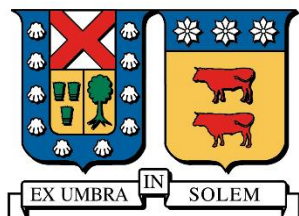


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



OPTIMIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE FLOTA DE GRÚAS HORQUILLA EN APLICACIÓN INDUSTRIAL

LUIS FELIPE CÓRDOVA GUERRERO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: ING. RAFAEL MENA YANSSEN.
PROFESOR CORREFERENTE: ING. LUIS GUZMÁN BONET.

Junio – 2018

A mi familia, por su
constante apoyo y
motivación.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mis padres, Manuel y Bernarda, ya que es gracias a ellos que he podido llegar a esta etapa, quienes a través de su incansable apoyo, consejo y sacrificio me guiaron por este largo camino. Agradezco su cariño, su paciencia y sobre todo las herramientas que me han entregado a través de su enseñanza y educación para convertirme en la persona que soy. Agradecer también a mis hermanos, Katherine y Manuel, que siempre me motivaron a seguir adelante, a seguir su ejemplo y superar tantos momentos difíciles y enseñarme a valorar lo entregado por nuestros padres. A mi cuñado Carlos, por abrirme las puertas de su hogar en los momentos en que más lo necesitaba y hacerme participe de su familia. A mi cuñada Sofía, por las largas conversaciones, consejos y momentos que hemos compartido.

Agradecer especialmente a mi novia, Guillermina, quien a través de su eterna compañía ha sido uno de los pilares más importantes en esta etapa y en mi vida. En estos casi 8 años juntos hemos aprendido el uno del otro, a amarnos, a consolarnos en los momentos difíciles. Agradecerle a su familia, a doña Jeannette y a don Luis, por considerarme un hijo más, a mis cuñadas por enseñarme lo que es tener una hermana menor y por los momentos vividos. Espero puedan seguir nuestros pasos.

A mis compañeros de carrera, al IMI F.C, y compañeros de trabajo en la Librería USM por las risas y buenas tardes sacando fotocopias, en especial a Felipe y Jaime. A mis compañeras de casa Paula y Paulina por sentir que estábamos en familia. A mis mascotas por su desinteresado cariño y compañía, duke, polo, jesse y morochita.

Agradecer a mi profesor guía, don Rafael Mena, por su constante disposición a ayudarme y realizar este trabajo. Además agradecer a todos mis profesores que de una u otra forma han contribuido a mi formación personal y profesional. Agradecer a la empresa Vital Jugos, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de título, a Don Freddy Carrasco y a Don Marcelo García.

Por último, mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que de alguna u otra forma aportaron positivamente en el desarrollo de éste y tantos otros trabajos realizados.

Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo central optimizar y estandarizar el proceso productivo de traslado de unidades de carga en aplicaciones industriales para una flota de veinte grúas horquilla y disminuir los costos asociados a su operación. Este proyecto se enmarca dentro de la implementación de las técnicas introducidas al modelo de producción esbelta en la embotelladora Vital Jugos S.A. y así disminuir los costos asociados al transporte interno de materiales, en su mayoría llevados a cabo por la flota de grúas horquilla de la empresa.

La empresa cuenta con una flota de grúas horquilla a combustión, de la marca Toyota, que están encargadas de la operación de las tres principales áreas de la empresa que son producción, bodegas de producto terminado y bodega de materias primas, siendo las dos primeras las de mayor importancia.

En la actualidad la empresa no cuenta con un plan adecuado de gestión y administración de la flota, generando que no exista una revisión de la información generada que ayude a tomar decisiones y corregir desviaciones en su operación. Además según información recopilada durante esta investigación los costos de operar la flota de grúas ascienden a 712 millones de pesos anuales, donde el 73% corresponde a las remuneraciones de los operadores de grúa, 16% a mantenciones, y 11% a combustibles y otros.

Para cumplir con los objetivos propuestos se analizó el proceso productivo y se propuso mejoras a los estándares operativos existentes, los sistemas de control, gestión, administración y adquisición de datos y que estos permitan a su vez generar indicadores de desempeño útiles y cuantificables para el proceso productivo. Luego a partir de esta información se realizó un rediseño del proceso productivo actual a partir de simulaciones y la construcción de modelos que representaran de manera fidedigna el proceso.

Finalmente con el rediseño propuesto y la reducción de un equipo en el área de producción es posible disminuir en un 6% el costo total de operación de la flota de grúas horquilla de la empresa, lo cual es aproximadamente 43 millones de pesos anuales.

Abstract

This paper aims to optimize and standardize the productive process of the movement of load units in industrial implementations for a fleet of twenty fork-cranes, as well as to reduce the costs associated with its operation. This project is framed within the application of the techniques presented to the lean manufacturing model in the bottling company *Vital Jugos S.A.*, reducing the costs associated with internal material transport which are in its majority performed by the implements of the enterprise.

The business counts with a *Toyota* fork-crane fleet, each one of them with a combustion engine. They are in charge of the three main operation areas of the company which are production, end product storehouses and raw material storehouses; being the first two the most important.

Currently, the industry does not count with a proper fleet's management plan; consequently, there is not a revision of the generated information that helps making decisions and correct deviations in its operation. Besides, according to information compiled throughout the investigation, the crane fleet operation costs increase to seven hundred and twelve millions per year; in which 73% belongs to crane operators' remuneration, 16% to maintenance, and 11% to fuel and others.

In order to reach the proposed goals and generate useful and quantitative indicators for the present productive process, this was analyzed and improvements to the present operative standards, control systems, management and gathering of data were suggested. Afterwards, from that information, the process was redesigned based on simulations and the construction of new models which would represent the process faithfully.

Finally, with the new design presented and the reduction of staff in the production area, it would be possible to diminish the total cost of the fork-crane fleet of the company's operation in 6% which amounts to approximately forty three million pesos per year.

Glosario

- Caja unitaria, “Unit Case”: Unidad de medida utilizada por “The Coca Cola Company”, una caja unitaria equivale a 24 botellas de 8oz o 5,678 litros.
- SKU (Stock-keeping unit): Es un identificador para el seguimiento sistemático de productos y servicios ofrecidos a los clientes. Cada SKU se asocia a un producto, objeto, marca o servicio.
- RGB (“Returnable Glass bottle”): Son botellas de vidrio retornable utilizadas como envase contenedor de bebidas y néctares.
- GB (“Glass bottle”): Botellas de vidrio de un solo uso, utilizadas como envase contenedor de bebidas y néctares.
- PET: Siglas del Tereftalato de Polietileno, plástico utilizado como envase de néctares.
- Sachet/saché: Pequeña bolsa hermética empleada para contener alimentos y otros productos.
- Palé/Pallet/Paleta: Es un armazón de madera, plástico u otro material utilizado para el movimiento de carga y mercadería.
- Paletizado: Acción y efecto de disponer la mercadería sobre un palé para su almacenamiento y/o transporte.
- Despaletizado: Acción de retirar la mercadería de un palé para su uso.
- Bodega PT: Bodega de productos terminados.
- Bodega MP: Bodega de materias primas.

Índice

Introducción	xii
Descripción empresa	xiii
Análisis logístico y del problema	xv
Objetivos	xvii
Metodología.....	xviii
1. Desarrollo.....	1
1.1. Optimización de flotas	1
1.2. Transporte interno y manejo de materiales.	4
1.3. Mantenimiento	8
1.4. Indicadores de desempeño	12
1.5. Herramientas de simulación.....	19
1.6. Análisis Causa-Efecto	23
2. Análisis y propuestas de mejoras al proceso productivo	46
2.1. Determinación de distancia teóricas.....	46
2.2. Estandarización de equipos.....	51
2.3. Mantención y mejora de surtidor GLP y Mejoras de sistema SSCOM.	54
2.4. Mejora de plan de mantenimiento.....	55
2.5. Procedimientos para control inicial.....	60
2.6. Instalación de tecnología de monitoreo.....	60
3. Indicadores.....	63
3.1. Selección de KPI.....	63
3.2. Indicadores operativos	63
3.3. Indicadores de mantenimiento.	74

4. Rediseño del proceso productivo	80
4.1. Introducción a “Promodel”	80
4.2. Construcción del modelo.....	81
4.3. Simulación.	92
4.4. Sensibilización.	94
5. Análisis de resultados	98
5.1. Disminución vehículos línea 1.....	98
5.2. Indicadores de desempeño	101
Conclusiones y recomendaciones	104
Referencias.....	108
Anexos	109

Índice de tablas

Tabla 2.1 - Zonas numeradas y coordenadas del centro de gravedad de cada una.	48
Tabla 2.2 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas línea 2.	49
Tabla 2.3 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas línea 3.	50
Tabla 2.4 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas líneas flexibles TTP.	50
Tabla 2.5 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas líneas flexibles Kapo.	51
Tabla 2.6 - Resultados obtenidos para la distancia recorrida por palé.	51
Tabla 2.7 - Comparación costos tecnología de monitoreo GPS.	61
Tabla 2.8 - Comparación tecnologías de monitoreo, ventajas y desventajas.	62
Tabla 3.1 - Información de Produccion total planta y horómetro total flota de grúas.	64
Tabla 3.2 - Producción y horómetro por área.	65
Tabla 3.3 - Producción y horas de uso por línea de Producción, año 2016.	66
Tabla 3.4 - Información consumo de combustible y horas de uso grúa horquilla año 2016.	68
Tabla 3.5 - Consumo de combustible de grúa horquilla por área, año 2016.	69
Tabla 3.6 - Resultados obtenidos por piloto de monitoreo GPS para grúa 17 y resultados del indicador de productividad de grúa, periodo 16 de enero 2017 al 30 de enero 2017.	71
Tabla 3.7 - Calculo indicador utilización por grúa horquilla, año 2016.	72
Tabla 3.8 - Tiempos disponibles para operar y tiempos de operación flota de grúas, año 2016.	73
Tabla 3.9 - Calculo indicador tiempo promedio entre fallos flota grúas horquilla, año 2016.	75
Tabla 3.10 - Calculo indicador tiempo promedio para reparar por grúa, año 2016.	76
Tabla 3.11 - Calculo de indicador confiabilidad de grúa horquilla, año 2016, para intervalos de tiempo de 1 turno, 1 día, 1 semana y 1 mes.	77
Tabla 3.12 - Calculo indicador mantenibilidad de grúa horquilla, año 2016. Para intervalo de tiempo de 1 turno, 1 día, 3 días y 1 semana.	78
Tabla 3.13 - Resultados para indicador de disponibilidad de grúa horquilla, año 2016.	79

Tabla 4.1 – Resumen resultados obtenidos de utilización real y para modelo.	94
Tabla 4.2 – Resultados para sensibilización de modelo línea 1.....	95
Tabla 4.3 – Resumen y comparación de resultados simulaciones rediseño línea 1....	97
Tabla 5.1 – Costos de operación flota de grúa horquilla, año 2016.....	100
Tabla 5.2 – Variación de distancias recorrida por palé luego de rediseño línea 1....	101

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1.10 - Gasto mantención flota grúas horquilla 2015.....	38
Ilustración 1.11 - Ponderación ítems que afectan en mayor medida al problema.....	45
Ilustración 2.1 - Layout de planta con áreas coordinadas.	47
Ilustración 2.2 - Medidas de pasillo y callejones interiores área bodega PT.	52
Ilustración 2.3 - Medidas de grúa horquilla y ancho pasillo de trabajo..	53
Ilustración 2.4 - Planilla de mantenciones preventivas.	56
Ilustración 2.5 - Formulario de registro de mantenciones preventivas para el año 2017 grúas 1 a 12.....	57
Ilustración 2.6 - Orden de trabajo tipo sugerida.....	58
Ilustración 2.7 - Informe de mantención tipo sugerido.	59
Ilustración 3.1 - Resultados indicador productividad de grúa para el total de la flota, año 2016.	64
Ilustración 3.2 - Resultados obtenidos para el indicador de productividad de grúa por área, año 2016.	65
Ilustración 3.3 - Resultados obtenidos para indicador de productividad de grúa líneas de producción, año 2016.....	67
Ilustración 3.4 - Resultados obtenidos para el indicador de consumo de combustible flota de grúas horquilla, año 2016.	69
Ilustración 3.5 - Resultados obtenidos para el indicador de consumo de combustible de grúa por área, año 2016.	70
Ilustración 3.6 - Resultado obtenido, utilización mensual de grúa horquilla año 2016.	74
Ilustración 4.1 - Ventana de locaciones en promodel.	82
Ilustración 4.2 - Disposición final layout modelo línea 1.	82
Ilustración 4.3 - Ventana de entidades de modelo de línea 1.....	83
Ilustración 4.4 - Redes de caminos modelo línea 1.....	83
Ilustración 4.5 - Propiedades redes de caminos modelo línea 1.	84
Ilustración 4.6 - Ventana de caminos con las propiedades de cada arista.....	84
Ilustración 4.7 - Ventana de recursos del modelo de línea 1.	85
Ilustración 4.8 - Ventana de propiedades de los recursos del modelo línea 1.	85

Ilustración 4.9 - Ventana de procesos modelo de línea 1.....	86
Ilustración 4.10 - Ventana de proceso 1, modelo línea 1.	86
Ilustración 4.11 - Ventana de proceso 2, modelo de línea 1.	87
Ilustración 4.12 - Ventana de proceso 3, modelo de línea 1.	87
Ilustración 4.13 - Ventana de proceso 4, modelo de línea 1.	88
Ilustración 4.14 - Ventana de proceso 5, modelo de línea 1.	88
Ilustración 4.15 - Ventana de proceso final, modelo de línea 1.....	88
Ilustración 4.16 - Procesos en modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.	89
Ilustración 4.17 - Ventana de llegadas o ingresos al sistema.....	89
Ilustración 4.18 - Distribución normal de producción línea 1, año 2016.....	90
Ilustración 4.19 - Distribución normal salida de producción desde zona de paletizado línea 1.	91
Ilustración 4.20 - Opciones de simulación modelo línea 1.	92
Ilustración 4.21 - Ventana de reporte general de resultados, localizaciones.	93
Ilustración 4.22 - Ventana de reporte general de resultados, recursos.....	93
Ilustración 4.23 - Recursos luego de la sensibilización de modelo línea 1.....	94
Ilustración 4.24 - Rediseño planteado para almacenamiento de palé con jaba de botellas vacías.	96
Ilustración 4.25 - Rediseño de ubicaciones de locaciones modelo línea 1.	97
Ilustración 5.1 - Comparación indicadores de utilización con productividad de grúa por línea de producción, año 2016.	99
Ilustración 5.2 - Comparación indicadores utilización de grúa y tiempo promedio entre fallos.	102
Ilustración 5.3 - Comparación indicadores de productividad de grúa y consumo de combustible de grúa.	103

Introducción

El proyecto de optimización y estandarización de flotas de grúas horquilla para aplicación industrial, nace de la implementación de herramientas de mejora para la calidad en la empresa Vital Jugos S.A., embotelladora de la firma multinacional Coca Cola. Dentro de este contexto, se pretende la, también conocido como “Lean Manufacturing”, el cual posee su origen en los sistemas de producción “Just In Time” (JIT) de la empresa automovilista Toyota. Básicamente el “lean” consiste en aplicar sistemáticamente técnicas de fabricación en todos los procesos productivos que disminuyan al máximo los desperdicios y actividades que no agregan valor al producto. Dentro de las técnicas más utilizadas en el proyecto destacan lo que son ciclos PDCA, 5S, mantenimiento productivo total, control estadístico de procesos y la implementación de indicadores de gestión.

El transporte de materiales, tanto interno como externo, es uno de los desperdicios a los que hace referencia el Lean, ya que como tal, no añade valor al producto, pero a su vez es necesario e imprescindible, llegando a representar alrededor del 40% del costo total de un producto. Es por ello que gestionar correctamente el traslado de materiales y optimizar el uso de cualquier flota es una tarea fundamental a la hora de reducir los costos de fabricación de cualquier proceso productivo.

Bajo este escenario, optimizar la flota de grúas es de vital importancia ya que representan una gran parte del flujo interno de materiales de la empresa, que van desde la recepción y descargue de materias primas hasta el cargue de productos listos para ser comercializados. Siendo el uso de este tipo de flotas muy común en la industria dada su versatilidad y capacidad de traslado en distancias cortas.

Descripción empresa

Coca-Cola en Chile comprende dos grandes grupos de embotelladoras, Embotelladoras Andina S.A. [EASA] y Coca Cola Embonor S.A [Embonor]. Embotelladoras Andinas S.A. es una de las diez mayores embotelladoras de Coca-Cola en el mundo entregando diariamente alrededor de 12 millones de litros diarios durante el año 2015, mientras que Embonor durante el 2015 entrego 1.9 millones de litros entre gaseosas, aguas y jugos.

EASA nació en febrero de 1946, que con capitales chilenos y norteamericanos compro dos plantas embotelladoras pertenecientes a la “Viña Concha y Toro” que hasta ese momento contaban con la firma para embotellar y distribuir productos de Coca-Cola en Chile. En 1992 constituye la sociedad Vital S.A. dedicada al negocio de jugos y aguas minerales.

Por su parte Embonor nace en 1962 como Embotelladora Arica S.A, la cual distribuía productos Coca-Cola en Arica e Iquique. En el año 2000 luego de una gran expansión por Chile y Bolivia pasa a denominarse Coca-Cola Embonor S.A.

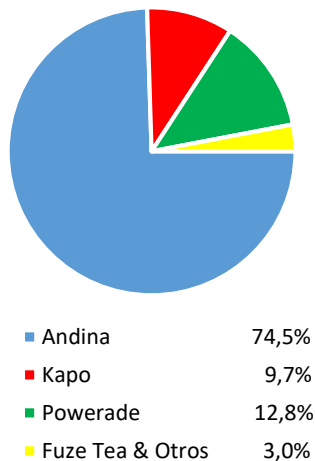
Las franquicias de Coca-Cola poseen una participación de mercado de un 69,3% para gaseosas, 34,8% para jugos y 42,5% para aguas, además de una cartera de 65.000 clientes a nivel nacional, entre supermercados, botillerías, almacenes, mayoristas y servicios de autoservicio como farmacias y estaciones de servicio.

En el año 1993 se inaugura la planta de Vital S.A. en Renca, Chile. Durante el año 1995 se firma un acuerdo en el cual Coca-Cola Company compra las marcas propiedad de Vital S.A. En el año 2011, y en conmemoración de los 65 años de funcionamiento de Andina, se reestructura el negocio de los jugos, y Vital S.A pasa a llamarse Vital Jugos S.A. [VJSA] dedicada a la comercialización de jugos, convirtiéndose en un “Joint Venture” o alianza estratégica entre las embotelladoras de Coca-Cola en Chile. De las cuales actualmente Andina Inversiones Societaria S.A posee el 50%, Embonor el 35% y EASA el restante 15%. De estos EASA y Embonor son titulares de los derechos para adquirir los productos de VJSA.

Embonor durante el año 2015 tuvo un volumen de ventas de 122,9¹ MMCUs (millones de cajas unitarias²), siendo 12,2 MMCUs producto de jugos y aguas saborizadas. Embonor posee alrededor de 333 SKU, de los cuales 88 SKU corresponden a VJSA. Por su parte EASA durante el año 2015 tuvo un volumen de ventas de 233,7 MMCUs, siendo 32,8 MMCUs producto de jugos y bebidas de fantasía. Vital Jugos S.A. produce néctares, Jugos de fruta, bebidas de fantasía e isotónicas entre otros, bajo las marcas:

- Andina del Valle: Jugos y néctares de fruta.
- Kapo: Bebidas de fantasía.
- Fuze Tea: Te preparado.
- Powerade: Bebida Isotónica.
- Glaceau Vitamin Water: Agua saborizada con adición de vitaminas y minerales. Siendo comercializados en envases de tetra pak, envases Pet no retornables (plástico o tereftalato de polietileno), botellas de vidrio retornable y no retornable y por último en saché.

Ventas por producto



Ventas por formato

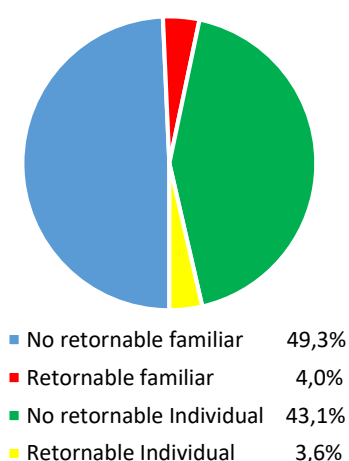


Ilustración 1 - Ventas Vital Jugos S.A. por producto y formato. Fuente: Memoria Anual 2015 – Embotelladora Andina S.A.

¹ Fuente: Memoria anual Embotelladora Andina S.A. 2011.

² Una caja unitaria equivale a 24 botellas de 8oz o 5,68 litros.

Finalmente la planta consta principalmente de tres grandes áreas, producción, bodega de productos terminados (Bodega PT) y bodega de materias primas (Bodega MT), en donde se desarrollan la mayor parte de las labores productivas de la planta. El área de producción consta de cinco líneas de producción, distribuidas en tres líneas para formatos de botellas tanto PET, RGB y GB. La mayor parte de los procesos se realizan de forma continua en las líneas de producción a excepción del almacenamiento y despacho de los productos que se realiza de forma discreta. Para que esto sea posible es necesario que exista una constante alimentación de materias primas y retiro de producto terminado de manera tal que no hallan interrupciones en la producción por aglomeración excesiva de productos terminados en bodega, líneas o falta de materias primas.

Análisis logístico y del problema

El proceso productivo en que se desarrolla este trabajo de título corresponde en gran medida al movimiento de unidades de carga a través de vehículos de uñas contrapesados, los cuales son utilizados para el movimiento de todas las cargas paletizadas al interior de la empresa. Entre las actividades que desarrollan estos vehículos se encuentran principalmente la alimentación de materias primas, retiro y almacenaje de productos terminados, movimiento de desechos, y carga de camiones.

Según datos entregados por la gerencia de la empresa, el principal problema con que cuenta la flota de grúas horquilla son los elevados costos operacionales y el poco control con que cuenta la flota de grúa horquilla³, no se poseen herramientas de gestión adecuadas para este tipo de proceso productivo, por lo que es necesario realizar un monitoreo constante de la información generada a partir de las herramientas de medición existentes y generar objetivos reales en base a estas mediciones. Ya que se trata de un proceso de vital importancia para el correcto funcionamiento de la empresa,

³ Fuente: Área producción y de mantención Vital Jugos S.A.

se desea optimizar el uso de la flota de grúa horquilla dispuesta para este propósito, proponer una metodología que permita ordenar y controlar el uso de estos vehículos maximizando los recursos disponibles y minimizando las pérdidas en el sistema productivo.

Durante el año 2016 la operación de la flota de grúa horquilla de la empresa tuvo un costo de \$188.850.611 pesos, es decir un 62% del valor total del activo, esto sin contar las remuneraciones de los operadores de grúa. La cifra anterior si es llevada mensualmente a cada uno de los diecisiete vehículos que trabajan diariamente en la planta, arrojan un costo de operación de \$925.738 pesos. Si se toman en cuenta los costos empresa de cada uno de los operadores de grúa la cifra se dispara hasta los \$712.434.611 pesos, es decir \$3.492.327 pesos mensuales por cada vehículo en la planta.

Objetivos

El movimiento de materiales en la industria es una actividad fundamental en toda cadena productiva pues incide directamente en la productividad y los costos de producción. Dado que muchas veces su operación no es gestionada adecuadamente, se generan procesos ineficientes y altos costos de operación. Este trabajo de título, tiene como **objetivo general, optimizar y estandarizar el proceso productivo de traslado de unidades de carga en aplicaciones industriales para una flota de veinte grúas horquilla y disminuir los costos asociados a su operación.**

Para cumplir con el propósito antes señalado, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un levantamiento de información histórica y un análisis de dispersión de la situación actual de flota en Vital Jugos S.A.
- Proponer mejoras a estándares operativos existentes en el proceso productivo.
- Proponer mejoras a los sistemas de control, adquisición de datos y administración de la flota de grúas horquilla.
- Generar indicadores de desempeño, útiles y cuantificables para el proceso productivo.
- Rediseño del proceso productivo utilizando un software de simulación.
- Generar conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

Metodología

- Se realizó un levantamiento de información para definir la situación actual de la flota de montacargas de la empresa y así poseer una mayor claridad del enfoque con que se abordará el trabajo.
- En base a la información recabada se realizó un análisis de dispersión en el cual se buscaron las causas raíz del problema con que contaba la gestión de los vehículos.
- A partir del análisis anterior se propusieron medidas para mejorar el control y gestión de la flota, mejorar la toma de datos, minimizar los costos de operación y estandarizar algunos procesos.
- Se generaron indicadores de desempeño, tanto operativos como de mantenimiento que permiten realizar un seguimiento continuo de la flota.
- Se analizó el proceso productivo a partir de software de simulación, proponiendo cambios que permiten disminuir los costos asociados y mejorar el proceso.
- Finalmente se presentan los resultados más relevantes en el estudio y las conclusiones del proceso.

1. Desarrollo

1.1. Optimización de flotas

En palabras simples se define a la optimización como el proceso de seleccionar la mejor alternativa, de un grupo de posibles soluciones, que satisfaga el o los objetivos propuestos o que se acerquen de la mejor manera a estos. El problema del vendedor viajero es uno de los principales problemas de optimización de la historia, fue planteado alrededor del año 1800, aunque sus primeras referencias documentadas datan de los 1830s. Básicamente el TSP (por sus siglas en inglés “travelling salesman problem”) trata de responder la siguiente pregunta: Dada una lista de ciudades y las distancias entre cada par de ellas ¿Cuál es la ruta más corta posible que visita cada ciudad exactamente una vez y regresa a la ciudad de origen?, este problema es uno de los más estudiados y es prueba obligada para validar muchos métodos de optimización.

Karl Menger en 1930 definió el problema para un conjunto finito de puntos de los cuales se conocen las distancias entre cada par y se requiere saber cuál es el camino más corto entre esos puntos, por lo tanto, el método a seguir sería que desde el punto inicial se va al punto más cercano a este y luego desde el segundo punto nuevamente se mueve al más cercano y así sucesivamente, llamado algoritmo del vecino más próximo. En general el método de Menger no retorna la ruta más corta, es decir que esta heurística no es óptima.

Dentro de los métodos para resolver estos problemas están los métodos exactos, los cuales funcionan para dimensiones de datos pequeños, pero a medida que el número de variables aumenta, la complejidad de encontrar una solución exacta es cada vez mayor. Hay $n!$ rutas posibles para n ciudades a visitar, así mismo se pueden realizar algunas simplificaciones para reducir el número de rutas posibles, ya que al ser simétrica la distancia de un punto a otro, no importa la dirección en que se desplace el viajero, la distancia es la misma, además como no importa el punto de partida, el número de combinaciones queda reducido a $\frac{(n-1)!}{2}$.

Por ejemplo, si se requiere calcular el camino más corto para 5 ciudades, es relativamente simple utilizar un algoritmo de fuerza bruta para dilucidar la opción óptima, ya que son 12 las posibles soluciones.

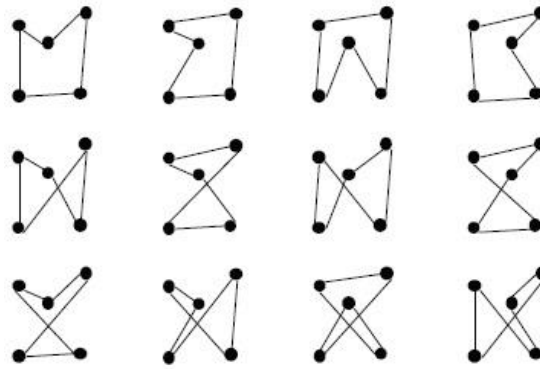


Ilustración 1.1 - Posibles soluciones para un problema TSP de cinco ciudades.

Pero a medida que el número de ciudades a visitar se incrementa, también lo hace el número de posibles rutas, tanto que para 10 ciudades hay 181.440 rutas diferentes, para 30 ciudades hay del orden de 10^{31} rutas posibles siendo imposible calcular por métodos exactos, ya que para un ordenador que calcula 1 millón de rutas por segundo necesita del orden de 10^{18} años resolverlo, creciendo de forma exponencial, es por este hecho que es considerado un problema NP (“nondeterministic polynomial time” o tiempo polinomial no determinista), siendo en términos coloquiales un problema en el cual no se puede garantizar encontrar la mejor solución posible en un tiempo razonable.

Lo anterior impulso el desarrollo de procedimientos alternativos llamados métodos aproximados o heurísticos los cuales utilizando diferentes mecanismos pueden entregar buenas soluciones, aunque no necesariamente la óptima, para problemas con millones de puntos, en tiempos razonables. Se destaca la siguiente definición para algoritmo heurístico, Díaz y Gonzales (1996):

“Un método heurístico es un procedimiento para resolver un problema de optimización bien definido mediante una aproximación intuitiva, en la que la estructura del problema se utiliza de forma inteligente para obtener una buena solución”.

1.1.1. Optimización en la industria

El término optimización comenzó a ser manejado en la industria a partir de la revolución industrial y la fuerte competencia derivada de las transformaciones económicas, sociales y tecnológicas de esta, en la cual el incremento en la demanda de productos, recursos e insumos hace necesario revisar los procesos asociados en

búsqueda de mejoras, uno de los principios fundamentales de la industria moderna. Dada una elevada escala de producción y alto consumo energético, se provoca que pequeñas mejoras en la eficiencia de los sistemas productivos se traduzcan en ganancias y así en mayores utilidades. Gómez (2007) en su tesis doctoral, plantea que las mejoras dependen en gran medida de tomar las decisiones correctas en el momento adecuado, por lo cual las herramientas de optimización deben ser utilizadas en todos los niveles jerárquicos de la organización. Para Gómez el primer nivel es el de la *planificación estratégica*, en el cual las decisiones se toman a largo y mediano plazo, determinando las oportunidades y necesidades de inversión, y aquellos factores externos que pueden modificar el escenario actual, como tendencias de mercado, cambios en la legislación, variables geopolíticas, disponibilidad de capital, etc, con el fin de optimizar los recursos económicos con que cuenta la empresa y que estos se traduzcan en un incremento en las utilidades.

En el segundo nivel, está la *planificación de la producción*, en donde se tratan aquellas decisiones relacionadas con la logística, distribución, transporte y producción, básicamente todo lo que tiene que ver con el proceso productivo en un horizonte temporal de seis meses como son los volúmenes de producción, y compra de insumos y materias primas.

Luego, en el tercer nivel esta la *optimización de las unidades de proceso*, en el cual se determina el valor apropiado para las variables implicadas en los procesos que proporcionan un máximo rendimiento. Es importante que en este nivel las decisiones se puedan tomar a partir de la experiencia y los conocimientos de los técnicos responsables del proceso, siendo en la industria moderna significativo el uso de herramientas de apoyo y software para buscar el punto operacional óptimo.

El último nivel, es el de *control de procesos*, o como el autor lo define *control predictivo multivariable*, en el cual los puntos de operación hallados anteriormente deben ser implementados en el proceso. Lógicamente estos no pueden ser impulsados de forma instantánea, por lo cual se debe variar paulatinamente y así evitar inestabilidades en el proceso. Una vez implementado es deber del control de procesos tomar acciones para minimizar desviaciones y fluctuaciones alrededor del óptimo.

Por lo tanto, esta información puede ser llevada al ámbito de la optimización de flotas, ya que cualquier decisión que se tome puede ser enmarcada dentro de estos cuatro niveles jerárquicos. Por ejemplo, medidas que pueden afectar a largo plazo como la renovación de flota o ampliación de la misma son muestras claras de una planificación estratégica del más alto nivel jerárquico, luego decisiones como la cantidad de repuestos a comprar o las rutas de entrega a seguir se condicen con lo que sería una planificación de la producción a corto plazo. Finalmente, variables del proceso mismo como serían los tiempos de conducción, velocidades máximas, niveles de aceite, niveles de presión en los neumáticos y su posterior control son ejemplos claros de los que sería una optimización de las unidades del proceso y el posterior control del proceso.

Finalmente, la optimización de flotas debe ser entendida como cualquier acción que permita aumentar la eficiencia y efectividad de cualquier conjunto de vehículos y además permita disminuir los costos asociados a su utilización. Actualmente basa su mejora en la obtención de información en tiempo real del o los vehículos y su entorno de trabajo, información como posición, carga, conductor, estado, trafico, condición ambiental y consumo, permitiendo anticipar adecuadamente cualquier desviación y tomar las medidas correctivas adecuadas.

1.2. Transporte interno y manejo de materiales.

El instituto de manejo de materiales (MHI - Material Handling Institute) define al manejo de materiales y logística como *el “Todo movimiento, protección, almacenamiento y control de materiales y productos en todo el proceso productivo, desde la recepción de materias primas, manufactura, almacenamiento, consumo, hasta su posterior desecho”*. El objetivo de estudiar el manejo de materiales en la industria es conseguir un proceso eficiente, reduciendo los costos de producción, aumentar el flujo de material e información para finalmente aumentar la productividad de toda planta. En este contexto el MHI define diez principios básicos a tener en cuenta para disminuir las ineficiencias en esta área:

- Principio de planeación: Todo el manejo de materiales debe ser planificado, de modo que se definan por completo las necesidades de los métodos propuestos.

- Principio de estandarización: Métodos, equipos, controles y software deben estandarizarse, sin sacrificar la flexibilidad en su uso.
- Principio del trabajo: El trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel de servicio requerido de la operación.
- Principio de ergonomía: Debe conocerse la capacidad y las limitaciones humanas, respetándose al diseñar las tareas y equipos de manejo de materiales para asegurar operaciones seguras y efectivas.
- Principio de carga unitaria: Las cargas unitarias deben ser de tamaño adecuado y configurarse de manera que logren el flujo de material y los objetivos de inventario en cada etapa de la cadena de proveedores.
- Principio de utilización del espacio: Debe hacerse uso efectivo y eficiente de todo el espacio disponible.
- Principio de sistema: Las actividades de movimiento y almacenaje de materiales deben estar integradas por completo para formar un sistema operativo que abarca la recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamble, empaque, unificación, selección de órdenes, envíos y transporte.
- Principio de automatización: Las operaciones de manejo de materiales deben automatizarse en lo posible, para mejorar la eficiencia operativa y disminuir los tiempos muertos.
- Principio ambiental: El impacto ambiental y el consumo de energía son criterios a considerar al diseñar o seleccionar el equipo y los sistemas de manejo de materiales.
- Principio del costo del ciclo de vida: Un análisis económico exhaustivo debe tomar en cuenta todo el ciclo de vida del equipo que se utilice para el manejo de materiales y los sistemas que resulten.

El transporte interno en una empresa suele ser un problema en medio de la cadena productiva ya que se trata de una actividad costosa y que agrega poco valor al producto, por lo cual termina siendo alrededor del 40% del costo final de un producto. En este contexto es importante su correcta gestión, ya que una leve mejora permite disminuir considerablemente los costos finales de producción. Para organizar eficazmente el transporte interno de una planta industrial es importante considerar algunos aspectos

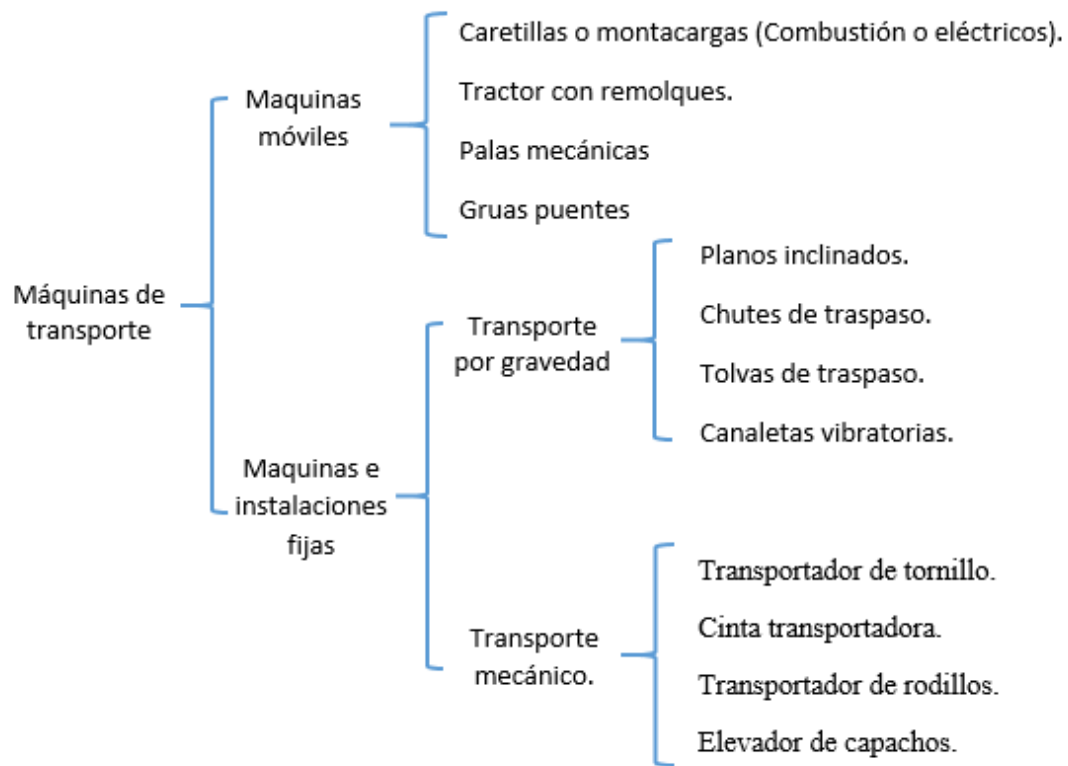
tanto técnicos como económicos a la hora de elegir un buen equipo de transporte. Dentro de los aspectos técnicos más importantes a tener en cuenta están:

- Las características del material a transportar, es decir tamaño, peso, dureza, abrasividad, temperatura, etc.
- La distancia y dirección del transporte, es decir vertical y horizontal, y los posibles obstáculos que pueda poseer el recorrido para así evitar complicaciones.
- Cantidad a transportar.
- Forma en que se almacenan los materiales.
- Características físicas del lugar en donde se realiza el transporte, abierto o cerrado y tipo de suelo o superficie.
- Seguridad del personal, tanto peatones como operarios.
- Dimensiones y forma del lugar de carga y descarga de los equipos.

