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

REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.

Ermides Daniel Ramírez González
Asesorado por la M. Sc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERMIDES DANIEL RAMÍREZ GONZÁLEZ
ASESORADO POR LA M. SC. INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

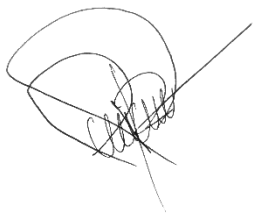
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 16 de agosto de 2022.



Ermides Daniel Ramírez González

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 19 de mayo de 2023.
REF.EPS.DOC.230.05.2023.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Ermides Daniel Ramírez González, Registro Académico No. 200924729** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Facultad de Ingeniería

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

NISZdS/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 19 de mayo de 2023.
REF.EPS.D.167.05.2023

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.,** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Ermides Daniel Ramírez González** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH /ra

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.036.023

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.,** presentado por el estudiante universitario **Ermides Daniel Ramírez González,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2023.

/mgp

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.164.EMI.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.**, presentado por: **Ermides Daniel Ramírez González** , procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingenieria Mecanica Industrial, USAC
Colegiado 4,272
Periodo: julio a diciembre año 2023

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

Guatemala, julio de 2023.

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.562.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.,** presentado por: **Ermides Daniel Ramírez González,** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la fuerza y fe en todo este trayecto, creyendo siempre en el alcance del objetivo.
Mis padres	Por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.
Mis hermanos	Por estar siempre presentes, acompañándome.
Familia	El resto de la familia que de una o de otra manera me han brindado su apoyo

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió adquirir conocimientos profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme todos los conocimientos necesarios para desempeñarme como un profesional exitoso.
Licenciado	Erick Morazán por la confianza y el valioso apoyo brindado.
Ingeniero	Roger Santos por su continuo apoyo para conseguir este objetivo.
Fosforera Centroamericana, S.A.	Por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones y por todas las facilidades proporcionadas para conseguirlo con éxito.
Mi asesora	Inga. Norma Sarmiento, por ser una profesional admirable, y por todo el aporte que ha tenido para la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS XI
GLOSARIO XIII
RESUMEN XV
OBJETIVOS XVII
INTRODUCCIÓN XIX

1. GENERALIDADES DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A. 1
   1.1. Descripción 1
   1.2. Misión 2
   1.3. Visión 3
   1.4. Estructura organizacional 3
   1.5. Almacén de distribución de productos terminados 6
   1.6. Área de generación de aire comprimido 9

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS 11
   2.1. Diagnóstico general 11
   2.2. Análisis de la situación actual 25
      2.2.1. Procedimientos 26
         2.2.1.1. Recolección de producción diaria 26
         2.2.1.2. Recepción de productos 28
         2.2.1.3. Planificación de la distribución de productos 30

2.2.1.4. *Picking* y carga de unidades de transporte 33
2.2.1.5. Entrega de productos a clientes 35
2.2.2. Instalaciones 37
2.2.3. Almacenamiento 41
2.2.3.1. Productos 43
2.2.3.2. Distribución de zonas 51
2.2.3.3. Sistemas de almacenamiento 55
2.2.3.4. Equipos para manipulación de carga ... 62
2.3. Rediseño del almacén de distribución de productos terminados 65
2.3.1. Procedimientos 65
2.3.1.1. Recolección de producción diaria 66
2.3.1.2. Recepción de productos 69
2.3.1.3. Planificación de la distribución de productos 72
2.3.1.4. *Picking* y carga de unidades de transporte 75
2.3.1.5. Entrega de productos a clientes 77
2.3.2. Instalaciones 79
2.3.3. Almacenamiento 87
2.3.3.1. Productos 88
2.3.3.2. Distribución de zonas 105
2.3.3.3. Sistemas de almacenamiento 110
2.3.3.4. Equipos para manipulación de carga . 116
2.3.4. Indicadores clave de desempeño 117
2.4. Costos de la propuesta 121

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO 123
3.1. Análisis de situación actual 123
3.1.1. Necesidades de aire comprimido 123
3.1.2. Cuarto de compresores 127
3.1.3. Equipos 132
3.1.4. Tubería principal 139
3.1.5. Tuberías secundarias 140
3.1.6. Mantenimiento 140
3.2. Mejoras al sistema de generación de aire comprimido 150
3.2.1. Planificación de las necesidades actuales y futuras 150
3.2.2. Cuarto de compresores 157
3.2.3. Selección de equipos 161
3.2.4. Dimensiones de tubería principal 167
3.2.5. Dimensiones de tuberías secundarias 172
3.2.6. Mantenimiento 174
3.3. Costos de la propuesta 179

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN 183
4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación 183
4.2. Plan de capacitación 185
4.3. Resultados de la capacitación 198
4.4. Costos de la propuesta 204

