mantenciones correctivas planificadas fallas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES se muestra en la Figura 106.

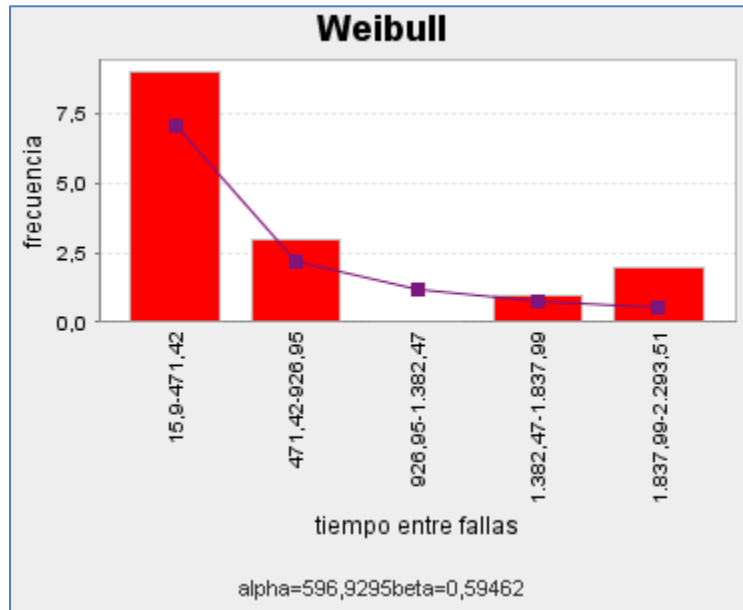


Figura 105: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-15.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 596,9295 y parámetro β (β) igual 0,59462. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio para el periodo de estudio es de 0,00110 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 909 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 107.

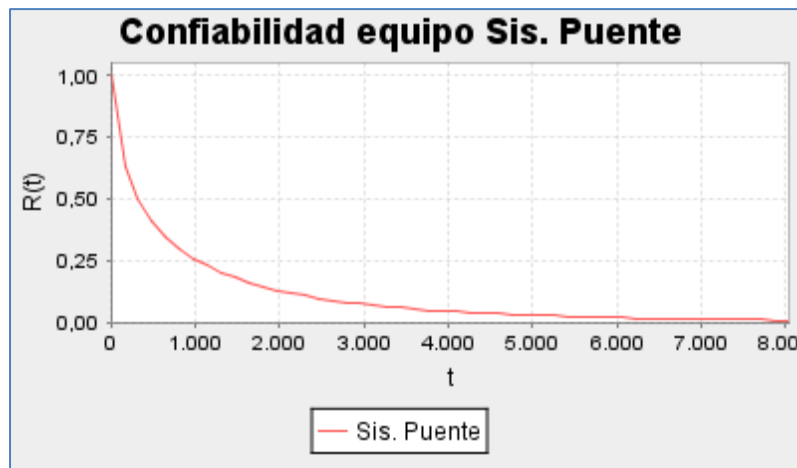


Figura 106: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-15.

4.3.5.4. Comparación

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa, que se muestra en la Figura 108.

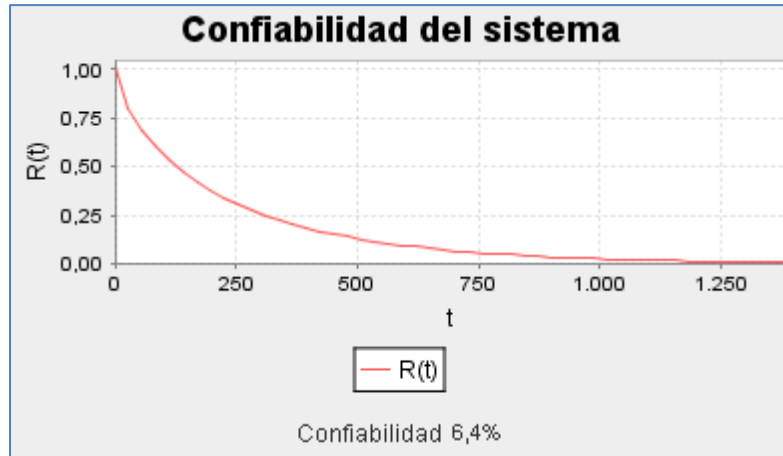


Figura 107: Curva de confiabilidad Grúa E-15.

Como se puede observar en el gráfico anterior el sistema presenta una confiabilidad de 6,4% para las 720 horas (30 días). En el gráfico de la Figura 109 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.

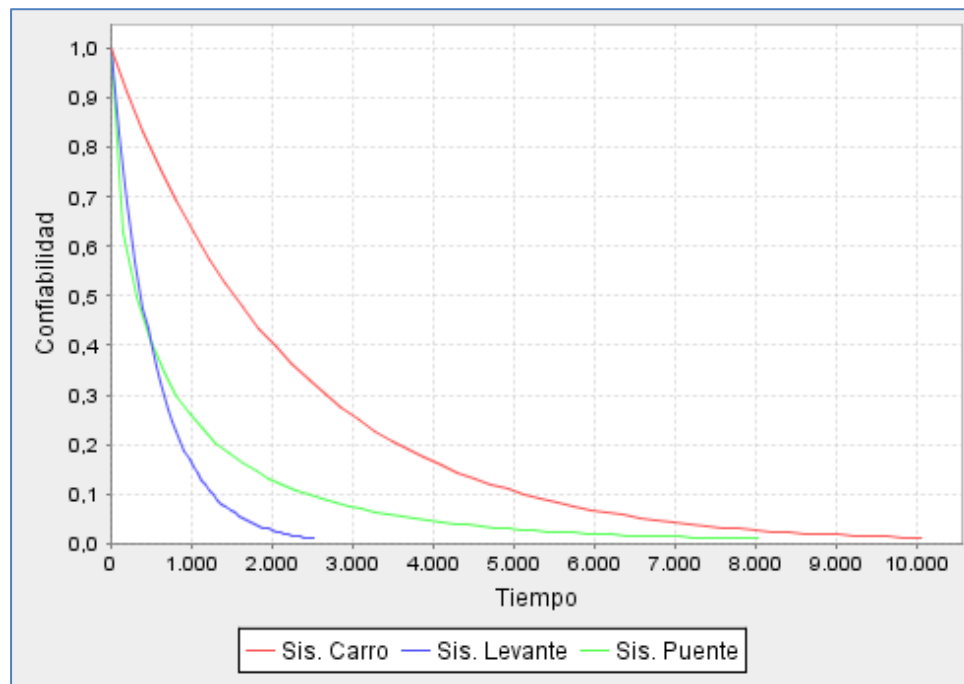


Figura 108: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-15.

En el gráfico 109 se observa como el Sistema de Levante junto con el Sistema Puente son los subsistemas que más influyen en la confiabilidad de la grúa. Para las primeras 720 horas se

observa una confiabilidad muy cercana entre estos dos subsistemas, sin embargo al seguir avanzado en el tiempo el Sistema Puente va mejorando la confiabilidad comparada con el sistema Levante. A pesar de esa leve mejoría en confiabilidad de un sistema respecto al otro la confiabilidad de mayor relevancia es para las 720 horas iniciales

4.3.5.5. Resumen

A continuación un breve resumen con los datos obtenidos, mostrados en la tabla 22.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-15	---	---	---	---	6,36%
1.1. Sis. Carro	Exponencial	2217	0,00045	Vida útil	72,27%
1.2. Sis. Levante	Exponencial	548	0,00182	Vida útil	26,93%
1.3. Sis. Puente	Weibull	909	0,00110	En rodaje	32,70%

Tabla 22: Resumen confiabilidad Grúa E-15.

4.3.6. Curva y parámetros de confiabilidad Grúa E-16

La obtención de la curva de confiabilidad que mejor se ajusta a los datos se obtiene al cargar los datos en el software modelado solamente con sus tres subsistemas en serie y con los datos de los componentes agregados al subsistema al que pertenecen, tal como se muestran en la Figura 110.

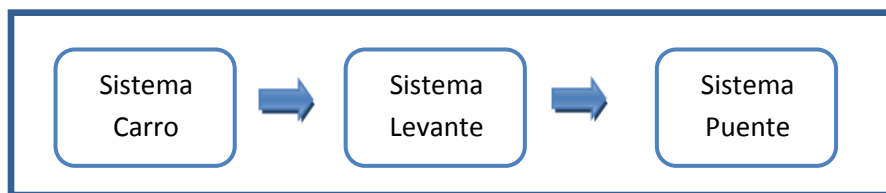


Figura 109: Representación bloques de confiabilidad Grúa E-16.

4.3.6.1. Curva Confiabilidad Sistema Carro

El Sistema Carro presenta tres (3) mantenciones correctivas no planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 111.

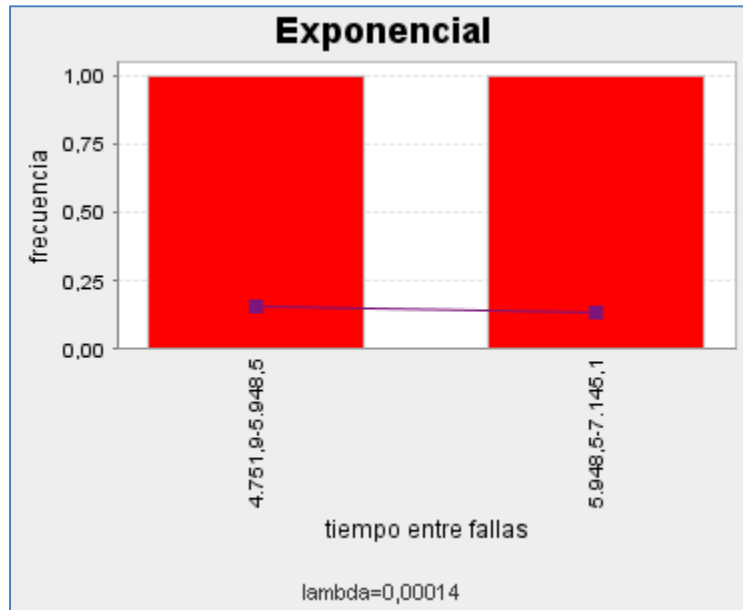


Figura 110: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Carro Grúa E-16.

En la figura 111 se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00014 fallas por hora. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de vida útil (curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es constante igual a λ (0,00014 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 7051 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 112.

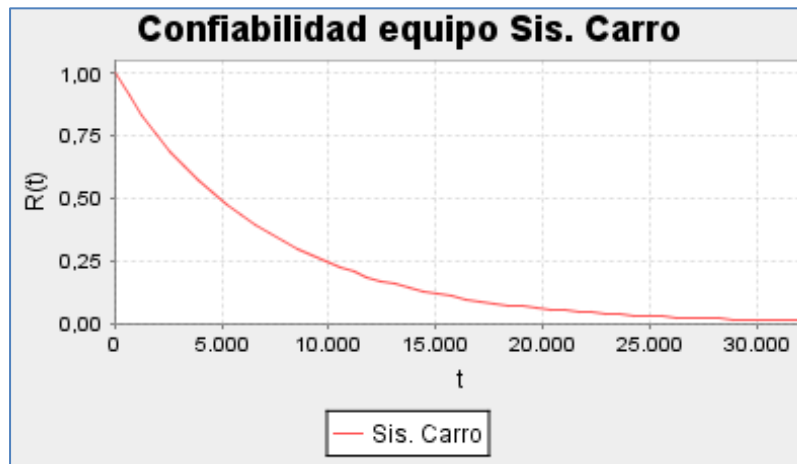


Figura 111: Curva de confiabilidad Sis. Carro Grúa E-16.

4.3.6.2. Curva Confiabilidad Sistema Levante

El Sistema Levante presenta diecisiete (17) mantenciones correctivas no planificadas y dos (2) mantenciones correctivas planificadas durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES en la Figura 113.

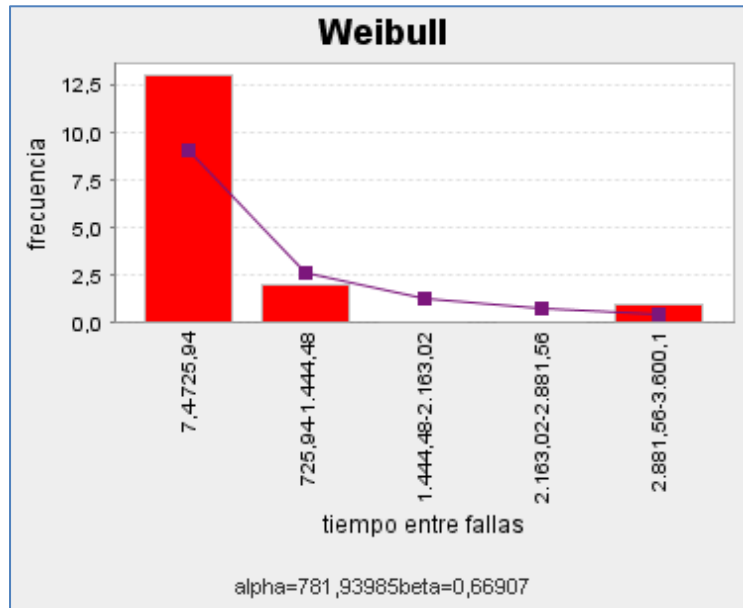


Figura 112: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Levante Grúa E-16.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Weibull con parámetro α (α) igual a 781,93985 y parámetro β (β) igual 0,66907. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje de su vida útil (valor de β (β) menor que uno, curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es decreciente. La tasa de falla promedio para el periodo analizado es de 0,00966 fallas por hora. El Tiempo Medio Entre Fallas es de 1035 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 114.