De la misma manera se debe tener consideración con los siguientes aspectos económicos a la hora de elegir el tipo de transporte, como:

- El consumo energético del equipo, ya que es un costo no menor.
- Gastos de mantenimiento del equipo, un equipo demasiado específico necesitara técnicos especializados por lo tanto el costo aumentara.
- Los Costos operativos, un equipo de alta especialización requerirá operarios mucho más capacitados.
- La amortización del equipo.

Por lo tanto, la necesidad de transportar grandes volúmenes de materiales en forma rápida y segura origino la aparición de distintos tipos de maquinarias ya sea para transporte horizontal, vertical u oblicuo. Finalmente se estima que en la actualidad existen más de 500 distintos tipos de máquinas para realizar transporte de materiales, a continuación, se resumen las más utilizadas en la industria separándolas entre aquellas móviles y aquellas con instalaciones fijas.



Entre estos, el uso de montacargas es fundamental en la industria moderna. El primer prototipo fue creado en el año 1851, el cual en sus inicios consistía en una plataforma de madera unida a un cable sobre un camión. El desarrollo de estos vehículos fue propiciado por las guerras mundiales en donde la intensa actividad industrial incremento el interés en mejorar la eficiencia de los procesos y la rapidez en el traslado de materiales, por lo que estos equipos fueron cada vez más compactos, fuertes y seguros. Actualmente los montacargas son un equipo móvil, el cual es propulsado a partir de un sistema motriz accionado por un motor a combustión o eléctrico. Estos vehículos requieren del uso de un contrapeso para elevar la carga con seguridad, siendo esta una masa de hierro ubicada en la parte posterior del equipo. Además, cuenta con un mástil, encargado de la elevación, descenso, inclinación y acomodo de la carga gracias a la acción de una serie de pistones hidráulicos y cadenas. En esta además se ubican los accesorios de manipulación de la carga, siendo las más comunes las horquillas o uñas, que son un componente en forma de L utilizados para transportar en su mayoría cargas paletizadas. Pero además existen otros accesorios como son las

abrazaderas o “clamp” utilizados para manipular rollos, tambores, cajas y una serie de contenedores de diversas formas y tamaños.

Así es como se convierte en un vehículo indispensable para cualquier industria ya que traslada una cantidad considerable de peso ahorrando tiempo de trabajo y de horas hombre, encontrándose en el mercado vehículos de variadas dimensiones y tonelajes.

1.3. Mantenimiento

Para cualquier empresa, ya sea industrial, comercial o de servicios, es fundamental poseer activos en buenas condiciones que permitan operar buena manera, pero dado el desgaste natural de estos es necesario poseer herramientas para mantener sus condiciones de funcionamiento. Es aquí donde la mantención de activos toma vital importancia, Pistarelli (2012) define el mantenimiento como *“asegurar que todo elemento físico continúe desarrollando las funciones para las que fue diseñado”*. Un plan de mantenimiento adecuado debe posibilitar la consecución de este objetivo garantizando la disponibilidad de las maquinarias, aumentando la fiabilidad de estas y permitiendo optimizar los recursos y disminuir los costos asociados. El mantenimiento solo puede entregar la capacidad incorporada de un equipo, pero no aumentarla, es decir que a través del mantenimiento no es posible aumentar la capacidad a la cual está diseñado un equipo.

El propósito en si del mantenimiento para toda empresa debe ser mantener continua la producción, lo cual a su vez engloba una serie de actividades que van de la mano con lo anterior y que serán consecuencia directa de una gestión apropiada de las labores de mantención, entre ellas se destacan:

- Mantener las instalaciones y equipos en funcionamiento.
- Evitar detenciones o paros no programados de las maquinarias.
- Evitar accidentes e incidentes.
- Evitar daños ambientales.
- Lograr un uso eficiente y racional de la energía.
- Prolongar la vida útil de los bienes.

- Proponer y diseñar mejoras a las instalaciones y equipos para reducir probabilidades de daños.
- Controlar los costos de mantención, mediante un uso eficiente de los recursos.

Entre otros, por lo tanto el mantenimiento incide directamente en la calidad y cantidad de la producción, y que esta pueda conservarse dentro de los objetivos planteados por la empresa.

Pistarelli (2012) define varios tipos de mantenimiento, dejando en claro que es difícil poder diferenciarlos con exactitud ya que a excepción del mantenimiento correctivo todos buscan la misma finalidad, entre ellos destacan:

- **Mantenimiento Correctivo o de acción reactiva:** Es aquel en que las fallas o averías se reparan a medida que se van produciendo, siendo el propio operario el encargado de dar aviso del problema. Este tipo de mantenimiento necesita poca planeación ya que el desperfecto es reparado en el momento en que falla, por lo que es esencial poseer un gran inventario de repuestos para todos los posibles fallos, además el utilizar los equipos al límite puede ser perjudicial y agravar el fallo o derivar a otros de mayor importancia. Por otro lado las reparaciones son de mayor duración y en ocasiones se debe recurrir a paradas no programadas y detener la producción con cuantiosas pérdidas.
- **Mantenimiento preventivo:** Es aquel que tiene como objetivo disminuir la frecuencia de las paradas no programadas, aprovechando el momento más oportuno para la realización del mantenimiento, permitiendo además contar con los recursos e implementos necesarios para su ejecución. De este a su vez se derivan otros tipos de mantenimiento.
 - **Mantenimiento Programados:** Es aquel en que las labores de mantención e inspección se realizan en intervalos cíclicos regulares bien definidos, ya sea horas, ciclos, días o semanas, sin importar el estado actual del ítem a mantener.
 - **Mantenimiento Predictivo o basado en condición:** En este se busca determinar con mayor precisión los fallos potenciales o síntomas que presenta el equipo. En este se realizan análisis del comportamiento del equipo y evaluaciones estadísticas tratando de extrapolar el comportamiento de las piezas y determinar el punto exacto de recambio. En este tipo de mantenimiento se utilizan

herramientas como análisis de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de partículas, inspección por ultrasonido, verificación físico químico de los aceites, entre otros.

- Mantenimiento Proactivo: Al igual que el mantenimiento preventivo, este busca anticipar los fallos que pudiesen ocurrir en el equipo lo antes posible, pero este estudia las causas raíces de falla de los elementos y se centra en disminuir dichas causas. Por ejemplo el más utilizado es la tribología o estudio del comportamiento de los lubricantes, en cual se sabe a ciencia cierta las mejores condiciones de funcionamiento de los aceites para evitar desgastes de las partes móviles y se trata de trabajar en esas condiciones.
- Mantenimiento previsorio: En el cual se trata de eliminar la causa raíz del problema, es decir que frente a graves consecuencia que podrían tener algunos fallos se hace necesario realizar análisis desde el momento de la fase de diseño de la instalación buscando disminuir o hacer más fáciles las tareas futuras de mantenimiento.
- Mantenimiento autónomo: Este basa su funcionamiento traspasar la labor de mantención a los propios usuarios de los equipos, aportando pequeñas reparaciones o inspecciones, este al conocer el funcionamiento del equipo no pasara por alto las primeras anomalías que detecte informando oportunamente. Por lo tanto una de las principales ventajas que presenta es descomprimir el trabajo del personal de mantenimiento pudiendo dedicar este tiempo a otras tareas de mantención más críticas. Para llevar a cabo este apoyo al mantenimiento se debe poseer operadores con formación en tareas de mantenimiento así como sus respectivas capacitaciones, buscando formar lo que se denomina operador-mantenedor. Las prácticas más comunes que deben realizar los operadores son acciones de lubricación, limpieza y pequeños ajustes, delimitando hasta donde pueden y deben actuar.
- Mantenimiento imperativo o legal: Es aquel referido a aquellas instalaciones que se encuentran sometidas a normativas o regulaciones por parte de instituciones gubernamentales. En la mayoría de los casos son equipos que poseen cierto grado de riesgo para las personas o para el medio ambiente, por lo que exigen la

realización de pruebas e inspecciones periódicas auditadas por empresas autorizadas. Algunas instalaciones que deben ser sometidas son los recipientes o equipos sometidos a presión, torres de refrigeración, almacenamiento de productos químicos, vehículos, entre otros.

La elección del tipo de mantenimiento a utilizar debe considerar tanto factores técnicos como económicos, al utilizar un plan de mantenimiento predictivo, se pueden prever y anticipar fallos que mermarían la producción de la empresa causando cuantiosas pérdidas en volumen y calidad de los productos, pero a su vez los costos de ejecución de este tipo de mantenimientos son mayores al utilizar equipo y personal especializado. Por el contrario al planear un mantenimiento basado en ciclos repetitivos y pautas previamente definidas no se podrán prever fallas inesperadas del equipo fuera de los márgenes temporales de revisión, obteniendo consigo detenciones no programadas las cuales causan pérdidas en la producción. Por lo tanto se debe definir cuál es el nivel de criticidad de los equipos que se desean mantener y los recursos con que se cuenta para así elegir la mejor alternativa según las necesidades y objetivos de la empresa.

Por lo tanto en el ámbito de la optimización de flotas la gestión del mantenimiento es una parte fundamental para disminuir los costos y garantizar la disponibilidad de los vehículos, columna vertebral del movimiento de materiales en la industria. Un plan de mantenimiento integral será aquel que convine los tres tipos de mantenimiento clásicos (correctivo, preventivo y predictivo) de tal forma que tanto operadores como técnicos participen activamente en las tareas de mantenimiento. Si bien el mantenimiento correctivo es inevitable y se realiza cuando ya ha surgido la falla, la tarea de un plan de mantenimiento es reducir al máximo la ocurrencia de eventos correctivos, para ello la formación de los operadores en ámbitos de conducción responsable, en el conocimiento del equipo que utilizan, hace que las inspecciones iniciales sean fundamentales para detectar potenciales fallos, fugas o mal funcionamiento del equipo convirtiéndose en la primera barrera de protección.

Luego es imprescindible poseer un archivo histórico de las operaciones de mantención realizadas de tal forma de optimizar las operaciones y los periodos de intervención, además poseer un mejor control estadístico del comportamiento de los vehículos buscando consigo una mejora continua de las labores de mantención de la flota.

1.4. Indicadores de desempeño

También llamados KPI (por sus siglas en inglés “key performance indicator”), son herramientas de gestión que proveen un valor de referencia a partir del cual se puede establecer una comparación cuantitativa entre las metas planeadas y el desempeño real logrado.

Para Mora (2013) los indicadores de gestión se convierten en los “signos vitales” de cualquier organización, por lo tanto un continuo monitoreo de estos permite identificar los síntomas derivados de los procesos y actividades cotidianas. Se debe proveer a la empresa de un número mínimo de indicadores que permita garantizar contar con información constante, precisa y real del proceso. Por lo tanto, define los indicadores como la *“magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con alguna referencia permite detectar desviaciones, tanto positivas o negativas”*.

Para trabajar con indicadores, es necesario que la empresa cuente con todo un sistema, que abarque varios niveles jerárquicos, desde la medición misma hasta la toma de decisiones a largo plazo siempre en búsqueda de mejorar los procesos. Además es necesario poseer claras referencias para contrarrestar el resultado del indicador, para ello existen distintos tipos de patrones como por ejemplo datos históricos, teóricos, los de la competencia, por políticas externas o internas, planificados, según requerimiento de los clientes, etc. Buscando siempre responder a los objetivos planteados por la organización.

Además Mora (2013) define cinco condiciones fundamentales que debe poseer una empresa con sus indicadores para su correcto funcionamiento, estos son:

- Responsabilidad, en el cual se define quien es el que debe actuar de acuerdo al comportamiento del indicador y la referencia escogida.
- Puntos de lectura e instrumentos, definiendo quien hace las lecturas, como se organizan y con qué instrumentos.
- Periodicidad, ya que es importante definir la frecuencia con que se realizan las lecturas, ya sea por turno, diario, semanal o mensual.

- Sistema de información, sobre el cual se garantice que la información obtenida en las mediciones y los indicadores calculados se presenten de manera ágil y oportuna, permitiendo tomar decisiones de manera rápida, además esta información debe estar al alcance de todos los involucrados.
- Consideraciones de gestión, finalmente se debe poseer una cultura de indicadores, esto es acumular el conocimiento generado por el uso de indicadores y la experiencia adquirida en las actividades o procesos y utilizar estos indicadores como una herramienta para lograr la mejora continua en los procesos.

Existen distintos tipos de indicadores que dependen tanto del tipo de empresa como del proceso involucrado y del objetivo a cumplir, ya que como su nombre lo indica, son indicadores claves para medir el desempeño de la empresa y/o proceso, pero existen algunos que son ampliamente usados y que entregan información muy útil.

En el ámbito de la gestión de flotas el uso de indicadores es una herramienta fundamental, permite a la empresa transportista o departamento de tráfico gestionar de buena forma los recursos, ya sea conductores, operarios, combustible, repuestos y vehículos, de tal forma que las operaciones sean llevadas de la forma más óptima y se cumplan los tiempos y plazos estipulados. Se diferenciarán dos tipos de indicadores, los indicadores operativos y los indicadores de mantenimiento.

1.4.1. Indicadores operativos

1.4.1.1. Productividad de grúa horquilla.

Uno de los más utilizados son los indicadores de productividad, los cuales reflejan la capacidad de utilizar eficientemente los recursos de la empresa, como mano de obra, vehículos, bodegas, capital, maquinarias, etc. El centro nacional de la productividad y la calidad (CNPC) define la productividad de una empresa como *“la relación entre el producto generado y los factores productivos utilizados para ello”*. Se pueden diferenciar dos conceptos de productividad, la primera es la productividad total, que debe ser entendida como la razón entre la producción total de la empresa y la suma total de todos los factores de insumos expresados en una medida común (generalmente su valor monetario). En la mayoría de los casos las empresas producen más un bien por lo tanto estos también deben ser llevados a una unidad común.

$$Productividad\ total = \frac{Producción\ total}{Insumos\ (M.O. + Mat + energía + Cap. + Gastos\ Gral.)} \quad (1)$$

Entre los más utilizados se considera la productividad parcial, el cual trata un solo tipo de insumo como parámetro de comparación, permitiendo establecer una relación entre la producción de una empresa y el volumen utilizado de un solo insumo, por ejemplo energía, agua, mano de obra, etc.

$$Productividad\ parcial = \frac{Producción\ Total}{Insumo\ (Agua, energía, M.O., materiales)} \quad (2)$$

En el mismo contexto es necesario conocer la productividad de la flota de vehículos, definiéndola como una productividad parcial en la cual el insumo de comparación sería el uso de los vehículos versus la carga o producción que transportan en un lapso de tiempo determinado. Al tratarse de una flota de grúas horquilla, la mayoría de estas son controladas por medio de horómetros, el cual es un instrumento que registra el número de horas en que el motor ha funcionado desde la última vez que fue encendido. Por lo tanto se define la productividad de grúa horquilla como la relación entre la carga en unidades comunes, por ejemplo kilogramos o litros y el tiempo utilizado en ello.

$$Productividad\ de\ GH = \frac{Producción}{Horas\ de\ uso} \left[\frac{L}{h} \right] \quad (3)$$

En el caso de la producción se utiliza una unidad común, la cual pueden ser kilogramos, pallets, número de unidades, bines, etc., dependiendo de cada empresa, en el caso en estudio se utilizarán los litros de producción.

1.4.1.2. Consumo de combustible de grúa horquilla.

Otro indicador importante en la gestión de flotas y factor crítico de éxito es el de consumo de combustible, ya que permite visualizar el uso que se le está dando a uno de los insumos que se utiliza en mayor volumen, además permite conocer el estado de funcionamiento de los vehículos y tomar decisiones con respecto a renovación o reparación de estos, y sobre las conductas y habilidades personales de los operadores. Por otra parte la correcta gestión del combustible permite aprovechar de manera rentable cada litro de combustible comprado, contribuyendo no solo a la economía de la empresa sino que al ahorro energético y conservación del medio ambiente. De manera general el consumo de combustible se calcula con la siguiente relación:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{\text{Litros}}{\text{Distancia recorrida}} \left[\frac{L}{km} \right] \quad (4)$$

Una representación más objetiva y utilizada de este indicador es el consumo de combustible cada cien kilómetros, ya que permite medir el consumo entre entregas, es decir desde que el vehículo sale de la empresa hasta que llega, en este transcurso se pueden tener varios repostajes y las distancias pueden ser grandes. Por lo tanto se utiliza la siguiente relación:

$$\text{Consumo cada } 100 \text{ km} = \frac{\text{Litros}}{100 \text{ km}} \quad (5)$$

En el ámbito de los montacargas, estos no entregan información de las distancias recorridas ya que el combustible es utilizado tanto para el movimiento como para la elevación y descenso de la carga, por lo tanto una medida más objetiva es emplear las horas de uso del vehículo en un lapso de tiempo en relación al combustible utilizado en dicho lapso, por lo tanto se define el indicador de consumo de combustible para grúas horquillas como:

$$\text{Consumo de combustible GH} = \frac{\text{Litros combustible}}{\text{Horas de uso}} \left[\frac{L}{h} \right] \quad (6)$$

1.4.1.3. Eficiencia de grúa horquilla.

La eficiencia puede definirse como la capacidad de realizar una acción utilizando la menor cantidad de recursos posibles. En el caso de las grúas horquilla se refiere a realizar las actividades de traslado de unidades de carga utilizando la menor cantidad de recursos. El principal recurso que es posible cuantificar en las grúas son las horas de uso, las cuales tienen asociado ciertos costos ya sea por consumo de combustible, por hora hombre, por mantención, entre otros. No es fácil determinar un tiempo óptimo que debería estar encendido un vehículo por pallet que es producido en la planta, en cambio es mucho más útil determinar la distancia teórica, en condiciones ideales, que debe recorrer cada grúa por pallet que es producido. Por lo tanto en base a esta información y en base a la distancia real recorrida es posible realizar el cálculo de una eficiencia de grúa siguiendo la siguiente relación.

$$\text{Eficiencia de grua horquilla} = \frac{\text{Distancia teorica recorrida}}{\text{Distancia real recorrida}} * 100 \quad (7)$$

Para la correcta aplicación de este indicador es necesario poseer un sistema que permita medir las distancias recorridas por cada uno de los vehículos. En el capítulo 2.6 se planteó la necesidad de utilizar tecnologías de monitoreo en tiempo real, entre ellas el uso de tecnología GPS entrega información no solo del tiempo en que permanece encendido el motor de estos equipos, sino también las distancias aproximadas que estas recorren.

1.4.1.4. Utilización de grúa horquilla.

Por otra parte los indicadores de mantenimiento son muy utilizados en la industria, no solo en la gestión de flotas, sino en cualquier actividad que requiera poseer mantenimiento de sus activos. La necesidad de poseer equipos que estén operativos cuando se necesitan y que entreguen cierta confiabilidad en su uso al menor costo posible, es cada vez más importante en la industria moderna y los altos niveles de competitividad que presentan.

En este sentido al departamento de mantención le es importante conocer el tiempo que se utiliza un equipo versus el tiempo en que este está disponible en un rango de tiempo, siendo un indicador que toma en cuenta el grado de actividad del equipo para posteriormente planificar correctamente sus mantenciones. Por lo tanto el indicador utilizado queda definido como:

$$Utilizacion\ de\ GH = \frac{\sum \text{tiempos operación}}{\text{Tiempo Disponible de operación}} * 100 [\%] \quad (8)$$

En donde el tiempo disponible es el tiempo total para operar el equipo menos los tiempos en mantenimiento, es decir:

$$\text{Tiempo disponible de operación} = \text{Tpo total} - \text{Tpo mantenimiento} \quad (9)$$

1.4.2. Indicadores de mantenimiento

Como se vio anteriormente el uso de indicadores es fundamental para una correcta gestión de los recursos, siendo para la gestión del mantenimiento una herramienta útil que permite evaluar su eficacia y eficiencia. Dentro de los indicadores de mantención más utilizados se encuentran aquellos que se refieren al análisis de los equipos mantenidos, entre ellos:

1.4.2.1. Tiempo promedio entre fallos (MTBF)

En pocas palabras es el tiempo promedio que transcurre entre dos fallas de un elemento dado. Matemáticamente se expresa como:

$$MTBF = \frac{T_0 - T_{np}}{C_f} \quad (10)$$

Donde:

T_0 = Tiempo establecido para operar.

T_{np} = El tiempo por paradas no programadas

C_f = La cantidad de fallos ocurridos en el tiempo considerado.

1.4.2.2. Tiempo medio para reparar (MTTR)

Es el tiempo promedio que tarda una reparación de algún componente relacionando el tiempo total utilizado en reparaciones con la cantidad total de reparaciones en el mismo periodo. Este indicador es utilizado cuando el tiempo de reparación es significativo respecto al tiempo total de operación de un equipo y queda definido como:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Cantidad de reparaciones}} \quad (11)$$

1.4.2.3. Confiabilidad

Se define como la probabilidad de que un equipo cumpla las funciones que son requeridas sin fallas durante un periodo de tiempo determinado. Se expresa matemáticamente como:

$$K(t) = e^{-\lambda * t} \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{n^\circ \text{ fallas}}{\text{tiempo de operacion}} \quad (13)$$

Por lo tanto se define que la probabilidad de fallar de un equipo cualquiera es:

$$Pf(t) = 1 - K(t) \quad (14)$$

1.4.2.4. Mantenibilidad

Es definido como el esfuerzo requerido para conservar o restituir el funcionamiento normal de un equipo, donde una mantenibilidad alta supondrá un bajo esfuerzo de restitución. Por otro lado matemáticamente se define como la probabilidad de que un equipo sea reparado satisfactoriamente en un periodo de tiempo determinado.

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}} \quad (15)$$

1.4.2.5. Disponibilidad:

Se llama disponibilidad de un equipo al porcentaje de tiempo en que el equipo está disponible para ser operado en condiciones normales de funcionamiento.

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ totales - Horas\ detenido}{Horas\ Totales} * 100 \quad (16)$$

Finalmente es importante recalcar que para su buen funcionamiento todos los indicadores deberían ser estandarizados de tal forma que contengan la siguiente información.

- Nombre: Una identificación clara y diferenciadora que permita evitar errores en su implementación y lectura, además de definir claramente su objetivo y utilidad.
- Forma de cálculo: Básicamente es la fórmula matemática para el cálculo del indicador y como se relacionan exactamente los factores implicados.
- Unidades: Definir claramente la unidad utilizada en la lectura y cálculo del indicador, ya que esto puede llevar a errores de interpretación. Esta queda definida por cómo se relacionan los factores.
- Glosario: Se debe poseer un documento en donde se especifique de manera precisa los factores que se relacionan en el cálculo del indicador, definiendo

detalladamente estos, la forma en que se miden, horarios e instrumentos utilizados.

- Metas establecidas: Ya que el indicador debe poseer un valor óptimo u objetivo a alcanzar lo que permite su seguimiento y comparación con otros periodos.
- Comportamiento histórico: Se debe poseer un registro histórico del comportamiento del indicador ya que este permite establecer tendencias en el tiempo o por periodos.

1.5. Herramientas de simulación

El desarrollo de herramientas computacionales ha traído consigo grandes innovaciones para el diseño de procesos y productos, además de colaborar enormemente en la mejora de procesos y en la toma de decisiones por parte de las empresas. Entre ellas las técnicas de simulación, el uso de software son las que han tenido los mayores impactos ya que permiten tomar decisiones a diversos temas y dar solución a problemáticas muy variadas que van desde lo logístico hasta el diseño mismo de los procesos, por lo que cada vez es más sencillo hallar software con gran capacidad de análisis, orientados a temas específicos permitiendo un manejo más eficiente de la información.

Si bien el concepto de simulación comprende variados procesos como la utilización de modelos físicos a escala, introducidos en un entorno que simula las condiciones reales de funcionamiento como son los túneles de viento o los generadores de olas, por lo tanto se introduce el término “*modelo*”, el cual es definido por Ríos (1995) como: “*Es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad*”.

Así mismo existen distintos tipos de modelos para representar una realidad, se pueden clasificar como:

- Matemáticos: Aquellos que representan la realidad en forma abstracta.
- Físicos: Aquellos en que la realidad se representa por un elemento tangible que se comporta de manera análoga a la realidad.

- Analíticos: La realidad es representada a través de fórmulas matemáticas en el cual el sistema puede operar y resolver con esas ecuaciones.
- Numéricos: Consiste en obtener el comportamiento numérico de las variables que intervienen a través de algoritmos y encontrar la mejor solución.
- Continuos: Modelo en el cual se representan los sistemas con cambios graduales presentando las variables comportamientos continuos.
- Discretos: Se representan los sistemas con cambios bruscos en sus variables.
- Estáticos: Consiste en representar un sistema con un estado invariable a través del tiempo.
- Dinámicos: Modelo que representa un sistema cuyo estado varia con el tiempo.
- Determinísticos: Modelos en donde la solución para determinadas condiciones es única y siempre la misma.
- Estocásticos o probabilísticos: Consiste en la representación de sistemas en donde los hechos son al azar y no es repetitivo. Solo se conoce la probabilidad de ocurrencia y alguna distribución probabilística.

Entre los distintos procesos de simulación, el uso de simulación de eventos discretos consiste en relacionar distintos eventos que pueden cambiar el estado del sistema en estudio por medio de distribuciones de probabilidad y condiciones lógicas. García, García and Cárdenas (2013) definen la simulación de eventos discretos como “*conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado*” por lo que el uso de la simulación consiste en comprender, analizar y mejorar el funcionamiento y operación del sistema en estudio.

Para realizar un buen estudio de simulación es necesario comprender algunos conceptos que componen un modelo y son importantes para llevar a cabo el modelo de simulación. Entre ellos García Dunna define lo que es un **sistema**, como un conjunto de elementos que se relacionan y funcionan como un todo, debiendo poseer una

frontera clara. En él se relacionaran todos los elementos relevantes en la construcción de la simulación, como son por ejemplo las entidades, eventos, recursos, atributos, etc. Una **entidad** es la representación física de los flujos de entrada de un sistema, siendo el elemento responsable de que el sistema cambie. Ejemplos de entidades pueden ser información que ingresa a una empresa y es modificada con el paso por los distintos procesos, o la llegada de autos a una caseta de peaje, la llegada de piezas a un proceso de manufactura, la llegada de un cliente a una farmacia, etc.

Las **localizaciones** son aquellos lugares en los que la entidad puede detenerse, ya sea para ser transformada en un proceso o esperar a serlo. Ejemplos de localizaciones pueden ser almacenes, cintas transportadoras, la fila del supermercado, maquinas, caseta del peaje, etc.

En el mismo contexto un **recurso** es un dispositivo necesario para llevar a cabo la operación o su movimiento, por ejemplo una persona que realiza la inspección de piezas en una estación, un montacargas que transporta la pieza, el cajero de un supermercado, etc. Cabe destacar que el recurso no forma parte de la localización y puede moverse entre estas.

Un **atributo** es una cualidad de una entidad, como colores, peso, tamaño, cilindraje, etc. Estos pueden cambiar, desaparecer o asignarse durante el proceso.

De la misma forma las **variables** son condiciones en el cual los valores son modificados por medio de ecuaciones matemáticas y ecuaciones lógicas, por ejemplo la entrada de autos al peaje varía según una distribución normal, o la cantidad de piezas al interior de un contenedor sigue una distribución exponencial.

Es necesario definir **estado de un sistema**, el cual sería la condición que guarda un sistema en un instante de tiempo determinado, es decir como una fotografía del sistema, posee variables de operaciones puntuales como la cantidad de autos que están en espera, o las piezas que están guardadas en bodega y también posee variables acumuladas, por ejemplo tiempo promedio de permanencia en filas, o el número de autos que han pagado el peaje.

Así mismo un **evento** es un cambio del estado actual del sistema, la entrada, salida o transformación de una entidad, la interrupción del proceso por descanso del operador o por un fallo de las maquinarias. Se pueden diferenciar dos tipos, **eventos actuales**,

aquellos que están ocurriendo en el sistema en un momento dado y aquellos **eventos futuros** los cuales ocurrirán luego de un tiempo de simulación, por ejemplo una pieza que entra a una máquina, el evento actual es la pieza en la máquina y un evento futuro es el mecanizado de la pieza.

Finalmente es necesario definir lo que es el **reloj de simulación**, el cual es el contador de tiempo de la simulación, siendo su misión llevar el paso del tiempo y relacionar los eventos tanto actuales como futuros, es decir que en el ejemplo de la pieza que entra a la maquina como evento actual, y luego es mecanizada en un evento futuro, el reloj simulara el tiempo que transcurre entre ambos eventos. Es posible diferenciar dos tipos de reloj de simulación, **absoluto y relativo**, el primero cuenta el tiempo total de la simulación, partiendo en cero y terminando según el tiempo definido, y el segundo considera el lapso de tiempo entre dos eventos. Por lo que el tiempo de mecanizado de una pieza es un tiempo relativo y el proceso desde que entra hasta que sale del sistema es el tiempo absoluto.

Es importante también definir el concepto de **réplica o corrida**, que en el proceso de simulación es la cantidad de veces que el modelo será ejecutado, ya que generalmente los valores que se obtienen al ejecutar un programa son distintos cada vez al estar utilizando variables pseudo-aleatorias. Es por ello que para obtener una mejor estadística del problema se deben utilizar los distintos escenarios que entregan los números pseudo-aleatorios cada vez.

Así mismo es importante saber cuánto tiempo se debe simular el sistema para obtener resultados confiables, hallándose dos estados bien marcados, **estado transitorio y estado estable**. El primero de estos se presenta comúnmente al inicio del proceso de simulación ya que existen eventos futuros inactivos, es decir los procesos finales estarán inactivos hasta que llegue la primera entidad del sistema, por lo tanto el tiempo de simulación de esa entidad será bajo y hará variar los promedios del sistema, esto hace que la representación no sea fiel de la realidad. Por ejemplo un auto que pasa por una caseta de peaje sin antes esperar que esta se desocupe al estar la locación vacía, hará que el tiempo de espera sea nulo. Por otro lado, en el estado estable, las variables presentan pocas variaciones permaneciendo, generalmente constante, así pues el modelo representara de mejor manera la realidad planteada.

1.5.1. Promodel

En el mercado existen una variedad de programas de simulación para una variedad de temas y áreas, entre ellos “promodel” es uno de los paquetes de software más utilizados para simular procesos, ya que su interfaz y herramientas de análisis, junto con las animaciones en tiempo real permiten visualizar y abordar de mejor manera el problema alcanzando buenos resultados. El software se orienta a procesos de fabricación, ya sea de uno o más productos en líneas de producción, el movimiento de materiales y la transformación de los recursos entre otros.

La base del programa es “promodel”, siendo este el área de trabajo en donde se definen los modelos, los componentes y las relaciones entre todas las variables implicadas. El paquete además cuenta con un editor gráfico que permite representar de mejor forma el modelo planteado, permitiendo importar imágenes que se adecuen a las necesidades del usuario, inclusive soportando dibujos y planos hechos en programas especializados. Por ultimo cuenta con una serie de herramientas para la visualización y análisis de los resultados, en ellos se cuenta con herramientas estadísticas que permiten aplicar sensibilizaciones al modelo y diseñar experimentos orientados a determinar el impacto que tienen determinados factores críticos al modificar algunas de las variables del problema.

1.6. Análisis Causa-Efecto

El diagrama de causa-efecto es una herramienta utilizada en calidad, que representa la relación entre un problema (efecto) y todas las posibles causas que lo pueden ocasionar. Ishikawa (1998) define al diagrama de causa-efecto como, *“un método grafico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que posiblemente contribuyen a que exista”*. La herramienta gráficamente parece una espina de pescado, por lo cual también es llamado diagrama de espina de pescado (o diagrama de Ishikawa en honor a su desarrollador) en donde en el lado derecho se anota el problema detectado y en el lado izquierdo se agrupan las posibles causas de acuerdo a similitudes en ramas y subramas.

Existen tres métodos para la construcción del diagrama de causa-efecto, uno de ellos es el método de flujos de proceso, en el cual la línea principal del diagrama sigue la

secuencia temporal del proceso, por lo que las causas que afectan la calidad se agregan en el orden que corresponden o se van ejecutando, este método permite entre otras cosas poder anticiparse o predecir problemas en el proceso al someterlo a revisión. Otro de los métodos es el de estratificación o enumeración de causas, en el cual se dividen las posibles causas en estratos arbitrarios yendo desde lo general a lo particular en búsqueda de las causas raíces del problema.

Finalmente el método 6M o análisis de dispersión, es el método de construcción más utilizado y consiste en agrupar las potenciales causas en seis ramas principales predefinidas, estas son, métodos de trabajo, mediciones, mano de obra, materiales, maquinarias y medio ambiente, siendo estos seis elementos los que definen de la manera más global posible cualquier proceso, aportando cada uno variabilidad en la calidad final del producto, por lo que para obtener mejoras al problema se deben enfocar los esfuerzos en mejorar cada uno de estos elementos.

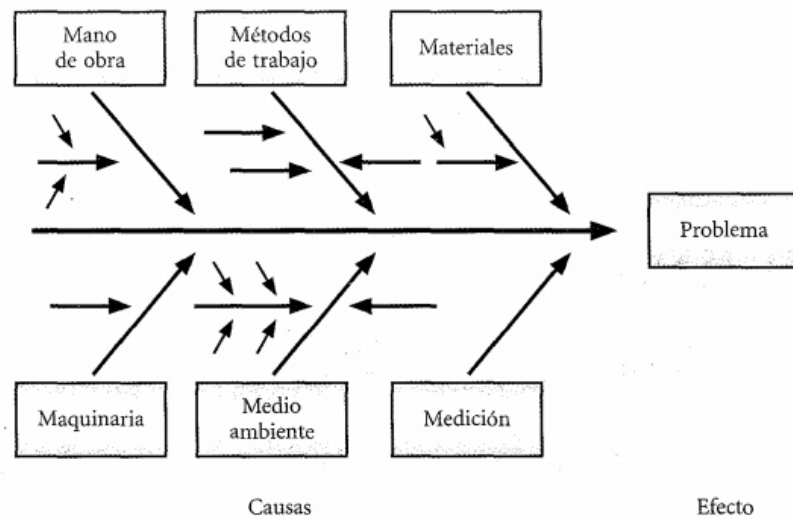


Ilustración 1.2 - Diagrama de Ishikawa con Método 6M

- Mano de obra o personal: Es la espina dorsal del proceso productivo, en este ítem se deben analizar los conocimientos del personal, si su entrenamiento es el adecuado, la habilidad personal de cada trabajador y la capacidad de llevar a cabo las tareas eficientemente.
- Métodos: Básicamente es la forma en que se realiza el trabajo, es decir los estándares y procedimientos utilizados, la documentación de los procesos y los

patrones para decidir si los procesos están siendo llevados a cabo de manera satisfactoria y las medidas de corrección para estos.