CONCLUSIONES 207
RECOMENDACIONES 209
REFERENCIAS 211
APÉNDICES 213

ANEXOS.....215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Croquis de ubicación de Fosforera Centroamericana, S.A. 2
2. Organigrama de Fosforera Centroamericana, S.A. 6
3. Vista general del almacén de productos terminados 9
4. Techos del almacén de productos terminados 39
5. Pisos del almacén de productos terminados 39
6. Extractores de aire del almacén de productos terminados 41
7. Productos ubicados sobre los pasillos del almacén 46
8. *Racks* y pasillos del almacén sin identificar 47
9. Productos sin identificar 48
10. Tarima con velas dañadas 49
11. Cajas con palillos dañadas 49
12. Producto con daños por humedad 50
13. Vista general del pasillo de acceso hacia las bodegas 52
14. *Layout* actual del almacén de productos terminados 54
15. Almacenamiento del tipo bloques apilados 56
16. Almacenamiento del tipo convencional 57
17. Plano de aprovechamiento del espacio en el piso del almacén de productos terminados… 60
18. Diagrama de aprovechamiento del espacio vertical en *racks* 61
19. Montacargas eléctrico Yale ND18 fuera de servicio 64
20. Corrosión en baterías de montacargas Yale ND18 fuera de servicio 64
21. Procedimiento de ingreso de producción diaria 67
22. Procedimiento de recepción de productos 70

23. Procedimiento de planificación de la distribución de productos 72
24. Procedimiento de *picking* y carga de unidades de transporte 75
25. Procedimiento de entrega de productos a clientes 77
26. Lámina metálica troquelada chapa 32 80
27. Dimensiones del techo en el almacén de productos terminados 81
28. Luminaria led marca Luxlite modelo LED0354 83
29. Plano de distribución de las luminarias 84
30. Extractor de aire Soler & Palau HAIT-3-1250 87
31. Pallet americano o universal 92
32. Primer bloque de paletizado de los fósforos fogata A100 93
33. Segundo bloque de paletizado de los fósforos fogata A100 94
34. Plano de distribución ABC de productos terminados 101
35. Rótulo de identificación de zonas de almacenaje 103
36. Ejemplo de instalación de rótulos de identificación de zonas de almacenaje……..... 103
37. Ejemplo de identificación de posiciones en *racks* de almacenaje 104
38. Dimensiones básicas de un montacargas..... 108
39. Nuevo *layout* propuesto para el almacén de productos terminados 109
40. Isométrico del pallet de carga 111
41. Vista frontal del sistema *drive-in* 113
42. Vista superior del sistema *drive-in* 114
43. Fotografía de un sistema de almacenamiento *drive-in*..... 115
44. Fotografía que muestra la presión de trabajo actual del sistema de aire comprimido……..... 126
45. Fotografía del manual de la maquina marca Arenco Jul2 126
46. Plano actual del cuarto de compresores 127
47. Vista frontal del cuarto de compresores..... 128
48. Vista posterior del cuarto de compresores..... 129
49. Tuberías de hierro sucias y con corrosión del cuarto de compresores . 129

50. Fuga de condensado en el cuarto de compresores 130
51. Sistema de ventilación actual del cuarto de compresores..... 132
52. Compresor Kaeser CSD 75..... 133
53. Compresor Ingersoll Rand EP50-PE..... 134
54. Compresor Atlas Copco GA30 135
55. Secador de aire Kaeser TE91 136
56. Depósito de aire comprimido húmedo..... 137
57. Filtro de línea Kaeser KOR 375..... 138
58. Drenador de condensado Eco Drain 13 138
59. Corrosión interna en tubería principal del cuarto de compresores 139
60. Fotografía de hoja de servicio del compresor Ingersoll Rand..... 141
61. Fotografía de procedimiento de arranque de compresores..... 142
62. Reparación del motor principal del compresor Kaeser CSD 75 144
63. Grado de calidad de aire comprimido según norma ISO 8573-1:2010. 156
64. Plano del área disponible para el cuarto de compresores..... 158
65. Plano de distribución de tuberías de aire comprimido principales y secundarias…….. 168
66. Longitud equivalente de tubería en metros 169
67. Nomograma para calcular diámetro de tuberías 171
68. Perfil de puesto encargado de bodega de materias primas 184
69. Diploma de capacitación: cálculos y diseño de sistemas de generación de aire comprimido 200
70. Capacitación sobre mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido……..... 201
71. Diploma de capacitación: mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido……..... 202
72. Capacitación sobre rediseño del almacén de productos terminados ... 203
73. Diploma de capacitación: rediseño del almacén de productos terminados……..... 204