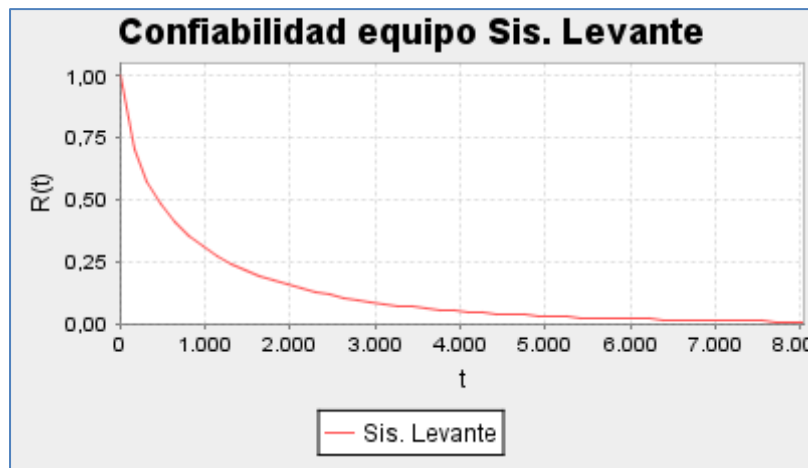


Figura 113: Curva de confiabilidad Sis. Levante Grúa E-16.

4.3.6.3. Curva Confiabilidad Sistema Puente

El Sistema Puente presenta dos (2) mantenciones correctivas no planificadas y una (1) mantención correctiva planificada durante el periodo analizado. La curva de densidad de probabilidad de falla se muestra calculada por R-MES.

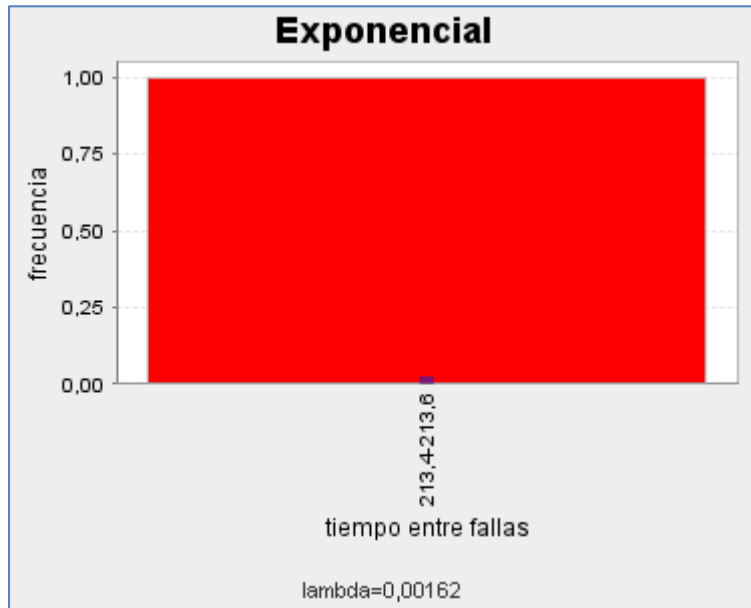


Figura 114: Curva de densidad de probabilidad de falla Sis. Puente Grúa E-16.

En la figura anterior se aprecia que los datos se ajustan a una distribución Exponencial con parámetro λ (λ) igual a 0,00162 fallas por hora. De estos parámetros se deduce que el sistema se encuentra en la etapa de rodaje (curva de la bañera) y con esto que la tasa de falla es constante igual a λ (0,00162 fallas por hora). El Tiempo Medio Entre Fallas es de 619 horas. La curva de confiabilidad queda determinada por la curva de la Figura 116.

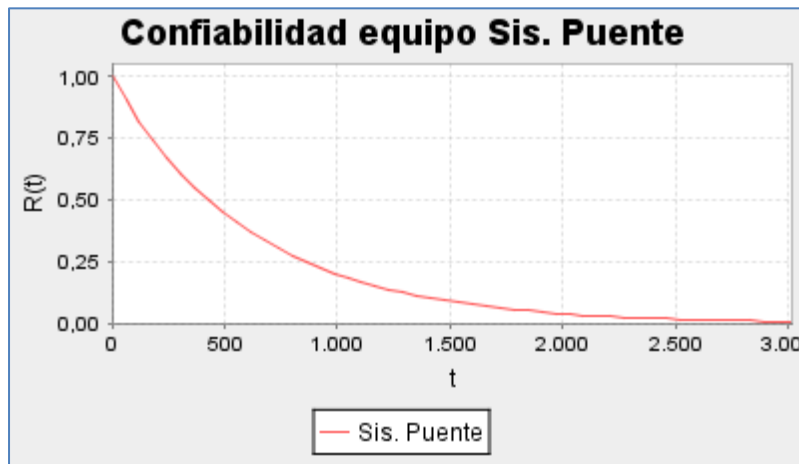


Figura 115: Curva de confiabilidad Sis. Puente Grúa E-16.

4.3.6.4. Comparación

A partir de la configuración lógica para este sistema y el modelo de confiabilidad de sus componentes se determina la curva de confiabilidad de la grúa, que se muestra en la Figura 117.

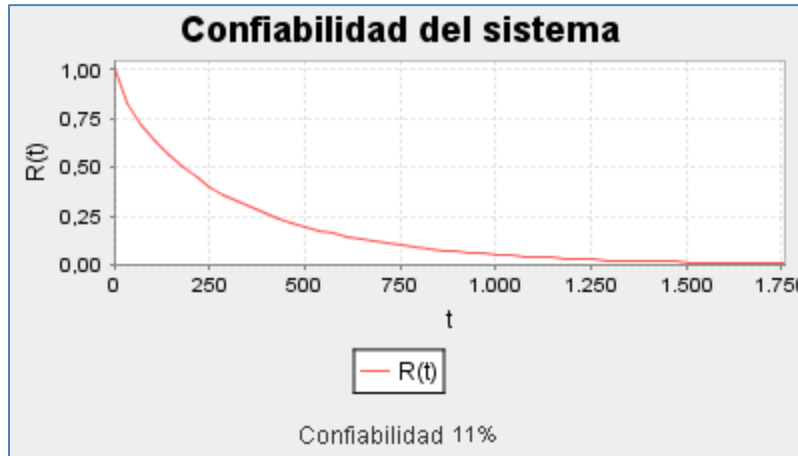


Figura 116: Curva de confiabilidad Grúa E-16.

Como se puede observar en el gráfico de la Figura 117 el sistema presenta una confiabilidad de 11% para las 720 horas (30 días). En el gráfico de la Figura 118 se puede observar cómo influye la confiabilidad de cada uno de los subsistemas en la confiabilidad de la grúa.

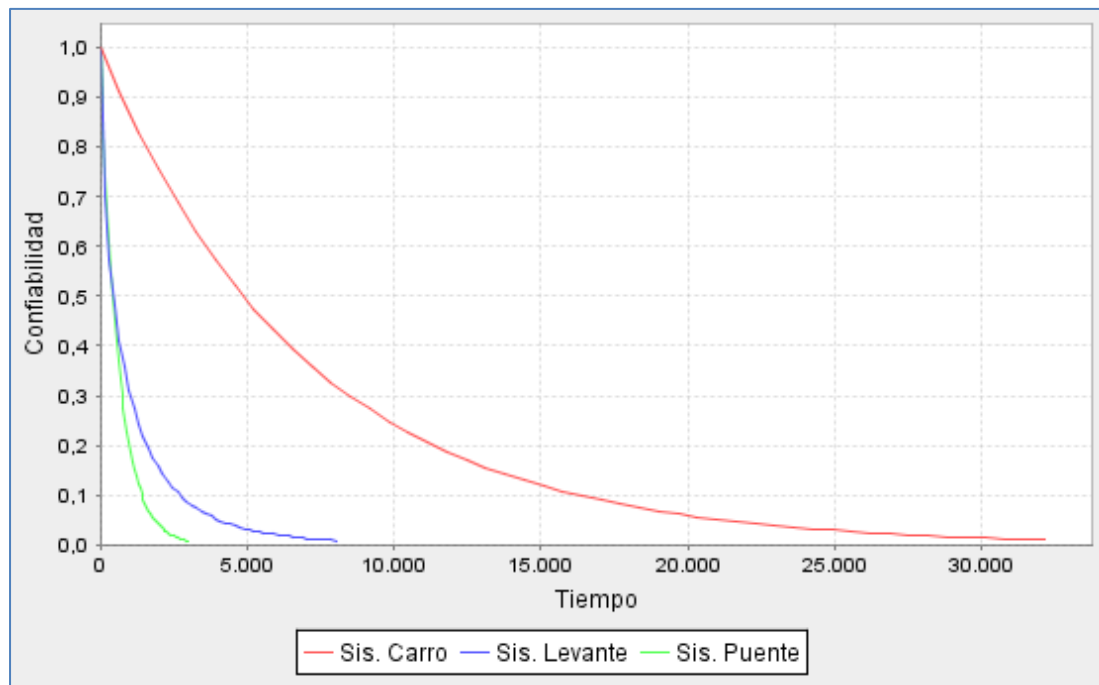


Figura 117: Comparación influencia de confiabilidad entre subsistemas Grúa E-16.



En el gráfico 118 se observa como el Sistema de Levante junto con el Sistema Puente son los subsistemas que más influyen en la confiabilidad de la grúa en las primeras 1000 horas. También se puede apreciar la gran diferencia de confiabilidad con el Sistema Carro.

4.3.6.5. Resumen

A continuación un breve resumen con los datos obtenidos, que se muestran en la Tabla 23.

Nombre	Modelo de Confiabilidad	TMEF [Hora]	Tasa de Falla λ	Etapas de vida	Confiabilidad 720 Horas
1. Grúa E-16	---	---	---	---	10,96%
1.1. Sis. Carro	Exponencial	7051	0,00014	Vida útil	90,29%
1.2. Sis. Levante	Weibull	1035	0,00097	En rodaje	38,82%
1.3. Sis. Puente	Exponencial	619	0,00162	Vida útil	31,26%

Tabla 23: Resumen confiabilidad Grúa E-16.

5. ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD

El análisis de los parámetros de disponibilidad y mantenibilidad permite determinar el estado actual de los equipos y efectuar análisis que facilitan la toma de decisiones en cuanto a posibles mejoras de estos indicadores.

Los parámetros como el *Tiempo Medio Entre Fallas* (TMEF) y *Tiempo Medio Para Reparar* (TMPR) permiten evaluar la condición de operación de los equipos y la eficiencia de las actividades de mantención. La meta productiva de cualquier departamento de mantención industrial es mantener a los equipos en óptimas condiciones de producción¹⁴ y seguridad, permitiendo un mayor tiempo de operación.

La mantenibilidad (TMPR) expresa el tiempo promedio esperado para la duración de una actividad de mantención específica. Se relaciona directamente con el nivel de dificultad¹⁵ de la actividad medida. Mientras mayor sea este tiempo, mayor grado de dificultad para la mantención. El nivel de dificultad se puede deber a diferentes factores como por ejemplo el diseño de los equipos mantenidos, la capacitación de los técnicos de mantención, logísticos (traslado de repuestos u otros), administrativos (ver marco teórico). Al identificar un tiempo muy alto de TMPR de un equipo se debe determinar cuál es la causa de este. Al disminuir este indicador se aumenta directamente la disponibilidad de un equipo

La disponibilidad de un equipo afecta la productividad dentro de una industria específica. Esta se calcula a partir de los parámetros TMEF y TMPR. El tiempo medio entre fallas indica la “confiabilidad” de un elemento, es decir mientras más confiable sea un elemento cualquiera más alto será el TMEF permitiendo un mayor tiempo de operación libre de intervenciones lo que se traduce en una mayor eficiencia de los recursos. A su vez un bajo TMPR (mantenibilidad) permite disminuir el tiempo de indisponibilidad. Claramente estas son metas a lograr por los departamentos de mantención en las industrias.

Para las grúas de Codelco Ventanas existe una condición favorable en cuanto al costo de la indisponibilidad de estas. La indisponibilidad de un equipo en una línea de producción que no cuenta con una redundancia conlleva un costo adicional al costo de la reparación. Este costo se denomina costo de la falta. El costo de la falta consiste la pérdida de producción expresada en dinero por la no producción del activo. Es decir si una máquina que fabrica ollas no puede fabricar cinco (5) ollas durante una falla, el costo de la falta es el valor de venta de las cinco (5) ollas. Para las grúas en análisis no existe este costo de falta, ya que no se les asocia ningún nivel de producción. Debido a que al momento de que alguna grúa presente alguna falla, es removida

¹⁴ Óptimas condiciones de operación: Minimizar tiempos de indisponibilidad lo que aumenta el tiempo de producción. Garantizar el cumplimiento de sus funciones dentro de los parámetros establecidos.