- Maquinas: Analizar el comportamiento de las maquinarias en los procesos productivos, es decir, capacidad de las máquinas, comparaciones entre máquinas, instalaciones o procesos similares, las herramientas utilizadas, los ajustes que se utilizan y el mantenimiento de los equipos.
- Materiales: En él se analizan los estándares de los materiales utilizados y sus características, tolerancias, calidad y sustitutos a estos.
- Mediciones: Ítem en el cual se analizan las inspecciones que se realizan sobre el proceso, si la cantidad de mediciones es adecuada para asegurar la calidad del producto como son los procedimientos de medición, el tamaño de la muestra, capacidad de repetir la muestra, temporalidad.
- Medio ambiente: En él se ven tanto aspectos atmosféricos como de ambiente laboral. Para el primero se analiza como las condiciones ambientales afectan al proceso productivo, ya sea temperatura, humedad, calor, luz, etc. En cambio para el segundo se analiza el ambiente laboral, y como afecta a los trabajadores es decir la percepción de seguridad de estos, si cuentan con los implementos e instalaciones necesarias, descansos, ergonomía, señaléticas, etc.

1.6.1. Análisis de Dispersión (6M) – Situación actual

Se realizó un levantamiento de información histórica del funcionamiento de la flota de grúas horquilla de la empresa y junto con ello, a partir de un análisis de dispersión se estudió la operación de la flota, en búsqueda de las causas raíces del problema detectado por la gerencia. Durante el análisis se encontró que los puntos que presentaban mayores problemas y en donde se podían realizar mejoras eran los ítems de maquinaria, medición y métodos por lo que se trabajó en estos.

En el siguiente diagrama de causa-efecto se representan aquellos elementos que intervienen en el proceso y que contribuyen al problema utilizando las ramas de mano de obra, métodos, mediciones, maquinarias y materiales.

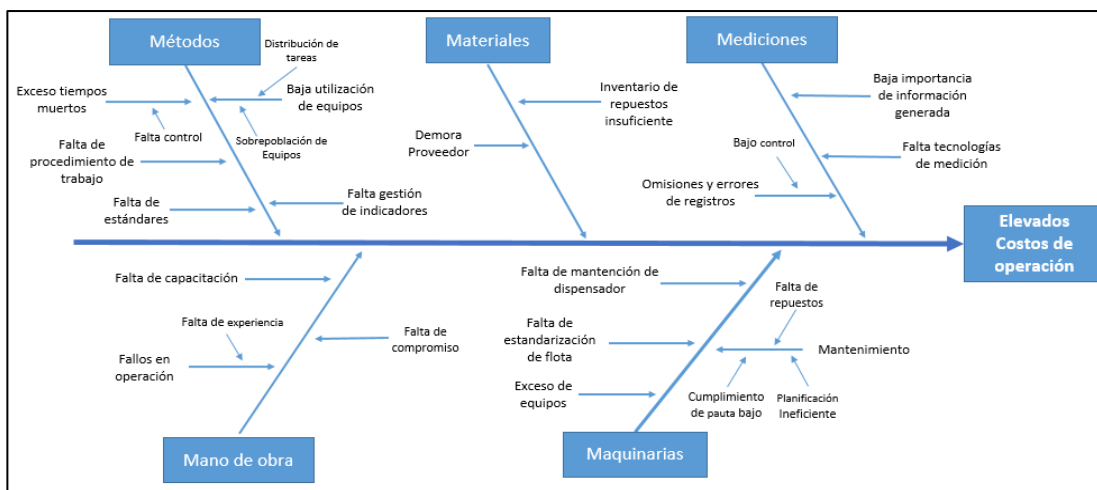


Ilustración 1.3 - Diagrama de Ishikawa situación actual. Fuente: Construcción propia.

A continuación se realiza un análisis de cada una de estas ramas.

1.6.2. Mano de obra:

La empresa cuenta con un proceso de selección de personal a cargo del departamento de recursos humanos, en el cual se realizan exámenes pre-ocupacionales al postulante. Además se cuenta con una capacitación inicial documentada la cual incluye pruebas de capacidad teóricas y prácticas realizadas por un instructor calificado.

En paralelo se realizan exámenes ocupacionales para aquellos empleados que forman parte de la empresa con una frecuencia anual, buscando poseer un personal calificado que permita mejorar los conocimientos, habilidades y conductas personales, junto con una evaluación de habilidades. Es importante que la mano de obra que trabaja en la empresa y que lleva el proceso productivo, este instruida y entrenada en las operaciones que realiza, por lo que deben conocer cómo reaccionar ante una no conformidad y llevar los registros correspondientes de la operación que llevan a cabo.

El personal se reparte en 3 turnos diarios rotativos A, B y C, siendo de 7:00 a 15:00, 15:00 a 23:00 y 23:00 a 07:00 respectivamente.

Dentro de la mano de obra se destaca el siguiente personal:

1.6.2.1. Operadores de grúa horquilla

La empresa cuenta con 33 personas con el cargo de operador de grúa horquilla, estos son los encargados de operar los 11 vehículos asignados a las aéreas de patio y producción, en donde se reparten para cubrir los 3 turnos diarios 6 días a la semana. Los cargos se dividen en Operadores de grúa A, B, C y D dependiendo de la antigüedad y evaluación del trabajador durante su vida laboral en la empresa.

1.6.2.2. Personal autorizado para operar grúa

Adicionalmente existen 62 personas autorizadas para operar grúa horquilla, incluidos los operadores de grúa horquilla. Entre las personas autorizadas destacan bodegueros, auxiliares de producción, auxiliares de suministros y mecánicos de grúa, que si bien no están con el cargo de operador de grúa horquilla son responsables de la operación de las grúas de bodega, formulación y en taller de grúas. Cualquier trabajador puede ser autorizado para operar grúa horquilla cumpliendo con las exigencias dispuestas en el “Procedimiento operación grúas horquilla”, dentro del cual solo las personas que hayan aprobado el curso de “Operador de grúa horquilla” y que cuenten con licencia de conducir clase “D” según la normativa legal vigente serán habilitados para su uso, previo registro y entrega de antecedentes en el departamento de recursos humanos.

1.6.2.3. Mecánicos de grúa

Por ultimo existen dos personas con el cargo de mecánicos de grúa, estas además de estar dentro del personal autorizado para operar grúas horquilla, están encargadas de las mantenciones y reparaciones de los vehículos para su correcta puesta a punto. Además realizan las mediciones de horómetros y consumos de combustible y energía. Paralelamente llevan un registro de cumplimiento de “control y entrega de checklist”, “ordenes de mantenciones”, “cambio de baterías” y “registros análisis de combustión”.

1.6.3. Métodos:

1.6.3.1. Distribución de grúas.

La empresa cuenta con 18 grúas horquilla a combustión interna, que se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 1.1 - Distribución de grúas en la planta por área. Fuente: Elaboración propia.

Zona		Cantidad de Grúas	Nº grúa
Produccion	Línea 1	2	10 y 12
	Línea 2	1	11
	Línea 3	1	1
	Kapo	2	17 y 18
	TTP		
Bodega PT		5	4, 14, 15, 16, 19 y 20
Formulación		1	7
Bodega MP		2	2 y 3
Taller de grúas		3	8 y 13
Bodega externa		1	5

Fuente: Construcción propia basado en información entregada por taller de grúas.

Las áreas más importantes y con mayor uso de vehículos son la zona de producción y bodega de producto terminado. Mientras que las grúas en bodega de materias primas, taller y formulación cuentan con un uso intermitente. Finalmente la grúa número 5 se encuentra en una bodega externa y no será parte del estudio.

Además, la empresa cuenta con 3 apiladores eléctricos y 1 grúa horquilla eléctrica, marca CROWN para su uso en bodega de producto terminado, bodega de materias primas y área de formulación respectivamente, las cuales no serán parte del estudio dado su poco uso.

1.6.3.2. Operación.

Las actividades que realiza cada vehículo se dividen entre primarias o productivas y secundarias o no productivas, estas últimas se definen como el tiempo en que el equipo se encuentra realizando una actividad necesaria para la operación pero que no es productiva. Las actividades productivas son las que concentran los mayores tiempos de grúa y tienen como fin principal abastecer las líneas de producción y trasladar los productos terminados, entre estas actividades se encuentran:

- Suministro de materias primas y suministros a líneas de producción.
- Movimiento de productos terminados a bodega de producto terminado.
- Almacenamiento y Orden de producto terminado.
- Carga de camiones con producto terminado.

Entre las actividades no productivas detectadas se destacan:

- Descarga, recepción, orden y almacenamiento de materias primas e insumos.
- Carga de combustible.
- Movimiento de desechos.
- Movimiento y orden de pallets.

A continuación se adjunta un mapa de tiempo según las actividades realizadas y la distribución teórica de los tiempos utilizados.

Tabla 1.2 - Modelo de tiempo para grúa horquilla.

Tiempo total calendario							
Tiempo controlable						Tiempo no controlable	
Tiempo de operación		Tiempo perdido		Tiempo no utilizable		Evento no controlable	No programada para producir (Domingos, festivos, colación)
Operación primaria o productiva	Operación secundaria o no productiva	Ineficiencias en proceso	Tiempos muertos	Mantenimiento no programada	Mantenimiento programada		

Fuente: Construcción propia basada en información entregada por el área de operaciones.

Zona de producción:

Es el corazón de la empresa, ya que aquí se lleva a cabo la mayor parte de las transformaciones del producto, desde la formulación hasta el paletizado. En esta zona se diferencian las áreas de botellas, Línea 1, 2 y 3 y la zona de flexibles. Los primeros dependiendo del producto van embalados en paquetes de 6 unidades o en jabas (para productos de vidrio) y los segundos se embalan en cajas de cartón por lo que pueden transportar mayor cantidad por pallet.

Las funciones que cumplen los montacargas en esta zona son principalmente dos, suministro de materia prima a las líneas de producción y el transporte de productos terminados a patio. Siendo labores anexas mantener el orden de la zona y la eliminación de desechos.

Una diferencia entre las operaciones que se realizan en botellas y flexibles es la disposición final del producto, por una parte “botellas” traslada la mercancía terminada desde sus respectivas líneas hacia patio en donde se acopia en un sector determinado para líneas 2 y 3, para luego ser retirada por operadores de la zona para su almacenaje. Por su parte línea 1, almacena directamente y según disponibilidad de espacios en patio, por lo que su disposición final varía día a día, encontrando ineficiencias en sus trayectos. En cambio flexibles traslada la mercancía terminada hacia patio encargándose de almacenar la producción en las estanterías y almacenando la información de la ubicación en el sistema integrado de bodega, por lo que recorren una mayor distancia y mayor elevación de carga.

A continuación se presenta un diagrama de flujo general de la operación en el sector de producción.

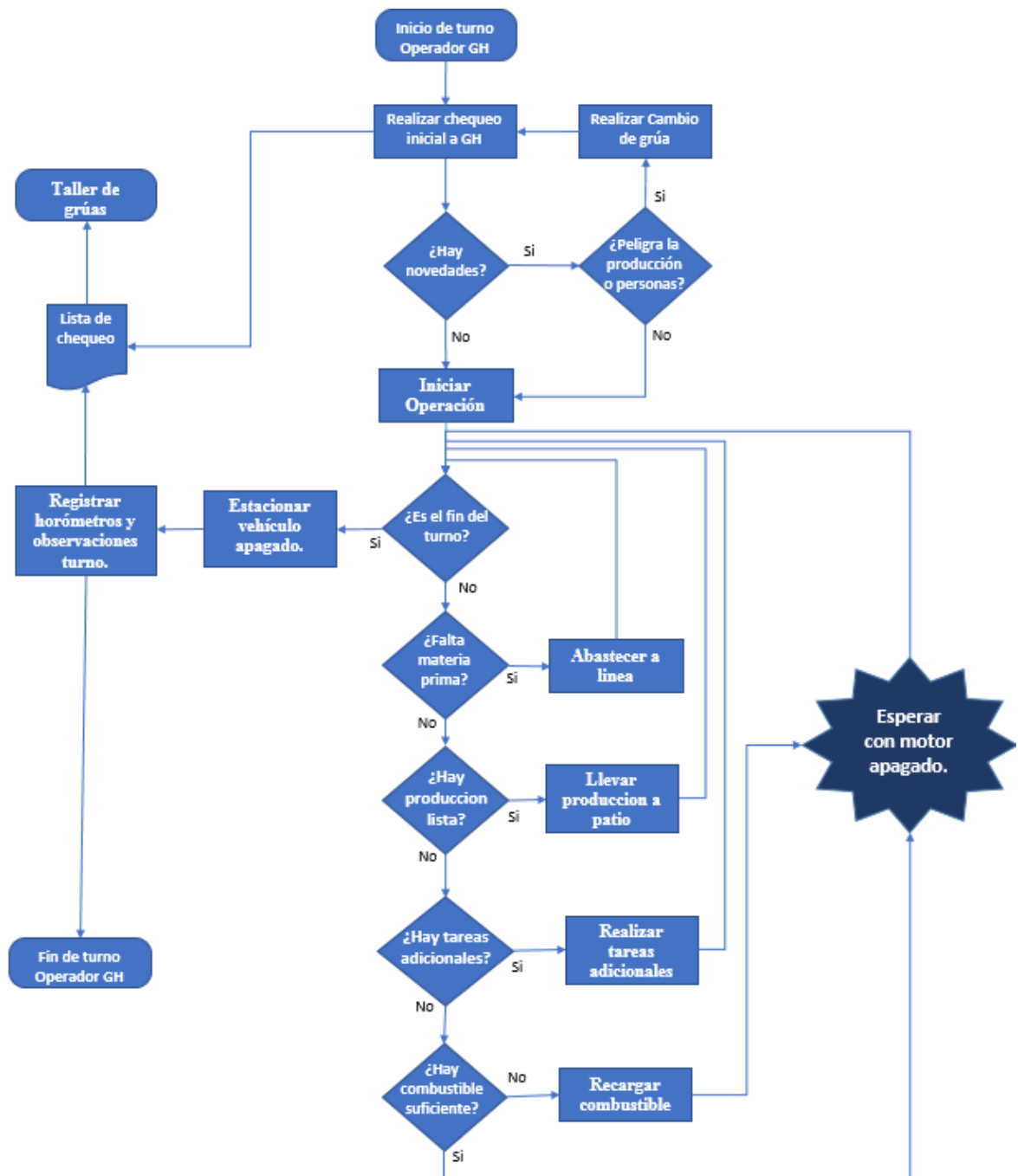


Ilustración 1.4 - Diagrama de flujo área producción. Fuente: Construcción propia.

Zona de patio:

Es la segunda zona que mayor uso de vehículos posee. En esta zona se realiza el almacenamiento de toda la producción de la planta, la cual cuenta con alrededor de 12.000 posiciones. Además en esta zona se realiza la carga de camiones con producto

terminado para su despacho. Por lo tanto se pueden diferenciar dos grandes actividades a realizar, la carga de camiones y el almacenamiento u orden de productos. Se adjunta el diagrama de flujo de la operación en patio.

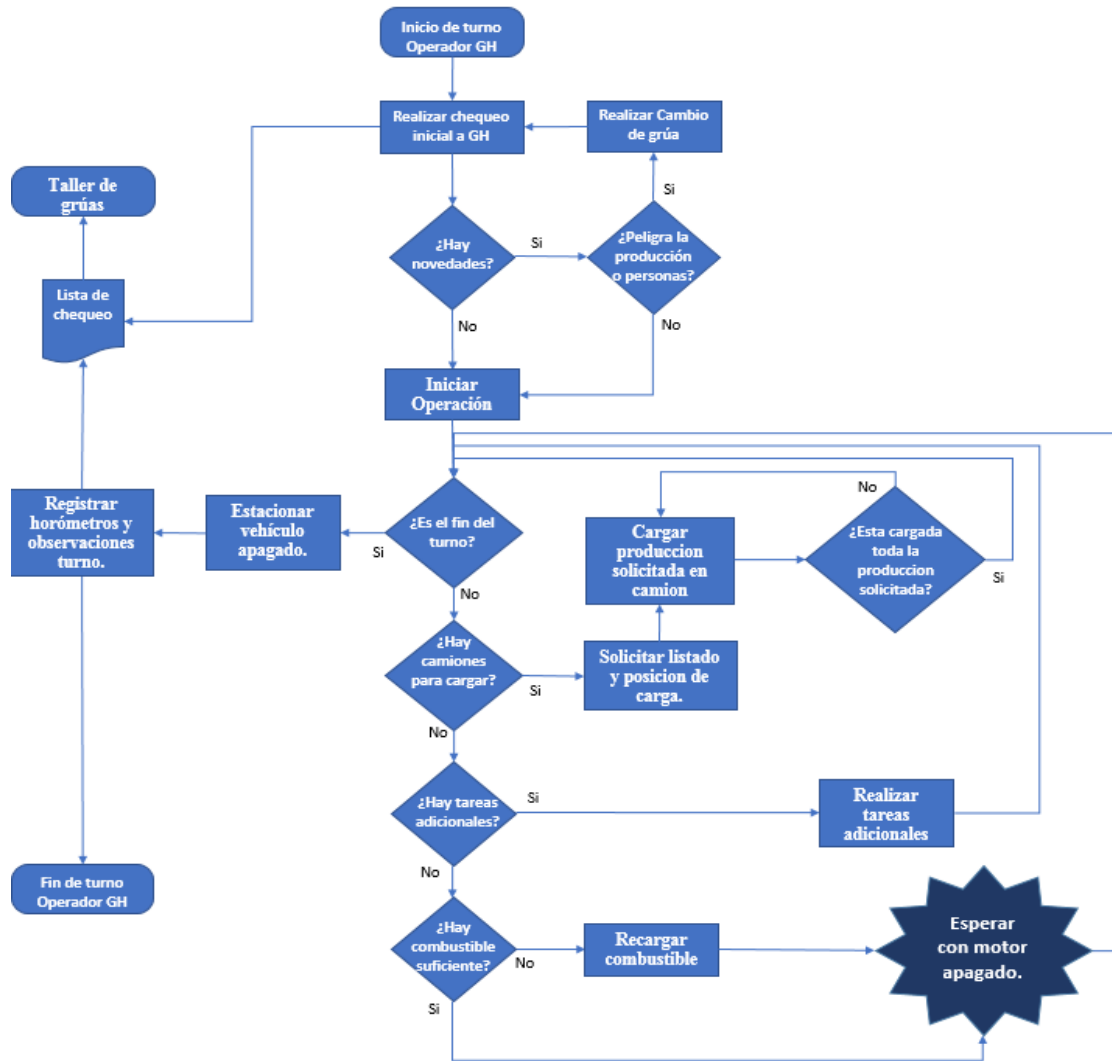


Ilustración 1.5 - Diagrama de flujo área patio. Fuente: Construcción propia.

Zona de bodega:

En esta zona se realiza el almacenamiento de materias primas. El uso de grúa horquilla está reservado solamente para la descarga de camiones y el acercamiento de la mercancía a bodega, ya que estas no pueden maniobrar correctamente al interior dadas las limitaciones espaciales, es por ello que se requiere el uso de apiladores, siendo el uso de grúa menor.

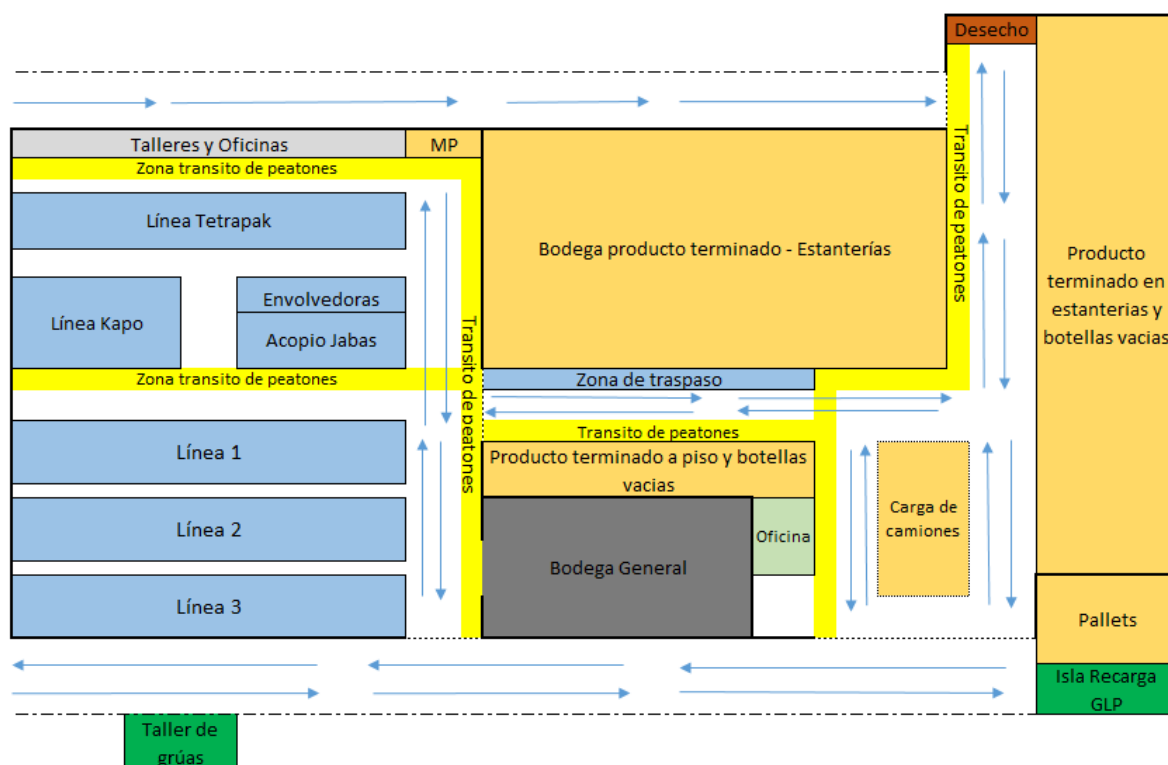


Ilustración 1.6 - Layout general de la planta. Fuente: Construcción propia en base a información entregada por el área de proyectos.

1.6.3.3. Unidades de carga

La mayor parte de las unidades de carga transportadas corresponden a unidades paletizadas, en palet formato americano con medidas de 100x120 cm. Con pesos que van, desde los 765 kg hasta los 1213 kg.

En menor medida se utilizan bines metálicos, los cuales sirven para el almacenamiento de repuestos y transporte de desechos.

1.6.4. Maquinaria:

1.6.4.1. Flota

Actualmente la empresa cuenta con un parque de 18 grúas horquillas a combustión por GLP, marca Toyota de la serie 8FG (Numeradas de 1 a 20 excepto 6 y 9). La flota en estudio consta de:

- 17 modelos: 8FGK20 (Año 2014, 2 Año 2012), capacidad 2000 kg y altura de elevación de 6000 mm.

- 1 modelo: 8FG18. (Año 2012), capacidad 1750 kg, altura de elevación 5400 mm.

El modelo 8FG18 presenta un problema, ya que al ser más pequeño y levantar menor carga, este no es capaz de trabajar en el área de patio, en donde se deben aperchar pallets con producto a alturas de 6 metros, por lo tanto dicho vehículo es utilizado de back-up por el taller de grúas, siendo solamente útil como intercambio para el área de producción y bodega, generando en ocasiones un déficit de vehículos que merma la capacidad de realizar mantenciones, ya que si un vehículo de patio falla y hay otro en mantenimiento no es posible realizar el recambio y el área queda con un vehículo menos. Esto es consecuencia directa de no poseer un claro estándar para la flota de vehículos y las necesidades de la empresa.

1.6.4.2. Taller.

Se cuenta con un taller de reparación de grúas, con dos mecánicos que trabajan alternadamente en 2 turnos de mañana y tarde. El recinto cuenta con una plataforma rígida a la cual es subido el vehículo y le permite al mecánico trabajar en la parte inferior con una plataforma rodante (o deslizante) (capacidad 1 vehículo), además de un espacio para trabajar los vehículos en la parte superior (capacidad aproximada 2 vehículos en simultaneo), el taller cuenta además con un analizador de gases marca Bosch, y demás herramientas necesarios para la reparación básica de los vehículos.

1.6.4.3. Isla recarga de combustible

Como parte del contrato convenido con el proveedor de GLP, la empresa cuenta con una isla de carga de combustible fuera del área de trabajo, al cual debe acudir el operador a la hora de recargar. Es necesario que el operador digite el código de identificación de la grúa en el dispensador de combustible el cual libera la carga y registra la operación. Este cuenta con una válvula que corta el paso del combustible al alcanzar cierta presión al interior del estanque de la grúa.

La instalación cuenta con un estanque horizontal de 4m³ de capacidad, un dispensador con una pantalla LCD gráfica y una botonera, además posee una bomba monofásica de 1,5 HP de desplazamiento positivo, una pistola de llenado con válvula Pull away, un

sistema de cuenta litros, además de sistemas de protección y letreros de información según la normativa legal vigente y normas de la SEC.

1.6.4.4. Mantenimiento y reparaciones.

El encargado de realizar y planificar los mantenimientos de la flota de grúa horquilla es taller de grúas, dependiente del área de mantenimiento mecánico de suministros, aquí se realizan labores de mantenimiento y reparaciones. La empresa no cuenta con un software de mantenciones, en cambio se utilizan plantillas Excel para el registro, cálculo y programación de los trabajos.

El mantenimiento de los vehículos se realiza según las pautas recomendadas por el fabricante. En estas se busca conservar el buen estado del equipo con tareas de revisión, limpieza y cambio de componentes. La pauta consiste en un ciclo de 2000 horas de uso en la cual se realizan mantenciones cada 250 horas, obteniendo pautas distintas para 250, 500, 1000 y 2000 horas. Para realizar correctamente el ciclo de mantención es necesario poseer un control de horómetros sistemático que permita conocer el tiempo de funcionamiento y los saldos de horas para una buena planificación del área de suministros y taller de grúas.

El proceso no está exento de complicaciones ya que dada una ineficiente planificación de las mantenciones muchas veces no se sigue el ciclo establecido y en otras ocasiones estas no son realizadas por falta de repuestos o descoordinaciones entre los mecánicos, la jefatura del taller y las áreas responsables de los vehículos.

Durante el año 2016 se registraron 121 mantenciones, de un total de 198 que debieron ser según las horas de uso del periodo, generando un 61,1% de cumplimiento.

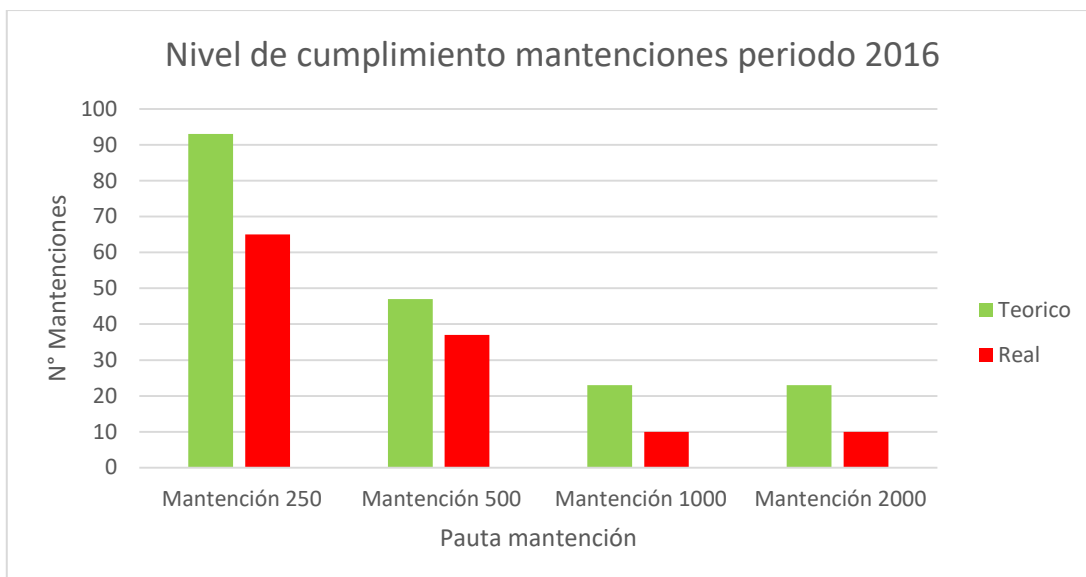


Ilustración 1.7 - Nivel de cumplimiento mantenciones preventivas. Fuente: Construcción propia en base a información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

En la ilustración 1.7 es posible observar que las pautas de 1000 y 2000 horas son las que menor nivel de cumplimiento registran, inclusive menor al 50%, siendo estas las mantenciones más críticas, ya que tardan más tiempo en realizarse y poseen un costo mayor. La ilustración 1.8 muestra la herramienta utilizada para realizar el cálculo de las mantenciones, que consiste en una planilla Excel donde el mecánico ingresa el valor del horómetro diario y el programa arroja el saldo en horas para la siguiente mantención y la pauta correspondiente. El estado de las mantenciones al 20-03-2017 entregaba que varios de los vehículos presentan mantenciones atrasadas en más de 100 horas, inclusive más de 250 horas acumulando dos pautas incumplidas.

CALCULO DE MANTENCION			2017	Pedro Martinez Palma	
GRÚA N°	HOROMETRO DIARIO	HORA PROX. MANT.	SALDO EN HORAS	ACCIÓN A REALIZAR	MANT. A REALIZAR
1	8901	8750	-151	Mantencción Urgente	250 hrs.
2	4355	4000	-355	Mantencción Urgente	2000 hrs.
3	3829	4000	171	En espera	2000 hrs.
4	7517	7500	-17	Mantencción Urgente	500 hrs.
5	14374	14500	126	En espera	500 hrs.
7	4144	4000	-144	Mantencción Urgente	2000 hrs.
8	4397	4500	103	En espera	500 hrs.
10	8413	8250	-163	Mantencción Urgente	500 hrs.
11	8627	8750	123	En espera	250 hrs.
12	8116	8000	-116	Mantencción Urgente	2000 hrs.
13	8774	8750	-24	Mantencción Urgente	250 hrs.
14	12997	13000	3	En espera	250 hrs.
15	13650	13750	100	En espera	250 hrs.
16	6180	6000	-180	Mantencción Urgente	2000 hrs.
17	13030	12750	-280	Mantencción Urgente	250 hrs.
18	11839	11750	-89	Mantencción Urgente	250 hrs.
19	7488	7500	12	En espera	500 hrs.
20	7661	7750	89	En espera	250 hrs.

Ilustración 1.8 - Planilla de cálculo de mantenencias preventivas. Fuente: Área mantención mecánica de suministros.

Para realizar el registro de los trabajos realizados se utilizan nuevamente planillas Excel predefinidas en donde el mecánico ingresa el trabajo en un informe de mantención (Anexo 3) donde entre otras cosas debe ingresar, fecha trabajo, horómetro, técnico responsable, pauta de mantención, actividades a realizar y control de emisiones. Sin embargo este formulario no contiene información de tiempos utilizados, lo que hace imposible el cálculo de indicadores de gestión del mantenimiento.

Finalmente esta desorganización en las mantenencias, en especial las pautas de 1000 y 2000 horas, provoca que el proceso de mantenimiento sea ineficiente, obteniendo valores altos para reparaciones y bajos niveles de cumplimiento. En los siguientes gráficos se ilustran los costos asociados a mantenimiento preventivo y reparaciones para los años 2014, 2015 y 2016.

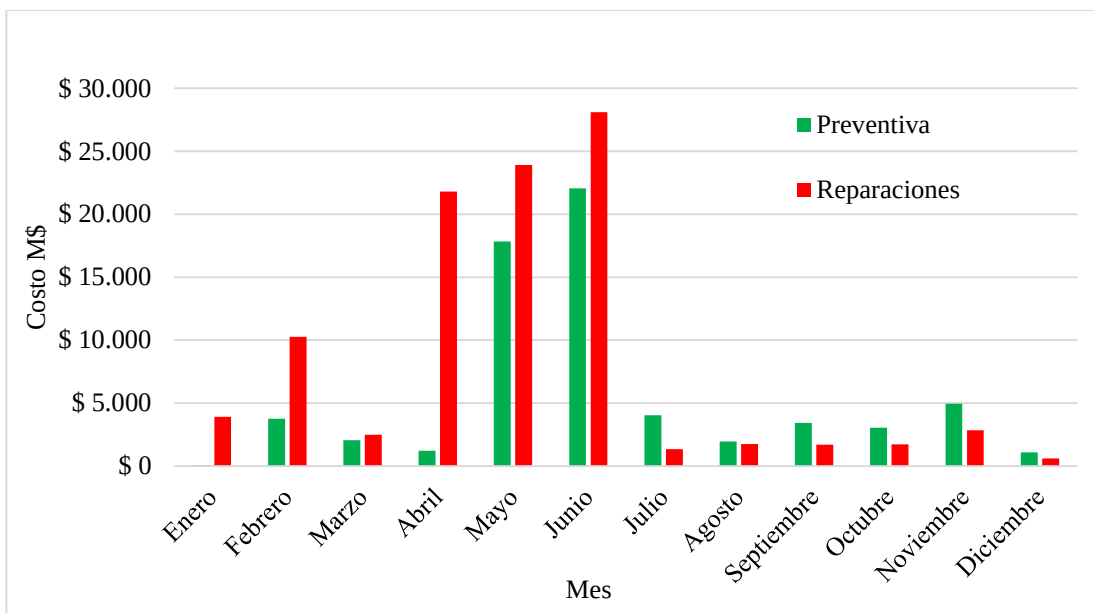


Ilustración 1.9 - Gasto mantención flota grúas horquilla 2014. Fuente: Área mantención mecánica de suministros.

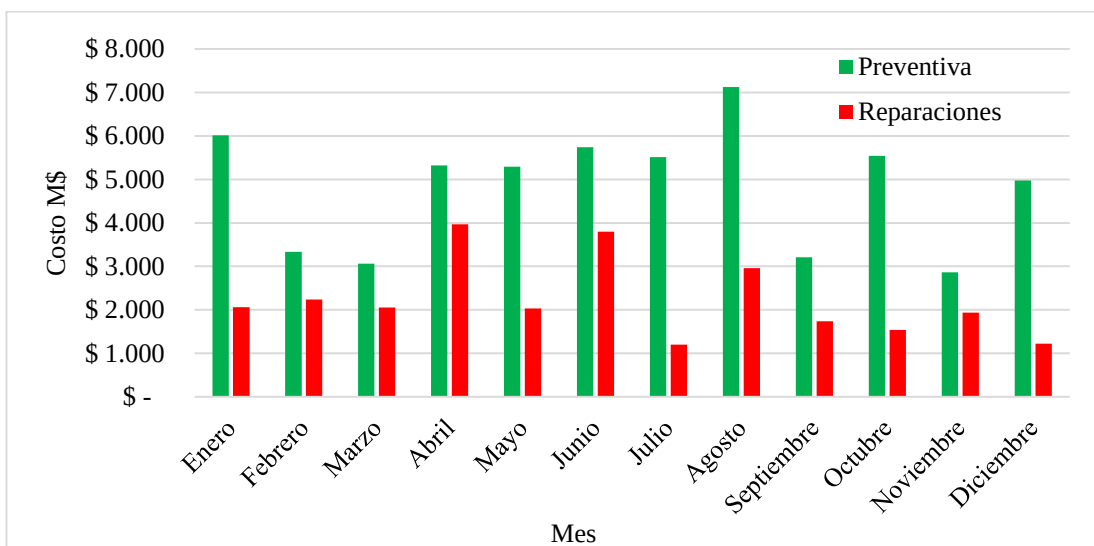


Ilustración 1.10 - Gasto mantención flota grúas horquilla 2015. Fuente: Área mantención mecánica de suministros.

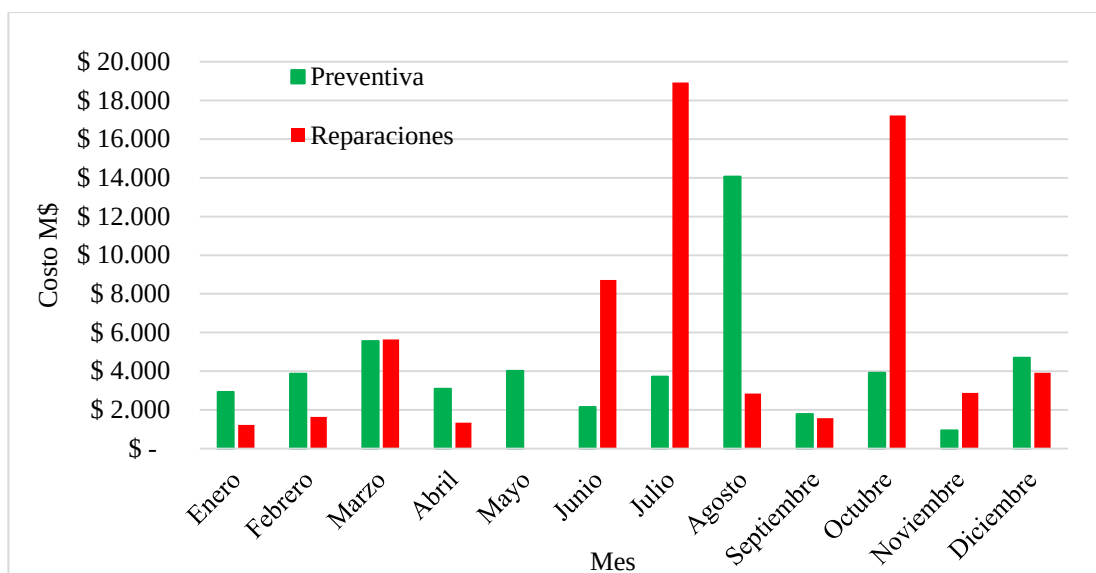


Ilustración 1.11 - Gasto mantención flota grúas horquilla 2016. Fuente: Área mantención mecánica de suministros.