TABLAS

I. Matriz foda 18
II. Matriz de relaciones foda 20
III. Listado de productos terminados 44
IV. Resumen del análisis de aprovechamiento del espacio de almacenaje.. 62
V. Datos técnicos de lámina metálica troquelada 79
VI. Listado de pesos, medidas y categoría de productos terminados 89
VII. Características de un pallet universal 91
VIII. Características de paletizado para cada producto 95
IX. Listado de clasificación abc de los productos terminados 98
X. Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición de diferencias de inventario 118
XI. Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición de diferencias de inventario 119
XII. Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición del índice de rotación de productos 119
XIII. Ficha de evaluación anual de indicadores clave de desempeño 120
XIV. Costos de la propuesta 122
XV. Consumos de aire comprimido actuales por equipo 124
XVI. Medición de temperatura ambiental en cuarto de compresores 131
XVII. Historial de mantenimiento del compresor Kaeser CSD75 143
XVIII. Historial de mantenimiento del compresor Ingersoll Rand EP50-PE 144
XIX. Historial de mantenimiento del compresor Atlas Copco GA30 145
XX. Historial de mantenimiento del secador Kaeser TE91 146
XXI. Historial de mantenimiento de los filtros de línea KOR 375 147

XXII. Historial de mantenimiento de los drenadores de condensado Eco Drain 13… 148
XXIII. Requerimientos de caudal y presión de aire comprimido por cada línea de producción..... 152
XXIV. Coeficientes de simultaneidad por industria..... 153
XXV. Requerimientos de la calidad de aire por aplicación 157
XXVI. Opciones para combinación de compresores 162
XXVII. Especificaciones para la selección del compresor 163
XXVIII. Especificaciones para la selección del secador 164
XXIX. Cálculo de longitud de tubería principal equivalente 170
XXX. Datos para el dimensionado de la tubería principal 170
XXXI. Longitudes y caudal en tuberías secundarias 172
XXXII. Dimensiones de tuberías secundarias 173
XXXIII. Programa de mantenimiento del compresor Kaeser CSD75..... 175
XXXIV. Programa de mantenimiento del compresor Ingersoll Rand EP50-PE. 176
XXXV. Programa de mantenimiento del compresor Atlas Copco GA30..... 177
XXXVI. Programa de mantenimiento del secador frigorífico Kaeser TE142..... 178
XXXVII. Programa de mantenimiento de los filtros de línea y drenadores de condensado..... 179
XXXVIII. Costos de la propuesta 181
XXXIX. Plan de capacitación: diseño y funcionamiento del sistema de generación de aire comprimido 186
XL. Plan de capacitación: mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido..... 188
XLI. Plan de capacitación: rediseño del almacén de productos terminados 189
XLII. Plan de capacitación: planes de evacuación ante emergencias 190
XLIII. Plan de capacitación: uso adecuado de extintores 191
XLIV. Plan de capacitación: manejo y almacenamiento de químicos 192
XLV. Plan de capacitación: finanzas personales 193

XLVI. Plan de capacitación: creación de materiales en *software* SAP 194
XLVII. Plan de capacitación: conceptos de eficiencia y costo de producción .. 195
XLVIII. Plan de capacitación: sensibilización a la norma ISO 9001:5015 196
XLIX. Plan de capacitación anual 197
L. Costos del plan de capacitación 204

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Caballo de fuerza
Q (caudal)	Caudal
cm	Coeficiente de mantenimiento
cm	Centímetro
cu	Coeficiente de uso
USD	dólar estadounidense
p	Factor de refracción
gal	Galón
^{o}C	Grado Celsius
Hz	Hercio
H	Hora
K	Índice del local
Kg	Kilogramo
ACM	Lámina de aluminio compuesto
lb	Libra
Psi	Libra por pulgada cuadrada
lm	Lumen
m	Metro
m^3	Metro cubico
$m^{3/}$h	Metro cubico por hora
Mg	Miligramo
Min	Minuto
mm	Milímetro

Mpa	Mega pascal
ft	Pie
ft^3	Pie cúbico
CFM	Pies cúbicos por minuto
%	Porcentaje
“	Pulgada
Q	Quetzal
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundo
T	Tonelada métrica
Ud.	Unidad
Bar	Unidad de presión
UV	Ultravioleta
W	Vatio o Watt
V	Voltio

GLOSARIO

Bill of lading (BL)	Documento de comercio internacional propio del transporte marítimo que se utiliza como contrato de transporte entre un exportador y una naviera.
Caudalímetro	Instrumento que se utiliza para la medición de caudales en fluidos. También llamado flujómetro.
Drive in	Sistema de almacenamiento compacto, que permite aprovechar el espacio disponible por medio de la eliminación de los pasillos entre estanterías.
Duca	Documento que une las tres principales declaraciones aduaneras que ampara el comercio de mercancías en Centroamérica.
PEPS	Método de administración de inventarios, que consiste en dar salida a los productos en el orden de primeras entradas, primeras salidas.
Picking	Término que se utiliza en logística para designar a la actividad que consiste en recoger productos en distintas ubicaciones, que forman parte de un mismo pedido.