¹⁵ La dificultad en este caso se comprende como problemas de acceso a los componentes, conseguir repuestos, problemas organizacionales que dificultan la mantención, etc. En fin como cualquier obstáculo en si que dificulte una pronta reintegración del equipo a la producción.

inmediatamente del grupo de celdas que está siendo extraído o posicionado y se reemplaza por otra grúa en condiciones de operar y continuar con la tarea.

A continuación se analiza la mantenibilidad de los puentes grúas de Codelco Ventanas a la vez que se realizan recomendaciones en la forma de cómo mantenerlos (tipo de mantención). Estas recomendaciones se logran a través del Software R-MES. Una vez analizada la mantenibilidad de los equipos se procede a estudiar la disponibilidad de los modelos de confiabilidad la cual se compara con la disponibilidad mensual real de los equipos, con esto se espera poder evaluar la labor del departamento de mantención en el periodo de estudio.

5.1. Análisis de Mantenibilidad

La mantenibilidad de los equipos se obtiene al ingresar las duraciones de las mantenciones realizadas durante el periodo de estudio en el software R-Mes. De este análisis se obtienen los tiempos para la mantenibilidad y recomendaciones sobre el tipo de mantención a realizar y el momento de realizarla.

En este caso como las grúas no presentan un costo de falta. Es lógico pensar que lo más conveniente en términos de costos, es utilizar los equipos hasta la falla. De este modo se aprovechan al máximo los recursos. Esto considerando que las fallas no resulten mayormente perjudiciales para el equipo que la misma falla o para la seguridad operacional establecidas.

5.1.1. Mantenibilidad Grúa E-11

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-11 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas correspondientes:

5.1.1.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 2,86 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida de útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 4599 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir, según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, esto depende de las condiciones de las fallas (peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada 4.598,94 horas

Figura 118: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-11.

5.1.1.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 1,25 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 900 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **899,94** horas

Figura 119: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-11.

5.1.1.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 3,46 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 3115 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **3.114,98** horas

Figura 120: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-11.

5.1.2. Mantenibilidad Grúa E-12

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-12 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas:

5.1.2.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 1,34 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 2034

horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **2.034,45** horas

Figura 121: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-12.

5.1.2.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 1,24 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 857 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **857,13** horas

Figura 122: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-12.

5.1.2.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 2,46 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 3543 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **3.543,36** horas

Figura 123: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-12.

5.1.3. Mantenibilidad Grúa E-13

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-13 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas:

5.1.3.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 2,22 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 1174 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **1.174,33** horas

Figura 124: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-13.

5.1.3.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 1,20 horas. El sistema se encuentra en etapa de desgaste (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención preventiva para las 422 horas, este tiempo está en la vecindad del *Tiempo Medio Entre Fallas*. Esto se debe a que según se estimó en la obtención de la curva de confiabilidad este sistema es modelado por una distribución Weibull muy similar a una distribución Exponencial. Lo anterior influye para interpretar que en realidad la opción más conveniente en este caso es una mantención correctiva si lo observamos del punto de vista que las fallas no conllevan costos de falta.

Este equipo se encuentra en
Desgaste
y requiere de mantención
preventiva
cada **421,70** horas

Figura 125: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-13.

5.1.3.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 1,88 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 541 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **541,11** horas

Figura 126: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-13.

5.1.4. Mantenibilidad Grúa E-14

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-14 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas:

5.1.4.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 2,75 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 8795 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **8.794,67** horas

Figura 127: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-14.

5.1.4.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 3,23 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 1181 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **1.180,64** horas

Figura 128: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-14.

5.1.4.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 2,28 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 1472 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **1.472,26** horas

Figura 129: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-14.

5.1.5. Mantenibilidad Grúa E-15

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-15 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas:

5.1.5.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 3,52 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 2217 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida util
y requiere de mantención
correctiva
cada **2.217,40** horas

Figura 130: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-15.

5.1.5.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 4,91 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 549 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **548,77** horas

Figura 131: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-15.

5.1.5.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 6,02 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 909 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **908,82** horas

Figura 132: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-15.

5.1.6. Mantenibilidad Grúa E-16

Según los datos analizados para el periodo de estudio de veinte meses la grúa E-16 presenta la siguiente mantenibilidad para sus subsistemas:

5.1.6.1. Mantenibilidad Sistema Carro

La mantenibilidad para el Sistema Carro es de 3 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 7051 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **7.051,34** horas

Figura 133: Recomendación mantención Sis. Carro grúa E-16.

5.1.6.2. Mantenibilidad Sistema Levante

La mantenibilidad para el Sistema de Levante es de 3,51 horas. El sistema se encuentra en etapa de rodaje (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 1036 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
En rodaje
y requiere de mantención
correctiva
cada **1.035,54** horas

Figura 134: Recomendación mantención Sis. Levante grúa E-16.

5.1.6.3. Mantenibilidad Sistema Puente

La mantenibilidad para el Sistema Puente es de 1,5 horas. El sistema se encuentra en etapa de vida útil (según curva de la bañera). Se recomienda una mantención correctiva para las 619 horas, este tiempo corresponde con el *Tiempo Medio Entre Fallas*. Es decir según los datos se recomienda usar el equipo hasta la falla, lo que depende de las condiciones de las fallas (Peligros a activos o personas).

Este equipo se encuentra en
Vida útil
y requiere de mantención
correctiva
cada **619,13** horas

Figura 135: Recomendación mantención Sis. Puente grúa E-16.

5.1.7. Resumen mantenibilidad

En este apartado se analizaron las recomendaciones para las mantenciones hechas por el software R-Mes. Donde se concluyó que todos los subsistemas deben presentar un régimen de mantención correctivo. Esto incluye al Sis. de Levante de la Grúa E-13 la cual a pesar de que el software recomienda un régimen de mantención preventivo se opta por una recomendación de mantención correctiva. Lo último se debe a que el tiempo de recomendación es muy cercano al tiempo medio entre fallas, además de que el parámetro beta es bastante cercano a uno por lo que se asimila en gran medida a una distribución exponencial. Por último se debe recordar que estos equipos no presentan costo a la falta por la condición de operación dentro de la refinería.

A continuación, en la figura 137 se muestra en forma gráfica la comparación entre los tiempos de mantenibilidad. Los tiempos se expresan para los tres subsistemas de cada grúa, a la vez que se muestra en una línea punteada el promedio de los tres tiempos en cada grúa.

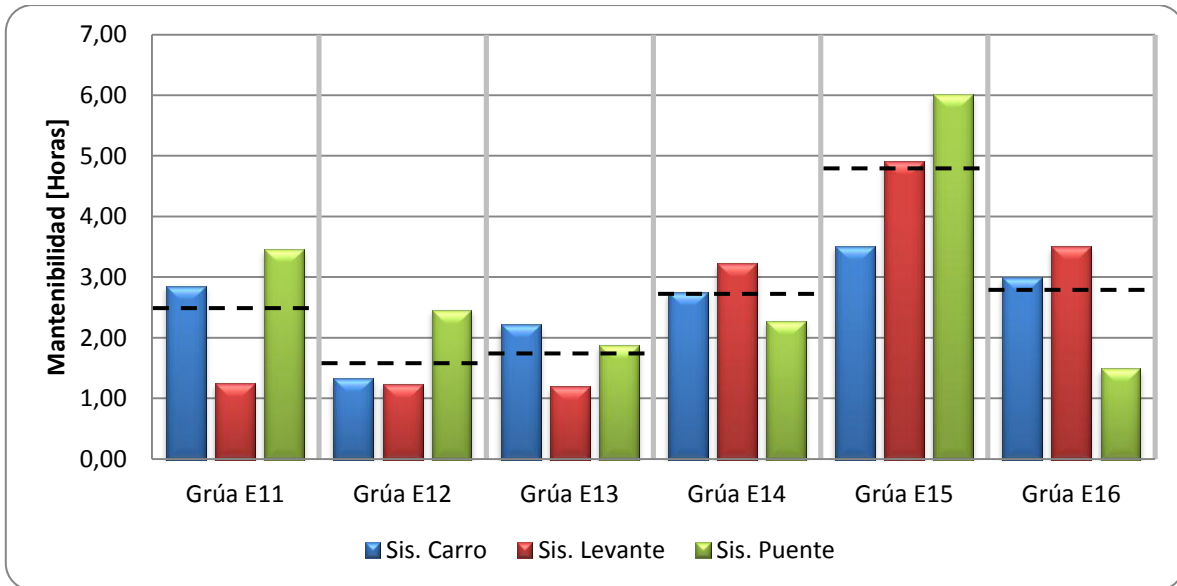


Figura 136: Resumen mantenibilidad de las grúas por subsistema.

En el gráfico de la figura 137 se puede observar que nuevamente se presenta una gran variación de un equipo a otro, como lo fue en el caso de la duración de las mantenciones (ver construcción base de datos). Donde el promedio más bajo de mantenibilidad se presenta en las Grúa E12 y Grúa E13; y el promedio mayor en la Grúa E15. Si se analiza por subsistema se observa que entre los de menor tiempo de mantenibilidad se encuentran el sistema de levante de las grúas E11, E12 y E13, además del sistema Carro del Grúa E12. Los subsistemas de mayor tiempo de mantenibilidad se encuentran en los Sistemas Levante y Puente de la Grúa E15.

5.2. Análisis de Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo evidencia su capacidad de producción. Mientras mayor sea la disponibilidad esperada de un equipo mayor es el tiempo de producción durante un periodo determinado. Este indicador es una medida importante de la productividad de un equipo. Por ejemplo si disponemos de dos equipos con disponibilidades diferentes es razonable esperar un mayor tiempo de funcionamiento de aquel que posea una mayor disponibilidad. Por este motivo durante un mismo periodo de tiempo (por ejemplo un mes o un periodo de producción), el equipo que posea una mayor disponibilidad podrá producir por más tiempo que aquel que posee una menor disponibilidad, por lo tanto será capaz de producir más. Claramente esto es una meta productiva de las empresas, mejorar la disponibilidad de los equipos permite una mejora en la productividad.

A continuación se muestra el cálculo de la disponibilidad esperada para cada equipo, la cual se obtiene a partir de los parámetros de *Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)* y *El tiempo Medio Para Reparar (TMPR)*. Este valor de la disponibilidad esperada se compara con la disponibilidad real de los equipos presentada durante el periodo de estudio.

5.2.1. Disponibilidad Grúa E-11

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.1.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{4598,94}{4598,94 + 2,66} = 99,9\%$$

5.2.1.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{899,94}{899,94 + 1,25} = 99,9\%$$

5.2.1.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{3114,98}{3114,98 + 3,46} = 99,9\%$$

5.2.1.4. Disponibilidad Grúa E-11

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$^{16}A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puede} = 99,9\% \cdot 99,9\% \cdot 99,9\% = 99,7\%$$

A continuación, en la figura 138 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

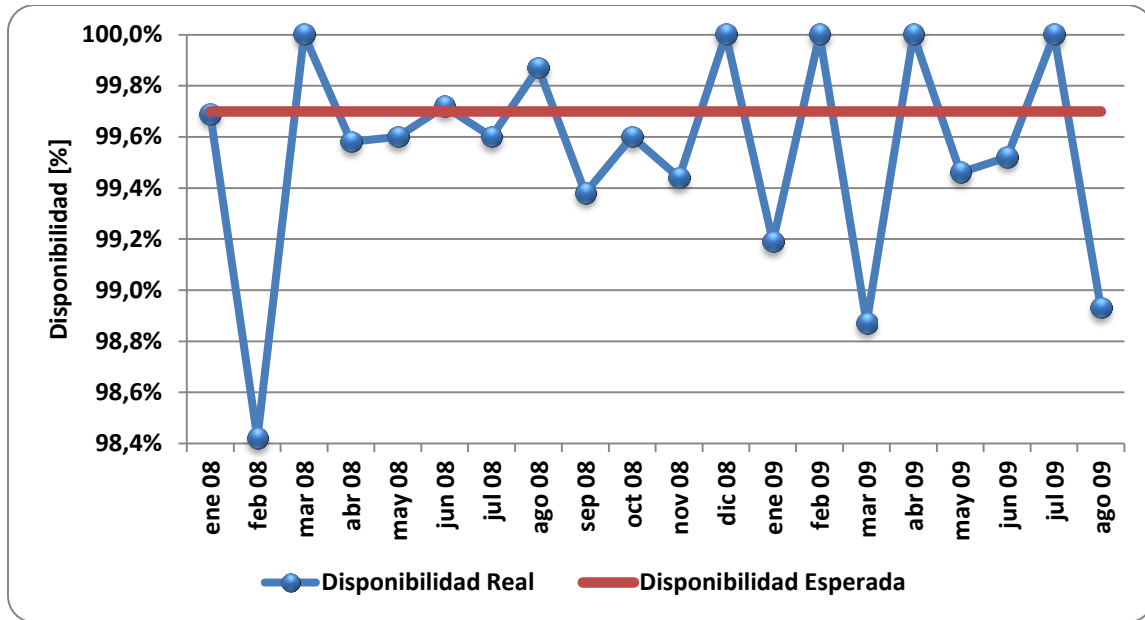


Figura 137: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-11.