Finalmente las reparaciones aumentan el costo global de las mantenciones, durante el año 2014 un 61% correspondía a reparaciones y 39% a mantenciones programadas, estando lejos del objetivo planteado por la gerencia en el cual los valores debían andar en la proporción 70/30, para preventivas y correctivas respectivamente. Para el siguiente periodo un 32% del total correspondía a reparaciones, valor que se encuentra dentro de los márgenes planteados por la empresa. La cifra nuevamente se dispara para el año 2016, donde el costo de reparaciones supera a las mantenciones preventivas, siendo un 57% del costo total. Esto sumado al hecho de que estas reparaciones no son programadas el nivel de disponibilidad de los vehículos se ve mermado, la programación se dificulta y las mantenciones no son realizadas a tiempo.

1.6.5. Materia Prima:

1.6.5.1. Combustible:

La empresa cuenta con un contrato vigente por 5 años a partir de agosto del año 2013 de una “estación surtidora especial con capacidad total de 4m³ montaje en superficie” con la empresa “Lipigas” bajo el cual se provee de gas licuado de petróleo con un consumo estimado de 96 [Ton/Año] a la totalidad de la flota de grúas horquilla, siendo el consumo real del año 2016 de 98 toneladas aproximadamente. La recarga del

estanque se realiza dos veces por semana o en su defecto cuando es requerido, es decir en presencia de un bajo nivel en el estanque, por lo que no presenta mayores problemas. Además se cuenta con asistencia técnica por parte de Lipigas por problemas con la estación de recarga de combustible y sus componentes, como problema frecuente está la mala operación en la carga de combustible que trae como consecuencia la desconexión de manguera y/o pistola quedando imposibilitada la carga de combustible.

1.6.5.2. Repuestos:

La compra de repuestos se realiza directamente con el proveedor de Toyota en Chile, SKC. La utilización de repuestos originales repercute directamente en el costo de las mantenciones y finalmente en el costo de operación de la flota de grúas. Además como se mencionó en el punto 1.6.4.4, la falta de planificación en la compra de repuestos repercute en el cumplimiento de las mantenciones por escases de estos.

1.6.5.3. Aceites y lubricantes

El proveedor de aceites y lubricantes es directamente con la empresa “copec” y su línea de productos “Mobil”, en formatos de 4 y 20 litros según corresponda. No es posible la compra de volúmenes mayores, por disposición de gerencia y razones de seguridad.

1.6.6. Medición:

Se cuenta con mediciones periódicas establecidas que buscan asegurar la calidad del proceso de transporte de material a cargo de las grúas horquilla, esto a su vez permite hacer correcciones y mejoras al proceso, ayudando a la toma de decisiones.

Este ítem es uno de los más problemáticos ya que la falta de fiscalización por parte de la jefatura incide directamente en el cumplimiento y calidad de las mediciones, eso sumado a la baja importancia que se les da a los registros hace inútil la recolección de estos.

1.6.6.1. Registro de horómetro:

Diariamente exceptuando días domingos y festivos los mecánicos de grúa registran las horas de uso de cada una de las grúas horquilla, en formato digital en el formulario “Registro horómetros”, este proceso es realizado entre las 10 y 11 Am del día en curso. Esta medición cuenta con problemas en su ejecución ya que muchas veces no se toman los datos existiendo grandes lagunas sin mediciones o estas presentan errores y

entregan resultados ilógicos. Durante los periodos de vacaciones solo se cuenta con la presencia de un mecánico de grúa, el cual al gozar de días libres entre semana deja de tomar los datos.

Durante el periodo 2016, de un total 5.454 registros posibles se tomaron 4.617 mediciones, es decir un 84,6% de cumplimiento. Este hecho provoco que del total de registros de horómetros diarios posibles, solo hubiera un 71% de datos útiles de los cuales un 4,6% presentan valores erróneos, ya que para calcular las horas de uso del día es necesaria la medición del día anterior, es decir:

$$\text{Horas de uso dia} = \text{hora inicial} - \text{hora final}$$

Siendo hora inicial el contador del día anterior y hora final el contador del día en curso, finalmente muchos de estos presentaban valores menores a 0 o mayores a 22,5 horas, lo cual resulta ilógico ya que la capacidad real diaria es solo de 22,5 horas. Por lo tanto para el periodo solo fueron útiles el 67% de las mediciones.

Tabla 1.3 - Nivel de cumplimiento registro de horómetros.

Mes	Registros posibles	Datos registrados	Datos sin registrar	Nivel de Cumplimiento	% de datos erróneos
Enero	450	342	108	76,0%	3,8%
Febrero	450	378	72	84,0%	2,2%
Marzo	450	380	70	84,4%	3,7%
Abril	468	432	36	92,3%	3,7%
Mayo	468	414	54	88,5%	6,1%
Junio	450	396	54	88,0%	6,2%
Julio	468	448	20	95,7%	4,0%
Agosto	468	416	52	88,9%	4,7%
Septiembre	450	432	18	96,0%	4,5%
Octubre	414	367	47	88,7%	4,7%
Noviembre	450	288	162	64,0%	9,9%
Diciembre	468	324	144	69,2%	5,1%
Total Anual	5454	4617	837	84,6%	4,6%

Fuente: Construcción Propia basado en información entregada por taller de grúas.

1.6.6.2. Registro de mantenciones:

Las mantenciones son registradas en una planilla Excel, en donde tanto las mantenciones preventivas y correctivas son registradas, En este se encuentra la siguiente información para mantención preventiva:

- Fecha de realización de la mantención.
- Pauta de mantención realizada (250, 500, 1000, 2000)
- Horómetro, al momento de la mantención.

Además de la siguiente información para mantención correctiva:

- Fecha de realización de la mantención.
- La parte que fue afectada/intervenida.
- El estado del chequeo inicial (reportado, no reportado)
- Estado final de la solicitud (Reparado, cambiado, por corregir)
- Área responsable del vehículo.

Para el caso de las mantenciones preventivas el proceso de registros se lleva de buena manera ya que esta es revisada continuamente por la jefatura, no así para el caso de las reparaciones ya que estas escasamente son registradas, quedando en evidencia que para el año 2016 solo habían 18 registros.

En paralelo se registran las pautas de mantención en el formulario “Informe mantención taller grúas”, en él se indican las actividades realizadas durante la mantención, el tipo de mantención, control de emisiones según pauta y observaciones o repuestos necesarios para la siguiente mantención.

1.6.6.3. Registro y análisis de emisiones de gases de combustión:

En conjunto con el registro de mantenciones se realiza el registro de emisiones tanto en el formulario “informe mantención taller grúas” cada 1000 horas (pautas de 1000 y 2000 horas) en el cual se registran el último análisis realizado a cada vehículo y los rangos normales de trabajo según la normativa legal vigente.

1.6.6.4. Registro de consumo de GLP y energía eléctrica.

Diariamente se realiza por parte de taller de grúas, el registro del consumo de combustible y el consumo de energía eléctrica para carga de baterías de la grúa horquilla eléctrica y apiladores. Ambos son registrados en el formulario “Registros consumo gas-energía” contado con los mismos problemas en su ejecución que en el registro de horómetros ya que estos presentan días sin registro, en menor medida. De

los 298 días trabajados del año 2016, hubo 19 días sin registro, es decir un cumplimiento del 93%.

1.4- Nivel de cumplimiento registro de consumo de combustible.

Mes	Registros posibles	Registros realizados	Nivel cumplimiento
Enero	31	28	90%
Febrero	29	27	93%
Marzo	31	25	81%
Abril	30	28	93%
Mayo	31	31	100%
Junio	30	30	100%
Julio	31	31	100%
Agosto	31	31	100%
Septiembre	30	30	100%
Octubre	31	26	84%
Noviembre	30	29	97%
Diciembre	31	31	100%
Total Anual	366	347	95%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por mantención mecánica de suministros.

Al recargar combustible el operador de grúa horquilla debe digitar un código identificador de la grúa, este dato es procesado por el dispensador permitiendo liberar la carga, dicho dato junto con la cantidad de combustible en litros es registrado por el dispensador y es accesible mediante un software en cualquier computador dentro de la red de la empresa. El software entrega información en línea de las recargas diarias de cada una de las grúas horquillas, indicando la fecha, hora, horómetro y volumen de combustible cargado. Esta medición automática no está exenta de problemas ya que la mala manipulación del software ha provocado que se eliminen los vehículos registrados, perdiendo la capacidad de cargar combustible poniendo en peligro el proceso, por lo que se debe recurrir a una llave maestra que libera la carga. Además el software presenta otros inconvenientes, dada su construcción, permite importar la información como planilla Excel, pero al momento de ejecutar la acción importa todos los datos almacenados desde el año en que fue instalado siendo muy ineficiente y demoroso. Finalmente el dispensador posee una mala estabilidad con la red, perdiendo la conectividad siendo inaccesible durante días inclusive.

Finalmente como consecuencia del estado de deterioro natural del equipo dispensador que impide la correcta visualización de la pantalla, es que el operador comete errores de registros involuntarios o mal intencionados al ingresar el código de otra grúa que no es la correcta generando que existan vehículos con doble consumo.

1.6.6.5. Registro de check-list o control de grúas.

Al inicio de cada turno, antes de comenzar a utilizar el equipo, el operador debe efectuar un chequeo visual y técnico inicial del equipo, dejando registro en el formulario “Control de grúas” (F-CAL-PR-067) de todas aquellas anomalías detectadas que puedan poner en peligro a la personas, equipo u operación. Este formulario recopila información turno a turno del estado de funcionamiento general de cada grúa horquilla en operación y el registro de horómetros del turno, siendo esta información utilizada por los mecánicos de grúa para organizar las mantenciones correctivas, revisiones y los repuestos necesarios para aquellos elementos que necesiten ser cambiados o reparados. Este registro posee muchas dificultades en su ejecución ya que al depender directamente de cada uno de los operadores de grúa necesita ser supervisado constantemente, cayendo la responsabilidad sobre el supervisor directo del operador. Los mecánicos de grúa son los responsables de recolectar el formulario y dejar un registro online de su cumplimiento en el formulario “Control y Check List”. Durante el año 2016 de 14.000 hojas de control solo fueron entregadas 6.464, un 46,2% evidenciando de sobre manera la dificultad de esta medición.

1.6.7. Líneas de acción.

Para determinar qué medidas correctivas se deben aplicar para mejorar la gestión de la flota se utilizó el análisis anterior, ponderando cada una de las causas según como contribuyen al proceso de gestión, las oportunidades detectadas para mejoras y los costos asociados a cada uno de ellos⁴. Se adjuntan los resultados en la siguiente gráfica.

⁴ Según información entregada por el área de producción de Vital Jugos S.A.

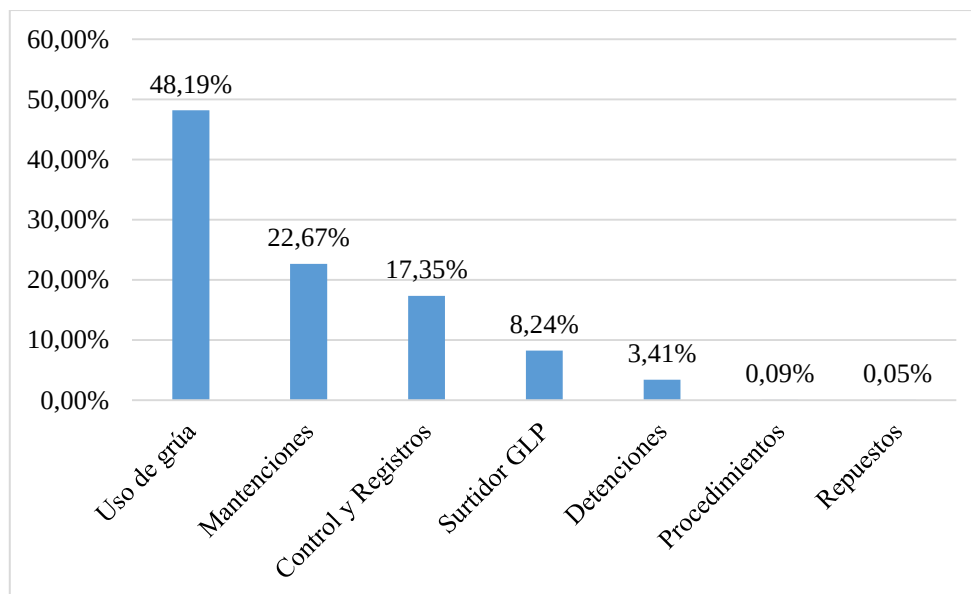


Ilustración 1.11.2 - Ponderación ítems que afectan en mayor medida al problema. Fuente: Construcción propia.

Las medidas a tomar se dividen entre mejoras para el actual proceso productivo y de mantención, monitoreo a través de indicadores de gestión y rediseño del proceso productivo utilizando herramientas de simulación.

2. Análisis y propuestas de mejoras al proceso productivo

En el capítulo 1.1 se definió que para buscar mejoras en un proceso era necesario tomar algunas decisiones, por lo que existen ciertos niveles jerárquicos de decisión que influyen de una u otra manera en los procesos productivos, y que estas mejoras dependen en gran medida de tomar las decisiones correctas en el momento adecuado. Como se revisó en el análisis de dispersión la mayor parte de los problemas se concentran en los tópicos de maquinaria, medición y métodos, y en gran medida corresponden a los últimos dos niveles jerárquicos, por lo cual se pueden plantear pequeñas mejoras para ambos niveles buscando controlar de mejor manera el proceso.

2.1. Determinación de distancia teóricas.

Es necesario para toda flota de vehículos conocer las distancias que deben recorrer, ya que esto permite determinar la cantidad óptima de vehículos, proyectar costos y servir como parámetro de comparación a la hora de plantear objetivos a los indicadores de desempeño. Para el caso de una flota de grúas horquilla, además de la distancia, es necesario conocer el tiempo en que desarrollaran una tarea, al contar estos solo con horómetros y que un porcentaje considerable del tiempo es utilizado en levantar y descender carga.

En base a las actividades que debe realizar cada grúa, tanto primarias como secundarias, se determinó la distancia promedio que deben recorrer por cada pallet que es producido desde el momento en que entra a la línea de producción hasta que es llevado a patio, esto sin considerar a las áreas de bodega, taller y formulación por la gran variabilidad que presenta su uso. Además se utilizó un estudio previo realizado por el área de patio para la distancia promedio de las grúas de dicho sector. La metodología para determinar estas distancias fue la utilización de un layout a escala, en donde se marcaron las posiciones promedio de los lugares donde los vehículos debían realizar sus tareas y la frecuencia con que eran realizadas, además de la utilización de un diagrama del tipo desde-hacia. Finalmente se determinó la distancia rectangular entre los distintos puntos que están interconectados por alguna actividad.

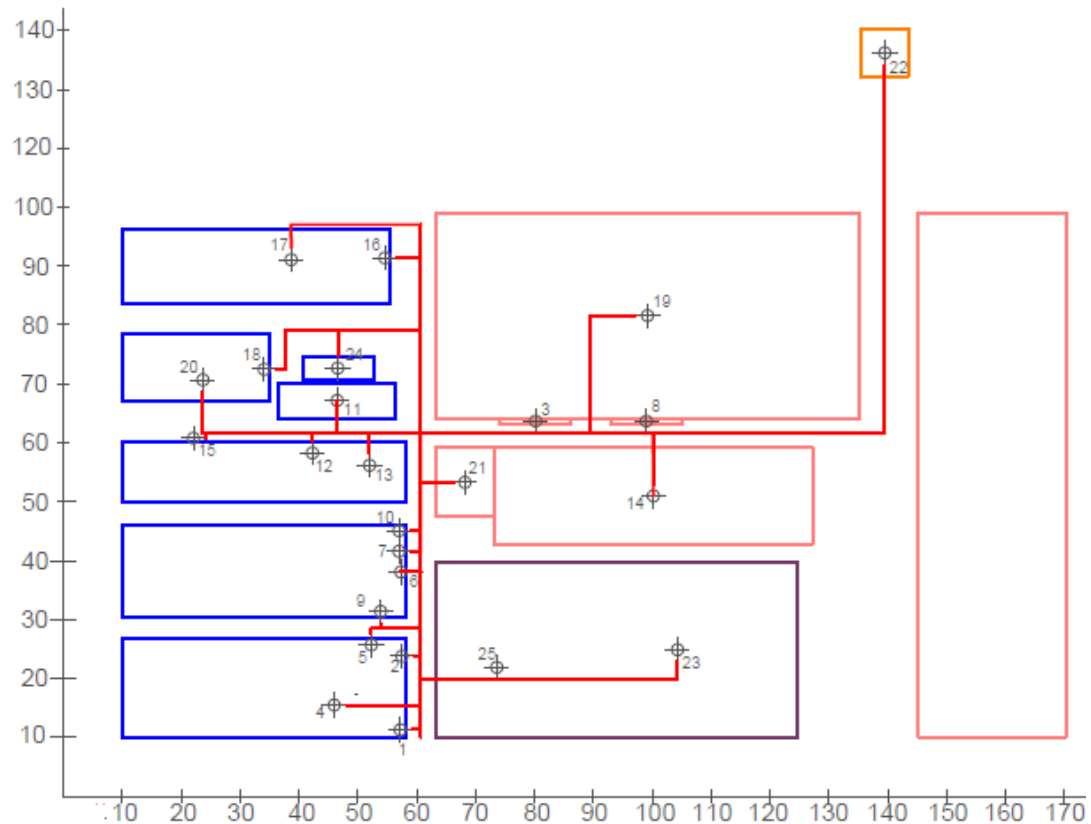


Ilustración 2.1 - Layout de planta con áreas coordinadas. Fuente: Construcción propia basado en información entregada por el área de proyectos.

En el diagrama anterior se pueden diferenciar dos tipos de puntos, los que representan lugares puntuales fijos y aquellos que son grandes lugares de almacenamiento y no poseen un punto fijo, para estos últimos se utilizó una aproximación que corresponde al centro geométrico de cada área.

Tabla 2.1 - Zonas numeradas y coordenadas del centro de gravedad de cada una.

N° área	Zona	Coordenadas	
		x	y
1	Línea 3 - Salida producción	57,2	11,3
2	Línea 3 - Entrada botellas vacías	57,5	23,8
3	Línea 3 - Zona traspaso	80,2	63,7
4	Línea 3 - Ingreso pallet vacío y cartón.	46	15,5
5	Línea 3 - Salida desechos	52,3	25,7
6	Línea 2 - Salida producción	57,3	38,1
7	Línea 2 - Entrada botellas vacías	57	41,6
8	Línea 2 - Zona traspaso	99	63,7
9	Línea 2 - Ingreso pallet vacío y cartón	53,9	31,4
10	Línea 2 - Salida desechos	57	45,1
11	Línea 1 - Standby jaba botella vacía	46,5	67,2
12	Línea 1 - Despaletizado (pallet vacío a almacenar)	42,3	58,3
13	Línea 1 - Paletizado (pallet vacío a producción)	52	56,2
14	Línea 1 – Almacenamiento de PT y jabas con botella vacía	100,2	49,1
15	Línea 1 - Desechos	22,1	62,5
16	TTP - Paletizado	54,6	91,4
17	TTP - Residuos - desechos	38,7	91,1
18	Kapo - Paletizado	34,1	72,5
19	Kapo y TTP – Estanterías	99,2	81,6
20	Kapo - Residuos - desechos	23,7	70,7
21	Pallet vacíos	68,2	53,3
22	Desechos - Cartones	139,5	126,2
23	Cartón nuevo (Bodega)	104,3	24,9
24	Envolvedoras	46,6	72,7
25	Botellas vacías	73,6	21,9

Fuente: Elaboración propia en base a información contenida en layout de planta.

Luego la distancia entre áreas se calcula utilizando los caminos por los cuales circulan los vehículos en amarillo en la figura anterior.

Con esta información es posible calcular la distancia aproximada que debe recorre cada vehículo por pallet que es producido en la línea a la que está asignado, tomando en cuenta la distancia de ida y vuelta entre los puntos a visitar.

2.1.1. Distancias recorrida en línea 1

Tabla 2.2 – Calculo distancia recorrida por palé por grúas línea 1.

Descripción	Desde	Hasta	Distancia ida y vuelta [m]	Frecuencia por pallet [-]	Distancia por pallet [m]
Jaba botella vacía a pulmón L1.	14	11	140	1	140
Jaba botella vacía en pulmón a L1	11	12	26,2	1	26,2
Producción a bodega PT	13	14	130,4	1	130,4
Pallet vacío a almacenar	12	21	77,6	0,1	7,76
Pallet vacío a producción	21	13	62	0,1	6,2
Desechos a contenedores	15	22	364	0,05	18,2
Total					328,76

Fuente: Construcción propia.

2.1.2. Distancias recorrida en línea 2

Tabla 2.2 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas línea 2.

Descripción	Desde	Hasta	Distancia ida y vuelta[m]	Frecuencia por pallet [-]	Distancia por pallet [m]
Botellas vacías a línea	25	7	80,6	1	80,6
Producción a zona de transferencia	6	8	134,6	1	134,6
Pallet vacío a línea	21	6	52,2	0,1	5,22
Pallet vacío a almacenar	7	2	49,4	0,1	4,94
Cartón a línea 2	23	9	135,6	0,04	5,42
Desecho a contenedores.	10	22	327,2	0,05	16,36
Total					247,14

Fuente: Construcción propia.

2.1.3. Distancias recorrida en línea 3.

Tabla 2.3 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas línea 3.

Descripción	Desde	Hasta	Distancia ida y vuelta [m]	Frecuencia por pallet [-]	Distancia por pallet [m]
Producción a zona de transferencia	1	3	150,8	1	150,8
Botellas vacías a línea	25	2	44	1	44
Pallet vacío a línea	21	4	120	0,1	12
Pallet vacío a almacenar	5	21	87	0,1	8,7
Cartón a línea 3	23	4	136,6	0,04	5,46
Desecho a contenedores	5	22	375,4	0,05	18,77
Total					239,73

Fuente: Construcción propia.

2.1.4. Distancias recorrida en líneas flexibles TTP.

Tabla 2.4 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas líneas flexibles TTP.

Descripción	Desde	Hasta	Distancia ida y vuelta [m]	Frecuencia por pallet [-]	Distancia por pallet [m]
Producción sin embalar a embalaje	16	24	78	1	78
Producción a estanterías	24	19	200	1	200
Pallet vacío a línea	21	16	103,2	0,1	10,32
Cartón a producción	23	16	252,4	0,1	25,24
Desechos a contenedores.	17	22	413,2	0,05	20,66
Total					334,22

Fuente: Construcción propia.

2.1.5. Distancias recorrida en líneas flexibles Kapo.

Tabla 2.5 - Calculo distancia recorrida por palé por grúas líneas flexibles Kapo.

Descripción	Desde	Hasta	Distancia ida y vuelta[m]	Frecuencia por pallet [-]	Distancia por pallet [m]
Producción sin embalar a embalaje	18	24	51,2	1	51,2
Pallet vacío a línea	21	18	133,2	0,1	13,32
Producción a estanterías	24	19	200	1	200
Cartón a producción	23	18	282,2	0,04	11,29
Desechos a contenedores	20	22	378,8	0,05	18,94
Total					294,75

Fuente: Construcción propia.

Finalmente los resultados obtenidos se resumen en la tabla 2.7, incluyendo el estudio previo para bodega de producto terminado.

Tabla 2.6 - Resultados obtenidos para la distancia recorrida por palé.

Área	Distancia por palé [metros]
Línea 1	328,76
Línea 2	247,14
Línea 3	239,73
Tetra pack	334,22
Kapo	294,75
Bodega PT	120

Fuente: Construcción propia.

2.2. Estandarización de equipos.

Durante el análisis de dispersión se detectó que uno de los vehículos de la flota, no puede ser utilizado en el área de bodega de productos terminado, esto a raíz de que sus dimensiones y capacidad no eran las adecuadas para trabajar en el área, provocando con ello una disminución de los vehículos de recambio, mermando la capacidad de enfrentar fallos en los equipos y la posibilidad de realizar mantenciones.

Como se mencionó en el capítulo 1.2, uno de los 10 principios básicos del manejo de materiales, es el principio de estandarización, en donde tanto los métodos, equipos,

controles, etc deben ser estandarizados para evitar problemas como el mencionado anteriormente.

2.2.1. Dimensiones críticas

Al interior de las instalaciones se cuenta con estrechos pasillos por donde deben circular los vehículos, siendo el más crítico, los rack de almacenamiento de la bodega de producto terminado. Estos constan de drive-in separados por una calle de 4 metros y callejones internos de 1,4 metros de ancho, además de alturas de elevación de 5,6 metros.

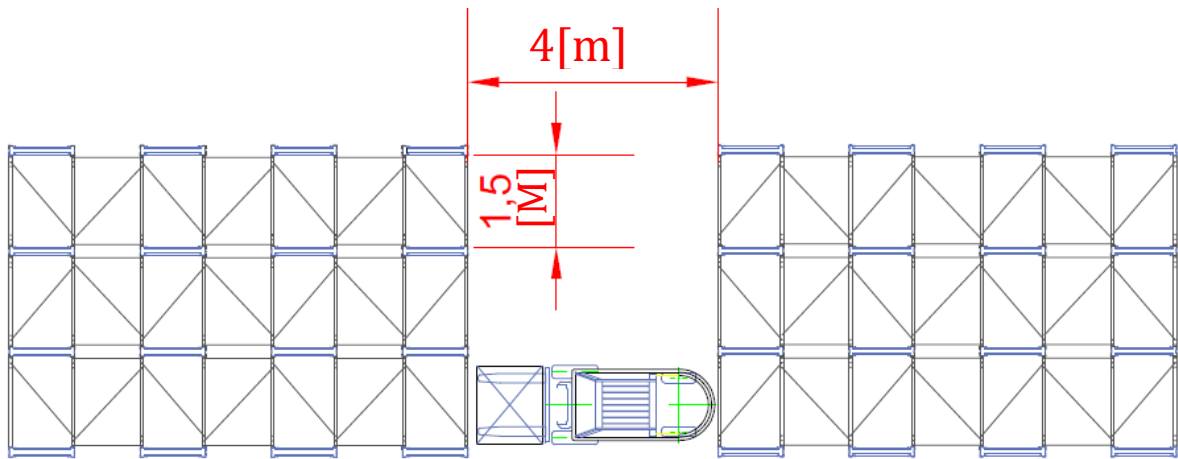


Ilustración 2.2 - Medidas de pasillo y callejones interiores área bodega PT. Fuente: Construcción propia basa en información de layout.

2.2.1.1. Ancho de pasillo de trabajo.

Se define el ancho de pasillo de trabajo (AST) como la distancia mínima que debe poseer un pasillo para que los vehículos puedan maniobrar de forma segura, tomando en cuenta el radio de giro, las medidas de las uñas, y medidas de seguridad.

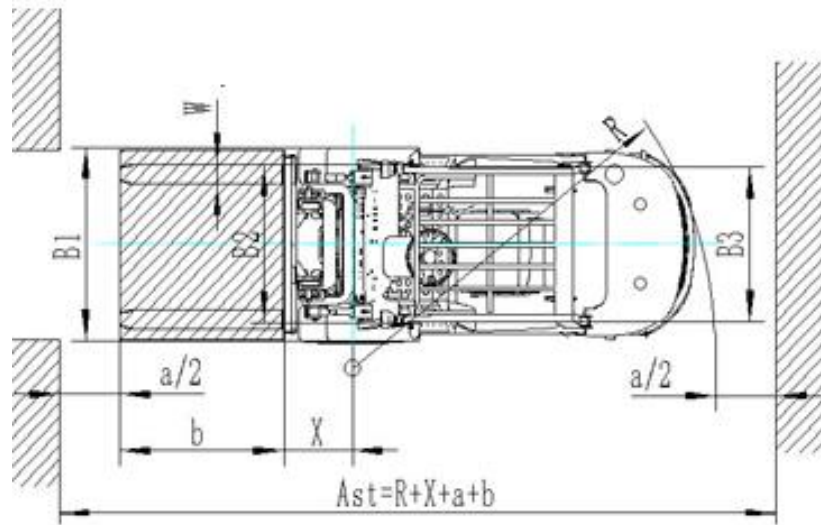


Ilustración 2.3 - Medidas de grúa horquilla y ancho pasillo de trabajo. Fuente: Especificaciones técnicas equipos “Cat”.

Según la ilustración 2.3, se define la ecuación:

$$Ast = R + X + a + b \quad (17)$$

Donde:

R: Radio de giro.

X: Distancia del eje motriz a defensa frontal.

a: Espacio de seguridad.

b: Longitud de carga.

Ya que tanto el ancho de pasillo y la longitud de la carga es constante, es necesario definir el espacio de seguridad, si se considera como 0,5 metros, la ecuación queda como:

$$Ast = R + X + a + b$$

$$4 = R + X + 0,5 + 1$$

$$R + X = 2,5[m]$$

Por lo tanto las medidas máximas para el radio de giro y distancia eje-defensa que deben poseer los vehículos es de 2,5 metros.

2.2.1.2. Ancho critico callejones.

Anchura critica corresponde al ancho de los callejones internos de los drive-in, a los cual el vehículo debe ingresar para dejar unidades de carga. El ancho total de los

callejones es de 1,5 metros, pero se establece un factor de seguridad de un 20%, por lo que el ancho total del vehículo, distancia B1 ilustración 2.3 no debe ser mayor a 1,2 metros.

2.2.1.3. Altura de elevación.

Como se dijo anteriormente el área de patio, cuenta con drive-in de 5 niveles de altura, estando el último de estos a una altura aproximada de 5,6 metros, por lo tanto es necesario que los vehículos posean un mástil que pueda ser capaz de elevar como mínimo esa altura.

2.2.2. Capacidad de carga.

Otro de los factores críticos a considerar a la hora de adquirir un montacargas es la capacidad de carga a la cual estará sujeto. Este depende de los formatos utilizados en la planta y los pesos que deben cargar los vehículos, transportando como máximo 1214 [kg], Se sugiere utilizar un factor de seguridad de 1,5.

$$\text{Capacidad de carga minima} = F.S. * \text{Carga maxima}$$

$$\text{Capacidad de carga minima} = 1,5 * 1214 [Kg]$$

$$\text{Capacidad de carga minima} = 1.821 [Kg]$$

Por lo tanto la capacidad de carga mínima que deben poseer los montacargas en la planta son 1821 kg.

2.3. Mantenimiento y mejora de surtidor GLP y Mejoras de sistema SSCOM.

Se propone realizar mantenimiento del dispensador de combustible ya que este presenta un grado de deterioro natural producto del uso, resultando dificultosa la interacción humano-máquina.

Además se propone mejorar el sistema de registro de carga de combustible, a través de la modificación del surtidor de combustible implementando un lector biométrico y un lector de código de barras. Básicamente la idea es combinar ambas tecnologías para poseer el registro tanto de la grúa que está cargando como de la persona encargada. Para esto es necesario que se adose un código de barras a cada una de las grúas y un enrolamiento de las personas autorizadas para uso de grúa. Con esto se busca disminuir al máximo la participación humana en el ingreso de información, aumentando la

confiabilidad de la información entregada, mejorando la distribución de los costos asociados a consumo de combustible y centros de costos e individualizar en caso de mal uso de las instalaciones y/o equipos.

Además se propone mejorar el sistema de gestión SSCOM entregado por el fabricante, ya que dada su estructura, es poca practica su utilización para llevar un registro diario de los consumos de combustible y un monitoreo sistemático. Para solucionar aquello es posible introducir filtros dentro de su código que permita obtener un periodo de tiempo determinado de observaciones y no la totalidad de registros que entrega actualmente.

2.4. Mejora de plan de mantenimiento.

Teniendo en cuenta los datos recabados en el análisis de dispersión capítulo 1.6, se encontró que el cumplimiento en la realización de mantenciones preventivas era de tan solo el 66%. Las mantenciones de mayor relevancia 1000 y 2000 horas son las que menor cumplimiento obtienen con un 50%, es decir solo se realizaron la mitad de dichas mantenciones. Por lo tanto es necesario mejorar el cálculo y planificación de estas mantenciones. A pesar de no contar con un software de mantenimiento, se seguirán utilizando planillas Excel para almacenar la información y generar documentos dada su versatilidad, universalidad y facilidad de programación.

2.4.1. Mejora planilla mantenciones preventivas

Se modificó una plantilla utilizada por taller de grúas para el cálculo de mantenciones ilustración 1.8. Esta nueva planilla, se muestra en la ilustración 2.4, muestra automáticamente el estado actual de mantención preventiva y las horas que faltan para la próxima pauta de mantención. Adicionalmente le colabora a la persona encargada de la compra de repuestos planificar las compras en el tiempo y así poseer el stock necesario en bodega a la hora de realizar los trabajos y cumplir a cabalidad el plan de mantenimiento.

Se implementó el uso de tres colores, los cuales a simple vista permiten conocer el estado de mantención de cada equipo y alertar la pronta realización de estas y coordinar la compra de repuestos.

 Para aquellas mantenciones con saldo mayor a 50 horas.

 Para aquellas mantenciones prontas a realizar, en menos de 50 horas.

 Para aquellas mantenciones atrasadas en el tiempo.

		FORMULARIO CALCULO MANTENCIÓN PREVENTIVA GRÚAS					CÓDIGO: F-CAL-MAN-030 REV. 02 FECHA: 20-03-2017
N° Grúa	Horometro Actualizado	Ultima mantencion realizada			Siguiete mantencion		Estado
		Fecha	Pauta	Horometro	Pauta	Saldo	
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 01	8982	08-03-17	500	8500	250	-232	Mantención Urgente
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 02	4429	01-04-17	250	4250	500	71	Mantención Correcta Saldo entre 50 y 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 03	3864	16-03-17	250	3750	2000	136	Mantención Correcta Saldo mayor a 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 04	7642	27-02-17	250	7250	500	40	Mantención pronta a realizar Menos de 40 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 05	14374	29-05-16	250	14050	250	-124	Mantención Urgente
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 07	4214	30-03-17	2000	4000	250	36	Mantención pronta a realizar Menos de 40 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 08	4463	06-03-17	250	4250	500	37	Mantención pronta a realizar Menos de 40 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N°10	8626	14-03-17	2000	8000	250	-376	Mantención Urgente
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 11	8756	14-03-17	500	8500	250	-6	Realizar Mantención
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 12	8274	02-04-17	2000	8000	250	-24	Mantención Atrasada entre 10 y 50 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 13	8741	03-01-17	500	8500	250	9	Mantención pronta a realizar Menos de 40 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 14	13092	24-02-17	1000	13000	250	158	Mantención Correcta Saldo mayor a 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 15	13769	11-04-17	250	13750	2000	231	Mantención Correcta Saldo mayor a 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 16	6265	12-04-17	2000	6250	500	235	Mantención Correcta Saldo mayor a 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N°17	13180	09-02-17	500	12500	250	-430	Mantención Urgente
GRUA HORQUILLA TOYOTA N°18	12016	09-04-17	2000	12000	250	234	Mantención Correcta Saldo mayor a 100 Horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 19	7534	31-03-17	500	7500	250	10	Mantención pronta a realizar Menos de 40 horas
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 20	7766	14-03-17	500	7500	250	-16	Mantención Atrasada entre 10 y 50 horas

Ilustración 2.4 - Planilla de mantenciones preventivas. Fuente: Construcción propia a partir de Excel.

Esta calculadora utiliza como variable de entrada el registro de horómetros diarios realizados por los mecánicos de grúa, dándole importancia y utilidad a esta medición. Al ser el horómetro la variable de entrada obliga a que esta medición sea rigurosa y cualquier error es acusado por la calculadora mostrando errores en el cálculo.

2.4.2. Registro mantenciones preventivas

En paralelo se dispone de un cuadro resumen de las mantenciones preventivas realizadas para cada uno de los vehículos, en el cual se ingresa la información de la fecha de intervención, la pauta, el tiempo que demoro y el horómetro de esta. Esta información también es una variable de entrada a la calculadora, la cual se utiliza para determinar la próxima pauta a realizar, y permite llevar un orden de los trabajos preventivos realizados de una forma visualmente atractiva.