Sap	*Software* de gestión empresarial que integra soluciones para administrar la producción, inventarios, finanzas, logística y otras áreas en las empresas.

RESUMEN

Fosforera Centroamericana, S.A. es una empresa líder en la producción de fósforos de seguridad. Sus productos se fabrican en distintas presentaciones y se comercializan en todo el territorio centroamericano. Además, cuenta con certificaciones internacionales que avalan la calidad de sus productos y continuamente realiza inversiones que le permitan continuar siendo competitivos.

El documento está dividido en tres fases: en la primera fase de servicio técnico profesional; se realizó un diagnóstico de la situación actual en el almacén de productos terminados de la empresa, a través del cual, se identificó deficiencia en el nivel de servicio del almacén, ya que existe un número importante de devoluciones realizadas por motivos como: entrega de productos incorrectos, entrega de pedidos incompletos, retraso en las fechas de entrega o productos sucios y dañados. Todo ello, ocasionado por problemas en cuanto a la organización de los productos, codificación, rotación, distribución de zonas, limitación de espacio, procedimientos y condición de las instalaciones actuales.

El resultado fue un rediseño del almacén de productos terminados, que considera mejoras en las instalaciones, organización de las distintas zonas del almacén, clasificación de productos, nuevos sistemas de almacenamiento, cambio en los procedimientos y la creación de indicadores para medir el desempeño. De tal manera, que sea posible contar con un almacén competitivo mejorando el nivel de servicio.

La fase de investigación se desarrolló en el área de generación de aire comprimido de la empresa, a través del diagnóstico de la situación actual, se

identificó que existe una falta de confiabilidad en los equipos, ya que se producen fallos en los equipos que ocasionan cortes en el suministro o mala calidad del aire comprimido que llega a los distintos puntos de utilización, dando como resultado pérdida de eficiencia de las líneas de producción. Las principales causas son la antigüedad de los equipos, la deficiencia del mantenimiento y la falta de planificación que existió para realizar ampliaciones al sistema en años anteriores.

Utilizando como base la teoría existente sobre el adecuado diseño de los sistemas de generación de aire comprimido, se determinó correctamente el caudal de aire requerido por la empresa, se seleccionaron los equipos adecuados, se realizó el dimensionado de tuberías, se mejoran las condiciones físicas del área y se diseñaron programas de mantenimiento para los equipos. Todo ello garantizará la confiabilidad del sistema y la adaptabilidad para las necesidades futuras de aire comprimido que se tengan.

Para la fase de docencia, se elaboró un plan de capacitación anual basado en un diagnóstico de necesidades de capacitación en los departamentos de producción y almacenes. Por medio del diagnóstico se identificaron temas de capacitación que tienen como propósito reforzar la competencia del personal de dichos departamentos en temas que resultan importantes para el logro de los objetivos de la empresa.

.

OBJETIVOS

General

Rediseñar el almacén de distribución de productos terminados y mejorar el sistema de generación de aire comprimido.

Específicos

1. Diagnosticar la situación actual del almacén de distribución de productos terminados para identificar los problemas existentes.

2. Determinar las necesidades de almacenamiento y compararlas con la capacidad actual para determinar si el rediseño debe considerar una ampliación de la capacidad de almacenamiento.

3. Establecer mejoras a los procedimientos, instalaciones, distribución de zonas, organización de productos y sistemas de almacenamiento con la finalidad de aumentar el nivel de servicio del almacén.

4. Calcular la demanda de aire comprimido actual, requerida por la fábrica para dimensionar adecuadamente el sistema de generación de aire comprimido.

5. Realizar el diseño del sistema de generación de aire comprimido basado en cálculos de ingeniería con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento y confiabilidad del sistema.

6. Establecer los costos de inversión requeridos para el rediseño del almacén de productos terminados y las mejoras al sistema de generación de aire comprimido.

7. Diseñar un plan de capacitación anual basado en el diagnóstico de necesidades de capacitación.

INTRODUCCIÓN

Fosforera Centroamericana, S. A. es una empresa dedicada a la producción de fósforos de seguridad. Cuenta con una fábrica ubicada en ciudad de Guatemala, desde la cual se fabrican y se distribuyen los productos hacia la región centroamericana.

En el primero capítulo se muestra una descripción general de la empresa, su misión, visión, estructura organizacional y se describen los aspectos generales de las áreas las áreas de almacén de productos terminados y generación de aire comprimido donde se desarrolló este trabajo de graduación.