La desviación estándar con respecto a la disponibilidad esperada se calcula de la siguiente forma:

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{mes-i} - A_{Esperada})^2}{n}}$$

Dónde:

S_t: Desviación estándar con respecto a un valor objetivo (*target*).

A_{mes-i}: Disponibilidad del mes a partir de Enero del 2008 a agosto del 2009.

A_{Esperada}: Disponibilidad esperada para el equipo en el periodo de estudio.

n: Numero de meses en el periodo de estudio (20).

¹⁶ La disponibilidad de un elemento se simplifica con la letra **A** a partir del inglés *Availability*.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 0,45\%$$

5.2.2. Disponibilidad Grúa E-12

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.2.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{2034,45}{2034,45 + 1,33} = 99,9\%$$

5.2.2.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{857,13}{857,134 + 1,24} = 99,9\%$$

5.2.2.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{3546,36}{3546,36 + 2,46} = 99,9\%$$

5.2.2.4. Disponibilidad Grúa E-12

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puente} = 99,9\% \cdot 99,9\% \cdot 99,9\% = 99,7\%$$

A continuación, en la figura 139 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

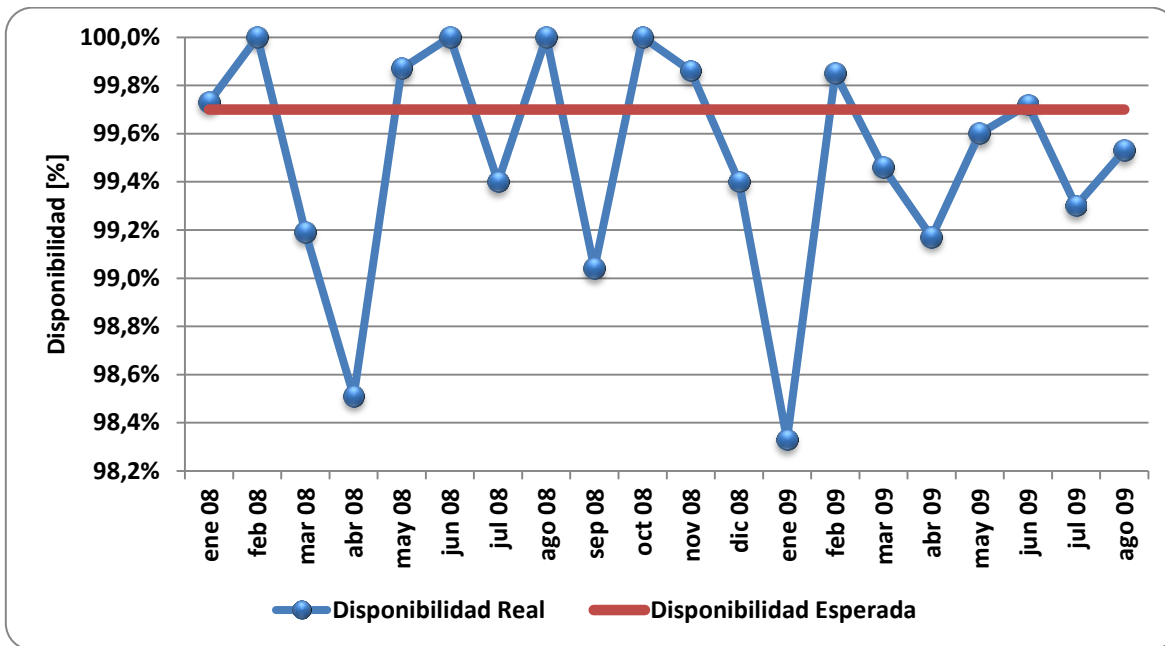


Figura 138: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-12.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 0,51\%$$

5.2.3. Disponibilidad Grúa E-13

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.3.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{1174,33}{28598,94 + 2,22} = 99,8\%$$

5.2.3.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{421,72}{421,72 + 1,20} = 99,7\%$$

5.2.3.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{541,11}{541,11 + 1,87} = 99,7\%$$

5.2.3.4. Disponibilidad Grúa E-13

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puente} = 99,8\% \cdot 99,7\% \cdot 99,7\% = 99,2\%$$

A continuación, en la figura 140 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

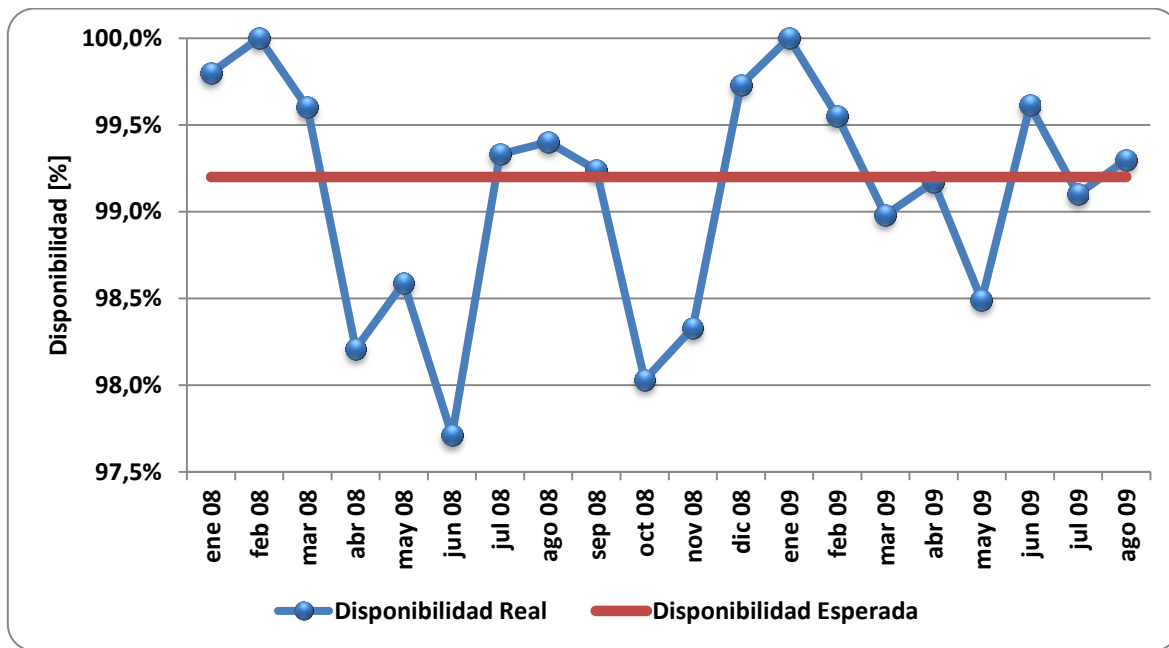


Figura 139: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-13.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 0,66\%$$

5.2.4. Disponibilidad Grúa E-14

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.4.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{8794,67}{8794,67 + 2,75} = 100\%$$

5.2.4.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{1180,64}{1180,64 + 3,23} = 99,7\%$$

5.2.4.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{1472,26}{1472,26 + 2,28} = 99,8\%$$

5.2.4.4. Disponibilidad Grúa E-14

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puente} = 100\% \cdot 99,7\% \cdot 99,8\% = 99,5\%$$

A continuación, en la figura 141 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

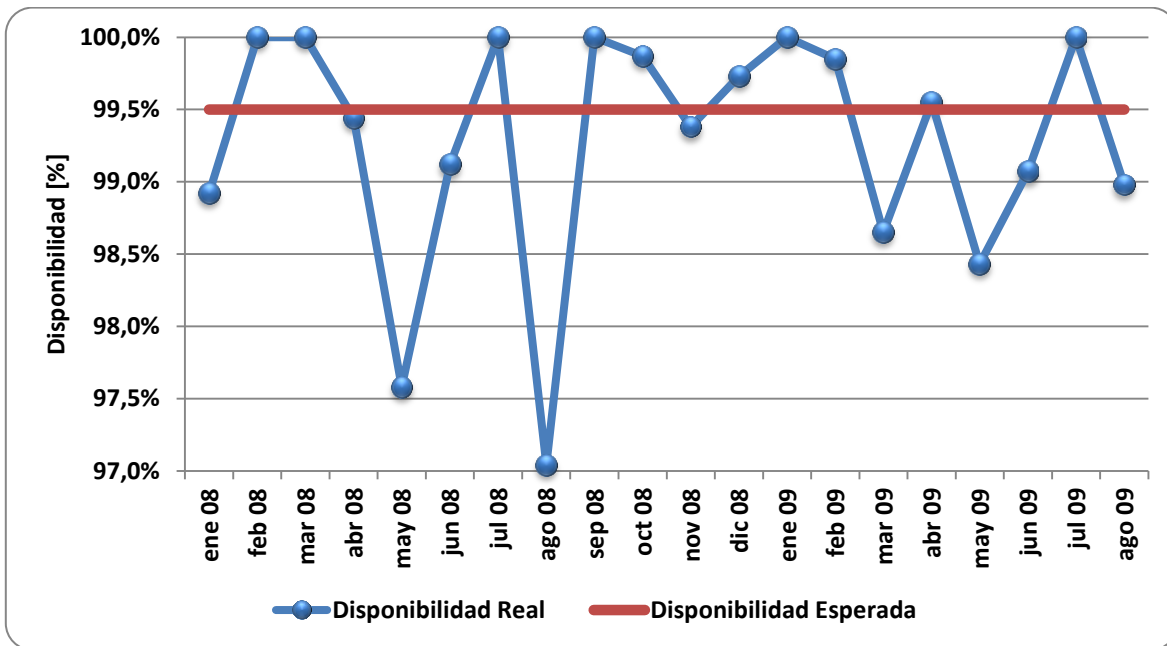


Figura 140: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-14.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 0,85\%$$

5.2.5. Disponibilidad Grúa E-15

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.5.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + Tmpr} = \frac{2217,4}{2217,4 + 3,52} = 99,8\%$$

5.2.5.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + Tmpr} = \frac{548,77}{548,77 + 4,91} = 99,1\%$$

5.2.5.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{908,72}{908,72 + 6,02} = 99,3\%$$

5.2.5.4. Disponibilidad Grúa E-15

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puente} = 99,8\% \cdot 99,1\% \cdot 99,3\% = 98,3\%$$

A continuación, en la figura 142 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

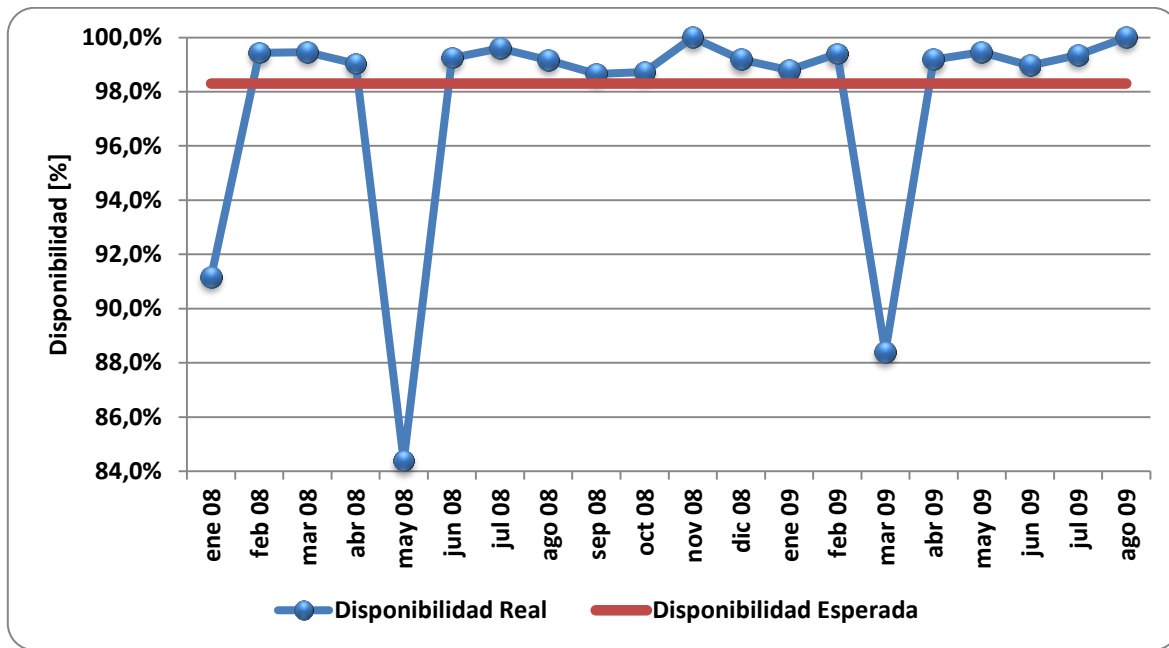


Figura 141: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-15.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 4,25\%$$

5.2.6. Disponibilidad Grúa E-16

El cálculo de la disponibilidad esperada para los subsistemas de la grúa se determina a partir de los indicadores *Tiempo Medio Entre Fallas* y *Tiempo Medio Para Reparar* obtenidos en los apartados anteriores.