FORMULARIO												CÓDIGO: F-CAL-MAN-030							
REGISTRO MANTENCIÓN PREVENTIVA GRÚAS												REV. 02							
												FECHA: 20-03-2017							
Registro Manteniones	Grúa N°01	Grúa N°02	Grúa N°03	Grúa N°04	Grúa N°05	Grúa N°07	Grúa N°08	Grúa N°10	Grúa N°11	Grúa N°12	Grúa N°13	Grúa N°14	Grúa N°15	Grúa N°16	Grúa N°17	Grúa N°18	Grúa N°19	Grúa N°20	
1ª	Fecha realizada	22-01-17	03-01-17	08-01-17	27-02-17	29-05-16	12-01-17	27-12-16	13-01-17	15-01-17	06-02-17	03-01-17	20-01-17	09-01-17	04-01-17	09-02-17	20-01-17	15-12-16	28-01-17
	Pauta realizada	2000	250	500	250	250	250	250	500	1000	500	500	250	1000	500	500	1000	250	250
	Horometro	8000	3750	3500	7250	14050	3750	3750	7500	8000	7500	8500	12750	13000	5500	12500	11000	7250	7250
2ª	Fecha realizada	23-02-17	23-03-17	16-03-17			30-03-17	30-01-17	14-02-17	23-02-17	23-02-17	24-02-17	08-02-17	14-02-17		20-02-17	31-03-17	14-03-17	
	Pauta realizada	250	2000	250			2000	2000	500	250	250	1000	250	250		250	500	500	
	Horometro	8250	4000	3750			4000	4000	7750	8250	7750	13000	13250	5750		11250	7500	7500	
3ª	Fecha realizada	08-03-17	01-04-17					06-03-17	14-03-17	14-03-17	02-04-17			15-03-17	12-04-17		01-03-17		
	Pauta realizada	500	250					250	2000	500	2000			500	2000		500		
	Horometro	8500	4250					4250	8000	8500	8000			13500	6250		11500		
4ª	Fecha realizada												11-04-17			05-04-17			
	Pauta realizada												250			250			
	Horometro												13750			11750			
5ª	Fecha realizada																		
	Pauta realizada																		
	Horometro																		
6ª	Fecha realizada																		
	Pauta realizada																		
	Horometro																		

Ilustración 2.5 – Formulario de registro de mantenencias preventivas para el año 2017 grúas 1 a 12. Fuente: Construcción propia.

Lógicamente la jefatura pertinente debe llevar auditorías internas periódicas que permitan verificar la veracidad de la información registrada.

2.4.3. Ordenes de trabajo e informes de mantención.

Es necesario poseer información adicional de las labores de mantenimiento, como son técnicos, fechas, tiempos, entre otros, por lo que se propone la utilización de órdenes de trabajo y de informes de mantención para mejorar la comunicación entre departamentos y llevar un registro histórico de las reparaciones de cada vehículo.

El objetivo de las órdenes de trabajo es mejorar la comunicación entre departamentos, dejando un registro físico de las intervenciones realizadas a los equipos, en la cual los implicados directos tengan conocimiento del trabajo a efectuar. El encargado de emitir estas órdenes de trabajo es la jefatura del taller de grúas, en este caso supervisor mecánico de suministros. En esta es necesario individualizar el vehículo intervenido, la fecha, el horómetro y el tipo de trabajo que se realizara. Además debe poseer espacio extra para observaciones puntuales del trabajo y por ultimo contar con la aprobación tanto del supervisor de área al cual está asignado el equipo y del mecánico de grúas de turno. Se presenta una propuesta simple para la orden de trabajo de grúa horquilla.

	ORDEN DE TRABAJO GRUA HORQUILLA	Código: Revisión: Fecha:
Orden N°		
Fecha:		Grúa N°:
Horómetro:		
Tipo de mantención:	☐ Preventiva	☐ Correctiva
	250 500 1000 2000	
Observaciones:		
V°B° Mecánico de grúa		V°B° Jefe de área

Ilustración 2.6 - Orden de trabajo tipo sugerida. Fuente: Construcción propia.

Además de la orden de trabajo, se emanara un informe de mantención, en donde quede todo el detalle del trabajo realizado al equipo, así como el técnico responsable, pauta de mantención y horarios de entrada y salida del taller, además de servir como guía para el técnico de las actividades a realizar por medio de una lista de chequeo. El cálculo del tiempo en que el vehículo estuvo en reparaciones es especialmente útil a la hora de utilizar indicadores de mantenimiento. Se presentan dos propuestas de informes de mantención, para mantención preventivas y reparaciones respectivamente.

	INFORME DE MANTENCION GRUA HORQUILLA	Código: Revisión: Fecha:
--	---	--------------------------------

1. Datos del trabajo

	Entrada	Salida	N° de grua:	
Fecha:			Horometro:	
Hora:			Pauta:	
Mecanico:			N° Grua de cambio:	

2. Actividades		Pauta de mantencion							
N°	Descripcion	250H	500H	1000H	1500H	2000H	2500H	3000H	3500H
1	Limpieza de filtro electro válvula	X		X		X		X	
2	Revisión de niveles	X		X		X		X	
3	Revisar sistema eléctrico	X		X		X		X	
4	Engrase completo	X		X		X		X	
5	Revisar funcionamiento y lubricar torre mástil	X		X		X		X	
6	Limpieza y engrase de cadenas	X		X		X		X	
7	Lavado completo	X		X		X		X	
8	Revisar neumático delantero y trasero	X		X		X		X	
9	Cambio de aceite motor	X		X		X		X	
10	Regulación de frenos	X		X		X		X	
11	Cambio filtro de aceite motor			X		X		X	
12	Cambio de aceite caja transmisión					X		X	
13	Cambio de filtro aceite transmisión					X		X	
14	Cambio de bujías					X		X	
15	Cambio kit GLP					X		X	
16	Cambio kit válvula GLP					X		X	
17	Cambio aceite de diferencial					X		X	
18	Revisión de patines de freno					X		X	
19	Revisar retenes de masa					X		X	
20	Revisar retenes de eje palier							X	
21	Cambiar correa de ventilador							X	
22	Cambio aceite hidráulico							X	
23	Cambio de filtro hidráulico de succión							X	
24	Cambio de aceite hidráulico de retorno							X	
25	Cambio de fibra de roce superior e inferior							X	
26	Revisión de sistema de aceleración RPM							X	
27	Cambio de kit cilindro desplazador lateral							X	
28	Cambio de manguera transmisión superior							X	
29	Cambio de anticongelante							X	
30	Cambio liquido de freno							X	
31	Reemplazo filtro de aire							X	

3. Observaciones

Ilustración 2.7 - Informe de mantención tipo sugerido. Fuente: Construcción propia, basado en informe antiguo de área mantención mecánica de suministros.

2.5. Procedimientos para control inicial.

Dentro de las mejoras al actual sistema se propone la creación de un procedimiento para la inspección inicial de grúa horquilla, la cual debe ser realizada por los operadores al iniciar el turno siendo su objetivo velar por el correcto funcionamiento del vehículo y detectar cualquier anomalía que pueda ser peligrosa tanto para las personas como para la producción.

Para la realización de este procedimiento se utilizara la herramienta de comunicación OPL (“LUP” por sus siglas en español, lección de un solo punto), utilizada para transmitir conocimientos o habilidades de forma simple y breve. El formato de procedimiento adoptado por la empresa en cuestión se compone de tres partes:

- Estándar: Describe en forma didáctica como se realiza la operación de inspección, el componente a revisar, el método, el estado del equipo, la frecuencia y el responsable de la operación entre otros. Anexo 4.
- Instructivo: El instructivo es un documento que dice paso a paso como se realiza la inspección de cada uno de los componentes a revisar. Anexo 5.
- Lista de chequeo: Finalmente este formulario es un documento en donde queda registro de la inspección realizada por el operador, en él se encuentra información como fecha, turno, observaciones y horómetros inicial, y final de cada turno. Este documento es visado por el operador, supervisor y el mecánico de turno. Además la información de horómetro tanto final como inicial será utilizada por el área de control de procesos para el cálculo de indicadores de mantención. Anexo 6.

2.6. Instalación de tecnología de monitoreo.

Del diagnóstico realizado, se concluyó que existen grandes posibilidades de mejorar el control de la flota a partir de un monitoreo en tiempo real. Para ello se gestionó cotizaciones con empresas de monitoreo mediante tecnología GPS, la cual es capaz de entregar información de la ubicación instantánea del vehículo, historial de rutas, horas de uso (horómetros), tiempos de ocio, distancias recorridas, entre otros.

Finalmente la instalación de un piloto de monitoreo fue utilizado para estudiar la factibilidad técnica de la tecnología al interior de las instalaciones. Dentro de las

conclusiones más importantes, entregó que alrededor del 10% del tiempo de uso corresponde a tiempo inoperante o en ralentí.

Las cotizaciones entregadas por las empresas de monitoreo son las siguientes (al 30-03-2017).

Tabla 2.7 - Comparación costos tecnología de monitoreo GPS.

Concepto	Empresa WayPoint	Empresa GPS7000	Empresa Samtech
Inversión base por vehículo (\$)	\$26.397	25.000	\$65.992
Contrato (meses)	24	24	24
Servicio mensual por vehículo (\$)	\$18.478	\$18.900	\$29.035
Costo total anual de la flota (\$)	\$3.991.248	\$4.082.400	\$6.271.560
Costo total inversión inicial (\$)	\$475.146	\$450.000	\$1.187.856

Fuente: Elaboración propia.

Todas estas empresas presentan el manejo de información a través de sus plataformas online y con la creación de reportes que son enviados a un correo electrónico, por lo cual es necesario que exista una persona encargada de dar seguimiento y visualización a dichos reportes para rescatar la información y que esta sea útil.

Con esta tecnología es posible llevar un mejor control de las horas de uso de cada uno de los vehículos limitando la participación humana en el registro de información. Con la implementación de indicadores se pretende reducir entre un 5% a 10% las horas de ocio de los vehículos, reduciendo con ello el consumo de combustible, emisión de contaminantes y mantenciones.

Se realizó una comparación entre las condiciones ofrecidas por cada una de las empresas, descartando en primera instancia a la empresa “Samtech” por sus elevados costos en comparación a sus similares, esto en virtud de que las tres compañías ofrecen los mismos servicios con pequeños matices para cada uno. Por lo tanto se realiza un cuadro comparativo entre las dos opciones restantes:

Tabla 2.8 – Comparación tecnologías de monitoreo, ventajas y desventajas.

Parámetro	GPS 7000	WayPoint
Ventajas	• Toda la gestión en una misma plataforma. • Generación de informes según necesidad. • Generación de alertas (Velocidad, salidas de zona etc) • Plataforma más amigable. • Entrega las horas de uso por intervalo de horas. • Administración de conductores, licencias al día. • Envío de reportes y alertas a correo y en pantalla. • Permite generar distintos tipos de usuarios o administradores con permisos limitados. • Envío de señal cada 10 segundos aproximadamente.	• Supervisor de mantenciones. • Desarrollo más potente. • Horómetro en sincronía con horómetro real. • Envía alertas a correo. • Visualización de rutas históricas más amigable (Menos saturación de información). • Dispositivo GPS de mayor y mejor tecnología.
Desventajas	• Error aproximado 10 metros. • Ha entregado desviaciones de hasta 1 Km. • No entrega información fidedigna de ralentí, solo detenciones. • No ofrece tanto desarrollo. • No entrega información en sincronía con horómetro, solo horas de uso.	• Se abren múltiples pestañas para la gestión, con interfaces distintas. • No entrega horas de uso por intervalos de horas, solo días. • No entrega información fidedigna de ralentí. • No permite el envío de reportes al correo, solo en pantalla. • Error aproximado de 10 metros. • Envío de señal discreta cada 40 a 60 segundos.

Fuente: Elaboración propia.

3. Indicadores

3.1. Selección de KPI

La correcta selección de los indicadores es una tarea de vital importancia ya que permite establecer donde se encuentran los focos para poder realizar gestión y seguimiento en el tiempo, evaluando el cumplimiento de los objetivos planteados. Por lo anterior se definieron aquellos aspectos críticos que dependen directamente de la operación de grúa horquilla tanto para el área de operaciones como para el área de mantenimiento mecánico de suministros.

3.2. Indicadores operativos

3.2.1. Productividad de grúa horquilla:

Este indicador relaciona la producción total de la planta con las horas de operación de la flota de grúa horquilla, mediante la ecuación 3:

$$\text{Productividad de grúa horquilla} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas de uso}} \left[\frac{\text{Pallet}}{\text{hora}} \right]$$

El principal objetivo en la aplicación de este indicador es cuantificar la capacidad de producción de la planta con los recursos utilizados para dicha producción, en este caso el recurso son las horas de uso de las grúas horquilla y todo lo que ello implica, de tal manera que permita comparar las condiciones de funcionamiento con periodos y procesos similares.

Este indicador permite conocer el nivel utilización real que se le está dando a la flota de grúa horquilla y la eficiencia de dicho uso, esto porque no es lo mismo utilizar la flota para mover 10 pallet de producción en 1 hora que utilizarla para mover 20 pallet en la misma hora, con los gastos y desgaste de componentes que esto conlleva.

Como objetivos específicos está disminuir la cantidad de recursos utilizados en el proceso productivo de la planta, mejorar la gestión y administración de la flota de grúas. Para la aplicación de este indicador es necesario llevar un registro de la cantidad de pallet que son producidos ya sea mensual, semanal, diario o por turno.

En este análisis se realizó un cálculo mensual para el año 2016 de la totalidad de la flota, por lo tanto la información necesaria para el cálculo del indicador se presenta a continuación.

Tabla 3.1 - Información de Producción total planta y horómetro total flota de grúas.

Ítem	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Producción [Pallet]	16.949	18.699	18.232	15.773	18.400	19.157	16.701	19.580	18.818	15.599	23.624	23.018
Horas de uso [Horas]	3.189	3.687	4.189	4.061	3.996	4.275	4.025	4.438	3.915	3.404	4.100	3.816

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la relación presentada para el cálculo de la productividad de grúa horquilla se obtiene los siguientes indicadores:

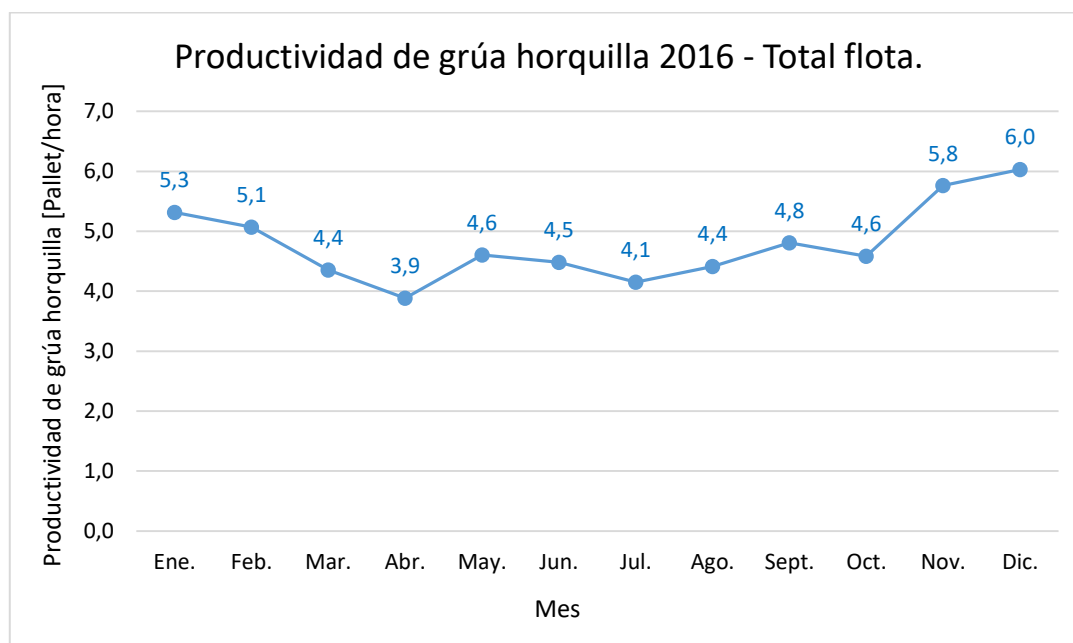


Ilustración 3.1 - Resultados indicador productividad de grúa para el total de la flota, año 2016. Fuente: Construcción propia.

Se puede observar que la productividad es mayor para los meses cercanos al verano, por razones obvias el consumo de bebestibles es mayor para dicho periodo por lo que la producción es mayor.

Ya que la cantidad de pallet que salen de producción son las mismas que pasan por bodega de producto terminado, es posible calcular este indicador por separado para ambas áreas.

Tabla 3.2 - Producción y horómetro por área.

Mes	Producción [Pallet]	Horas de uso [Horas]	
		Área producción	Área Bodega PT
Enero	16.949	1.603	1.162
Febrero	18.699	1.747	1.443
Marzo	18.232	1.972	1.352
Abril	15.773	1.718	1.497
Mayo	18.400	1.982	1.061
Junio	19.157	2.117	1.256
Julio	16.701	1.813	1.264
Agosto	19.580	2.153	1.388
Septiembre	18.818	1.659	1.319
Octubre	15.599	1.850	992
Noviembre	23.624	2.286	1.138
Diciembre	23.018	1.946	1.210

Fuente: Elaboración propia basada en información entregada por áreas mantención mecánica de suministros y operaciones.

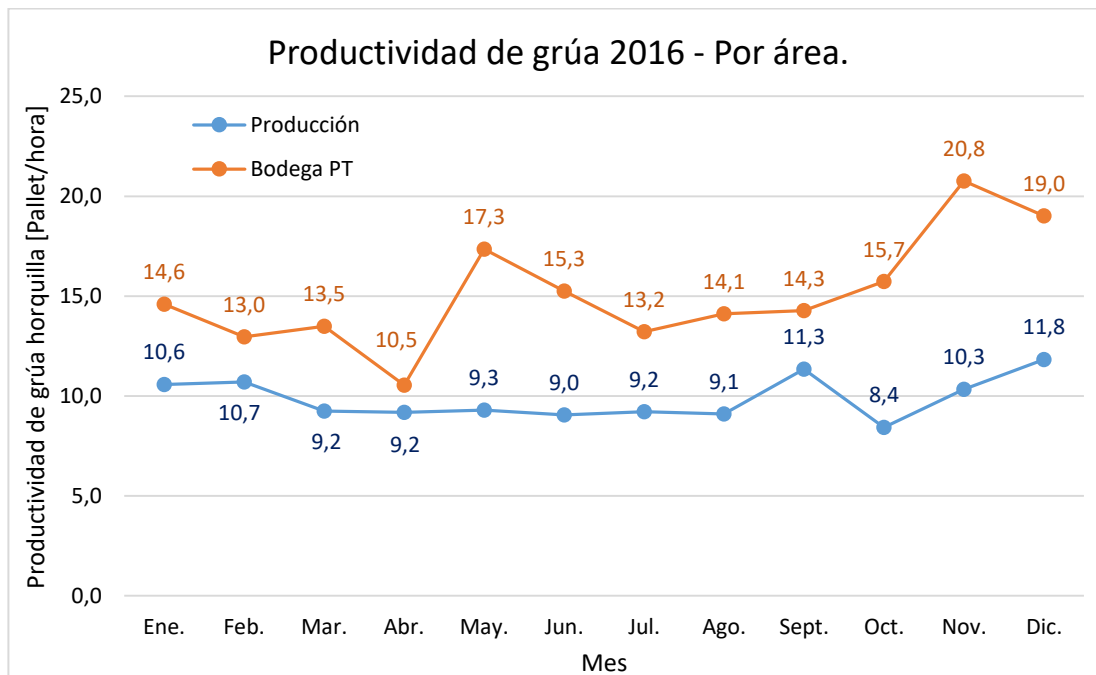


Ilustración 3.2 - Resultados obtenidos para el indicador de productividad de grúa por área, año 2016. Fuente: construcción propia.

Es posible notar que la productividad en el área de producción se mantiene relativamente constante con una variación menor a 2,9 puntos, muy lejos del área de

bodega donde la dispersión es mucho mayor, llegando a diferencias mayores a los 10 puntos, donde las productividades más altas se dan en los meses de verano.

Si ahora se realiza el mismo ejercicio para cada una de las líneas de producción es posible realizar un análisis más profundo del área de producción.

Tabla 3.3 - Producción y horas de uso por línea de Producción, año 2016.

Línea	Ítem	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Flex	Producción [Pallet]	3.199	7.157	4.496	4.255	6.559	5.555	6.689	6.877	6.579	6.443	6.390	5.248
	Horas de uso [Horas]	394	723	631	598	591	632	552	892	805	670	845	647
L1	Producción [Pallet]	4.297	2.021	3.337	2.429	3.586	2.746	2.673	3.003	3.633	2.939	3.493	2.786
	Horas de uso [Horas]	700	371	640	398	610	706	575	619	594	534	711	579
L2	Producción [Pallet]	3.463	3.353	3.971	3.881	3.130	4.085	4.212	4.066	2.161	547	6.804	7.786
	Horas de uso [Horas]	218	280	336	330	328	412	401	430	158	40	331	370
L3	Producción [Pallet]	5.991	6.168	6.429	5.208	5.125	6.770	3.128	5.633	6.445	5.670	6.936	7.198
	Horas de uso [Horas]	291	373	365	354	292	367	285	373	387	359	399	350

Fuente: Elaboración propia basada en información entregada por áreas mantención mecánica de suministros y operaciones.

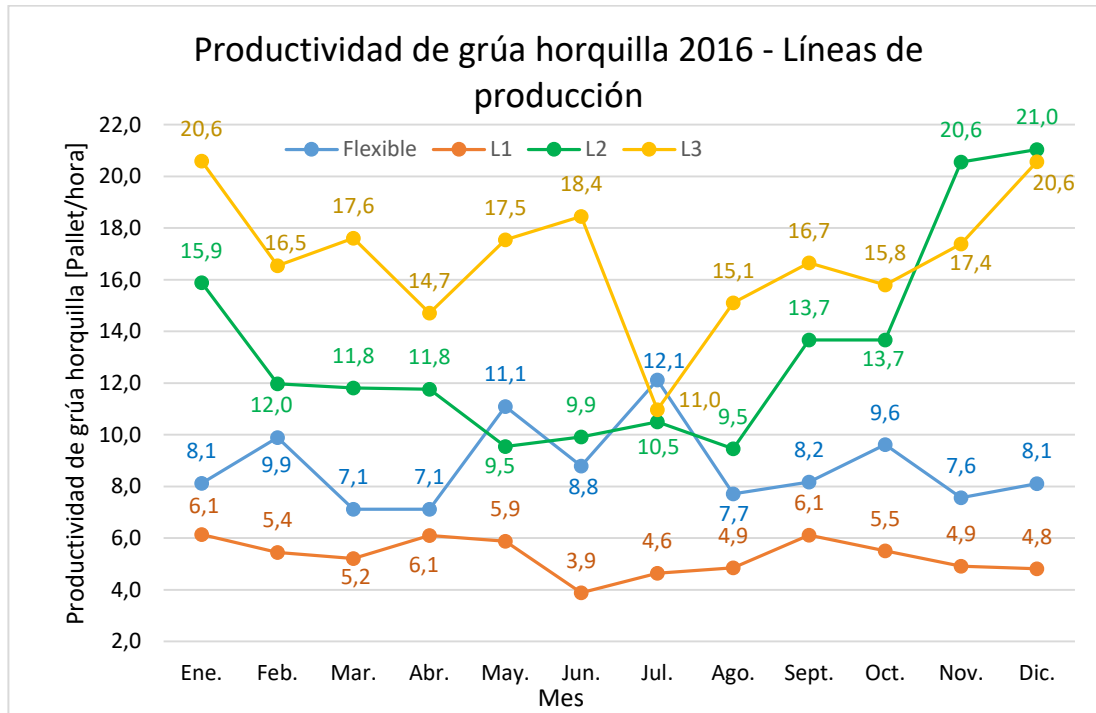


Ilustración 3.3 - Resultados obtenidos para indicador de productividad de grúa líneas de producción, año 2016.

En esta grafica es posible notar un gran incremento de la productividad para los meses de verano, tanto para las líneas 2 y 3, las cuales dada su mayor automatización producen volúmenes mucho mayores en comparación a línea 1 y líneas de flexibles. Además es curioso notar la baja productividad que presenta la línea 1 en comparación a sus homologas a pesar de realizar actividades similares y contar con dos vehículos para realizar el movimiento de carga.

3.2.2. Consumo de combustible de grúa horquilla:

Este indicador relaciona el consumo de combustible (GLP) con las horas de operación de cada uno de los vehículos, mediante la ecuación 6:

$$\text{Consumo combustible GH} = \frac{\text{Consumo de combustible}}{\text{Horas de uso}} \left[\frac{\text{lts}}{\text{h}} \right]$$

Dicho indicador es un dato clave a la hora de conocer el estado de eficiencia energética del vehículo, pero también dependerá de los hábitos de conducción de los operadores, de la mantención, de las condiciones ambientales, entre otros. Por lo tanto es un buen patrón de medida para comparar los distintos vehículos.

El principal objetivo de la aplicación de este indicador es cuantificar el consumo de gas en la planta por conceptos de utilización de grúa horquilla, de manera que permita comparar las condiciones de funcionamiento de los vehículos por periodos y procesos similares, a modo de definir planes de acción con medidas de eficiencia energética en el tiempo. Como objetivo específico está disminuir el consumo de GLP utilizado en grúas horquilla, formar conductas de conducción responsables (Eficientes y seguras), mejorar la toma de datos y gestión de la flota de grúas horquilla.

Para la aplicación efectiva de este indicador será necesarios el registro de horas de los vehículos y registro de consumo de GLP por grúa. Se obtiene ambos valores diariamente a través de mediciones en terreno en el caso de las horas de uso y remota en el caso del consumo de GLP. Se proyecta la mejora de las mediciones de horas de uso a través de tecnología GPS o en su defecto con el uso del formulario de control inicial. Los datos recabados para el año 2016 fueron de:

Tabla 3.4 - Información consumo de combustible y horas de uso grúa horquilla año 2016.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic
Combustible [Litros]	15.352	15.034	16.955	14.122	14.516	16.438	14.212	16.646	16.900	13.988	18.943	18.642
Horas de uso [hora]	3.189	3.687	4.189	4.061	3.996	4.275	4.275	4.025	4.438	3.915	4.100	3.816

Fuente: Elaboración propia basada en información entregada por áreas mantención mecánica de suministros y operaciones.

En el siguiente grafico se resumen los resultados del indicador para el año 2016.

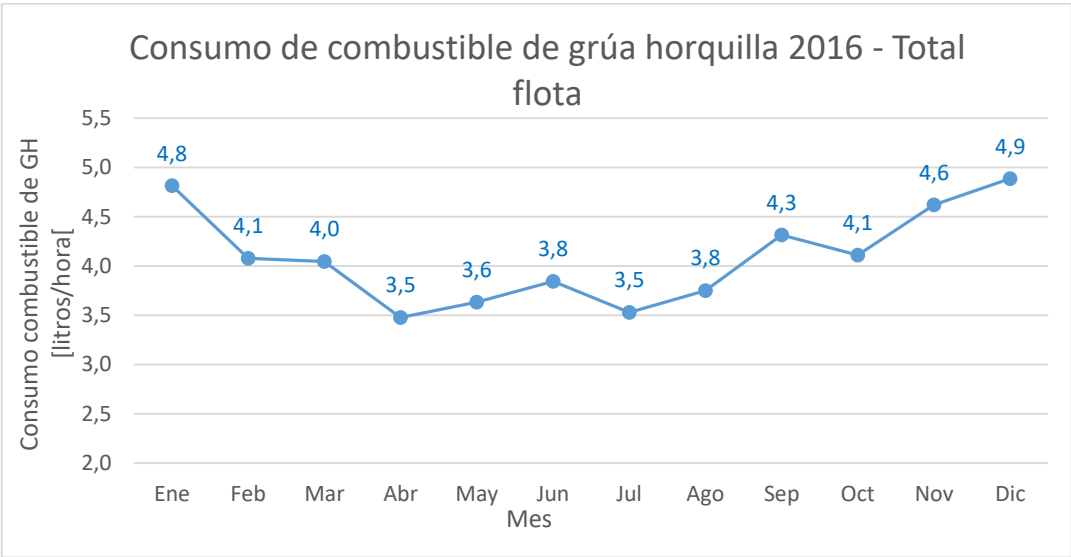


Ilustración 3.4 - Resultados obtenidos para el indicador de consumo de combustible flota de grúas horquilla, año 2016. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la gráfica es posible notar que el consumo de combustible es mayor para los meses de verano, lo cual puede suponer una mayor solicitud de los vehículos, al ser un periodo de mayor demanda de productos.

Los vehículos de las áreas de producción y bodega de producto terminado representan alrededor del 80% del consumo de combustible de la flota, si se calcula el indicador para esta zonas se obtiene la siguiente información:

Tabla 3.5 - Consumo de combustible de grúa horquilla por área, año 2016.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic
Producción [Litros]	6.390	6.588	7.870	5.313	6.254	7.849	6.252	7.753	7.023	7.542	8.458	8.324
Bodega [Litros]	5.353	6.105	5.577	5.252	5.109	5.065	4.523	5.217	5.785	4.120	6.402	6.301

Fuente: Elaboración propia basada en información entregada por áreas mantención mecánica de suministros y operaciones.

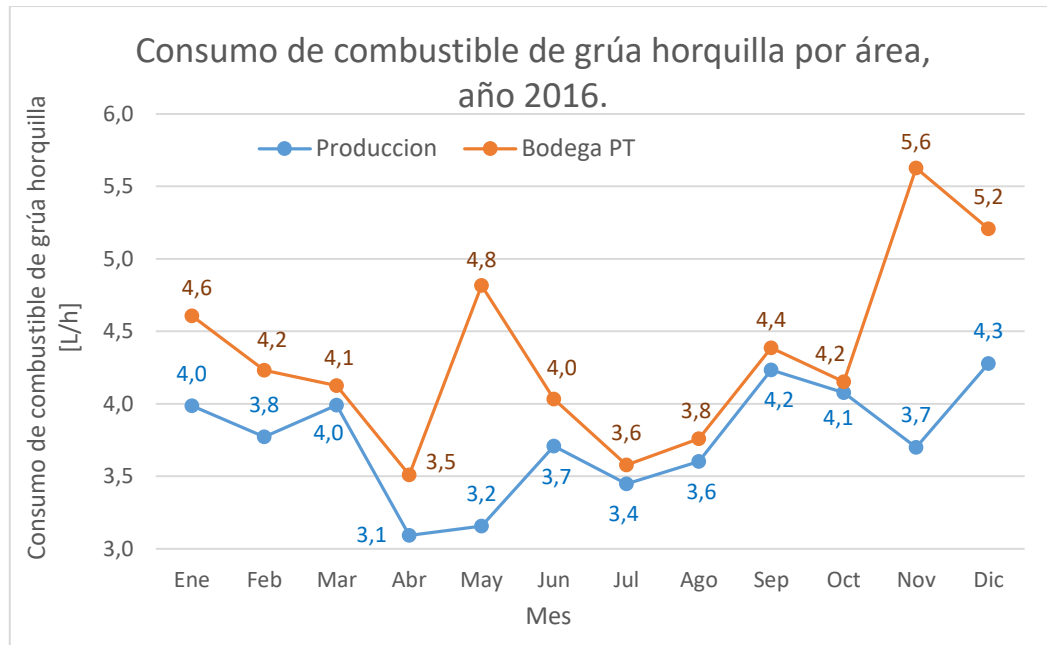


Ilustración 3.5 - Resultados obtenidos para el indicador de consumo de combustible de grúa por área, año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede notar que el indicador es mayor para el área de bodega de producto terminado, esto se puede explicar por las actividades que realizan los vehículos, que además de trasladar unidades de carga, deben encargarse del almacenamiento de esta, gastando parte del combustible en la elevación y descenso de carga de hasta 5,6 metros de altura.

3.2.3. Eficiencia de grúa horquilla.

En el capítulo 3.1 se calculó la distancia teórica que deben recorrer los vehículos por área, por lo tanto este indicador utiliza esta información relacionando la distancia real recorrida en relación con su valor teórico. El objetivo de aplicar esta indicador es determinar si las actividades realizadas por los vehículos son hechas recorriendo la menor distancia posible. Para esto se debe medir la distancia recorrida por cada uno de los vehículos, lo cual no es medido actualmente. Para ello se propone la utilización de tecnología. Se instaló un piloto de monitoreo GPS en uno de los vehículos del área de producción, línea flexibles, el cual según el estudio debe recorrer en promedio 314 metros por pallet.

Según información entregada por un piloto de monitoreo GPS instalado en uno de los vehículos del área de producción, línea de flexibles, en base a esta información se calculó el indicador utilizando la ecuación 7.

$$\text{Eficiencia de grúa horquilla} = \frac{\text{Distancia teorica recorrida}}{\text{Distancia real recorrida}} * 100$$

Por lo tanto los resultados obtenidos para el indicador se resumen en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 - Resultados obtenidos por piloto de monitoreo GPS para grúa 17 y resultados del indicador de productividad de grúa, periodo 16 de enero 2017 al 30 de enero 2017.

Fecha	Total pallet	Distancia teórica [Km]	Distancia Real [Km]	Eficiencia de grúa.
16-01-2017	28,68	9,0	15,05	59,83%
17-01-2017	50,37	15,8	21,00	75,31%
18-01-2017	49,00	15,4	24,29	63,34%
19-01-2017	49,90	15,7	32,31	48,49%
20-01-2017	36,74	11,5	19,17	60,18%
21-01-2017	23,52	7,4	11,18	66,06%
22-01-2017	-	-	-	-
23-01-2017	38,33	12,0	16,01	75,23%
24-01-2017	50,51	15,9	21,02	75,53%
25-01-2017	52,91	16,6	26,50	62,69%
26-01-2017	44,59	14,0	18,71	74,88%
27-01-2017	46,72	14,7	20,30	72,26%
28-01-2017	28,40	8,9	14,03	63,56%
29-01-2017	-	-	-	-
30-01-2017	48,31	15,9	27,03	56,18%

Fuente: Elaboración propia basado en datos entregados por piloto GPS, información entregada por las áreas de operaciones y mantención mecánica de suministros.

Se puede notar que según lo dispuesto por el cálculo del indicador, la eficiencia del vehículo se mantiene en un promedio de 54%.

3.2.4. Utilización de grúa horquilla.

Se define la utilización de grúa como la relación entre todos los tiempos de operación de la grúa en función del tiempo total en que la maquina estuvo disponible para producir, esto es descontando el tiempo en mantención.

Según datos entregados por el área de suministro mecánico de la empresa, durante el año 2016 la totalidad de la flota de grúa horquilla fue utilizada durante 46.498 horas de

un total de 105.419 horas disponibles, lo que representa una utilización media del 44,61% sobre todo el tiempo disponible para ser utilizada, según la ecuación 8.

$$Utilización\ de\ grúa\ horquilla = \frac{\sum \text{tiempos operación}}{\text{Tiempo Disponible de operación}} * 100 \text{ [\%]}$$

En la tabla 3.7 se resume la información obtenida para la utilización para cada vehículo, en donde se puede apreciar que las grúas del área de producción son las que mayor utilización alcanzan, mayor al 55% del tiempo disponible, siendo esta área la de mayor solicitud.

Tabla 3.7 - Calculo indicador utilización por grúa horquilla, año 2016.

Nº Grúa	Tiempo disponible [Horas]	Horas de uso [Horas]	Utilización de grúa horquilla.	Área operación
17	6.077	4.329	71,2%	Producción – Flex
18	5.935	3.850	64,9%	Producción – Flex
11	6.014	3.881	64,5%	Producción – L2
1	5.828	3.749	64,3%	Producción – L3
10	6.092	3.581	58,8%	Producción – L1
12	5.941	3.456	58,2%	Producción – L1
4	6.230	3.259	52,3%	Bodega PT
19	6.101	2.612	42,8%	Bodega PT
16	6.169	2.625	42,6%	Bodega PT
20	6.146	2.533	41,2%	Bodega PT
8	6.145	2.271	37,0%	Taller grúas
7	6.172	2.231	36,2%	Formulación
14	5.942	2.022	34,0%	Bodega PT
15	6.070	2.031	33,5%	Bodega PT
2	6.046	1.936	32,0%	Bodega MP
3	6.172	1.682	27,3%	Bodega MP
13	6.196	917	14,8%	Taller grúas
5	6.469	130	2,0%	Bodega Externa

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

El tiempo disponible de operación se calculó como la diferencia entre la capacidad proyectada de producción y el tiempo en mantenimiento del equipo. La capacidad u horas proyectadas de producción, se calcula según el tiempo total en que

la empresa estuvo en producción, esto quiere decir de lunes a viernes las 24 horas del día, y los sábados hasta las 20 horas, descontando horarios de colación, lo cual queda:

$$\begin{aligned} & \text{Horas de lunes a viernes} + \text{horas día sábado} \\ & = \text{capacidad proyectada semanal} \quad (17) \end{aligned}$$

$$\left(24 \left[\frac{h}{d} \right] * 5 \left[\frac{d}{sem} \right] - 1,5 \left[\frac{h}{d} \right] * 5 \left[\frac{d}{sem} \right] \right) + \left(20 \left[\frac{h}{d} \right] - 1,5 \left[\frac{h}{d} \right] \right) = 131 \left[\frac{h}{sem} \right]$$

Luego descontando los días festivos la capacidad proyectada anual del año 2016 fue de 6.497 horas por grúa.