El capítulo dos, parte con un diagnóstico realizado en el almacén de distribución de productos terminados, donde se da a conocer la situación actual del mismo, en cuanto a procedimientos de trabajo, instalaciones, organización, productos y sistemas de almacenamiento utilizados. Con base en el diagnóstico se realizan propuestas para mejorar el desempeño del almacén, se crean listados que clasifican y describen las condiciones físicas de los productos, se mejoran las condiciones de estiba para maximizar la utilización del espacio en los pallets, se determina el nivel de rotación por producto por medio de un análisis ABC, se introducen cambios en el *layout* para mejorar el aprovechamiento del espacio disponible y se diseña un nuevo sistema de almacenamiento que incrementa en un 30 % la capacidad de almacenamiento.

El capítulo tres, aborda el sistema de generación de aire comprimido de la empresa, por medio de un proyecto de mejora, en el cual se diagnosticó de manera profunda la condición del sistema actual y se determinó la existencia de

problemas en su funcionamiento debido a la falta de mantenimiento y a la ausencia de un diseño planificado del sistema. Por ello, se realiza una propuesta para redimensionar el sistema haciendo uso de teoría y cálculos de ingeniería.

Algunos de los cambios que se proponen son: el incremento del diámetro de la tubería principal de 1.5” a 3.0”, debido a que el diámetro actual era insuficiente para el caudal que pasa por el sistema y esto ocasionaba una caída de presión por fuera de los parámetros teóricos. También, se proponen cambios en algunos equipos clave del sistema, puesto que no tienen la capacidad requerida o no están funcionando adecuadamente. El resultado final en este capítulo es el diseño de un sistema de generación de aire comprimido confiable, bien dimensionado, que puede garantizar la confiabilidad y calidad del aire que se requiere.

En el capítulo cuatro, se realizó un diagnóstico de necesidades de capacitación, el cual se enfocó en el personal operativo de las áreas de producción y almacenes. Por medio del desarrollo de este diagnóstico, se planteó un programa de capacitación anual que tiene por objetivo cerrar las brechas entre los conocimientos esperados por la empresa y los actuales que posee el personal.

1. GENERALIDADES DE FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.

1.1. Descripción

Fosforera Centroamericana, S. A. se encuentra ubicada en la ciudad de Guatemala. Se dedica a la producción de fósforos de seguridad en diferentes presentaciones y cuenta con más de 50 años de presencia en el país. En la figura 1 se muestra la ubicación de la empresa.

La empresa se originó al unirse con la fábrica de fósforos La Antorcha en 1965 y se establece en una nueva ubicación en el año de 1967. Inició a fabricar fósforos de cera y cartón, los cuales se vendían en el mercado nacional, logrando establecerse sólidamente en el país por la calidad de sus productos.

Posteriormente, realizó inversiones para adquirir maquinaria con la cual fabricar fósforos de seguridad con vástago de madera, esta maquinaria comenzó a producir en el año 1997, se continuaron realizando inversiones y se amplió la fábrica, hasta contar con una línea completa para fabricar palitos de madera, dos líneas de fósforo de madera y una línea para fabricar fósforos de cartón.

En el año 2014, la fábrica inició con el proceso de certificación ISO 9001:2008, meta que consigue alcanzar a finales de 2015, con ello, la fábrica estableció su sistema de gestión de la calidad y con lo que garantizó que los productos que produce se fabrican siempre de la misma manera y cumplen los estándares de calidad definidos. Esta filosofía se hace extensiva a todo el personal involucrado en la fabricación de los productos.

En 2019, la fábrica obtiene su certificación OSHAS 2018, lo cual le permite implementar un sistema de salud y seguridad ocupacional, con el objetivo de garantizar el bienestar de todos sus colaboradores.

Actualmente, la fábrica tiene planes en obtener nuevas certificaciones que le permitan continuar siendo líder en el sector de la fabricación de fósforos.

Figura 1. **Croquis de ubicación de Fosforera Centroamericana, S.A.**



Fuente: elaboración propia, realizado con Google Maps.

1.2. Misión

“Fabricar fósforos de seguridad con la más alta calidad, asegurando la satisfacción de nuestros clientes a través de la mejora continua en nuestros procesos y la excelencia en el servicio.” (Manual de calidad – Fosforera Centroamericana, S.A., 2017, p. 5).

1.3. Visión

“Ser reconocidos nacional e internacionalmente como líderes en la fabricación de fósforos de seguridad por su alta calidad, así como una empresa modelo en su sistema de gestión de la calidad, respetuosa de las leyes y socialmente responsable.” (Manual de calidad – Fosforera Centroamericana, S.A., 2017, p. 5).

1.4. Estructura organizacional

Fosforera Centroamericana, S.A. es una empresa privada y posee una estructura organizacional de tipo funcional, con roles, autoridad y responsabilidades definidas para cada uno de los integrantes de la empresa.

Esta subdividida en 10 departamentos: ventas, marketing, finanzas, recursos humanos, compras, logística, producción, calidad, mantenimiento y almacenes. Cada uno de los departamentos posee una jefatura, quien se encarga de centralizar las decisiones de su departamento y gestiona la comunicación hacia las jefaturas en niveles superiores del organigrama.