5.2.6.1. Disponibilidad Sistema Carro

La disponibilidad esperada para el Sistema Carro según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{7051,34}{7051,34 + 3,00} = 100\%$$

5.2.6.2. Disponibilidad Sistema Levante

La disponibilidad esperada para el Sistema Levante según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{1035,54}{1035,54 + 3,51} = 99,7\%$$

5.2.6.3. Disponibilidad Sistema Puente

La disponibilidad esperada para el Sistema Puente según los parámetros obtenidos resulta:

$$\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} = \frac{619,13}{619,13 + 1,50} = 99,8\%$$

5.2.6.4. Disponibilidad Grúa E-16

La disponibilidad esperada del equipo completo se calcula a partir de las disponibilidades de sus subsistemas al utilizar el mismo método que al calcular la confiabilidad de un sistema con tres componentes en serie, es decir se deben multiplicar las disponibilidades. Esto resulta como se muestra a continuación:

$$A_{GRUA} = A_{Carro} \cdot A_{Levante} \cdot A_{Puente} = 100\% \cdot 99,7\% \cdot 99,8\% = 99,4\%$$

A continuación, en la figura 143 se muestra gráficamente la disponibilidad real del equipo mensual comparada con la disponibilidad esperada.

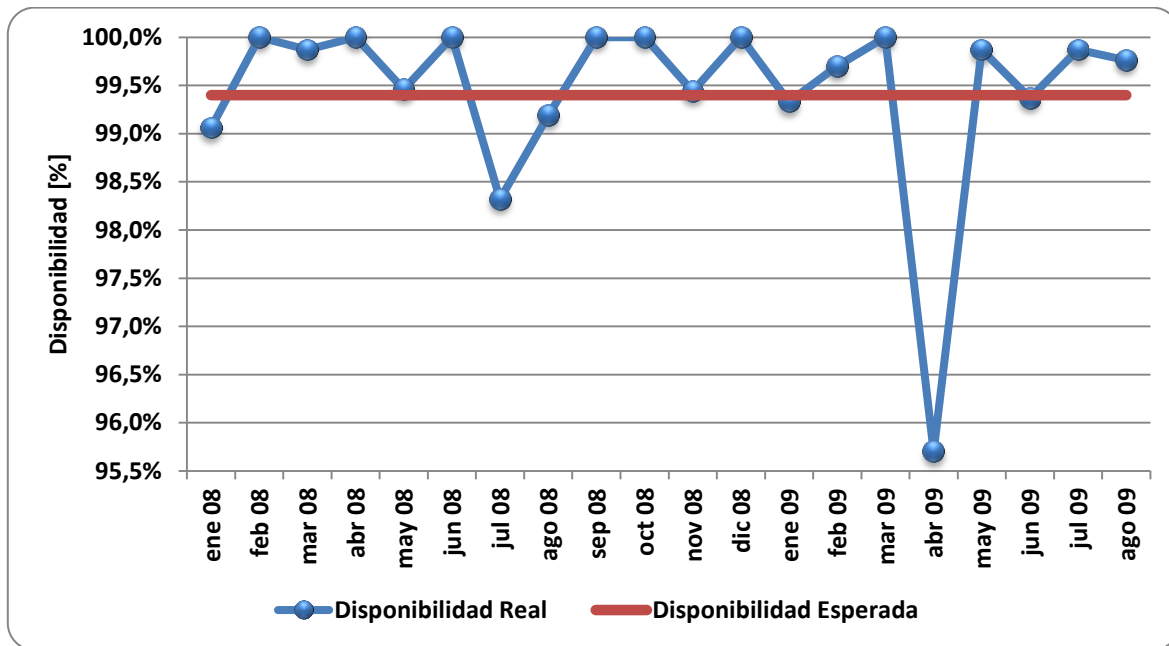


Figura 142: Comparación Disponibilidad real versus Disponibilidad Esperada para la Grúa E-16.

Para este equipo la desviación estándar respecto a la Disponibilidad Esperada es:

$$S_t = 0,96\%$$

V. CONCLUSIONES

La extracción y colocación de ánodos y cátodos en la refinería electrolítica de Codelco Ventanas es de vital importancia para la obtención de cátodos comerciales, ya que asegura un correcto tiempo de disolución desde el ánodo al electrolito y depositación desde el electrolito al cátodo. Para asegurar un tiempo de proceso adecuado para la refinación se cuenta con puentes grúa para realizar el transporte de los productos intermedios (ánodo y catodo inicial) y productos finales (cátodo comercial); así como también la escoria (SCRAP).

Las intervenciones en las grúas son registradas en el sistema SAP. Los datos obtenidos de este sistema presentaban problemas de integridad para este tipo de análisis. Para solucionarlos se plantearon diferentes métodos, dependiendo del problema del dato. Una de las soluciones fue eliminar el dato errático, lo que provocó una reducción de los datos en no más de un 13%. Con lo que se considera una base de datos representativa y apta para el análisis.

La configuración lógica de las grúas (Configuración de bloques de confiabilidad) que se obtiene a partir del funcionamiento entre los componentes, evidencia una configuración en serie. Debido a esta condición los equipos son altamente sensibles a las fallas de sus componentes provocando una falla del sistema. Este inconveniente se resolvió contando con más grúas de las necesarias en un turno. Es decir que al fallar un componente de alguna grúa, esta es detenida inmediatamente y remplazada por otra grúa. Gracias a esta estrategia se logran dos objetivos. El primero es disminuir el tiempo de parada del proceso de extracción o colocación al retirar la grúa averiada del proceso y situar una grúa en condiciones apta para el proceso a realizar. El segundo objetivo se obtiene al eliminar el costo de la falta, ya que la producción no se detiene.

Al analizar los parámetros obtenidos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad se puede decir que las grúas en general son de confiabilidad regular (bajo tiempo medio entre fallas), de muy buena mantenibilidad (tiempos bajos de mantención) y de muy buena disponibilidad (alto porcentaje de disponibilidad).

En la Tabla 24 se muestran los valores globales para las grúas. La confiabilidad es presentada al final de las 720 horas. La mantenibilidad es el promedio de la mantenibilidad de los tres subsistemas. La disponibilidad de las grúas calculada partir de la disponibilidad de sus subsistemas. La desviación estándar a la disponibilidad esperada indicando el grado de variabilidad de los resultados obtenidos. Además se remarcen los valores menos favorables.

Grúa	Confiabilidad R(720)	Mantenibilidad TMPR (Promedio)	Disponibilidad	Desviación estándar disponibilidad esperada
E-11	28,8%	2,52	99,54%	0,45%
E-12	13,4%	1,68	99,50%	0,51%
E-13	1,8%	1,77	99,10%	0,66%
E-14	14,9%	2,75	99,27%	0,85%
E-15	6,4%	4,88	97,55%	4,25%
E-16	11,0%	2,67	99,45%	0,96%

Tabla 24: Comparación final todas las grúas.

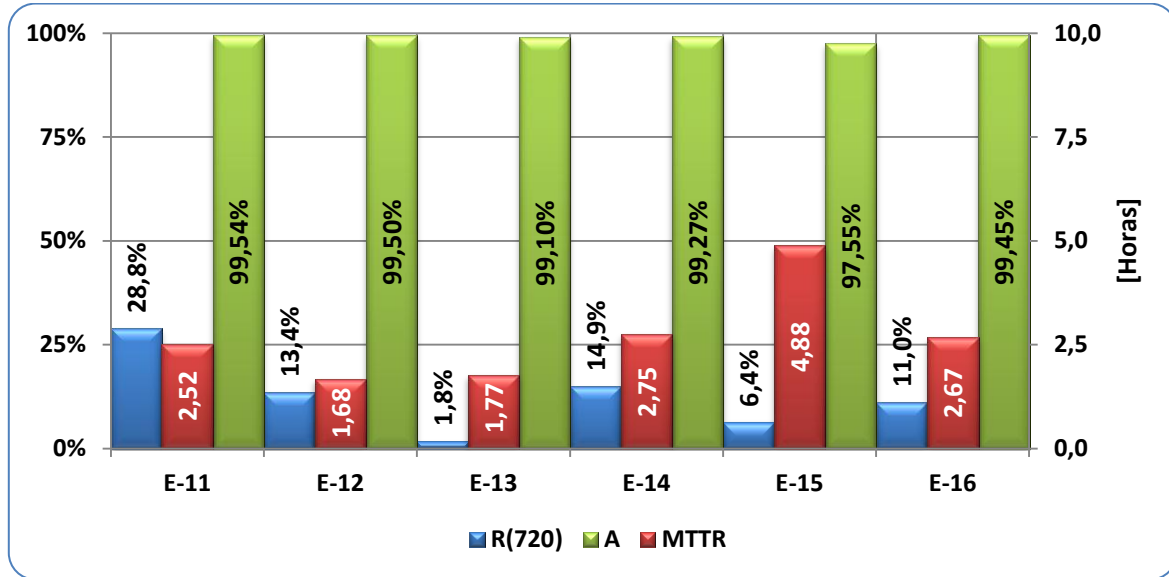


Figura 143: Comparación grafica todas las grúas.

Un factor que no se pudo considerar en este análisis fue el uso, estado y mantenimiento de los equipos. Por ejemplo si se observa la grúa E-13 se puede ver que es la grúa con peor confiabilidad de todas, sin embargo posee unos de los tiempos de mantenibilidad más bajos. De esto se puede inferir que esta grúa es la más utilizada en la refinería por lo que presenta mayor número de fallas en el periodo de estudio como también cuenta con prioridad importante al momento de ser reparada. A diferencia de este caso se puede observar que la grúa E-15 es la de peor disponibilidad esperada y mayor desviación estándar del valor esperado. Esto demuestra que las fallas o mantenciones son de larga prolongación por lo que se puede inferir que tiene baja prioridad al momento de ser mantenida; Además esta grúa cuenta con una baja confiabilidad lo que en conjunto con la baja disponibilidad se puede inferir que es la grúa más mal estado de todas.

Recomendaciones

La comparación de los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad entre las grúas muestra una serie de detalles interesantes sobre el estado, uso y mantención de las grúas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para una comparación más precisa se debe contar con los tiempos de utilización. Por ejemplo, el tiempo de utilización de los equipos, que permite determinar la disponibilidad productiva de estos.

Se recomienda instalar instrumentos de medición del tiempo de utilización y establecer un programa de trabajo distribuyendo la carga equitativamente en todas las grúas.

El registro de los costos a través del sistema SAP es poco claro. Por ejemplo, al asignar un costo de repuestos o materiales el sistema despliega una lista con los insumos registrados en el sistema. El problema se presenta cuando la utilización de repuestos no se registra en el sistema



esta no puede ser ingresada. Esto pasa con las ruedas del puente o los motores eléctricos en la grúa. Estas son recuperadas o mantenidas o remplazadas por maestranza, donde el costo de esta recuperación no se registra en la mantención al momento de cambiar estos elementos. La lubricación también cuenta con un trato diferente de lo que se esperaría. Por simplicidad de las tareas de lubricación el aceite utilizado no es medido en cada intervención. Sin embargo, cuando es necesario abrir un recipiente nuevo de aceite, el costo total de este es cargado a la mantención en sí, cuando en realidad se ocupa una pequeña fracción del nuevo estanque. Claramente esto dificulta el cómputo real del costo de las mantenciones, sobre todo en el caso de los motores y ruedas que son de gran costo, como también la aparición de costos altos de lubricación en algunas de las mantenciones.

Se recomienda aplicar un costo promedio por la utilización de lubricantes y llevar un registro certero de los gastos involucrados en cada intervención.

A pesar de las pequeñas dificultades presentes en el registro de los datos el software R-Mes permitió modelar la configuración lógica de los equipos y ajustar a modelos estadísticos los datos de las mantenciones permitiendo de forma simple y directa la obtención de los parámetros de interés.



VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Codelco Chile, División Ventanas. Presentación ***“Refinería Electrolítica Introducción”***.
2. **Vargas, Cristian**. ***“Modelación de Ingeniería Básica de Confiabilidad en Máquina Preparadora de Ánodos, Codelco Ventanas”*** Trabajo de Título, UTFSM, Valparaíso (2009).
3. ***Extractive metallurgy copper***, autores: **Anil kumar Biswas, William George Davenport**. Oxford: Pergamon, 1976, 1era edición.
4. ***Reliability engineering***, preparado por personal de ingeniería y estadística de **ARINC research corporation**, editado por **William H. Von Alven**.
5. **Pérez, Francisco**. ***“Modelación de Confiabilidad, Mantenibilidad, y Disponibilidad de Planta de Secado de Concentrado de Cobre”***. Trabajo de Título, UTFSM, Valparaíso (2009).
6. Codelco Chile, División Ventanas. Presentación ***“Proceso FURE Ventanas”*** diciembre 2007.
7. Codelco Chile, división Ventanas. Video ***“Riesgo en Planta Codelco Ventanas”***.
8. ***Ingeniera de Confiabilidad***, Sesión 1 Análisis de datos de vida. ReliaSoft.
9. RMES, ***“Diagramación lógico funcional”***, archivos en línea.
<http://www.rmes.cl/funciones.html>
10. ***Ingeniera de Confiabilidad***, Sesión 2 Introducción a confiabilidad de sistemas. ReliaSoft.