La capacidad proyectada no toma en cuenta los tiempos en que los vehículos están en mantención, por lo que este tiempo se debe restar para obtener el tiempo disponible de operación de cada equipo según la ecuación 9.

$$\begin{aligned} & \text{Tiempo disponible de operación} \\ & = \text{Capacidad proyectada} - \text{Tpo mantenimiento} \end{aligned}$$

Otra visión de este indicador permite conocer el nivel de utilización de la flota por mes, donde la información contenida en la 3.8 entrega los resultados dispuestos en la ilustración 3.6.

Tabla 3.8 - Tiempos disponibles para operar y tiempos de operación flota de grúas, año 2016.

Mes	Tiempo disponible para operar	Tiempo total de operación
Enero	9.425	3.189
Febrero	9.305	3.687
Marzo	9.125	4.189
Abril	8.690	4.061
Mayo	8.517	3.996
Junio	8.787	4.275
Julio	8.487	4.025
Agosto	8.532	4.438
Septiembre	8.630	3.915
Octubre	8.967	3.404
Noviembre	9.005	4.100
Diciembre	9.050	3.816

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

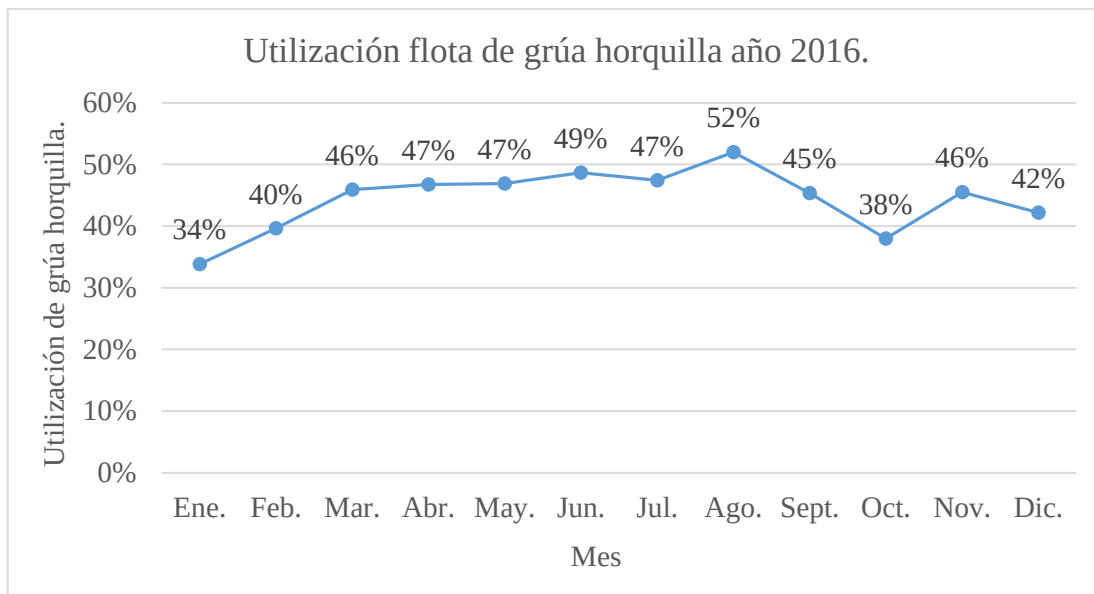


Ilustración 3.6 - Resultados obtenidos, utilización mensual de grúa horquilla, año 2016. Fuente: Construcción propia.

Se ve que la utilización de los vehículos se mantiene relativamente constante a lo largo del año, sin presentar variaciones estacionales notorias. Es posible observar que para el mes de enero 2016 la utilización es baja, lo cual puede ser explicado ya que la planta se encontraba en un proceso de reestructuración y varias líneas se encontraban detenidas, además ocurre algo similar con el mes de diciembre el cual es un mes en donde los operadores gozan de su feriado legal, disminuyendo la cantidad de operarios y con ello dejando vehículos sin uso, a pesar de ser un mes con alta producción.

3.3. Indicadores de mantenimiento.

3.3.1. Tiempo promedio entre fallos (MTBF).

Como se estudió 1.5 este indicador calcula el promedio que transcurre entre dos fallos de un equipo, en un periodo de tiempo determinado.

Se calcula según la ecuación 10:

$$MTBF = \frac{T_0 - T_{np}}{C_f}$$

Para su cálculo se utilizó un horizonte temporal de un año, midiendo el indicador para cada equipo por separado, siendo los datos utilizados correspondientes al año 2016. En este se proyectó una capacidad de 6.497 horas de operación para la planta, los

resultados obtenidos se resumen en la tabla 3.9, en orden descendente, es decir de mayor MTBF a menor.

Tabla 3.9 - Calculo indicador tiempo promedio entre fallos flota grúas horquilla, año 2016.

Nº Grúa	Horas de uso [Horas]	Tiempo paradas no programada [Horas]	Paradas no programadas	Tiempo promedio entre fallas [Horas]	Tiempo promedio entre fallas [Días]
13	917	30	1	6467,0	269,5
3	1.682	82,5	2	3207,3	133,6
15	2.031	82,5	2	3207,3	133,6
7	2.231	90	2	3203,5	133,5
14	2.022	120	2	3188,5	132,9
2	1.936	127,5	2	3184,8	132,7
20	2.533	60	3	2145,7	89,4
16	2.625	120	3	2125,7	88,6
19	2.612	135	3	2120,7	88,4
8	2.271	150	3	2115,7	88,2
4	3.259	105	4	1598,0	66,6
18	3.850	120	4	1594,3	66,4
10	3.581	172,5	5	1264,9	52,7
12	3.456	172,5	5	1264,9	52,7
17	4.329	142,5	6	1059,1	44,1
11	3.881	157,5	6	1056,6	44,0
1	3.749	225	6	1045,3	43,6

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

De esta información es posible apreciar que los vehículos que mayor horas de uso poseen son los que menor tiempo promedio entre fallas tienen, lo cual es lógico ya que mientras más se utilice un equipo, mayores posibilidades de fallar tiene.

3.3.2. Tiempo medio para reparar (MTTR).

Se definió como el tiempo promedio que tarda la reparación de un equipo en un periodo de tiempo, según la ecuación 11.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Cantidad de reparaciones}}$$

Nuevamente se utilizó un espacio temporal de un año para el cálculo del indicador por equipo, dicho cálculo se resume en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 - Cálculo indicador tiempo promedio para reparar por grúa, año 2016.

N° Grúa	Tiempo parada no programada [Horas]	N° paradas [-]	MTTR [Horas]	MTTR [Turnos]
Grúa n°20	60	3	20,0	2,67
Grúa n°17	143	6	23,8	3,17
Grúa n°4	105	4	26,3	3,50
Grúa n°11	158	6	26,3	3,50
Grúa n°13	30	1	30,0	4,00
Grúa n°18	120	4	30,0	4,00
Grúa n°10	173	5	34,5	4,60
Grúa n°12	172	5	34,5	4,60
Grúa n°1	225	6	37,5	5,00
Grúa n°16	120	3	40,0	5,33
Grúa n°3	83	2	41,5	5,53
Grúa n°15	82	2	41,0	5,50
Grúa n°7	90	2	45,0	6,00
Grúa n°19	135	3	45,0	6,00
Grúa n°8	150	3	50,0	6,67
Grúa n°14	120	2	60,0	8,00
Grúa n°2	127,5	2	63,8	8,50

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

Por lo tanto según los resultados, los vehículos que mayor cantidad de horas necesitan para reparar son grúas número 2, 14 y 8, no encontrando relación entre las actividades que realizan los vehículos y el tiempo que tardan las reparaciones. Ya que el taller solo trabaja en dos turnos al día, el cálculo de días se realizó en base a estos dos turnos, utilizando en promedio 2,54 días para realizar una reparación.

3.3.3. Confiabilidad.

En el capítulo 1.5 se definió al indicador de confiabilidad como la probabilidad que un equipo cumpla con las funciones que le son requeridas en un periodo de tiempo determinado, para esto se midió el indicador en función de los intervalos temporales de un turno, un día, una semana y un mes de funcionamiento. El indicador se expresa matemáticamente según la ecuación 12, como:

$$K(t) = e^{-\lambda * t}$$

En donde lambda es el cociente entre el número total de fallas y el tiempo de operación, y t es el intervalo de tiempo para el cual se calculara la confiabilidad, el resultado se entrega en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 - Calculo de indicador confiabilidad de grúa horquilla, año 2016, para intervalos de tiempo de 1 turno, 1 día, 1 semana y 1 mes.

N° Grúa	N° paradas	Horas de uso [Horas]	Confiabilidad K(t)			
			t = 1 Turno	t = 1 Día	t = 1 Semana	t = 1 Mes
1	6	3749	98,8%	96,5%	81,1%	43,2%
11	6	3881	98,8%	96,6%	81,7%	44,5%
12	5	3456	98,9%	96,8%	82,7%	46,9%
10	5	3581	99,0%	96,9%	83,3%	48,1%
17	6	4329	99,0%	96,9%	83,4%	48,4%
8	3	2271	99,0%	97,1%	84,1%	50,0%
4	4	3259	99,1%	97,3%	85,1%	52,6%
3	2	1682	99,1%	97,4%	85,6%	53,6%
20	3	2533	99,1%	97,4%	85,6%	53,8%
19	3	2612	99,1%	97,4%	86,0%	54,8%
16	3	2625	99,1%	97,5%	86,1%	54,9%
13	1	917	99,2%	97,6%	86,7%	56,5%
18	4	3850	99,2%	97,7%	87,3%	58,0%
2	2	1936	99,2%	97,7%	87,3%	58,2%
14	2	2022	99,3%	97,8%	87,8%	59,6%
15	2	2031	99,3%	97,8%	87,9%	59,7%
7	2	2231	99,3%	98,0%	88,9%	62,5%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

Por lo que según los resultados obtenidos, aquellos vehículos que poseen mayor probabilidad de fallar son las grúas 1,11 y 12, las cuales además son de las que mayor utilización posee. Además los equipos que menor probabilidad de fallar poseen son las grúas 14, 15 y 7.

3.3.4. Mantenibilidad.

Este indicador se definió como el esfuerzo necesario para restituir el funcionamiento normal de un equipo en un intervalo de tiempo determinado según la ecuación 15:

$$M(t) = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$$

Se calculó el indicador para intervalos de tiempo de un turno, un día, tres y una semana.

La medición de este indicador se resume en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 - Calculo indicador mantenibilidad de grúa horquilla, año 2016. Para intervalo de tiempo de 1 turno, 1 día, 3 días y 1 semana.

N° grúa	Horas de uso [Horas]	MTTR [Horas]	Mantenibilidad - M(t)			
			t= 1 turno	t = 1 día	t = 3 días	t = 1 semana
2	1.936	63,8	11%	21%	51%	87%
14	2.022	60,0	12%	22%	53%	89%
8	2.271	50,0	14%	26%	59%	93%
7	2.231	45,0	15%	28%	63%	95%
19	2.612	45,0	15%	28%	63%	95%
3	1.682	41,3	17%	30%	66%	96%
15	2.031	41,3	17%	30%	66%	96%
16	2.625	40,0	17%	31%	68%	96%
1	3.749	37,5	18%	33%	70%	97%
10	3.581	34,5	20%	35%	73%	98%
12	3.456	34,5	20%	35%	73%	98%
13	917	30,0	22%	39%	78%	99%
18	3.850	30,0	22%	39%	78%	99%
4	3.259	26,3	25%	44%	82%	99%
11	3.881	26,3	25%	44%	82%	99%
17	4.329	23,8	27%	47%	85%	100%
20	2.533	20	31%	53%	89%	100%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

Del cálculo de este indicador se desprende que los vehículos 2, 14 y 8 son los que menor mantenibilidad poseen, esto debido a reparaciones que demoraron más de la cuenta en su ejecución, su promedio es de aproximadamente 60 horas por reparación. En contraste los equipos 11, 17 y 20 son los que mayor mantenibilidad poseen, por lo que sus reparaciones son posibles en un tiempo menor a 25 horas en promedio.

3.3.5. Disponibilidad.

En el capítulo 1.5 se definió a la disponibilidad de un equipo como el porcentaje de tiempo en que este está disponible para operar, en relación al tiempo total de producción según la ecuación 16:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Hrs totales para producir} - \text{Hrs en mantenimiento}}{\text{Hrs totales para producir}} * 100$$

Según los datos recabados por el departamento de mantenimiento mecánico de suministros, el tiempo proyectado de producción para el año 2016 fueron de 6.497 horas, de las cuales la flota de grúas horquilla estuvo en promedio un 94% del tiempo disponible para operar. Los resultados del indicador para cada uno de los vehículos se resumen en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 - Resultados para indicador de disponibilidad de grúa horquilla, año 2016.

Nº grúa	Horas en mantenimiento [Horas]	Disponibilidad anual
5	28,5	99,6%
4	267,0	95,9%
13	301,2	95,4%
3	325,3	95,0%
7	325,7	95,0%
16	328,5	94,9%
20	351,0	94,6%
8	352,5	94,6%
19	396,0	93,9%
10	405,0	93,8%
15	427,4	93,4%
2	451,5	93,1%
11	483,0	92,6%
17	495,1	92,4%
14	555,0	91,5%
12	556,5	91,4%
18	562,6	91,3%
1	668,9	89,7%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

4. Rediseño del proceso productivo

En el capítulo anterior, se definieron y calcularon una serie de indicadores de desempeño, tanto operativos como de mantenimiento que permiten poseer un mayor control de las acciones que realiza la flota de grúas horquilla, entre ellos el indicador de productividad por línea de producción entregó resultados importantes y una clara posibilidad de optimización. En base a estos resultados es posible visualizar una baja productividad de las grúas encargadas de la línea 1 de botellas, a pesar de realizar actividades similares y recorrer distancias similares. En promedio esta línea obtiene un promedio de 5,2 pallet por hora, en contraste con sus símiles, los cuales obtienen 13,3 y 16,8 pallet por hora para líneas 2 y 3 respectivamente, y 8,8 pallet por hora para líneas de flexible. Estos datos permiten suponer una sobrepoblación de vehículos para dicha línea, y que estos no están siendo bien utilizados ya que según el análisis de distancias teóricas, la distancia que debe recorrer cada grúa de línea 1 por pallet es alrededor 50% superior a líneas 2 y 3 y solo un 4% para línea de flexibles.

Durante el año 2016, la línea 1 de botellas proceso aproximadamente 36.950 pallet, lo cual corresponde tan solo al 25% de la capacidad máxima de diseño, ya que dado su tiempo de vida y otros factores ha reducido drásticamente su capacidad de producción, por lo que no se justifica en la actualidad el uso de dos vehículos, implicando un gasto innecesario en mano de obra, componentes y combustible.

En el presente capítulo se procederá a rediseñar el proceso productivo para la línea 1 de botellas, a partir de simulaciones se sensibilizará el uso de los vehículos en la línea, buscando mejoras en el proceso y una justificación numérica para la reducción de vehículos en la línea. Para este análisis se utilizará el software “Promodel”, en su versión 7 para estudiantes.

4.1. Introducción a “Promodel”

Como se definió en el capítulo 1.5 Promodel es un paquete de software utilizado para simular procesos de producción con el uso de líneas de producción, movimiento de carga y transformación de recursos. Para el análisis se utilizarán una serie de módulos con los que cuenta el software, los más importantes son:

- Promodel: Es el área de trabajo, en donde se define el modelo y los componentes que lo componen, así como las relaciones entre las distintas variables del modelo propuesto.
- Editor gráfico: El cual permite importar una serie de imágenes que permiten realizar una mejor representación visual del modelo.
- Resultados: Es la interfaz del software en donde se presentan los resultados obtenidos, permitiendo su visualización, administración y análisis de la información.

4.2. Construcción del modelo.

Para construir un modelo de simulación que represente fielmente la realidad es importante conocer todas las variables que afectan esta realidad y que inciden de mayor forma en el proceso, de forma que este resulte simple, pero a la vez útil.

Para ello se definió que según las actividades que realizan los vehículos de Línea 1, el 90% de la distancia recorrida corresponde a traslado de pallet con botellas vacías o pallet con producto terminado, es decir 296,6 metros de los 328,76 metros que debe recorrer una grúa de línea 1 por pallet producido, por lo tanto se simulara estos suponiendo solo estos movimientos.

4.2.1. Locaciones.

La primera parte de la construcción de nuestro modelo es definir el layout actual, en él se deben ubicar las localizaciones, las cuales deben representar las zonas de interés para la línea 1, según el diagrama coordinado presentado en la ilustración 2.1 son:

- Área 11 – Pulmón de jabas con botellas vacías.
- Área 12 – Despaletizado línea 1.
- Área 13 – Paletizado línea 1.
- Área 14 – Almacenamiento de producto terminado y jabas con botella vacía. (Se dividió en dos áreas en el modelo por temas prácticos)

Por lo tanto se definen dichas locaciones en Promodel según la ilustración 4.1.

Locations						
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...
	Linea_1	500	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	Despaletizado_Manual	1	1	None	Time Series	Oldest
	Paletizado_Manual	1	1	None	Time Series	Oldest
	Pulmon_L1	10	1	None	Time Series	Oldest
	Almacenamiento_PT	1	1	None	Time Series	Oldest
	Almacenamiento_MP	infinite	1	None	Time Series	Oldest

Ilustración 4.1 - Ventana de locaciones en promodel. Fuente: Construcción propia.

En esta ventana se ingresan parámetros de las ubicaciones, como nombre, capacidad, el número de equipos o maquinas, entre otros. La línea como tal, es representada como una cinta transportadora, interesando solo el principio y final de la misma, y no los procesos intermedios. En cada extremo se ubican las zonas de despaletizado y paletizado, para el inicio y fin de la línea respectivamente. Además se ubican las zonas de almacenamiento de productos terminado y almacenamiento de materias primas, es decir jabas con botellas vacías. Finalmente se ubica la zona que es utilizada como pulmón de botellas vacías para esta línea. La configuración final queda definida en la ilustración 4.2.

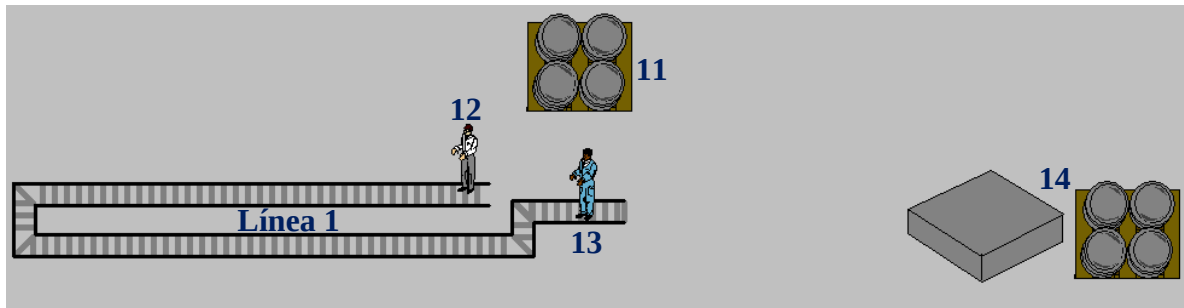


Ilustración 4.2 - Disposición final layout modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Entidades.

Como se definió en la sección 1.6 una entidad es la representación física de los flujos que entran al sistema y tienen la posibilidad de ser transformados en un proceso realizado en una locación. En el modelo se utilizaran tres entidades principalmente, que se encargaran de representar los estados por los que pasan los flujos del sistema. Se definen estas entidades en Promodel según la imagen 4.3.

Entities			
col	Name	Speed (mpm)	Stats
	Pallet_botella_vacia	50	Time Series
	Pallet_Produccion	50	Time Series
	Botellas	50	Time Series

Ilustración 4.3 - Ventana de entidades de modelo de línea 1. Fuente: Construcción propia.

Nuevamente el software nos permite representar gráficamente las entidades para dar una mayor cuota de realismo al modelo. Se deben rellenar algunas variables de las entidades como son nombre y la velocidad a la que se mueve por el sistema, lo cual para efectos del caso en estudio no tiene importancia, ya que estas se mueven a partir de un recurso.

4.2.3. Redes de caminos

Las redes de caminos permiten especificar la trayectoria que seguirá una entidad a través del modelo utilizando un recurso y que une las diferentes locaciones del sistema. Las redes de caminos se componen de nodos, desde los cuales es posible trazar una nueva ruta a seguir actuando como intersecciones. Además las redes de caminos se utilizan para dimensionar el modelo, ingresando entre sus parámetros las distancias de cada camino. En la ilustración 4.4 se visualiza la red de caminos para el modelo en estudio.

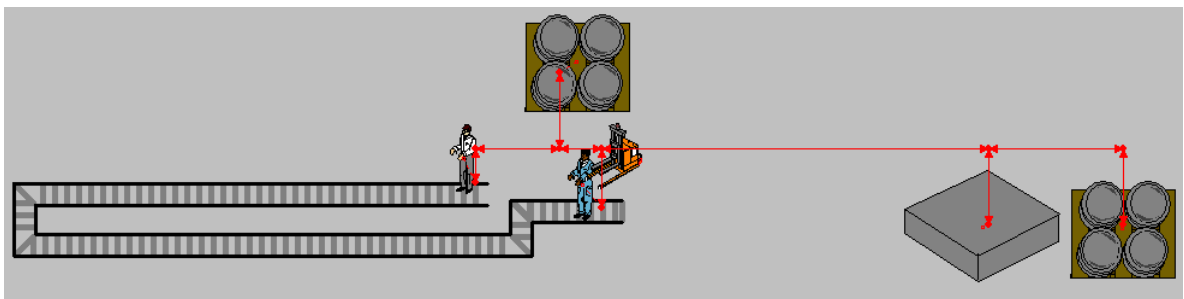
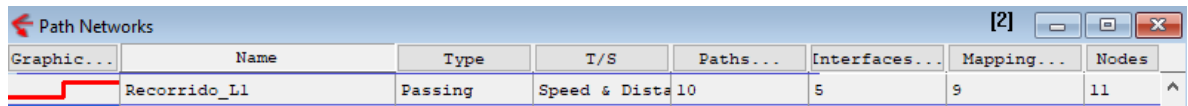


Ilustración 4.4 - Redes de caminos modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

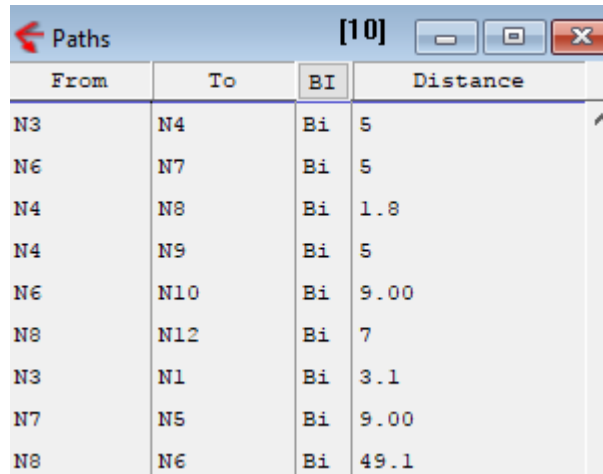
Las redes además con ciertos parámetros propios de cada red, que conforman al momento de ser definida, entre ellos el nombre de la red, número de partes, número de nodos y las interfaces, estas últimas son la asociación entre un nodo y una locación.



Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Recorrido_L1	Passing	Speed & Dist	10	5	9	11

Ilustración 4.5 - Propiedades redes de caminos modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Luego en la pestaña “paths” o caminos se define la extensión del camino y el sentido del mismo, es decir bidireccional o unidireccional.



From	To	BI	Distance
N3	N4	Bi	5
N6	N7	Bi	5
N4	N8	Bi	1.8
N4	N9	Bi	5
N6	N10	Bi	9.00
N8	N12	Bi	7
N3	N1	Bi	3.1
N7	N5	Bi	9.00
N8	N6	Bi	49.1

Ilustración 4.6 - Ventana de caminos con las propiedades de cada arista. Fuente: Construcción propia.

4.2.4. Recursos

Los recursos son los elementos encargados de mover a las entidades por el modelo, distribuyéndolas entre las locaciones, diferenciándose de estas, ya que no realizan transformaciones a las entidades, ni entregan valor agregado. En el modelo planteado el principal recurso son las grúas horquillas, encargadas de mover los pallet ya sea con materias primas o con producción, pero además podrían ser operadores, camiones, vehículos de guiado automático, etc.

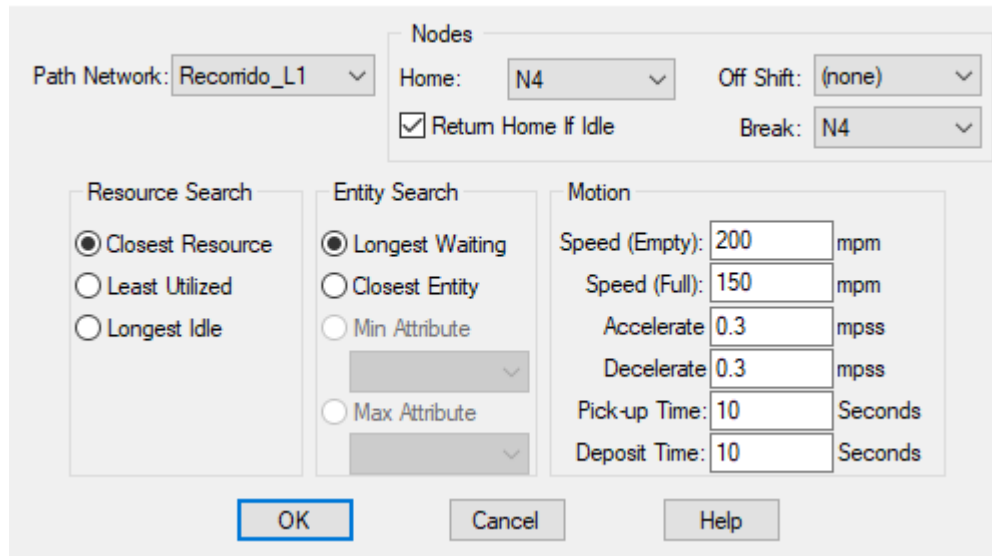
Gracias a las bibliotecas que trae Promodel es posible asignar un icono para representar visualmente el recurso a la hora de simular. En la pestaña de recursos es posible asignar entre los parámetros más importantes, el nombre del recurso, el número de unidades y finalmente las especificaciones de los recursos como muestra la ilustración 4.7.

Resources					
Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...
	Grua	2	None	By Unit	Recorrido_L1, N4,

Ilustración 4.7 - Ventana de recursos del modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

En la pestaña de especificaciones, ilustracion4.8, se muestra los campos que deben ser rellenados para cada recurso. En este es posible asignar el recurso a una red de caminos, limitando sus movimientos a este, además de elegir un nodo como hogar y que debe ser visitado al momento de tener un tiempo de inactividad o también asignar descansos o detenciones. También es posible definir otros parámetros de movimiento, como las velocidades con o sin carga, la aceleración o desaceleración, además de los tiempos de tomar y depositar de entidades.

Specifications



The Specifications dialog box is divided into several sections:

- Path Network:** A dropdown menu set to 'Recorrido_L1'.
- Nodes:**
 - Home:** A dropdown menu set to 'N4'.
 - Off Shift:** A dropdown menu set to '(none)'.
 - Break:** A dropdown menu set to 'N4'.
 - Return Home If Idle:** A checked checkbox.
- Resource Search:** Three radio buttons: 'Closest Resource' (selected), 'Least Utilized', and 'Longest Idle'.
- Entity Search:** Three radio buttons: 'Longest Waiting' (selected), 'Closest Entity', and 'Min Attribute'. Below 'Min Attribute' is a dropdown menu. Below 'Max Attribute' is another dropdown menu.
- Motion:** Six input fields with units:
 - Speed (Empty): 200 mpm
 - Speed (Full): 150 mpm
 - Accelerate: 0.3 mpss
 - Decelerate: 0.3 mpss
 - Pick-up Time: 10 Seconds
 - Deposit Time: 10 Seconds

At the bottom are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

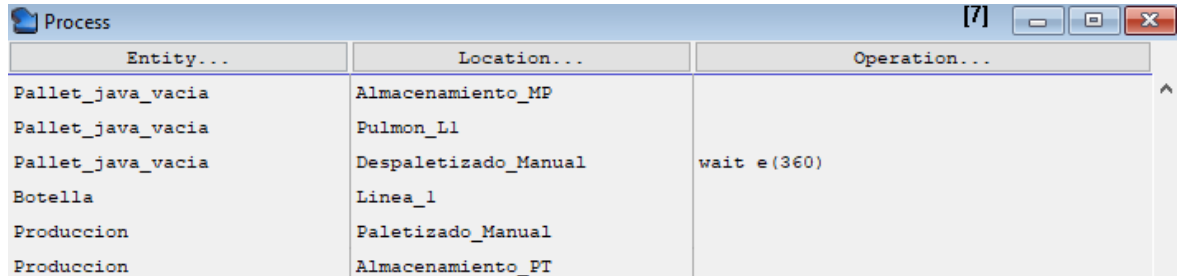
Ilustración 4.8 - Ventana de propiedades de los recursos del modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

En este la información de las velocidades esta defina en metros por segundo, a diferencia a la aceleración o desaceleración que están en metros por segundos.

4.2.5. Procesos

Básicamente como el nombre lo describe, son las actividades se realizan a través de las locaciones, estas pueden o no añadir valor agregado, por lo que la entidad de entrada puede ser distinta a la que sale.

La primera ventana que aparece, es la de procesos, en donde aparece un listado con todos los procesos, en él se introduce la entidad de entrada al proceso y la operación que debe realizar, ilustración 4.9. Una vez elegido un proceso se abre otra ventana con los parámetros de dicho proceso, existiendo para cada uno, una entidad de entrada y una de salida, además de una locación inicial y una final.



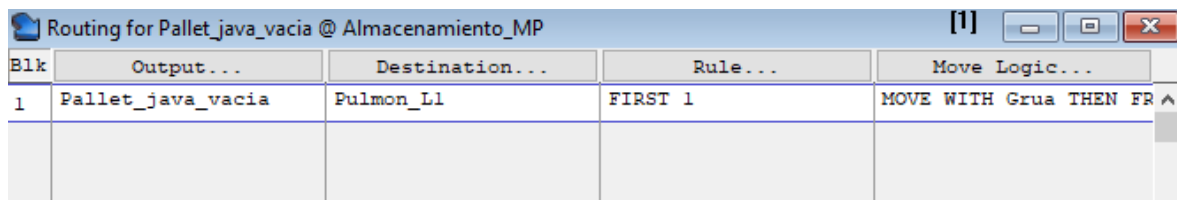
Entity...	Location...	Operation...
Pallet_java_vacia	Almacenamiento_MP	
Pallet_java_vacia	Pulmon_L1	
Pallet_java_vacia	Despaletizado_Manual	wait e(360)
Botella	Linea_1	
Produccion	Paletizado_Manual	
Produccion	Almacenamiento_PT	

Ilustración 4.9 - Ventana de procesos modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Se procederá a describir cada uno de los procesos y los parámetros que están involucrados.

- **Proceso 1:** Pallet con materias primas a zona de pulmón.

Para el primer proceso de la lista, la entidad de entrada al proceso es un pallet con jabas vacías, ubicado en la zona de almacenamiento de materias primas. Este proceso tiene como salida el mismo pallet con jabas vacías, ilustración 4.10 y como destino la zona pulmón de línea 1, es decir, es un proceso meramente de movimiento de materiales, ya que no hay transformación de la entidad, por lo tanto se debe llevar a cabo con uno de los recursos disponibles, lo que queda definido en la columna 5 “Move Logic”, donde la instrucción es mover la entidad “pallet jaba vacía”, con el recurso “grúa” y dejar en el lugar “Pulmón L1”.



Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Pallet_java_vacia	Pulmon_L1	FIRST 1	MOVE WITH Grua THEN FR

Ilustración 4.10 - Ventana de proceso 1, modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso 2:** Pallet con materias primas a zona de despaletizado.

El segundo proceso de la lista, es la continuación del proceso anterior, es decir una vez almacenado el pallet con jabas de botellas vacías en el pulmón de la línea 1, es llevado a la zona de despaletizado manual, por lo que el proceso nuevamente es de movimiento

de materiales, por lo tanto el ente de entrada y de salida es el mismo, y el proceso es llevado a cabo por el recurso grúa, tal como muestra la ilustración 4.11

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Pallet_java_vacia	Despaletizado_Manual	FIRST 1	MOVE WITH Grua THEN FR ^

Ilustración 4.11 - Ventana de proceso 2, modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Proceso 3: Despaletizado.

Este proceso consiste en la transformación de la entidad, es decir desde un pallet de jabas con botellas vacías a botellas vacías, tal como indica la ilustración 4.12. Este proceso al tratarse de una transformación, no se realiza de forma instantánea, por lo que posee un tiempo de operación. Este tiempo de operación es básicamente el tiempo en que los empleados tardan en trasladar todas las jabas a la línea de producción. Esta es representada como una distribución exponencial, en la que se toma en cuenta el tiempo que demoran en despaletizar un pallet y esperar la llegada de otro, con media de 360 segundos.

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Botella	Linea_1	FIRST 1	

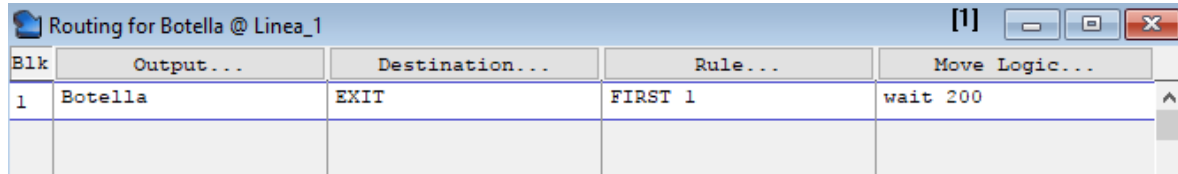
Ilustración 4.12 - Ventana de proceso 3, modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Como se nota este proceso no necesita de un recurso para su movimiento, ya que este es realizado por los trabajadores en la misma despaletizadora, ubicada en la línea de producción.

Proceso 4: Producción.

Este proceso es donde se realiza la transformación más significativa del producto, en ella las botellas vacías, son llenadas con el producto, tapadas, embaladas y colocadas en un pallet. Ya que la simulación busca entre otras cosas centrarse en el traslado de las unidades de carga, no es importante lo que pase al interior de la línea de producción, ya que el tiempo que tarda una botella en la línea depende de varios factores, se utilizarán los “arribos” o “llegadas” para simular la salida de los pallet desde la línea de producción a la zona de paletizado, lo que será explicado más adelante. Por ahora,

las botellas llegan a la línea de producción, donde salen del sistema en estudio en un tiempo cualquiera, ilustración 4.13.

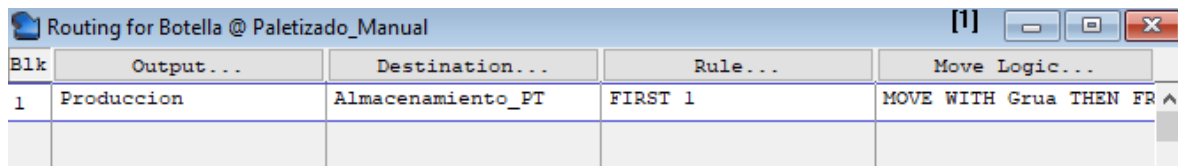


Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Botella	EXIT	FIRST 1	wait 200

Ilustración 4.13 - Ventana de proceso 4, modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Proceso 5: Paletizado.