La empresa tiene desarrollados perfiles de puesto específicos para cada uno de los miembros de la empresa, esto permite conocer con exactitud el objetivo del puesto, la persona a quien reporta, a quien supervisa, los requisitos en cuanto a educación, experiencia, nivel de autoridad, nivel de responsabilidad y funciones principales.

Estos perfiles permiten definir y delimitar los requisitos que se requieren para ocupar cada uno de los puestos, lo cual facilita el proceso de

aprovisionamiento de personal y permite garantizar que se mantenga el nivel de competencia necesario para el adecuado funcionamiento de la organización.

Con la finalidad de favorecer la comunicación entre cada uno de los distintos departamentos que conforman la empresa, se realiza una reunión mensual, dirigida por el gerente general. En dicha reunión, cada jefatura de departamento reporta los resultados obtenidos durante el mes y se toman decisiones para reforzar los resultados positivos o corregir los resultados que estén fuera de los parámetros definidos. Además, se discuten proyectos y se notifican decisiones o cambios importantes en la empresa.

A continuación, se presenta una breve descripción de las funciones de los puestos principales de la empresa:

- Gerente general: ocupa el más alto nivel dentro de la organización y se encarga de la toma de decisiones estratégicas en cuanto a los resultados financieros, la incorporación de nuevos productos, la apertura de nuevos mercados y lidera las reuniones de seguimiento con cada uno de los gerentes.

- Gerente de ventas: es el líder de la fuerza de ventas de la empresa, sus funciones principales son el alcance de las metas de volumen de ventas, precio promedio y utilidad anual. Para ello asigna y da seguimiento a las cuotas de venta asignadas a cada vendedor y a los precios de venta por cliente.

- Gerente financiero: lidera al equipo de contabilidad y caja, es responsable de gestionar todos los recursos financieros de la empresa, reportando y

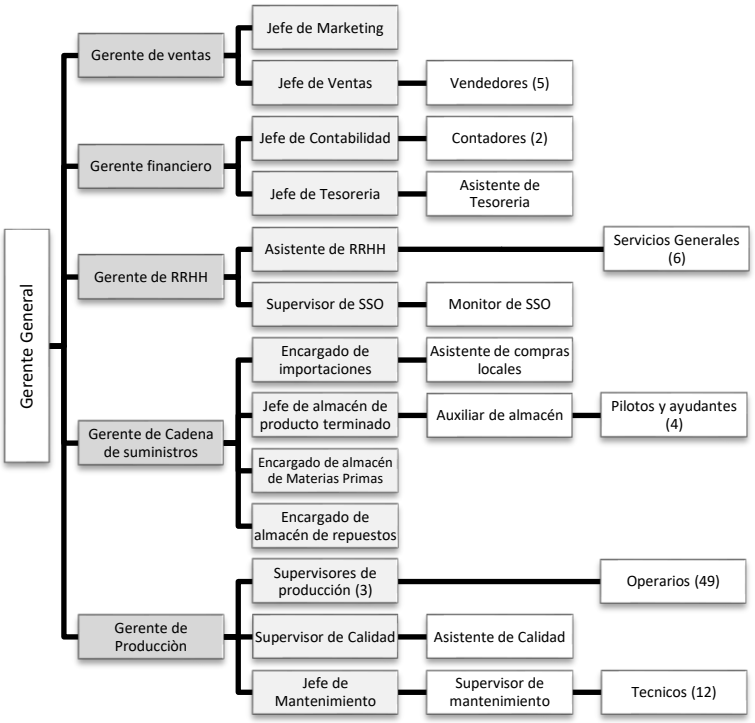
controlando los indicadores de utilidad, márgenes por producto, nivel de endeudamiento, flujo de caja y gestión de inversiones.

- Gerente de recursos humanos: lidera al equipo de recursos humanos y se encarga de las actividades de aprovisionamiento de personal, por medio de estrategias para la atracción de candidatos potenciales. Establece estrategias de motivación, evaluación del personal, gestión del talento y maneja los temas legales relacionados con la contratación y procesos de desvinculación laboral.

- Gerente de cadena de suministros: lidera al equipo de compras, almacenes, importaciones y exportaciones. Sus funciones principales son garantizar el aprovisionamiento de las materias primas, productos terminados, materiales y contratación de servicios en el tiempo requerido, con la calidad esperada y optimizando los costos. Además, se asegura del cumplimiento del presupuesto de compras, gestionando los precios y realizando negociaciones que permitan mejorar los costos de aprovisionamiento.

- Gerente de producción: responsable del manejo de los equipos de producción, calidad y mantenimiento de la empresa. Sus principales funciones son gestionar recursos y personal para lograr los objetivos de volumen de producción, costo de producción, eficiencia, minimizar las mermas, nivel de calidad y disponibilidad de maquinaria. También lidera los proyectos de inversión que requiere la fábrica, como ampliaciones de capacidad o incorporación de nuevas tecnologías.