ANEXOS



ANEXO 1: Clasificación de Datos

[ref. 9]

Los datos necesarios para el estudio de confiabilidad pueden presentarse de diversas maneras dependiendo de la política de mantención presente en los equipos. La no existencia de datos para su estudio imposibilita un análisis de este tipo. Los datos se clasifican en las siguientes categorías:

Datos completos: Corresponde a eventos en los que se conoce el tiempo exacto de falla del elemento en estudio. Los datos completos generalmente se rescatan de avisos para intervenciones correctivas donde no hay presencia de mantenciones preventivas.

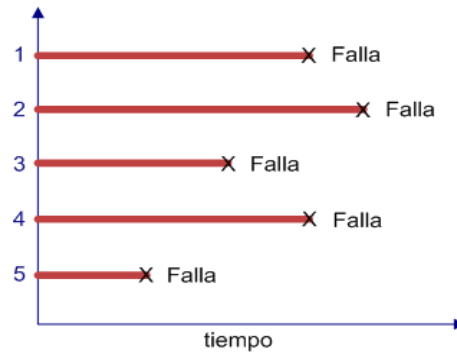


Figura 144: Datos completos.

Datos con Censura a la Derecha: Corresponde a eventos en los que se desconoce el tiempo de ocurrencia de falla del elemento, puesto que se intervino de manera preventiva. Esta categoría se presenta cuando existe mantenimiento preventivo o predictivo¹⁷.



Figura 145: Datos con censura a la derecha.

Censura de Intervalo: Corresponde a datos en los cuales no se conoce específicamente el instante de la falla, sin embargo es posible determinar con certeza el intervalo de tiempo en el cual ocurrió el evento. Datos propios de políticas de inspección.

¹⁷ El mantenimiento predictivo como tal, no ocasiona una detención del equipo. Por la naturaleza de análisis predictivo este debe realizarse con el equipo en marcha. A pesar de esto el mantenimiento predictivo eventualmente puede ocasionar una detención para la corrección de alguna falla encontrada.

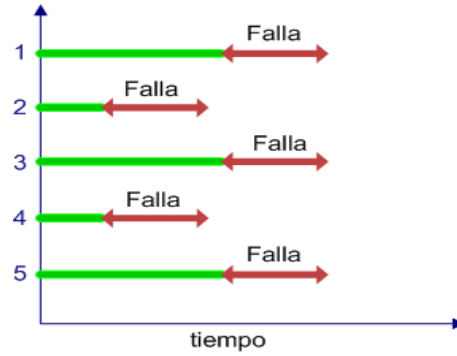


Figura 146: Datos con censura de intervalo.

Datos con Censura a la Izquierda: Corresponde a eventos en los cuales se conoce que la falla se produjo antes de un tiempo t . Caso particular de censura de intervalo.

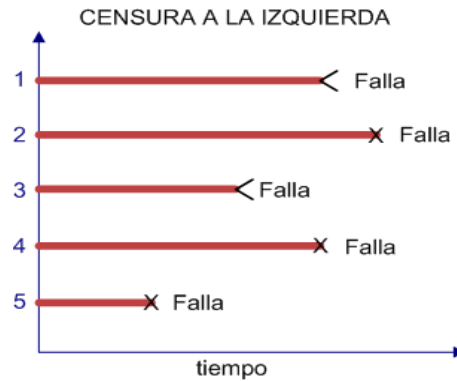


Figura 147: Datos con censura a la derecha.

Los datos presente en los equipos analizados en este trabajo corresponden a datos con censura a la derecha. Que son típicos de equipos con política de mantenimiento preventivo, como es el caso de Codelco Ventanas.



ANEXO 2: Software R-MES

[www.rmes.cl]

R-MES (*Reliability & Maintenance Engineering System*) es un sistema integral, riguroso y de fácil uso que permite la gestión de la mantención desde un punto de vista ingenieril para cualquier configuración sistémica.

Funcionalmente, permite desarrollar análisis sistémicos históricos y probabilísticos de la Confiabilidad y Disponibilidad de sistemas productivos complejos, complementados con módulos de alto valor agregado que permiten desarrollar y dinamizar los planes maestros de mantención ajustados a la realidad propia de la empresa, así como simular y sugerir mejoramientos genéticos en plantas productivas, la evaluación de reemplazo de equipos y la gestión de repuestos estratégicos.

En síntesis, **R-MES** es una plataforma para la implementación y el desarrollo de la Ingeniería de Confiabilidad que apoya no sólo en la etapa de ejecución del mantenimiento sino también en la mantenibilidad de proyectos.

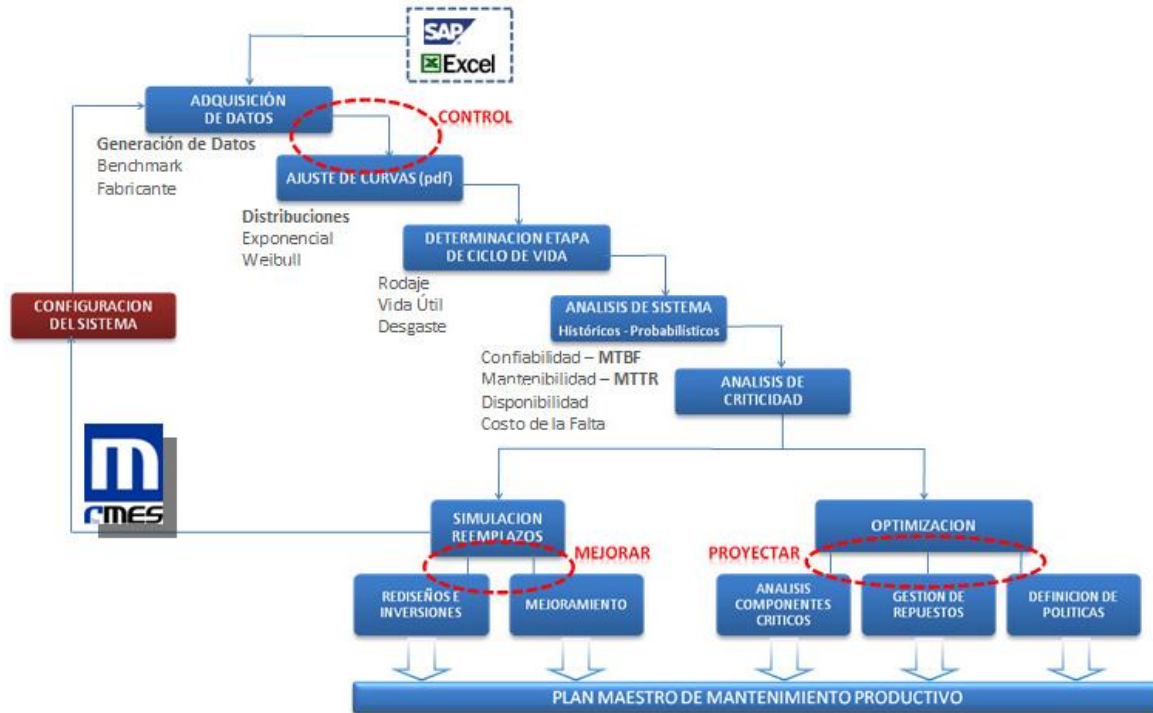


Figura 148: Esquema funcionamiento integral R-MES.

Gestión de activos

La implementación de R-MES permite una gestión en línea de los distintos equipos y todo tipo de sistemas productivos como plantas industriales, procesos con equipos móviles, infraestructura, sistemas energéticos y similares. Una vez diagramado el proceso desde una óptica lógico funcional se importa, desde otros sistemas o bases de datos, la información histórica de

mantenimiento y de producción de los distintos equipos de modo de obtener en línea indicadores sistémicos tanto históricos como probabilísticos.

Con esta información es posible realizar ingeniería de mantenimiento, es decir generar planes de mantenimiento ajustados a la realidad del sistema, conocer los equipos y sistemas críticos e identificar oportunidades de mejora en términos de gestión e inversión. A través de indicadores de disponibilidad se puede determinar el costo de la falta asociado a cada equipo; con los parámetros de mantenibilidad es posible determinar las competencias de los mantenedores; los indicadores de confiabilidad permiten conocer la probabilidad de falla de un equipo en determinado instante de tiempo; como también es posible a través de los distintos indicadores evaluar a los terceros o identificar las mejores alternativas de abastecimiento para equipos, repuestos o servicios. Por último es importante destacar que, debido al enfoque sistémico, las distintas decisiones se sustentan en el beneficio real sobre el negocio en un horizonte de largo plazo.

La plataforma R-MES puede ser implementada en las distintas empresas dejando la ingeniería de confiabilidad en formato in-house. También es posible la alternativa de ingeniería remota donde el personal interno es responsable de la carga de datos y CGS entrega el servicio de generación de reportes. Finalmente CGS entrega el servicio de outsourcing de ingeniería de confiabilidad o mantenimiento que consiste en externalizar desde el registro del dato hasta el análisis e identificación de oportunidades de mejora, prescindiendo el cliente de la compra de licencias.

Costos de ciclo de vida

La importancia de la ingeniería de plantas para la competitividad de la empresa está en su enfoque sistémico que permite determinar el impacto de los distintos activos y procesos en el negocio. El otro gran aporte de esta rama de la ingeniería industrial está en los modelos que incorpora para la determinación del nivel de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y etapa dentro del ciclo de vida de los equipos que componen el sistema productivo.

Esta información y la configuración lógica funcional de la planta permiten identificar la criticidad real de un equipo o sub-sistema bajo una óptica LCC (life cycle cost) entregando además un esencial si se quiere evaluar un proyecto o inversión en función de su utilización esperada. CGS ha llevado su experiencia en esta área al desarrollo de R-MES (Reliability & Maintenance Engineering System), plataforma informática de ingeniería de confiabilidad y de sistemas orientada a la gestión de activos y a la evaluación de confiabilidad de proyectos industriales.



ANEXO 3: Base de datos



A continuación se muestra la base de datos utilizada para este análisis de estudio. Los datos que se fusionan se muestran resaltados de color rojo. La base de datos se compone de la ocurrencia de la mantención (Fecha y hora inicio), la duración, el tipo de mantención (PL: planificado y NP: no planificado) y el Nickname, que corresponde al componente intervenido en la mantención. Los Nickname con valor FREF-REI-RRE-PUE-E11 (o E12 o E13 o E14 o E15) se refieren al puente grúa en general. Estas mantenciones corresponden a las mantenciones preventivas e intervienen en más de un componente de la maquina (a excepción de la mantención preventiva anual de cambio de cable de acero) por lo que se registran como una intervención al equipo en general.

Los demás componentes de la grúa se registran como se muestra a continuación.

NICKNAME	COMPONENTE DEL PUENTE GRÚA
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA	SISTEMA CARRO
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-CAB	Cabina del operador
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-CCF	Cto control y fza. Carro
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-EST	Estructura carro
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-ETR	Eje transm. Ruedas motrices
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-MOT	Motor eléctrico
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-RED	Reductor
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-ROD	Sistema de rodadura
FREF-REL-RRE-PUE-***-SCA-VDF	Variador de frecuencia
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE	SISTEMA DE LEVANTE
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-CAA	Cables de acero
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-CCF	Cto control y fza. Levante
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-FRG	Conjunto freno gancho
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-GAN	Estructura y gancho levante
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-GTL	Guías telescópicas
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-MAC	Machón acoplam. gancho levante
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-MOL	Motor eléctrico
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-MRE	Motoreductor levante
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-TAM	Tambor enrollam. Levante
FREF-REL-RRE-PUE-***-SLE-VDF	Variador de frec.
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU	SISTEMA PUENTE
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-CCF	Circuito control y fza.
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-EST	Estructura pte.
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-MOO	Motor eléctrico oriente
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-MOP	Motor eléctrico poniente
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-PAN	Pantógrafos
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-REO	Reductor oriente
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-REP	Reductor poniente
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-ROD	Sistema de rodadura
FREF-REL-RRE-PUE-***-SPU-VDF	Variador de frecuencia

Donde *** corresponde a la denominación del puente grúa E11, E12, E13, E14, E15 o E16 dependiendo de la grúa que corresponda.