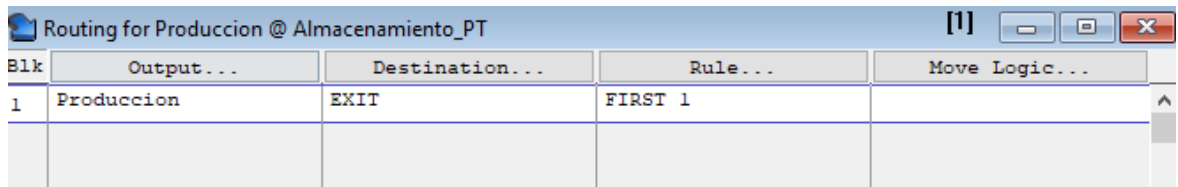
Luego de que las botellas colocadas en jabs, llegan a la zona de paletizado manual, son embaladas en los pallet, formando una nueva entidad llamada producción, proceso que como se dijo anteriormente será simulado en forma de arribo. Luego estas, son llevadas a la zona de almacenamiento de producto terminado. Nuevamente al tratarse de un movimiento de materiales es necesario recurrir a las grúas para realizar este traslado, ilustración 4.14.



Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Produccion	Almacenamiento_PT	FIRST 1	MOVE WITH Grua THEN FR ^

Ilustración 4.14 - Ventana de proceso 5, modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente la producción llega a esta zona de almacenamiento, en la cual no nos interesa que pase con ella, por lo tanto se puede decir que salió del sistema para efectos del modelo, ilustración 4.15, lo cual queda definido en el último proceso del listado.



Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Produccion	EXIT	FIRST 1	

Ilustración 4.15 - Ventana de proceso final, modelo de línea 1. Fuente: Elaboración propia.

La sucesión de estos procesos puede ser visualizada en el layout, ilustración 4.16, en donde las flechas negras indican la dirección de las entidades.

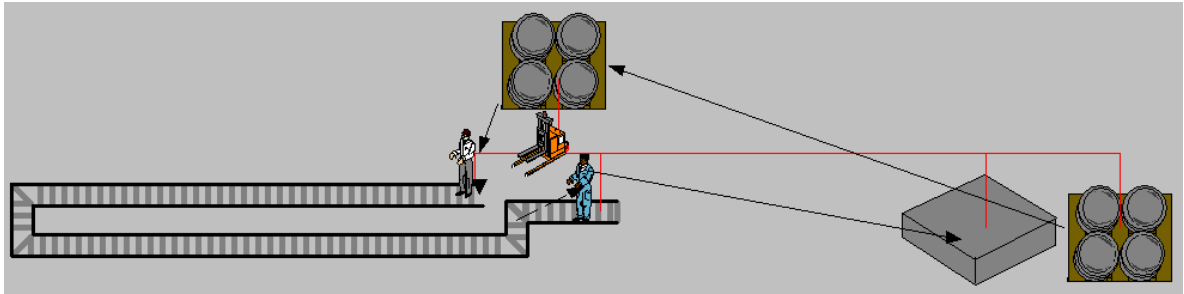


Ilustración 4.16 - Procesos en modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Llegadas

Las llegadas o arribos, son entradas de entidades al sistema, los cuales pueden ocurrir en intervalos de tiempos definidos. En el modelo planteado son dos las entidades que ingresan al sistema, ilustración 4.17.

El primero es la entrada de los pallet de jaba con botella vacía a la zona de almacenamiento de materias primas, ya que este movimiento es realizado por las grúas de patio, las cuales a la hora de la llegada de un camión descargan los pallet almacenándolos en esta zona, para posteriormente en un tiempo indefinido utilizarlos para la producción, es por ello que su manejo preliminar no incide en el modelo propuesto. Luego y para simplificar el modelo, se utilizan los arribos para determinar la frecuencia en que un pallet con producto terminado sale de la línea de producción, llegando a la zona de paletizado.

Arrivals					
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
Pallet_java_vacia	Almacenamiento_MP	200	0	1	1
Produccion	Paletizado_Manual	1	0	INF	n(463,139.23)

Ilustración 4.17 - Ventana de llegadas o ingresos al sistema. Fuente: Elaboración propia.

En la interfaz anterior, es importante definir ciertos parámetros para cada llegada, entre ellos la entidad que ingresa, la ubicación a la cual ingresa, la cantidad de elementos que ingresan, el tiempo al cual ingresa el primer elemento, el número de veces que ocurre el ingreso durante la simulación y la frecuencia con que ocurre.

Para la primera entidad que ingresa en la lista, estos parámetros no son muy importantes, ya que al tratarse de un almacenamiento anterior, este ocurre en el tiempo 0 de la simulación, y se debe poseer un stock que permita simular de buena manera el modelo. Por lo tanto la cantidad que ingresa a la simulación está sobredimensionada.

En cambio para la segunda entidad de la lista, son importantes estos parámetros. Como se mencionó en la sección anterior de procesos, el proceso 4 terminaba abruptamente con la salida de la entidad del sistema, ingresando nuevamente en forma de llegada, ya que permite controlar su frecuencia de mejor manera. Para este arribo, la entidad que ingresa es el pallet con producto terminado o “producción” en el modelo, el cual ingresa un elemento a la vez, ocurre infinitamente con una frecuencia que varía a partir de una distribución normal.

Para determinar el tiempo entre llegadas, es necesario analizar la producción por turno de esta línea para el año 2016, el cual se resume según una distribución normal con promedio de 45 pallet por turno y desviación estándar de 27,68 pallet por turno.

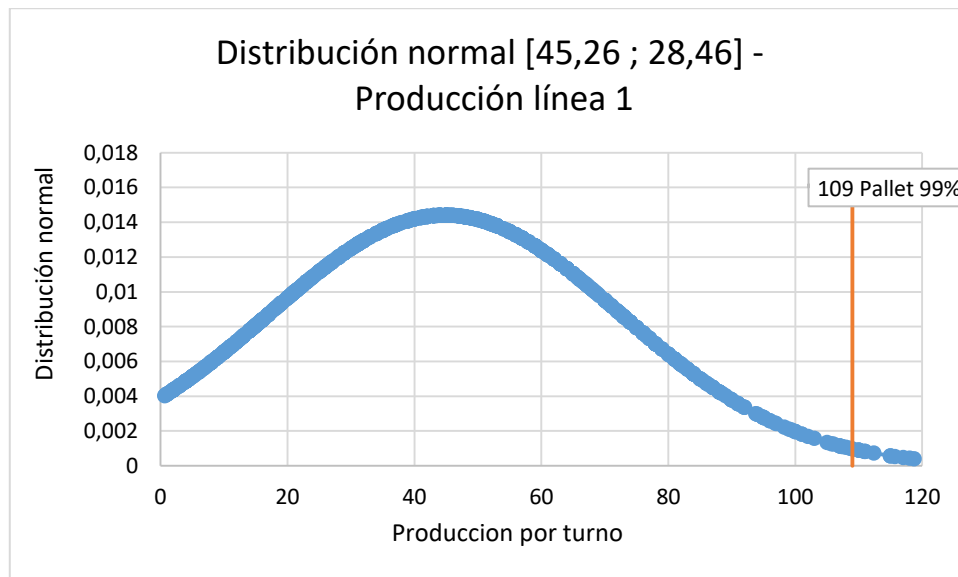


Ilustración 4.18 - Distribución normal de producción línea 1, año 2016. Fuente: Construcción propia.

Según este análisis durante el año 2016, la máxima producción alcanzada durante un turno fue de 119 pallet. Durante este periodo solo en 30 ocasiones se alcanzó una producción mayor a 100 pallet, para una línea que según diseño puede procesar alrededor de 220 pallet por turno. Según la distribución normal calculada, el 99% de las veces se alcanzarán producciones bajo los 109 pallet.

En función de la información anterior se calculó la distribución de los tiempos que tardan en salir los pallet con producto terminado a la zona de paletizado, los cuales se calculan dividiendo la cantidad de producción en un turno, es decir en 7,5 horas o

27.000 segundos, este cálculo se resume en ilustración 4.19 según una distribución normal, para la cual solo se consideraron producciones mayores a 35 pallet.

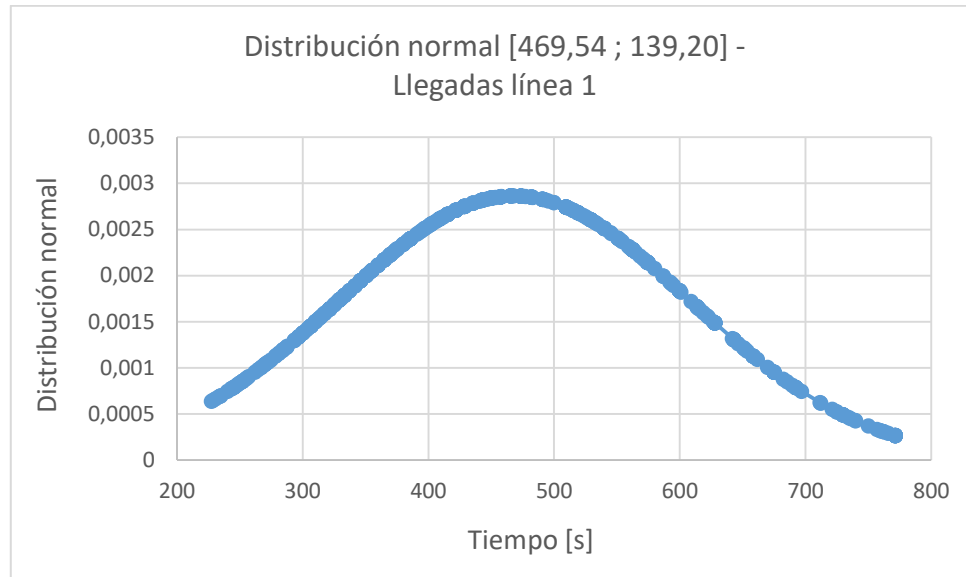


Ilustración 4.19 - Distribución normal salida de producción desde zona de paletizado línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Es por esto que en la pestaña de arribos la frecuencia queda definida como $n(469,54; 139,20)$, lo cual indica que las llegadas se representan con una distribución normal de promedio 469,54 segundos por pallet y desviación estándar de 139,20 segundos por pallet.

4.2.7. Opciones de simulación.

Luego de construido el modelo es momento de realizar la simulación. Para ello es necesario definir algunos parámetros de la simulación, como se muestra en la ilustración 4.20.

El primer parámetro a considerar es el tiempo de corrida o de simulación, para el modelo planteado se trata de un turno, es decir de 7,5 horas. Además es necesario estabilizar el sistema, ya que al comienzo de la simulación existen maquinas o eventos futuros inactivos hasta la llegada de la primera entidad, es por ello que se dice que el sistema está en un estado transitorio. Para ello Promodel permite ingresar un “tiempo de calentamiento” el cual permite tener rodaje en la simulación y disminuir esta variabilidad que presenta el estado transitorio. Para ello se probó con ciertos tiempos,

siendo 2 horas de calentamiento el que ofreció menor variabilidad y permitiendo estar seguros que el sistema se estabilizo.

Otro parámetro importante en la simulación es el concepto de réplica, el cual fue definido en el capítulo 4.20, como la cantidad de veces que el modelo será ejecutado, ya que los valores son distintos cada vez que se ejecuta, por lo tanto se utilizara un promedio de estos resultados. Para ello se realizaron 100 réplicas del mismo escenario.

Ilustración 4.20 - Opciones de simulación modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Simulación.

Finalmente se realiza la simulación del modelo, los resultados obtenidos son entregados a través de la interfaz “output Viewer 3DR” de Promodel.

La primera ventana de interés para la simulación, ilustración 4.21, es la de locaciones, en esta ventana la información más importante es la de entradas totales, es decir, la cantidad total de entidades que entraron a la ubicación.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States
Rediseño L1 - Proceso actual.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Linea 1	7,50	500,00	70,00	6,40	1,00	4,00	0,00	0,22
Despaletizado Manual	7,50	1,00	70,00	5,69	0,88	1,00	1,00	88,49
Paletizado Manual	7,50	1,00	57,00	0,38	0,05	1,00	0,00	4,79
Pulmon L1	7,50	10,00	79,00	55,54	9,75	10,00	10,00	97,51
Almacenamiento PT	7,50	1,00	57,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Almacenamiento MP	7,50	999999,00	174,00	359,04	138,83	174,00	105,00	0,01

Ilustración 4.21 - Ventana de reporte general de resultados, localizaciones. Fuente: Elaboración propia.

En este reporte, en orden de procesos, se tiene que al pulmón ingresaron 79 pallet con jaba de botella vacía, luego al despaletizado ingresan 70 pallet, que son puestos en la línea 1. Luego se observa que 57 pallet con producción salen de la zona de paletizado, los cuales son llevados hasta la zona de almacenamiento. Este resultado es totalmente lógico, ya que el promedio de pallet producidos en un turno durante el año 2016 fue de 45 pallet.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States
Rediseño L1 - Proceso actual.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization
Grua.1	1,00	7,50	123,00	0,78	0,21	0,34	0,00	27,16
Grua.2	1,00	7,50	72,00	0,90	0,44	0,19	0,00	21,50
Grua	2,00	15,00	195,00	0,83	0,30	0,28	0,00	24,33

Ilustración 4.22 - Ventana de reporte general de resultados, recursos. Fuente: Elaboración propia.

Otra ventana de resultados importante para el modelo, es la de recursos, en donde se resumen las actividades realizadas por los vehículos, en esta es posible observar las estadísticas de ambos vehículos en la línea y un promedio de utilización. Es posible observar que la utilización promedio de los vehículos en estas condiciones ideales fue de un 24%.

Luego, para efectos de corroborar el modelo se realizaron simulaciones variando la cantidad de pallet que deben transportar los vehículos en la línea, comparando con las utilidades reales obtenidas, lo que se resume en la tabla 4.1

Tabla 4.1 – Resumen resultados obtenidos de utilización real y para modelo.

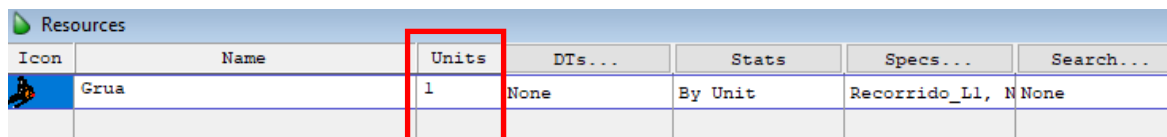
Numero de simulación	Producción [Pallet/turno]	Utilización promedio Modelo	Utilización promedio real	Diferencia
Simulación 1	57	24,33%	29,33%	20,56%
Simulación 2	75	31,25%	37,33%	19,47%
Simulación 3	98	39,16%	46,67%	19,17%
Simulación 4	120	49,77%	60,20%	20,96%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

Como se observa en la tabla las diferencias presentadas entre la utilización del modelo y la utilización real de un turno con un nivel similar de producción, varían en promedio un 20%, siendo la utilización real mayor, lo cual se condice con la información entregada por el piloto GPS en relación al 15% de tiempo en ralentí. Por lo tanto se valida el modelo teniendo en consideración la diferencia presentada.

4.4. Sensibilización.

Según los resultados obtenidos por el indicador de productividad, los vehículos de esta línea presentan una baja productividad, por lo que se trasladan menor cantidad de pallet por hora que las demás líneas, por lo que se analizara solo utilizar un vehículo para realizar estas tareas. Además según el indicador de utilización esta presenta menor nivel de utilización en comparación con los vehículos de las otras líneas. Finalmente los resultados para la utilización que arrojo el modelo son bajos para todo nivel de producción posible en la línea. Es por eso que se sensibilizara el proceso, simulando solo la utilización de una grúa para realizar el proceso de traslado de unidades de carga en la línea 1, ilustración 4.23.



Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...
	Grua	1	None	By Unit	Recorrido_L1, N None	

Ilustración 4.23 - Recursos luego de la sensibilización de modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para producciones similares a la simulación del proceso actual se adjuntan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 – Resultados para sensibilización de modelo línea 1.

Numero de simulación	Producción [Pallet]	Utilización promedio – 1 Grúa
Simulación 1	57	50,28%
Simulación 2	75	64,16%
Simulación 3	98	80,44%
Simulación 4	120	94,44%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros.

Es posible observar que la utilización para una producción de aproximadamente 55 pallet la utilización de los vehículos ronda el 50%, siendo este nivel de producción común al interior de la línea. Luego para producciones mayores, por ejemplo de 77 pallet, la utilización de los vehículos es de 64% en promedio, siendo este nivel de producción menos frecuente que el anterior pero aun así no despreciable, ya que aproximadamente el 22% de los turnos se obtienen estos niveles de producción. Luego para producciones mayores a 100 pallet, la utilización de las grúas se dispara hasta superar el 80% para eventos que poseen una ocurrencia mínima del 3%. Finalmente para una producción máxima de 120 pallet en un turno, es posible, según el modelo realizar el traslado de dicha producción, pero con una utilización cercana al 95%, lo cual sería en condiciones ideales de trabajo, sin darle tiempos de descanso al operador, el cual se mantendría en todo momento en movimiento. Estos resultados no toman en cuenta, la información rescatada de la simulación anterior, en la cual el modelo arrojaba datos un 20% menor que en la práctica, atribuible en primera instancia, a tiempo inoperante.

A raíz de lo anterior se buscaron otras alternativas al proceso actual, en ellas se sugirió utilizar la zona 21, actualmente utilizada para dejar pallet vacíos, para almacenar los pallet con botellas vacías, acción realizada por el área de bodega PT, además de los dos primeros carriles de la zona 14, como muestra la ilustración 4.24.

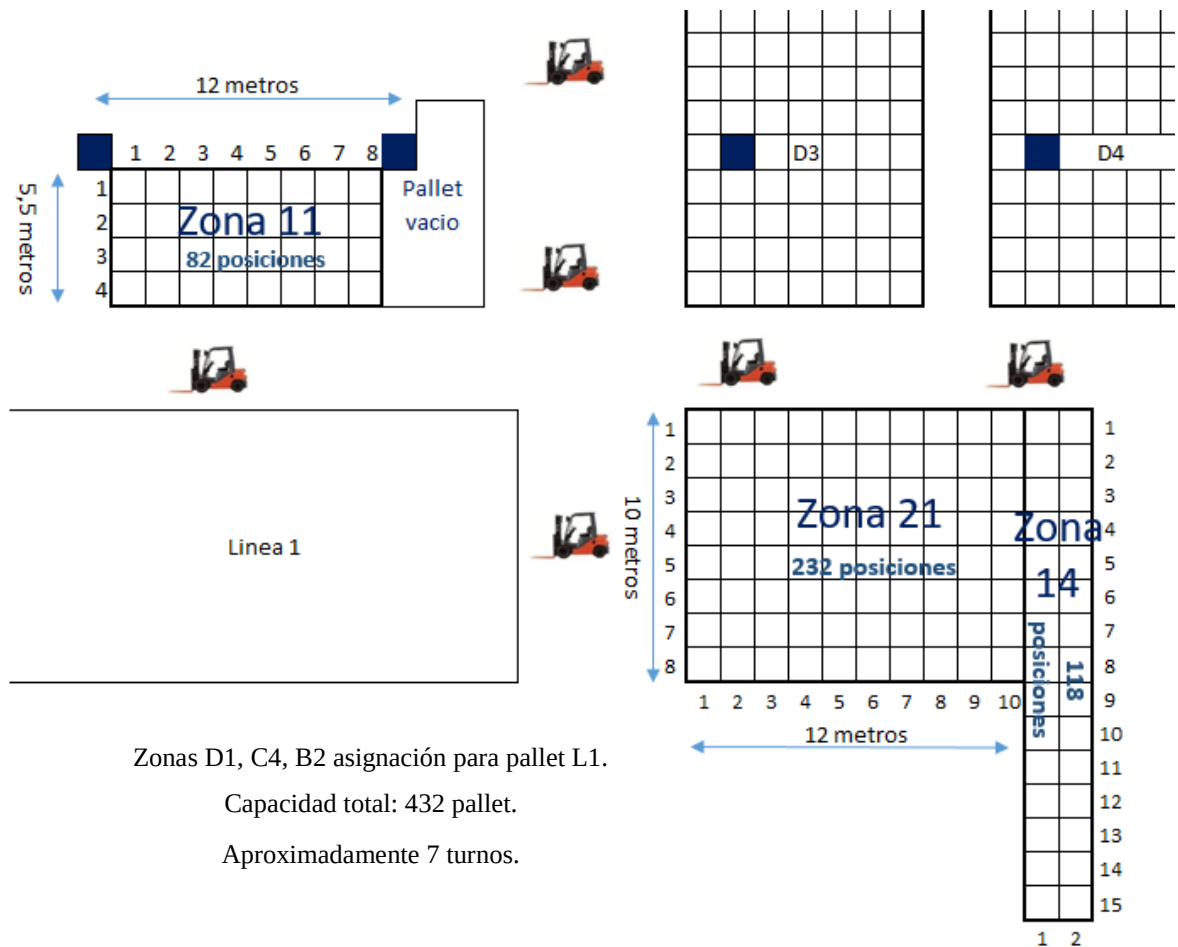


Ilustración 4.24 - Rediseño planteado para almacenamiento de palé con jaba de botellas vacías. Fuente:
 Elaboración propia basada en información entregada por el área de operaciones.

En conjunto estas tres posiciones son capaces de almacenar 432 pallet, que a una razón de 60 pallet por turno, sería suficiente para satisfacer la demanda de botellas vacías de 7 turnos aproximadamente.

En base a esta información se modificó el modelo, estando la zona en donde se almacenan los pallet con jabas de botellas vacías mucho más cerca de lo que estaba anteriormente, imagen 4.25.

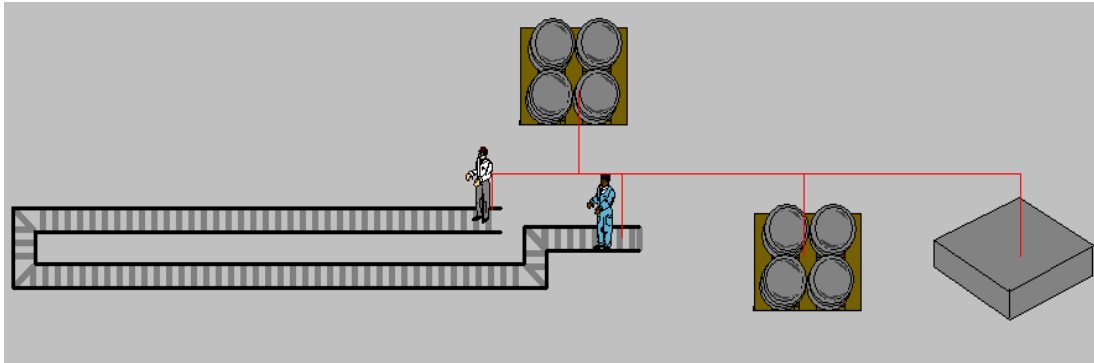


Ilustración 4.25 - Rediseño de ubicaciones de locaciones modelo línea 1. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se adjuntan en la tabla 4.3, en el cual se compara la utilización obtenida con los dos modelos anteriores.

Tabla 4.3 – Resumen y comparación de resultados simulaciones rediseño línea 1.

Numero de simulación	Producción [Pallet]	Utilización promedio Rediseño	Utilización promedio proceso actual 1 grúa.	Utilización promedio proceso actual 1 grúa.
Simulación 1	57	37,69%	50,28%	29,33%
Simulación 2	75	49,76%	64,16%	37,33%
Simulación 3	98	62,74%	80,44%	46,67%
Simulación 4	120	72,36%	94,44%	60,20%

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por el área de mantención mecánica de suministros y operaciones.

Por lo que según los resultados obtenidos es posible disminuir en alrededor de un 20% la utilización del vehículo tan solo moviendo la zona de almacenamiento de materias primas. Y los resultados para una producción poco probable, como lo son 100 pallet, ronda el 63%. Este último dato sumado al tiempo inoperante, da un resultado de 83% de utilización para el vehículo.

5. Análisis de resultados

5.1. Disminución vehículos línea 1.

En base a la información recabada, tanto en las líneas de producción, como el estudio previo realizado por el área de bodega de PT, se calculó la distancia promedio que recorre cada grúa por pallet que es producido en la planta. Esta información es bastante útil a la hora de determinar cómo afectan las modificaciones realizadas al proceso productivo, desde pequeños cambios en la ubicación de las áreas hasta rediseños de la infraestructura del lugar.

De este estudio es importante señalar, la diferencia que existe entre las distancias que recorre cada vehículo, en primer lugar los vehículos de la línea 1 deben recorrer en promedio un 25% más que sus similares que trabajan con botellas. Esto se debe al tipo de botella con que se trabaja y el almacenamiento que se le da, ya que la posición de las botellas vacías en jaba es bastante variable con respecto a los formatos PET, que poseen ubicaciones fijas. Lo mismo sucede con el trato que se le da al producto terminado, mientras que línea 1 y 2 poseen zonas de traspaso en donde solamente dejan el producto, en cambio línea 1 debe almacenarlo utilizando tiempo valioso en ello. Esta situación antes descrita, lleva a pensar que la asignación de dos vehículos para la línea es correcta, sin mencionar que por diseño esta línea es capaz de producir alrededor de 220 pallet por turno aproximadamente.

En la actualidad, el alto desgaste que posee la línea, dados sus más de 30 años de vida, no justifican la utilización de dos vehículos, y en ello los números lo avalan, y los indicadores calculados son una muestra clara.

En primer lugar la productividad de grúa que posee la línea es mucho menor a las otras líneas, en promedio es de 5,2 pallet por hora, en contraste con lo que ocurre en línea 2 y línea 3 con 13,3 y 16,8 pallet por hora respectivamente. Mención aparte recibe la línea de flexibles la cual en promedio traslada 8,8 pallet por hora, las cuales a pesar de recorrer una distancia similar, siguen trasladando 3 pallet más por hora de trabajo y casi el doble de Producción que línea 1.

En segundo lugar la utilización promedio de línea 1 es menor en comparación con las otras líneas de Producción. Si se compara la productividad de grúa y la utilización de

grúa, ilustración 5.1, línea 1 obtiene bajos valores en ambos indicadores, por lo que al tener una utilización más baja, las horas de uso de estos vehículos son bajas, por ende el indicador de productividad de grúa debería ser mayor al ser factor de este indicador, pero en la practica la productividad sigue siendo baja a pesar de tener menor horas de uso.

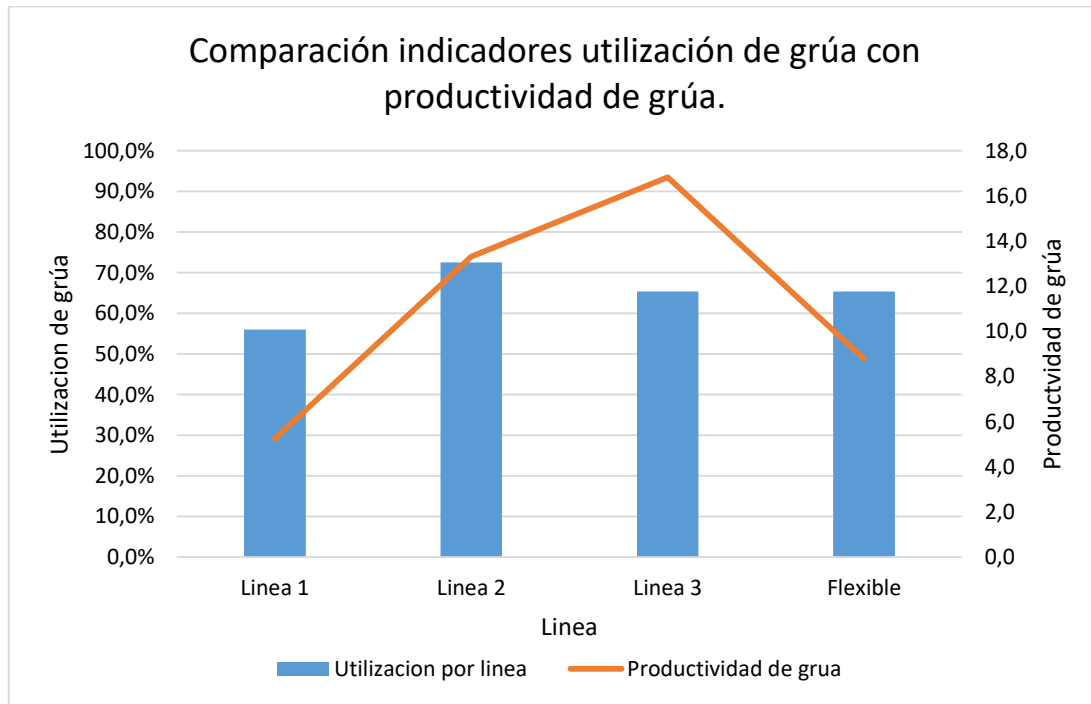


Ilustración 5.1 - Comparación indicadores de utilización con productividad de grúa por línea de producción, año 2016. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en tercer lugar, los resultados de simulaciones realizadas sobre la base del proceso productivo de línea 1, arrojo resultados teóricos de utilizations bajas para los vehículos de la línea 1, alrededor del 50% de utilización para el máximo de producción logrado por la línea en el año 2016, siendo la utilización real registrada por el taller de grúas de un 60,2%, es decir se registró un error de casi 20 puntos porcentuales. Según el piloto seguimiento GPS instalado a modo de prueba en uno de los vehículos de otra línea, arrojo un 15% de tiempo inoperante, lo cual podría explicar el error en los resultados de la simulación.

Por lo tanto según el rediseño planteado, es posible gestionar el movimiento de unidades de carga de la línea solo utilizando un vehículo, con ello disminuyendo los costos de operación. En el modelo de rediseño planteado, la utilización alcanzada para

la producción máxima del 2016 fue de 72%, lo que hace pensar que es posible plantear este rediseño.

Según los resultados obtenidos para el rediseño, la productividad del vehículo de la línea 1 aumentaría en promedio a 13 pallet por hora, teniendo en cuenta el 20% de tiempo inoperante. Este valor es comparable a los resultados que entregan tanto la línea 1 y línea 2 para el indicador.

En cuanto a la reducción de costos, cada vehículo en la planta utiliza tres operadores de grúa, uno por turno. En la actualidad hay una dotación de 36 operadores de grúa, encargados de los 12 vehículos de producción y bodega PT.

Los costos asociados a la flota de grúas para el año 2016 se presentan en la tabla 5.1. En ella se puede apreciar que el costo de las remuneraciones de los operadores de grúa representa alrededor del 73% del total. Es por ello que un ahorro en este ítem, significaría una reducción considerable de los costos de operación de la flota.

Tabla 5.1 – Costos de operación flota de grúa horquilla, año 2016.

Tipo	Ítem	Costo
Costo Variable	Mantenciones preventivas	\$ 50.744.727
	Mantenciones correctivas	\$ 65.914.917
	Combustible GLP	\$ 39.010.967
Costo Fijo	Remuneraciones mecánicos GH	\$ 33.180.000
	Remuneraciones Operadores GH	\$ 523.584.000
Total		\$ 712.434.611

Fuente: Elaboración propia basado en información entregada por áreas de mantención mecánica de suministros, RRHH y operaciones.

En promedio el costo empresa de cada operador de grúa es de \$1.212.000, teniendo esto en cuenta, la disminución de los operadores a 33, implica un ahorro de \$43.632.000 anuales, es decir un 6% del costo total de la flota.

Además cabe mencionar que la reducción de vehículos al interior de la planta, ayuda a descongestionar una zona en la cual en promedio conviven 14 vehículos. El vehículo sacado de producción, puede ser destinado a otra área que lo necesite o ser utilizado como recambio en el taller de grúa, dando más holgura para la realización de labores de mantenimiento.

La determinación de distancias teóricas para el proceso actual en el 2.1 sirvió de base para calcular el impacto que tendrían estas modificaciones en el resto de áreas de la planta. De este rediseño, las variaciones más significativas son lógicamente para Línea 1 que ve disminuida la distancia teórica recorrida en un 23% y para el área de bodega de producto terminado, encargada del movimiento de los pallet con jabas vacías, en donde la distancia promedio por pallet aumenta en un 14%, siendo para el resto de líneas de producción una variación despreciable, tabla 5.2

Tabla 5.2 – Variación de distancias recorrida por palé luego de rediseño línea 1.

Área	Distancia teórica actual [m]	Distancia teórica rediseño [m]	Variación %
Línea 1	328,76	251,92	- 23,37%
Línea 2	247,14	252,23	+ 2,05%
Línea 3	239,73	250,09	+ 4,32%
Línea TTP	334,22	335,02	+ 0,23 %
Línea Kapo	294,75	295,51	+ 0,28 %
Bodega PT	120	136,68	+ 13,9 %

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Indicadores de desempeño

Al calcular los indicadores de desempeño propuestos se encontró información importante del estado actual de la flota de grúas en la planta, además de servir de base para determinar el efecto que tendrían la realización de modificaciones al proceso productivo, como se vio en el capítulo anterior o asimismo para las mejoras planteadas a los sistemas de control y gestión.

Por si solo cada indicador entrega información relevante, por ejemplo el indicador de utilización sirve para conocer la carga de trabajo que poseen los vehículos en función del tiempo disponible para operar. A su vez el indicador de consumo de combustible entrega información importante sobre el comportamiento que poseen los operadores en relación a una conducción responsable y eficiente, en la cual minimicen las acciones que generen un mayor consumo y así mismo un mayor desgaste del vehículo.

Los indicadores de mantenimiento permiten obtener información sobre la eficiencia que tienen las labores de mantenimiento y como satisfacer los requerimientos del cliente, en este caso los departamentos dueños de cada grúa, los cuales necesitan que su vehículo este la mayor parte del tiempo disponible para operar, y que este no fallara, poniendo en riesgo la operación y las personas.

Además si los datos obtenidos mediante estos indicadores son analizados y cruzados, es posible sacar algunas conclusiones implícitas, como por ejemplo al contrastar la información entregada por el indicador de tiempo promedio entre fallos y la utilización de grúa, es posible notar en la mayoría de los casos, que aquellos vehículos que poseen mayor utilización, tienen un menor tiempo promedio entre fallos, lo cual es lógico ya que mientras más se utilice el vehículo, es probable que se produzcan mayor cantidad de fallos.

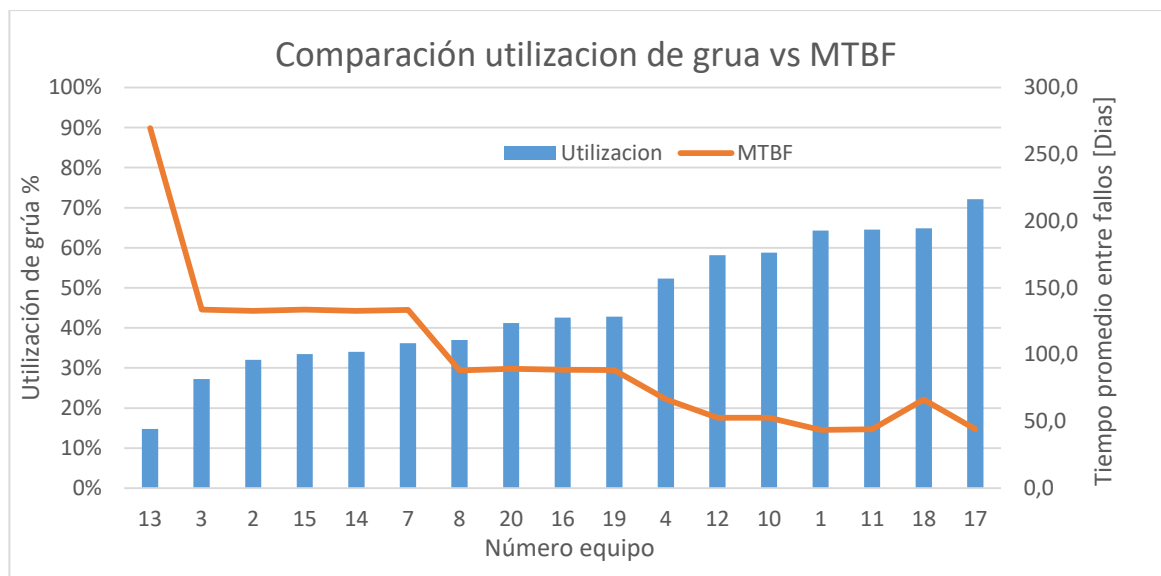


Ilustración 5.2 - Comparación indicadores utilización de grúa y tiempo promedio entre fallos. Fuente: Construcción propia.

Esto es notorio en la ilustración 5.2 para los vehículos 10, 1, 11, 18 y 17, los cuales al estar en el área de producción poseen una utilización mayor al 55%, pero tienden a fallar por lo menos una vez cada cincuenta días. A su vez aquellos vehículos que están entre el 40% y 50% del tiempo en uso como las grúas número 20, 16, 19 y tienden a fallar menos, incluso superando los 100 días sin fallas, finalmente los vehículos que no superan el 40% de uso poseen tiempos de fallo de 130 días en promedio.