Figura 2. **Organigrama de Fosforera Centroamericana, S.A.**



Fuente: Fosforera Centroamericana, S. A. (2023). *Manual de calidad.*

1.5. Almacén de distribución de productos terminados

El almacén de productos terminados forma parte del departamento de cadena de suministros y cuenta con un jefe de almacén quien es responsable de gestionar todas las actividades del almacén y del equipo asignado a su cargo según el organigrama de la empresa. A continuación, se describe al personal del almacén y sus funciones principales:

El jefe del almacén se encarga de planificar las rutas de entrega a clientes, facturar los pedidos de venta, gestionar al personal a su cargo, decidir sobre la organización del almacén, gestionar el presupuesto del almacén y es el responsable por el valor del inventario almacenado.

También se tiene un auxiliar del almacén, quién se encarga del manejo del montacargas para movilizar los productos en las zonas de carga y descarga, así como también, dentro del almacén. Mantiene el control de las existencias y debe conocer en todo momento, dónde están ubicados los productos. También se asegura de dar la rotación adecuada al producto y de cumplir con los tiempos de carga y descarga de unidades de transporte.

En el almacén también se cuenta con dos pilotos propios para las rutas de entrega, ellos son responsables de contabilizar los productos que son cargados en la unidad a su cargo, custodiar el producto desde la carga hasta la ubicación final en la bodega del cliente, se encargan del manejo de la documentación de la carga, preservar las condiciones de la unidad de transporte y de justificar los gastos por concepto de viáticos. En conjunto con los pilotos de unidades, laboran dos auxiliares de transporte asignados a cada unidad, siendo su principal responsabilidad apoyar al piloto en las actividades de carga y descarga.

Existe otro tipo de personal que no labora directamente para la empresa, los cuales son contratados externamente para actividades de carga y descarga de productos, así como también se contratan pilotos con unidades de terceros para cubrir las necesidades de entrega de pedidos a clientes. A pesar de que no se encuentran directamente en la planilla de la empresa, sí realizan actividades que resultan relevantes para el adecuado funcionamiento del almacén.

El almacén trabaja en una jordana diurna, que está compuesta de la siguiente manera: lunes a viernes de 7:00 am a 05:00 pm y días sábado de 7:00 am a 12:00 pm, teniendo un tiempo de almuerzo de una hora (1:00 pm a las 2:00 pm). A pesar del horario definido, en ciertas ocasiones, según la necesidad, es necesario realizar horas de trabajo adicionales para poder completar las actividades que se requieren.

Existen dos actividades principales que se realizan en el almacén, las cuales son: almacenamiento de productos terminados y distribución de productos terminados.

El almacenamiento consiste en recibir, organizar y mantener bajo resguardo los productos terminados con la finalidad de preservarlos en condiciones físicas óptimas, protegidos de posibles daños por factores ambientales o mermas por robo. El jefe de almacén es el responsable de garantizar que no existan faltantes o sobrantes de inventario y es quien rinde cuentas sobre cualquier posible diferencia de inventario. Para llevar a cabo la función de almacenamiento, la empresa cuenta con un almacén de 1,952 m^2, el cual se encuentra ubicado contiguo a la fábrica de producción. En la figura 3. Se muestra una vista general del espacio de almacenamiento.

La distribución de productos terminados se encarga de la planificación de rutas de entrega óptimas con la finalidad de poner a disposición de los clientes los distintos productos de manera efectiva, según los requerimientos del cliente y con enfoque principal en la satisfacción de estos. La distribución se realiza tanto a nivel nacional como centroamericano. Para ello, la empresa cuenta con unidades de transporte propias y también utiliza transporte tercerizado para poder suplir las necesidades de distribución.

Figura 3. **Vista general del almacén de productos terminados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

1.6. Área de generación de aire comprimido

En esta área se genera el aire comprimido requerido por los distintos puntos de uso dentro de la fábrica de producción de fósforos. El aire comprimido generado se utiliza para accionar mecanismos neumáticos para el funcionamiento de la maquinaria y para actividades de transporte del producto y limpieza de maquinaria.

La empresa cuenta con un cuarto separado específico, donde se ubican los distintos equipos y demás componentes. Este cuarto se encuentra ubicado contiguo a la fábrica de producción, lo cual permite reducir las distancias hacia los puntos de uso.

Es importante mencionar que esta área forma parte del departamento de producción y su mantenimiento está a cargo del área de mantenimiento de la empresa y de empresas especializadas que se subcontratan. En esta área no labora ninguna persona de manera permanente, ya que los equipos únicamente requieren intervención humana para el proceso de arranque y paro, lo cual se

realiza únicamente una vez por semana y está a cargo del técnico electricista de turno.