Base de datos Grúa E-11

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo	Nickname
02.01.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.01.2008	10:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.01.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.01.2008	13:00:00	2,30	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-ROD
09.01.2008	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
16.01.2008	8:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.01.2008	10:00:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
28.01.2008	13:00:07	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
01.02.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.02.2008	8:00:58	9,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-VDF
04.02.2008	4:30:00	11,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
12.02.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
12.02.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
19.02.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.02.2008	8:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
24.02.2008	8:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
25.02.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.02.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.02.2008	8:00:00	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.03.2008	15:00:00	5,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
10.03.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.03.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
24.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
24.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
24.03.2008	13:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
31.03.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
07.04.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
09.04.2008	2:00:22	2,01	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SCA-CAB
15.04.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.04.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.04.2008	8:00:00	5,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.04.2008	16:26:00	4,57	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.04.2008	0:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-PAN
29.04.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
05.05.2008	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
12.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.05.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL



19.05.2008	13:00:47	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.05.2008	9:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
21.05.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
23.05.2008	13:00:00	2,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
26.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.06.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.06.2008	22:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GAN
09.06.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
16.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
16.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.06.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.06.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
23.06.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
30.06.2008	13:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
07.07.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
14.07.2008	14:15:00	2,18	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
16.07.2008	4:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
17.07.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.07.2008	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.07.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
21.07.2008	13:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
28.07.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.08.2008	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.08.2008	5:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
13.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.08.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
18.08.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
26.08.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
01.09.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.09.2008	14:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-CAA
08.09.2008	9:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.09.2008	13:00:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.09.2008	8:00:00	7,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.09.2008	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
18.09.2008	18:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
22.09.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.09.2008	8:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-TAM
29.09.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
06.10.2008	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.10.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11



09.10.2008	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
09.10.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.10.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
21.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
27.10.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.11.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.11.2008	13:20:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.11.2008	13:00:00	4,02	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
10.11.2008	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.11.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
24.11.2008	1:30:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
24.11.2008	13:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
30.11.2008	13:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SCA-CCF
02.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.12.2008	8:00:34	1,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
09.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.12.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.12.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
29.12.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
31.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.01.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.01.2009	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
05.01.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
06.01.2009	22:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SCA-MOT
07.01.2009	8:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-MOP
07.01.2009	8:00:36	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-MOP
12.01.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
19.01.2009	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
26.01.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
27.01.2009	12:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
28.01.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.02.2009	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
09.02.2009	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
16.02.2009	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
23.02.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
23.02.2009	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
24.02.2009	11:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
02.03.2009	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
10.03.2009	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11



17.03.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
23.03.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.03.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
25.03.2009	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-ROD
25.03.2009	8:00:35	6,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
26.03.2009	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-REO
30.03.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
31.03.2009	13:00:33	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-MOO
06.04.2009	13:40:00	1,33	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.04.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.04.2009	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.04.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
21.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
28.04.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
11.05.2009	15:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
18.05.2009	14:00:00	1,22	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
18.05.2009	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
18.05.2009	8:01:43	3,97	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
19.05.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-REP
22.05.2009	3:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-CCF
28.05.2009	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
01.06.2009	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
08.06.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.06.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.06.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.06.2009	9:00:00	7,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.06.2009	15:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.06.2009	12:00:00	3,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-ROD
30.06.2009	15:00:00	0,75	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
06.07.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
13.07.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
15.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
20.07.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
27.07.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
03.08.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
04.08.2009	17:15:00	6,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SCA-CAB
08.08.2009	9:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SPU-PAN
10.08.2009	8:00:00	4,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
10.08.2009	8:30:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11



10.08.2009	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
17.08.2009	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11
22.08.2009	0:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E11-SLE-GTL
24.08.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E11

Tabla 25: Base de Datos Puente Grúa E-11.

Base de datos Grúa E-12

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo	Nickname
02.01.2008	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
02.01.2008	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
02.01.2008	11:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
08.01.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.01.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.01.2008	15:00:00	2,02	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOP
21.01.2008	14:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.02.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.02.2008	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.02.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
20.02.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
25.02.2008	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.02.2008	8:00:33	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.02.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
04.03.2008	13:00:00	7,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.03.2008	16:26:00	3,57	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.03.2008	16:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-CCF
18.03.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
24.03.2008	13:30:00	2,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
31.03.2008	17:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
01.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
02.04.2008	13:00:00	3,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-REP
08.04.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.04.2008	13:00:55	2,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOP
14.04.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOP
16.04.2008	14:15:00	0,75	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.04.2008	8:01:22	5,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.04.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
25.04.2008	8:00:00	8,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.05.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
07.05.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.05.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.05.2008	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
19.05.2008	8:00:07	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
20.05.2008	15:00:00	1,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
21.05.2008	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
27.05.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
03.06.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12



12.06.2008	14:26:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.06.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.06.2008	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
24.06.2008	8:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.07.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
03.07.2008	13:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-CCF
08.07.2008	14:30:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.07.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-VDF
14.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
15.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.07.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
31.07.2008	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GAN
05.08.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
12.08.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.08.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
27.08.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
02.09.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
09.09.2008	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
09.09.2008	8:00:00	39,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
09.09.2008	3:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GAN
10.09.2008	9:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.09.2008	22:00:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-VDF
15.09.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.09.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-CCF
24.09.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.09.2008	12:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-CAA
30.09.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.10.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.10.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.10.2008	8:00:00	8,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.10.2008	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
28.10.2008	13:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
03.11.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
05.11.2008	8:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
05.11.2008	8:00:00	4,02	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.11.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.11.2008	14:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.11.2008	0:00:01	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL



25.11.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.12.2008	8:00:00	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
01.12.2008	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
10.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
16.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.12.2008	2:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
26.12.2008	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
27.12.2008	16:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
29.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.12.2008	12:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-REP
30.12.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
05.01.2009	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOP
05.01.2009	8:25:10	3,59	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOO
06.01.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.01.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
20.01.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.01.2009	9:00:49	3,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-CCF
22.01.2009	12:00:00	3,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
26.01.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.01.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
26.01.2009	8:00:00	8,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
04.02.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
08.02.2009	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
13.02.2009	13:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
16.02.2009	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.02.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
25.02.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
25.02.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
02.03.2009	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
08.03.2009	11:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-CCF
10.03.2009	5:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-CCF
10.03.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
16.03.2009	8:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.03.2009	8:00:42	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.03.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
23.03.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
30.03.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.04.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.04.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
21.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.04.2009	13:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12



24.04.2009	2:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOP
24.04.2009	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-REO
24.04.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
27.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
29.04.2009	15:00:50	1,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOO
04.05.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.05.2009	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
18.05.2009	15:13:00	1,22	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
19.05.2009	13:00:33	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
20.05.2009	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.05.2009	4:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-CCF
26.05.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
31.05.2009	10:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-VDF
02.06.2009	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
08.06.2009	13:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
08.06.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
12.06.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-VDF
12.06.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-VDF
15.06.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
15.06.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
17.06.2009	9:00:00	7,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
17.06.2009	8:00:00	8,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.06.2009	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
30.06.2009	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
06.07.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
13.07.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.07.2009	15:15:00	1,18	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
14.07.2009	0:00:01	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
15.07.2009	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
17.07.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-CCF
20.07.2009	14:00:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
21.07.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
22.07.2009	15:00:00	1,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SPU-MOO
27.07.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
03.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
03.08.2009	17:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SCA-CAB
07.08.2009	2:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
09.08.2009	16:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL
10.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.08.2009	8:00:00	4,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
11.08.2009	8:30:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
16.08.2009	10:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E12-SLE-GTL



25.08.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E12
------------	---------	------	----	----------------------

Tabla 26: Base de Datos Puente Grúa E-12.



Base de datos Grúa E-13

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo*	Nickname
03.01.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
08.01.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.01.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
14.01.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
21.01.2008	18:30:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
24.01.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
31.01.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.02.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
08.02.2008	8:02:55	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
13.02.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
21.02.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
28.02.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.03.2008	0:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-MOT
05.03.2008	15:00:00	5,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
06.03.2008	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.03.2008	8:00:25	2,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.03.2008	19:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
12.03.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.03.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.03.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.04.2008	13:00:05	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.04.2008	13:00:06	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
04.04.2008	10:00:19	1,06	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
07.04.2008	21:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
09.04.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
09.04.2008	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.04.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-ROD
14.04.2008	8:02:13	4,05	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-REO
14.04.2008	13:00:00	3,75	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-REO
16.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.04.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
29.04.2008	13:00:32	4,02	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
30.04.2008	10:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
30.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
30.04.2008	13:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-ROD
02.05.2008	8:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GAN



07.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.05.2008	15:00:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
21.05.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.05.2008	20:30:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
26.05.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
26.05.2008	8:00:18	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
26.05.2008	13:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOO
26.05.2008	8:00:00	8,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-ETR
28.05.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.06.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-CAA
04.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
06.06.2008	17:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
09.06.2008	2:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GAN
11.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.06.2008	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
20.06.2008	8:00:00	6,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-VDF
20.06.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
21.06.2008	12:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
25.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
26.06.2008	19:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
02.07.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.07.2008	12:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
03.07.2008	18:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CAB
09.07.2008	13:30:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.07.2008	18:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-VDF
16.07.2008	14:45:00	0,55	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
23.07.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
30.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
01.08.2008	22:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-CCF
02.08.2008	10:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOP
06.08.2008	10:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
09.08.2008	8:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
13.08.2008	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
18.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
18.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.08.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13



23.08.2008	22:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
25.08.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.09.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
06.09.2008	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-CCF
09.09.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
16.09.2008	14:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
16.09.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
21.09.2008	11:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
22.09.2008	17:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-VDF
23.09.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.09.2008	13:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
28.09.2008	12:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-VDF
28.09.2008	21:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
01.10.2008	12:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-VDF
02.10.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.10.2008	14:20:00	2,10	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
09.10.2008	2:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GAN
12.10.2008	14:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
15.10.2008	8:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.10.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.10.2008	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
20.10.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
20.10.2008	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-ROD
20.10.2008	17:15:00	6,25	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOO
24.10.2008	8:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-VDF
25.10.2008	8:30:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
28.10.2008	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.11.2008	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
04.11.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
06.11.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-ROD
08.11.2008	14:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
10.11.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.11.2008	8:00:00	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.11.2008	10:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-REP
13.11.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.11.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-VDF
18.11.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.11.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
26.11.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
30.11.2008	0:00:01	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL



30.11.2008	2:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
03.12.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.12.2008	20:30:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
11.12.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
11.12.2008	8:01:05	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
11.12.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
17.12.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
23.12.2008	13:30:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
29.12.2008	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
05.01.2009	13:00:49	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.01.2009	9:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
08.01.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
13.01.2009	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.01.2009	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
27.01.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.02.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
04.02.2009	8:00:59	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
06.02.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.02.2009	16:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOO
11.02.2009	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
12.02.2009	11:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
18.02.2009	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.02.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.03.2009	14:00:51	1,49	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.03.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
04.03.2009	8:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
11.03.2009	15:15:00	1,18	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
11.03.2009	10:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOO
16.03.2009	8:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.03.2009	21:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-RED
20.03.2009	8:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOP
23.03.2009	19:00:00	1,62	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-VDF
24.03.2009	13:15:00	1,75	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
29.03.2009	14:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-VDF
30.03.2009	13:00:25	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
31.03.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
02.04.2009	22:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOP
03.04.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
09.04.2009	16:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL



10.04.2009	16:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
11.04.2009	5:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
13.04.2009	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
14.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
15.04.2009	22:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
17.04.2009	12:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
22.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
27.04.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
27.04.2009	8:00:30	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
27.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
05.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.05.2009	8:00:19	3,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
08.05.2009	13:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
12.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
12.05.2009	13:00:00	3,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-ROD
19.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
21.05.2009	11:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
25.05.2009	8:00:56	3,98	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
27.05.2009	22:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
28.05.2009	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
28.05.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
29.05.2009	22:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-CCF
02.06.2009	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
09.06.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
16.06.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
18.06.2009	20:10:00	0,33	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
19.06.2009	13:00:00	2,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SCA-CCF
22.06.2009	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
23.06.2009	15:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
24.06.2009	12:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
01.07.2009	15:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.07.2009	6:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-CCF
08.07.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
10.07.2009	21:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
11.07.2009	22:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-REP
14.07.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
14.07.2009	4:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
20.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
20.07.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
22.07.2009	15:00:00	1,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-ROD



23.07.2009	14:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SPU-MOO
24.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
28.07.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
03.08.2009	16:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
06.08.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
07.08.2009	20:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
11.08.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
17.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
18.08.2009	17:05:00	0,83	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
19.08.2009	12:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.08.2009	12:00:00	4,75	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
19.08.2009	14:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL
24.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E13
25.08.2009	14:00:00	1,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E13-SLE-GTL

Tabla 27: Base de Datos Puente Grúa E-13.