De la misma forma, se comparó los indicadores operativos de productividad y consumo de combustible ilustración 5.3, en ella es posible visualizar ciertas similitudes estacionales en los indicadores, poseyendo un valor mayor para los meses de verano, dado la mayor demanda de productos, decayendo en los meses de invierno. Es posible concluir en primera instancia, que al ser mayor la cantidad de producción es lógico pensar que la productividad aumente, pero también lo hace el consumo de combustible, lo cual indica que al haber mayor producción, los operarios deben recurrir a prácticas de conducción poco eficientes dado el apremio de trabajar en contra del tiempo.

Otra lectura también valida de esta comparación, tiene relación con las ineficiencias del proceso, en concreto con los tiempos muertos y tiempos en ralentí. Es sabido que un vehículo en ralentí posee un consumo de combustible menor que un vehículo en constante movimiento de aceleración y frenado o en proceso de elevación de carga. Por este motivo el consumo de combustible en los meses de invierno puede ser menor, ya que la productividad también es menor, lo cual indica un menor movimiento de carga por hora de trabajo, es decir una mayor cantidad de tiempos muertos con el motor encendido.

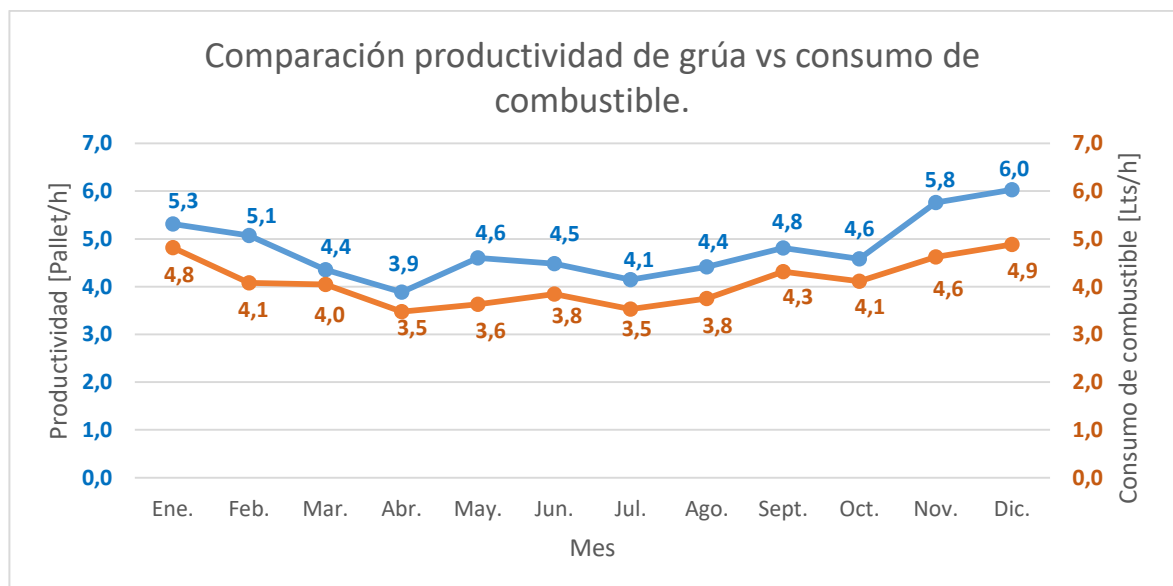


Ilustración 5.3 - Comparación indicadores de productividad de grúa y consumo de combustible de grúa. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

Para finalizar con la propuesta de optimización y estandarización de flotas de grúa horquilla para aplicación industrial, se presentarán las principales conclusiones y recomendaciones que se obtienen luego de haber observado, investigado y analizado los procesos productivos de traslado de unidades de carga de la empresa, identificado problemas en su logística y planteado mejoras que permitan reducir los costos de operación y responder a los objetivos planteados en este estudio.

Para analizar cabalmente el proceso productivo y poder organizar la información recogida durante las primeras etapas del proyecto, se agruparon las causas potenciales que afectan al proceso productivo en cinco ramas principales: mano de obra, materiales, mediciones, maquinarias y métodos.

En este análisis se determinó que las ramas que presentaban mayores problemas eran las de maquinarias, medición y métodos, y es en base a estos resultados que se proponen ciertas acciones para ayudar a mejorar el proceso productivo.

A partir del análisis de dispersión fue posible visualizar un problema de gestión que presenta la flota de grúas de la empresa, ya que si bien se genera información del proceso, como por ejemplo las horas de uso de las maquinas, consumo de combustible, registros de mantenciones, entre otros, esta información no es utilizada y se pierde en el proceso sin corroborar la calidad y veracidad de esta. Como se definió en el capítulo 1.4 uno de los principios básicos que debe tener toda empresa con los indicadores o información que genera es que se garantice que estos se presenten de manera ágil y oportuna, permitiendo a los implicados conocer la información y tomar decisiones.

En cuanto a las mejoras planteadas, estas buscan entre otras cosas mejorar tanto los estándares operativos existentes como los sistemas de control y gestión de la flota. En ese sentido es necesario definir las actividades que realizan los vehículos y las distancias que deben recorrer en dichas actividades, esto por dos motivos principalmente. El primero es poder determinar a partir de un dato teórico si los recorridos y actividades que realizan los operadores son acordes al trabajo que se necesita en la línea o están siendo mal utilizados, por ejemplo para realizar labores

ajenas a la faena. El segundo motivo es que permite cuantificar y poseer un parámetro de comparación con el cual poder determinar cómo afecta los cambios en el proceso productivo y la distancia que deben recorrer las grúas, ya sean cambios de infraestructura, delimitaciones, de posición o de ubicación en la planta.

Así mismo uno de los principios básicos del manejo de materiales habla de la estandarización de los equipos, es decir conocer las limitaciones y requisitos con que cuenta la planta para la operación de ciertos equipos en su interior y en base a estos determinar las características que deben poseer. Este es el caso de las grúas horquilla, que poseen limitantes como capacidad, dimensiones máximas y mínimas, entre otras y al no tener un estándar suceden problemas como el que presentaba la grúa número 13, la cual al no cumplir las especificaciones técnicas mínimas no podía ser utilizada en una zona de la planta, mermando la capacidad de realizar mantenciones pese a contar con dos vehículos en reserva.

Además, las mejoras propuestas al plan de mantenimiento permiten incrementar el cumplimiento de las mantenciones preventivas, además de ayudar a mejorar el control y adquisición de datos de la flota de grúas horquilla, al utilizar la información generada a partir de las lecturas de horómetros. Gracias a la mejora en la planificación de las mantenciones las fallas disminuirán y con ello las reparaciones, ya que permitirá ver en tiempo real el avance de los horómetros en la planilla de mantenciones preventiva y así evitar los retrasos en su ejecución.

Del mismo modo la utilización de órdenes de trabajo permite ordenar las labores de mantenimiento y es un complemento de los actuales informes de mantención, permitiendo mejorar el análisis de las labores de mantención al poseer un registro histórico del tipo de trabajo, sus observaciones, y la información de entrada y salida de los vehículos y con ello el cálculo de indicadores de mantenimiento.

Es importante que el paquete de mejoras planteadas ayuden a los objetivos propuestos, entre ellos la instalación de tecnologías de monitoreo permite mejorar el control de la flota, entregando información en tiempo real de la ubicación del equipo, lo cual en situaciones de robo o mal uso de los equipos es fundamental, permitiendo además poseer información adicional de los vehículos como las tiempos de ocio, distancias,

historial de rutas entre otros, los cuales ayudan a mejorar la gestión de la flota y conceden la posibilidad de generar nuevos indicadores de gestión.

En este ámbito es importante que los indicadores planteados sean utilizados de buena manera, examinando el proceso y la información que entregan estos números, la cual debe ser analizada tratando de dar respuesta a los resultados obtenidos. Además sirven para comparar cuantitativamente el proceso en periodos de tiempo y procesos similares. Es importante además, que se establezcan metas realistas que permitan mejorar el proceso productivo, utilizando una menor cantidad de recursos, es por ello que se debe proveer a las distintas áreas involucradas un número mínimo de indicadores que permita garantizar contar con información constante, precisa y real. Así es como se sugirió el uso de este paquete de indicadores, cuatro operacionales y cinco de mantenimiento. Los primeros para ser medidos y utilizados por el departamento de operaciones para controlar el proceso, ya que ellos son los encargados de gestionar las operaciones al interior de la planta, el uso de los vehículos, el uso de combustibles y la eficiencia que poseen los equipos. Del mismo modo, los indicadores de mantenimiento permiten a la gerencia de mantenimiento poseer información de las labores que son llevadas en sus instalaciones y la correcta puesta a punto de los activos de la empresa. Es importante considerar revisar continuamente los procesos productivos en busca de mejoras que permitan reducir los costos de operación y el uso de recursos, premisa fundamental de la mejora continua. En este ámbito el uso de simulaciones es bastante útil ya que permite a las empresas mejorar sus procesos sin el riesgo de equivocarse y los costos que supondría utilizar la metodología de prueba y error. Gracias a esto fue posible determinar una sobrepoblación de equipos para el proceso productivo en la línea uno, ya que la producción actual estaba muy por debajo de la esperada por diseño y con ello el uso de dos vehículos se ve cuestionado, a pesar de presentar utilidades similares a los demás procesos. El cálculo del indicador de productividad de grúa entregó indicios de esta problemática al poseer un valor mucho menor que los demás procesos productivos del área de botellas y fue reafirmado con la construcción de un modelo del proceso, el cual entregó en promedio una utilización del 24% para una producción estándar en condiciones ideales de 57 pallet por turno, alrededor de un 20% menor a lo entregado según las mediciones de horómetros, lo cual es consistente a los

datos entregados por el piloto de monitoreo GPS, que entrego un 15% de tiempo inoperante en ralentí.

Finalmente a partir de los resultados obtenidos en el modelo, se estudió la posibilidad de utilizar solo una grúa en la línea 1 realizando pequeñas modificaciones al proceso productivo, obteniendo resultados positivos, pues la utilización promedio ronda el 50% para una producción de 55 pallet por turno. Por lo tanto a partir de esta simulación es posible optimizar la cantidad de vehículos en la planta, pasando de seis en el área de producción a solo cinco, y con ello disminuyendo en un 6% el costo total de la flota de grúas horquilla, además de reducir en un 23% la distancia recorrida por el vehículo de línea 1, y aumentando en un 14% las del área de bodega de producto terminado. Gracias a esta disminución de vehículos, se aumenta la disponibilidad de equipos quedando tres unidades en reserva a cargo del taller de grúas.

Referencias

1. Díaz V., A. and Gonzáles F., J. (1996). Optimización heurística y redes neuronales. Madrid, España: Paraninfo.
2. EMBOTELLADORA ANDINA S.A. (2011). Embotelladora Andina memoria anual 2010. Santiago de Chile.
3. García D., E., García R., H. and Cárdenas B., L. E. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Naucalpan de Juárez, México: PEARSON Educación.
4. Gomes, M. V. (2007). Otimização seqüencial por aproximações: Uma aplicação em tempo real para o refino de petróleo, tesis doctoral, Universidad Federal de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
5. Ishikawa, K. (1998). Guide to quality control, Asian Productivity Organization. Tokyo, Japon.
6. Mora G., L. A. (2013). Indicadores de la gestión logística. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
7. Pinto I, C. (2012). Rediseño de procesos del abastecimiento inter depósito de embotelladora Andina S.A, Memoria de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile. Facultad de ingeniería.
8. Pistarelli, A. J. (2012). Manual de mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización. Buenos Aires, Argentina: Editorial Buenos Aires.
9. RIOS, S. (1995) Modelización. Madrid, España: Alianza.
10. Zevallos O., W. L. (2013). Propuesta de mejora en la gestión de la flota de montacargas en la planta de Huachipa de la empresa AJEPER, Proyecto profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.

Anexos

Anexo 1. Consumo de combustible mensual por grúa horquilla, en litros.

N° Grúa	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Año
N° 01	1.035	1.396	1.444	1.192	1.229	1.521	943	795	393	1.435	1.399	1.377	14.159
N° 02	721	1.082	1.276	966	638	511	432	763	1.155	890	1.036	1.020	10.489
N° 03	721	652	552	389	818	636	666	592	370	332	704	693	7.126
N° 04	997	1.507	1.043	1.121	1.083	1.250	1.137	1.080	951	636	1.328	1.307	13.440
N° 05	-	-	37	77	-	-	-	-	43	-	19	19	195
N° 07	51	333	570	453	554	601	810	495	512	219	565	556	5.721
N° 08	315	256	337	439	631	939	494	1.073	1.324	841	817	804	8.269
N° 10	1.374	798	1.374	676	848	1.233	981	1.031	1.360	1.080	1.321	1.300	13.376
N° 11	782	1.096	1.173	1.217	1.104	1.462	1.355	1.477	747	1.018	1.405	1.382	14.217
N° 12	1.646	909	1.873	1.052	1.359	1.295	870	1.147	1.134	1.094	1.521	1.497	15.397
N° 13	-	14	270	142	285	440	595	241	428	41	302	297	3.054
N° 14	677	896	1.038	957	563	297	12	664	313	582	737	725	7.462
N° 15	579	873	885	608	118	63	479	959	1.052	426	742	731	7.515
N° 16	956	778	1.060	760	774	670	678	818	994	862	1.026	1.010	10.385
N° 17	731	916	843	736	1.506	1.327	1.402	1.507	1.543	1.366	1.459	1.436	14.773
N° 18	823	1.472	1.163	440	208	1.010	702	1.796	1.846	1.550	1.353	1.331	13.694
N° 19	1.169	1.090	709	942	1.544	1.613	1.320	1.241	1.118	1.103	1.456	1.433	14.736
N° 20	976	961	841	865	1.028	1.172	897	456	1.357	510	1.113	1.096	11.271
T. GH.	1.800	2	466	1.091	228	399	441	511	261	4	639	629	6.472
Total GLP	15.352	15.034	16.955	14.122	14.516	16.439	14.212	16.646	16.901	13.989	18.943	18.642	191.750

Fuente: Información entregada por software SSCom Vital Jugos.

Anexo 2. Especificaciones técnicas grúa horquilla Toyota serie 8FG.

VARIANTES DE MODELOS



ESPECIFICACIONES PRINCIPALES

Modelos		8FG10 8FD10	8FG15 8FD15	8FG18* 8FD18*	8FGK20* 8FDK20*	8FG20 8FD20	8FGK25* 8FDK25*	8FG25 8FD25	8FGK30* 8FDK30*	8FG30 8FD30	8FGJ35 8FDJ35
Motor		4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II, 2Z	4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II, 2Z	4Y 1DZ-II	4Y 1DZ-II, 2Z	4Y 1DZ-II, 2Z
Capacidad de carga	kg	1.000	1.500	1.750	2.000	2.000	2.500	2.500	3.000	3.000	3.500
Centro de carga	mm	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Anchura total	A mm	1.045	1.070	1.070	1.155	1.150	1.155	1.150	1.255	1.240	1.290
Radio de giro exterior	B mm	1.910	1.990	2.010	2.040	2.200	2.090	2.280	2.130	2.430	2.490
Altura hasta rejilla de protección	C mm	2.080	2.080	2.080	2.085	2.110	2.085	2.110	2.085	2.170	2.180
Longitud a la cara anterior de la horquilla	D mm	2.245	2.290	2.315	2.380	2.560	2.445	2.635	2.520	2.795	2.865

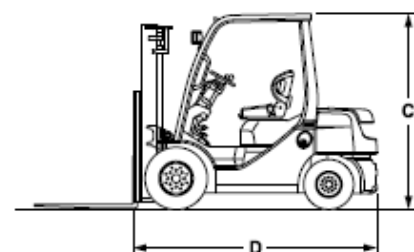
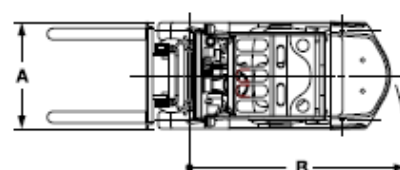
Nota: *Modelos de Cambios Hidráulicos

ESPECIFICACIONES DE LOS MOTORES

Modelos		TOYOTA 4Y Gasolina
Cilindrada	cc	2.237
Potencia/rpm nominal	kW	40/2.400 (43/2.600)
Per motor/rpm nominal	N-m	162/1.800

Nota: () para los modelos 30(32)-8FG30, 8FGJ35

Modelos		TOYOTA 1DZ-II Diesel	TOYOTA 2Z Diesel
Cilindrada	cc	2.486	3.469
Potencia/rpm nominal	kW	40/2.400 (44/2.600)	49/2.200
Per motor/rpm nominal	N-m	167/1.600	216/1.600



Fuente: Ficha técnica Toyota.

Anexo 3. Formulario Informe mantención preventiva. Formato antiguo.

		FORMULARIO INFORME MANTENCIÓN TALLER GRÚAS		Código: F-CAL-MA-029	
				Versión: 02 Fecha: 16-05-2016	
FECHA	TECNICO RESPONSABLE	Registrado	FOLIO:	0000	
1. DATOS DEL EQUIPO					
Equipo		Horómetro Mantención		Año	
GRUA HORQUILLA TOYOTA N° 08		3750		2014	
N°Serie	Modelo	Pauta Anterior	Pauta Actual	Próxima Pauta	
31109	32-8FGK20				
2. ACTIVIDADES			PAUTA DE MANTENCIÓN		
N°	Descripción	250H	500H	1000H	2000H
1	Limpieza de filtro electro válvula	X	X	X	X
2	Revisión de niveles.	X	X	X	X
3	Revisar sistema eléctrico	X	X	X	X
4	Engrase completo	X	X	X	X
5	Cambiar correa de ventilador				X
6	Revisar funcionamiento y lubricar torre mástil	X	X	X	X
7	Limpieza y engrase de cadenas	X	X	X	X
8	Lavado completo	X	X	X	X
9	Revisar neumático delantero	X	X	X	X
10	Revisar neumático trasero	X	X	X	X
11	Cambio de aceite motor	X	X	X	X
12	Cambio filtro de aceite motor		X	X	X
13	Cambio de aceite caja transmisión			X	X
14	Cambio de filtro aceite transmisión			X	X
15	Cambio de bujías			X	X
16	Cambio kit GLP			X	X
17	Cambio kit válvula GLP			X	X
18	Cambio aceite de diferencial			X	X
19	Revisión de patines de freno			X	X
20	Revisar retenes de masa			X	X
21	Revisar retenes de eje palier				X
22	Cambio aceite hidráulico				X
23	Cambio de filtro hidráulico de succión				X
24	Cambio de aceite hidráulico de retorno				X
25	Cambio de fibra de roce superior				X
26	Cambio de fibra de roce inferior				X
27	Revisión de sistema de aceleración RPM.				X
28	Cambio de kit cilindro desplazador lateral				X
29	Cambio de manguera transmisión superior				X
30	Cambio de anticongelante				X
31	Cambio líquido de freno				X
32	Reemplazo filtro de aire				X
33	Regulación de frenos	X	X	X	X
34	Cambio anual Batería	Último			
35	Cambio anual Manguera Transmisión	Último			
36	Descarbonizado anual multiple de escape	Último			
37	Otros				
38	Otros				
39	Otros				
40	Otros				
3. CONTROL EMISIONES (CADA MANTENCIÓN 1000 y 2000 HRS).					
Ítem	Rango	Ralenty 750-850 RPM	2500 RPM	Observaciones	
CO	<0,5%				
HC	<100ppm				
HNC	0,16-0,20gr/km				
CO2	6%				
NOX	-				
4. CONSIDERACIONES Y REPUESTOS NECESARIOS SEGÚN REVISIONES, PARA SIGUIENTE MANTENCIÓN.					

Fuente: Suministro mecánico de Suministros Vital Jugos.

Anexo 4. Estándar de inspección inicial de grúa horquilla.

ESTÁNDAR PROVISORIO DE INSPECCIÓN INICIAL DE GRÚA HORQUILLA										
Máquina: Grúa Horquilla						 En caso de detectar Anomalia crítica antes o durante el turno: • Completar "FORMULARIO CONTROL GRUAS". • Realizar observaciones en ítem con anomalía. • Informar a taller de mantenimiento de grúas si anomalía es crítica y no utilices equipo. • Si ocurrió accidente en el turno reportarlo en formulario.				
						Como se debe mantener y como se realiza.				
Componente	Ítem a revisar	Número Tarea	Instructivo de inspección	Método	Elemento	Seguridad	Equipo Detenido / Encendido	Frecuencia (días)	RESPONSABLE	Observaciones
I.- Sistema eléctrico										
	Funcionamiento partida	1	Dar contacto y encendido			EPP (Lentes - Guantes - Fonos - Casco)	Encendido	Diario	Operador	
	Alarma retroceso	2	Dar reversa y oír				Encendido	Diario	Operador	
	Sistema SAS	3	Revisar estabilidad, y movimiento mástil				Encendido	Diario	Operador	
	Bocina	4	Tocar bocina y oír				Detenido	Diario	Operador	
II.- Luces										
	Delanteras	5	Revisar encendido y estado general			EPP (Lentes - Guantes - Fonos - Casco)	Detenido	Diario	Operador	
	Estacionamiento, frenos, viraje y retroceso	6	Revisar encendido y estado general				Detenido	Diario	Operador	
	Baliza	7	Revisar encendido y estado general				Encendido	Diario	Operador	
III.- Sistema Hidráulico										
	Frenos (De pie y estacionamiento)	8	Pisar pedales de freno y accionar freno de mano			EPP	Detenido	Diario	Operador	
	Torre Mástil	9	Revisar estado general cadenas y estructura				Detenido	Diario	Operador	
IV.-Estado General										
	Carrocería	10	Revisar estado general de estructura y pintura			EPP (Lentes - Guantes - Fonos - Casco)	Detenido	Diario	Operador	
	Neumáticos	11	Revisar estado de desgaste				Detenido	Diario	Operador	
	Estado Cinturón de seguridad	12	Revisar estado general de correa y enganche de hebilla				Detenido	Diario	Operador	
	Extintor cargado y asegurado	13	Revisar nivel de presión, seguro y anclaje				Detenido	Diario	Operador	
	Tanque de gas asegurado	14	Revisar nivel de presión, mangueras y anclaje				Detenido	Diario	Operador	
	Dirección (Completa hacia derecha e izquierda)	15	Realizar movimientos de dirección izquierda y derecha				Detenido	Diario	Operador	
	Transmisión de avance y reversa	16	Mover palanca de transmisión en posición avance y reversa				Detenido	Diario	Operador	
	Tuercas de agarraderas apretadas	17	Revisar estado de sujeción y anclaje				Detenido	Diario	Operador	
	Accesorios asegurados, funcionales y ausencia de fugas	18	Revisar estado general de elementos que puedan proyectarse				Detenido	Diario	Operador	

Fuente: Construcción propia, según información contenida en manual grúa horquilla.

Anexo 5. Instructivo estándar de inspección grúa horquilla.

	INSTRUCTIVO Estándar de inspección Grúa Horquilla	Versión: 01 Fecha: 28-03-2017 Pág. 1 de 1
Autor: Luis Cordova	Revisó:	Aprobó:

N° Tarea	1
INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO PARTIDA	
1 Insertar llave en chapa de encendido y dar contacto.  2 Verificar que todos los instrumentos se enciendan. 3 Encender el motor y verificar su funcionamiento.	

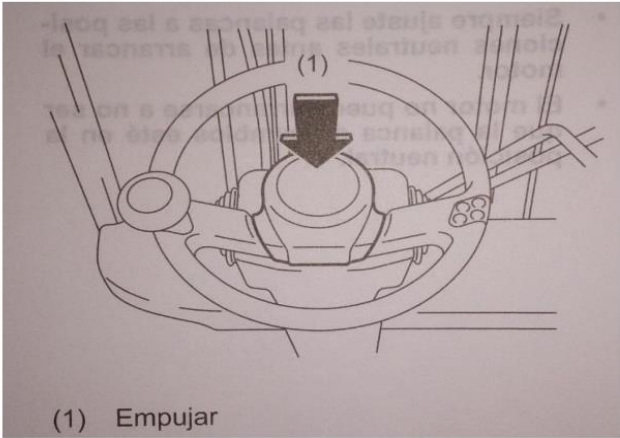
N° Tarea	2
INSPECCIÓN ALARMA DE RETROCESO	
1 Poner el vehículo en posición de reversa. 2 Verificar el correcto funcionamiento de la alerta de retroceso.	

N° Tarea	3
LIMPIEZA E INSPECCIÓN DE SISTEMA DE ESTABILIDAD ACTIVA - SAS	
1 Chequear que el mastil pueda ser inclinado correctamente ya sea hacia atrás o hacia adelante y moverse hacia arriba. 2 Asegurarse que el mastil puede detenerse automáticamente en su posición horizontal.	
Excelente estabilidad durante manejo de cargas  Angulo restringido de inclinación hacia delante Proporciona rápido manejo y fácil operación  Nivel Ayuda a prevenir la caída de la carga  Lento Normal	

N° Tarea	4
----------	---

INSPECCIÓN DE BOCINA

- 1 Presionar la bocina ubicada en el volante.
- 2 Al presionar debe oírse el sonido limpio de la bocina.
- 3 Repetir proceso dando toques repetitivos y cortos.

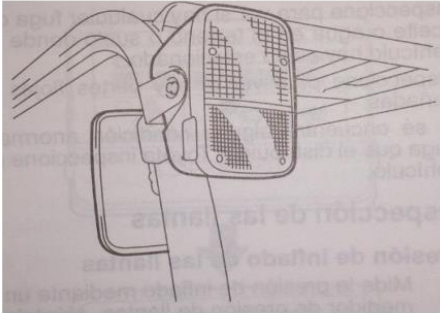


(1) Empujar

N° Tarea	5
----------	---

INSPECCIÓN DE LUCES DELANTERAS Y TRASERAS

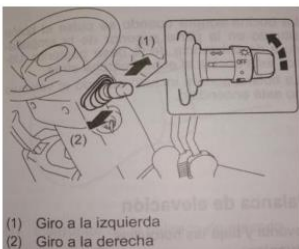
- 1 Revisar estado general de focos delanteros y traseros.
- 2 Revisar correcto anclaje de focos.
- 3 Limpiar de ser necesario para sacar tierra y suciedad para un mejor funcionamiento.
- 4 Al dar contacto, los focos deben prenderse.




N° Tarea	6
----------	---

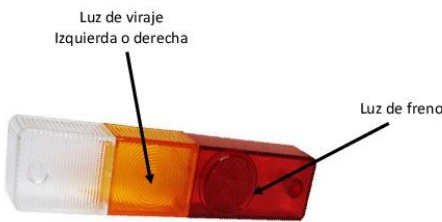
INSPECCIÓN DE LUCES DE ESTACIONAMIENTO, FRENOS, VIRAJE Y RETROCESO.

- 1 Revisar el estado general de luces, que no estén quebradas, trizadas o sucias.
- 2 Limpiar de ser necesario.
- 3 Al apretar freno, revisar si luz de freno enciende.
- 4 Al señalizar viraje, revisar si encienden luces de viraje izquierda y derecha.



(1) Giro a la izquierda
(2) Giro a la derecha

- 5 Al accionar el retroceso, revisar si luz de retroceso enciende.
- 6 Al accionar freno de estacionamiento, revisar si luz de estacionamiento enciende.



N° Tarea	7
----------	---

INSPECCIÓN DE BALIZA

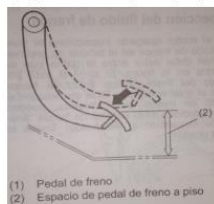
- 1 Revisar estado general de baliza, que no este quebrada, trizada o sucia. Limpiar de ser necesario.
- 2 Al dar contacto, revisar si baliza se mantiene encendida.



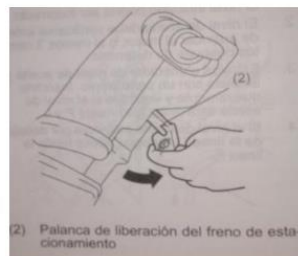

N° Tarea 8

INSPECCIÓN DE FRENOS (DE PIE Y DE ESTACIONAMIENTO)

- 1 Revisar estado general de frenos, tanto de pedal como de mano.
- 2 Pisar pedal de freno hasta el fondo y verificar espacio en el piso (Espacio entre el pedal y el piso)



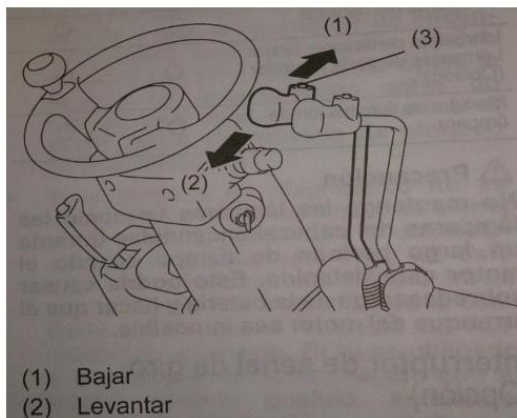
- 3 Asegurarse que el pedal no baje mas cuando se mantiene oprimido.
- 4 Verificar presión, dureza y retorno del pedal.
- 5 Presione manualmente el pedal de freno para verificar su juego, hasta que sienta resistencia.
- 6 Presionar pedal de freno de estacionamiento pisando completamente y compruebe que el pedal funciona correctamente.
- 7 Para liberar el freno tire de la palanca de liberación del freno, hacia usted y confirme que está liberado.



N° Tarea 9

INSPECCIÓN DE TORRE MASTIL

- 1 Verificar estado general de torre mastil, cadenas y sistema hidraulico.
- 2 Revisar cadenas, si estas están sueltas.
- 3 verificar sistema hidraulico accionando palancas para levantar o bajar uñas.



N° Tarea 10

INSPECCIÓN DE CARROCERÍA

- 1 Revisar estado general de carrocería y pintura en busca de desperfectos.
- 2 Repetir proceso por todo el vehículo.



N° Tarea 11

INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS

- 1 Revisar estado general de los cuatro neumáticos, delanteros y traseros.
- 2 Revisar estado de bandas de rodadura y nivel de desgaste.
- 3 Un nivel avanzado de desgaste de la banda de rodadura hace que la máquina pierda estabilidad y tenga menor agarre.



N° Tarea 12

INSPECCIÓN DE CINTURON DE SEGURIDAD

- 1 Revisar estado general de cinturón, hebilla y orejeta.
- 2 Para asegurar el correcto funcionamiento del cinturón tire hacia afuera e inserte en la orejeta de la hebilla.



- 3 Al introducir la hebilla se escuchara un clic cuando la orejeta se bloquee en el interior.
- 4 Tire de la correa y asegurese que la correa esta perfectamente agarrada.
- 5 Pulse el botón de liberación y deje que el cinturón se retraiga.

N° Tarea	13
----------	----

INSPECCIÓN DE EXTINTOR

- 1 Revisar estado general de extintor y montaje.
- 2 Revisar nivel de presión de extintor y seguro puesto.

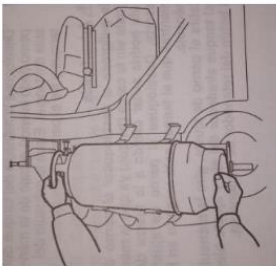



- 3 Revisar el montaje y que el elemento este asegurado.

N° Tarea	14
----------	----

INSPECCIÓN DE TANQUE DE GAS

- 1 Revisar estado general de estanque, nivel de presión, manómetro, mangueras y anclaje.
- 2 Tomar tanque con ambas manos y verificar juego de montaje. Este debería ser totalmente rígido.

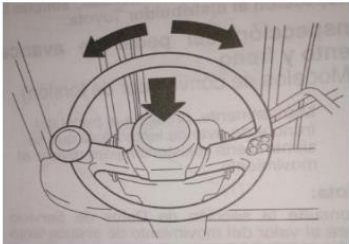


- 3 Revisar estado de mangueras y la correcta conexión.
- 4 Revisar estado de manómetro, que este no este quebrado, trizado y que tenga suficiente carga para realizar operación.

N° Tarea	15
----------	----

INSPECCIÓN DE DIRECCION

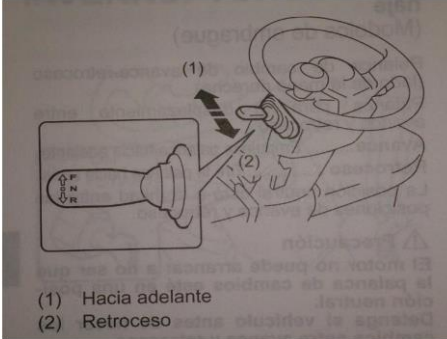
- 1 Verificar estado general de volante.
- 2 Realizar movimiento de direccion hacia la izquierda, hacia la derecha y revisar movimiento en ruedas.

N° Tarea	16
----------	----

INSPECCIÓN DE TRANSMISIÓN

- 1 Revisar estado general de palanca de avance o retroceso.
- 2 Empujar palanca hacia delante para poner en posición de avance, pisar levemente el pedal de avance y revisar su funcionamiento.
- 3 Empujar palanca hacia atrás para poner en posición de retroceso, pisar levemente el pedal de avance y revisar su funcionamiento.

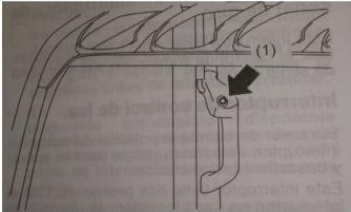


(1) Hacia adelante
(2) Retroceso

N° Tarea	17
----------	----

INSPECCIÓN DE AGARRADERAS

- 1 Revisar estado general de todas las agarraderas y apoyos.
- 2 Mover y presionar levemente agarraderas para revisar su juego, estas deben estar totalmente rígidas.
- 3 Verificar que no falte ningún perno.

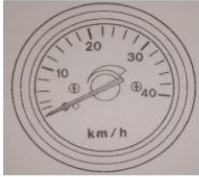


(1)





N° Tarea	18
INSPECCIÓN GENERAL DE ACCESORIOS Y FUGAS	

- Realizar una revision general de todos los accesorios del vehiculo, retrovisores, palancas, panel de control, asiento, etc.
- Verificar estado de retrovisores, que no esten quebrados, trizados ni sucios. Limpiar de ser necesario.
 
- Verificar estado de pantallas y velocimetro.
 

- Verificar estado de asiento.
 
- Revisar el vehiculo en busca de fugas o fluidos de procedencia desconocida.
- Levantar el asiento y verificar que no se vean fugas visibles en en el motor del vehiculos.

Fuente: Construcción propia, según información de mantención mecánica de suministros y manual del fabricante Toyota serie 8FG.

Anexo 6. Lista de chequeo modificada.

	FORMULARIO CONTROL DE GRUAS	Código: F-CAL-PR-067 REV: 04 FECHA: 26-04-2017
---	--	---

FECHA _____	TURNO _____
--------------------	--------------------

Nota: En el caso de que las grúas y otras partes del equipo no se encuentren en buenas condiciones para operar, deberán quedar fuera de servicio y repararse si algún elemento no pasa la inspección por lo que se deberá informar al Taller de Mantenimiento de Grúas de las respectivas fallas.

ITEMS A REVISAR	Operativo		Observación
	si	no	
I.- Sistema Eléctrico			
1.- Funcionamiento partida			
2.- Alarma retroceso			
3.- Sistema Sas			
4.- Bocina			
II.- Luces			
1.- Delantera			
2.- Traseras			
3.- Estacionamiento			
4.-Frenos			
5.-Viraje			
6.-Retroceso			
7.-Baliza			
III.- Sistema Hidráulico			
1.- Freno (de pie y de mano)			
2.- Torre Mástil			
IV.- Estado General			
1.- Carrocería			
2.- Neumáticos			
3.- Estado Cinturón de Seguridad			
4.- Extintor cargado y asegurado			
5.- Tanque de gas asegurado			
6.- Dirección (completa hacia la derecha e izquierda)			
7.- Transmisión de avance y reversa en buenas condiciones			
8.- Tuercas de las agarraderas apretadas			
9.- Accesorios asegurados y funcionales			
10.-Ausencia de cualquier fuga visible de líquido			
11.-Documentos y estándares limpios en estuche de grúa			

Finalizado el turno, si ocurrió un accidente con daño material repórtelo aquí:

GRÚA N ° _____	ÁREA _____	
OPERADOR _____		
HOROMETRO INICIAL _____	HOROMETRO FINAL _____	

 V° B° SUPERVISOR

 V° B° OPERADOR

REPORTE MECANICO

Observación	

 V° B° CONTROL OPERACIONES

 V° B° MECANICO

Fuente: Construcción propia, según información entregada por área mantención mecánica de suministros.