Base de datos Grúa E-14

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo	Nickname
03.01.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
07.01.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
07.01.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
17.01.2008	15:15:00	1,18	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
25.01.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
26.01.2008	1:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-GTL
26.01.2008	18:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-FRG
26.01.2008	10:30:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
29.01.2008	15:55:00	0,52	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
08.02.2008	12:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
14.02.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
21.02.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.02.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
06.03.2008	16:26:00	3,57	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
07.03.2008	10:12:18	1,81	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
14.03.2008	16:26:00	3,57	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.03.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
26.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.04.2008	8:00:05	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.04.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.04.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
09.04.2008	13:00:00	4,01	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
09.04.2008	13:00:00	3,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
11.04.2008	14:30:00	0,80	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
17.04.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
24.04.2008	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.04.2008	8:00:37	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.04.2008	8:00:00	8,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
06.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
16.05.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
16.05.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
19.05.2008	8:00:00	9,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-FRG
20.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
26.05.2008	8:00:00	9,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
27.05.2008	13:00:00	11,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.05.2008	8:00:53	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
29.05.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
06.06.2008	14:45:00	0,55	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14



13.06.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.06.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.06.2008	10:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MRE
20.06.2008	8:00:00	6,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
23.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
23.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
26.06.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
04.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.07.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
17.07.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
21.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
21.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
24.07.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
31.07.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
01.08.2008	10:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
07.08.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.08.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.08.2008	4:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-CCF
13.08.2008	19:30:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
14.08.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-VDF
14.08.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
20.08.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.08.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
22.08.2008	3:30:00	12,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
22.08.2008	12:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
28.08.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
04.09.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
10.09.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
16.09.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
16.09.2008	17:15:00	3,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
22.09.2008	13:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
25.09.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
06.10.2008	14:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-VDF
08.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
13.10.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
13.10.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
16.10.2008	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
22.10.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
30.10.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
05.11.2008	9:30:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
12.11.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-CAA
12.11.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14

13.11.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
18.11.2008	8:22:55	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
19.11.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
26.11.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
30.11.2008	11:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SCA-CCF
03.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.12.2008	6:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-VDF
11.12.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
17.12.2008	13:00:07	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
18.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.12.2008	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-CCF
23.12.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
30.12.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
05.01.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
08.01.2009	13:00:00	1,67	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
08.01.2009	8:00:00	4,34	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
15.01.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
21.01.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
27.01.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.02.2009	8:00:00	9,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.02.2009	8:00:00	7,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
04.02.2009	5:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-FRG
09.02.2009	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
18.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
24.02.2009	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.03.2009	11:00:55	1,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.03.2009	10:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.03.2009	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.03.2009	16:26:00	3,07	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
12.03.2009	9:00:00	3,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
14.03.2009	19:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-GTL
17.03.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
19.03.2009	13:00:02	4,01	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
21.03.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-VDF
24.03.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.04.2009	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.04.2009	8:00:28	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.04.2009	14:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
07.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.04.2009	4:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-CCF

12.04.2009	11:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-PAN
14.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
23.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
27.04.2009	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
27.04.2009	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.04.2009	14:00:00	1,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-REP
30.04.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
04.05.2009	8:00:00	8,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOO
07.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
07.05.2009	13:00:45	1,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-MOP
12.05.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
19.05.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
20.05.2009	5:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-PAN
25.05.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
27.05.2009	13:00:55	3,98	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
29.05.2009	14:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
02.06.2009	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-VDF
03.06.2009	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
03.06.2009	11:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
09.06.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
10.06.2009	16:00:00	0,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-GTL
11.06.2009	18:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-GTL
22.06.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
24.06.2009	9:00:00	7,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
25.06.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SLE-MOL
26.06.2009	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
01.07.2009	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
08.07.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
15.07.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
21.07.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
23.07.2009	14:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
23.07.2009	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
28.07.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
04.08.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
11.08.2009	17:10:00	0,67	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SPU-PAN
11.08.2009	13:00:00	3,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SCA-CCF
17.08.2009	8:30:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
17.08.2009	8:30:00	6,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
18.08.2009	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14
18.08.2009	12:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14-SCA-MOT
26.08.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E14

Tabla 28: Base de Datos Puesto Grúa E-14.

Base de datos Grúa E-15

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo	Nickname
03.01.2008	17:15:00	6,75	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ETR
04.01.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.01.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.01.2008	8:00:00	5,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
18.01.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.01.2008	13:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-CCF
23.01.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.01.2008	8:00:35	49,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-VDF
01.02.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.02.2008	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.02.2008	4:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
05.02.2008	14:00:00	3,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-CCF
13.02.2008	8:00:54	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
15.02.2008	9:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
22.02.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.02.2008	10:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
08.03.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
13.03.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.03.2008	14:07:41	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
20.03.2008	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
20.03.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GAN
26.03.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.04.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.04.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.04.2008	13:00:55	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
10.04.2008	14:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.04.2008	8:00:47	4,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-VDF
15.04.2008	5:30:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
17.04.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
24.04.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.05.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.05.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.05.2008	8:00:00	56,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
07.05.2008	8:00:16	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.05.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15



12.05.2008	8:00:00	57,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-ROD
14.05.2008	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
18.05.2008	14:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
22.05.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
26.05.2008	15:00:00	1,72	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
28.05.2008	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.06.2008	22:00:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
02.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
04.06.2008	16:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
05.06.2008	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.06.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
10.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
10.06.2008	16:26:00	5,57	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
18.06.2008	12:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-CCF
21.06.2008	8:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
27.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
30.06.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
02.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
04.07.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
10.07.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
13.07.2008	5:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
17.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
23.07.2008	12:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
25.07.2008	14:15:00	1,05	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
27.07.2008	22:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ETR
28.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.07.2008	13:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.08.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
08.08.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.08.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.08.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.08.2008	17:15:00	6,25	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ETR
25.08.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
27.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
27.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
02.09.2008	17:15:00	6,73	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ETR
02.09.2008	17:15:00	6,73	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ROD
04.09.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
09.09.2008	1:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL



10.09.2008	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.09.2008	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
22.09.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
22.09.2008	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
23.09.2008	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-ROD
24.09.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
09.10.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.10.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.10.2008	23:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-CCF
18.10.2008	0:30:00	3,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
20.10.2008	8:00:29	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.10.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.10.2008	4:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
29.10.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
29.10.2008	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
07.11.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.11.2008	13:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.11.2008	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.11.2008	8:01:43	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
19.11.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
27.11.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
04.12.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
12.12.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.12.2008	8:00:13	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
19.12.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
20.12.2008	17:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-CAB
22.12.2008	13:00:36	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-CAB
26.12.2008	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
31.12.2008	10:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
06.01.2009	13:00:51	3,99	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-CCF
07.01.2009	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-ROD
08.01.2009	14:40:00	1,77	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.01.2009	10:00:00	1,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-VDF
13.01.2009	17:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
14.01.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
14.01.2009	8:00:01	2,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
16.01.2009	13:45:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
21.01.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.01.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15



04.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
04.02.2009	10:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-CAB
08.02.2009	20:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-CCF
11.02.2009	8:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.02.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
11.02.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-CAA
19.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
25.02.2009	14:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
04.03.2009	15:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
09.03.2009	11:00:11	1,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
12.03.2009	8:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
12.03.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
16.03.2009	8:00:00	79,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-MOT
18.03.2009	13:30:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
20.03.2009	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-ETR
25.03.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
25.03.2009	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-ROD
29.03.2009	18:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
30.03.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
31.03.2009	20:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOP
01.04.2009	14:45:00	1,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.04.2009	13:00:00	2,43	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOP
06.04.2009	8:00:00	7,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
09.04.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
09.04.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
13.04.2009	4:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
14.04.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
16.04.2009	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
22.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.04.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.04.2009	21:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
29.04.2009	19:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
02.05.2009	15:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-CCF
04.05.2009	8:02:22	3,98	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.05.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
05.05.2009	11:28:28	1,53	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOO
06.05.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.05.2009	15:02:03	1,97	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOP
13.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15

22.05.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
26.05.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.06.2009	13:30:00	3,22	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.06.2009	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.06.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOP
03.06.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
03.06.2009	15:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SPU-MOP
10.06.2009	13:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.06.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
17.06.2009	22:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
21.06.2009	17:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
23.06.2009	16:00:00	0,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
01.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
03.07.2009	8:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
07.07.2009	22:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
09.07.2009	8:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
09.07.2009	7:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
10.07.2009	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
15.07.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
15.07.2009	9:30:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SCA-VDF
22.07.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
25.07.2009	22:10:00	0,83	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E15-SLE-GTL
27.07.2009	13:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
28.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
29.07.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
06.08.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
12.08.2009	15:15:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
18.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
24.08.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
24.08.2009	8:30:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15
26.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E15

Tabla 29: Base de Datos Puente Grúa E-15.



Base de datos Grúa E-16

Fecha	Hora Inicio	Duración	Tipo	Nickname
04.01.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
11.01.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
14.01.2008	8:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
16.01.2008	8:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.01.2008	13:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
31.01.2008	10:00:00	7,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SCA-CCF
31.01.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
08.02.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
11.02.2008	8:00:31	5,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
15.02.2008	10:00:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
22.02.2008	14:45:00	0,55	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
01.03.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
08.03.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
10.03.2008	10:05:19	1,02	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
11.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
16.03.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
20.03.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
21.03.2008	0:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
27.03.2008	13:00:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.04.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.04.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.04.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
10.04.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
18.04.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.04.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
01.05.2008	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.05.2008	13:00:00	3,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.05.2008	8:00:06	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.05.2008	8:00:00	7,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
15.05.2008	15:15:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
23.05.2008	14:30:00	0,80	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
27.05.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-CAA
30.05.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
04.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.06.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
13.06.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
21.06.2008	8:30:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
27.06.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
30.06.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16



02.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
03.07.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
08.07.2008	13:00:00	10,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
10.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
12.07.2008	8:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
18.07.2008	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
24.07.2008	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
28.07.2008	17:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
30.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
30.07.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
01.08.2008	14:45:00	0,55	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
08.08.2008	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
10.08.2008	21:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SPU-CCF
14.08.2008	14:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
16.08.2008	17:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SCA-CAB
19.08.2008	20:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SPU-PAN
19.08.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
21.08.2008	1:30:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-CCF
24.08.2008	19:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
25.08.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.08.2008	8:00:00	6,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
29.08.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.09.2008	14:30:00	0,80	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
11.09.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
24.09.2008	9:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
24.09.2008	13:00:00	2,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.09.2008	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
03.10.2008	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
10.10.2008	14:30:00	0,25	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
18.10.2008	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
21.10.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
23.10.2008	8:00:05	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
23.10.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
30.10.2008	8:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.11.2008	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
14.11.2008	13:45:00	0,75	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
19.11.2008	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
19.11.2008	8:04:15	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
20.11.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
26.11.2008	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SPU-ROD
28.11.2008	8:00:00	6,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
04.12.2008	13:00:00	3,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
12.12.2008	14:45:00	0,55	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
15.12.2008	8:00:24	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16



15.12.2008	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
26.12.2008	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
02.01.2009	8:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.01.2009	13:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
12.01.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
12.01.2009	8:00:00	4,01	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
16.01.2009	14:30:00	0,80	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
20.01.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
21.01.2009	20:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-FRG
22.01.2009	8:00:00	4,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-MAC
28.01.2009	15:00:00	0,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
03.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.02.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.02.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.02.2009	13:30:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-FRG
13.02.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
20.02.2009	14:15:00	1,05	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.02.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
04.03.2009	15:45:00	0,68	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.03.2009	8:30:00	3,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.03.2009	8:00:01	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
12.03.2009	16:26:00	3,07	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
18.03.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
25.03.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
31.03.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
04.04.2009	3:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GAN
06.04.2009	8:00:15	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.04.2009	10:00:00	2,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
13.04.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
17.04.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
23.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
28.04.2009	8:01:43	29,97	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-VDF
30.04.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
04.05.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
06.05.2009	13:00:45	3,99	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
06.05.2009	13:00:00	1,50	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
13.05.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
22.05.2009	14:00:00	1,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
29.05.2009	14:30:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-CAA
29.05.2009	14:30:00	0,80	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
03.06.2009	8:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.06.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
05.06.2009	13:00:00	2,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
08.06.2009	14:00:00	2,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GAN



10.06.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
10.06.2009	11:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SCA-ETR
17.06.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
18.06.2009	21:00:00	0,50	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
19.06.2009	5:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
24.06.2009	8:00:00	7,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
30.06.2009	14:00:00	2,72	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
01.07.2009	13:00:00	3,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
03.07.2009	9:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
07.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
07.07.2009	14:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
17.07.2009	15:00:00	0,30	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
17.07.2009	21:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-CCF
24.07.2009	11:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
29.07.2009	14:30:00	1,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
29.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
29.07.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
07.08.2009	14:15:00	1,05	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
09.08.2009	4:00:00	1,00	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
12.08.2009	15:30:00	0,93	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
18.08.2009	16:10:00	0,75	NP	FREF-REL-RRE-PUE-E16-SLE-GTL
20.08.2009	15:00:00	1,43	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
26.08.2009	8:35:00	3,42	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
27.08.2009	13:00:00	1,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16
28.08.2009	8:00:00	4,00	PL	FREF-REL-RRE-PUE-E16

Tabla 30: Base de Datos Puesto Grúa E-16.