El sistema actual se compone de los siguientes equipos: compresor Kaeser CSD75 capacidad nominal 345 CFM, compresor Atlas Copco GA30 capacidad nominal 175 CFM, compresor Ingersoll Rand EP50-PE capacidad nominal 215 CFM todos a 150 psi., depósito de aire comprimido de 360 US.GAL. fabricado en hierro modelo 37-360, secador de aire Kaeser TE91 con capacidad nominal de 360 CFM, secador Ingersoll Rand TS200 con capacidad nominal de 215 CFM, filtros de línea KOR375, 2 trampas de condensado *Eco drain* 13 y conexión con tuberías de hierro de 1.5 pulgadas.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. REDISEÑO DEL ALMACÉN DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS

2.1. Diagnóstico general

Para realizar el diagnóstico general de la empresa, se utilizó la herramienta FODA, por medio de esta herramienta se analizaron los factores internos: fortalezas, debilidades y los factores externos: oportunidades y amenazas.

Para determinar tanto los factores internos como los factores externos se realizaron entrevistas no estructuradas a las distintas gerencias de la empresa, también se aplicó este tipo de entrevistas a los mandos medios como supervisores de producción, vendedores y jefaturas de las distintas áreas. Además, se revisaron informes relacionados con los resultados de auditorías de calidad, auditorias de salud y seguridad ocupacional y auditorias de clientes. Finalmente se tuvo acceso a los resultados anuales de los distintos indicadores de desempeño que la empresa lleva en cada una de las distintas áreas.

A continuación, se muestran los hallazgos identificados:

- Fortalezas:

F1: La empresa tiene implementado un sistema de gestión de la calidad certificado con la norma ISO 9001:2015. Dicha certificación se obtuvo en el año 2015 bajo la versión ISO 9001:2008 y que fue renovada a la versión actual en el año 2017. El certificado ha sido renovado y se encuentra vigente al año en curso.

F2: La empresa cuenta con un sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional certificado en la norma ISO 45001:2018, dicho certificado fue obtenido en el año 2018 y se encuentra vigente a la fecha.

F3: Fosforera Centroamericana, S.A. forma parte de un grupo industrial compuesto por varias fábricas que se dedican a la producción de fósforos ubicadas en todo Latinoamérica. Esto le permite fortalecer sus procesos por medio del intercambio de información entre fábricas y le permite obtener ventajas para las compras de productos por volumen.

F4: Se tiene un plan anual de entrenamiento de personal, el cual tiene por objetivo entrenar al personal para ocupar distintos puestos. Esto permite a la empresa flexibilidad para cubrir bajas de personal y también funciona para entrenar al personal que es candidato a promociones de puesto. En dicho plan ya están definidas la cantidad de horas mínimas de entrenamiento que se deben cumplir para cada puesto.

F5: Anteriormente la empresa utilizaba una caldera alimentada con diésel, para generar el vapor que es necesario para el proceso de producción. Actualmente se cuenta con una caldera acuotubular que se alimenta con los desperdicios de madera, cartón y fósforos que genera el proceso producto. Esto ahorra combustible y a la vez permite dar un uso a los desperdicios.

F6: Una de las materias primas principales para la producción de los fósforos son los palitos de madera. Estos palitos pueden ser de producción propia o importados de países como Rusia o India. Se considera una fortaleza el tener una línea de producción de palitos propia, ya que esto permite garantizar el abastecimiento de palitos y no depender de las importaciones. Además, es importante mencionar que la madera que se utiliza para producir los palitos

proviene de bosques sustentables según los requisitos del Instituto nacional de bosques.

F7: Se logró identificar que la empresa asegura el suministro de sus principales materias primas, por medio de emisión de contratos. Esto le permite garantizar preferencia en el abastecimiento.

F8: La empresa se encuentra desarrollando un plan para disminuir los costos de producción, que se elevaron en los últimos años a raíz de la pandemia.

F9: Se tienen acuerdos corporativos para la compra por volumen de los productos principales. Esto significa que la suma del volumen que tienen las distintas fabricas permite negociar mejores precios con los proveedores.

F10. La empresa lidera el mercado de producción de fósforos de seguridad a nivel centroamericano por su alta calidad.

F11: Es la única empresa dentro de Guatemala que se dedica a la producción de fósforos de seguridad.

- Debilidades

D1: Considerando las nuevas tendencias para la protección ambiental y regulaciones nacionales respecto al medio ambiente. Se considera como una debilidad que la empresa por el tipo de actividad aún no cuente con una certificación ambiental, la cual le permitiría solventar de mejor manera los requisitos gubernamentales en esta materia.

D2: Durante el recorrido se identificaron ciertas zonas en las que se observó falta de organización de elementos y señalizaciones. Al consultar por ello, se comentó que existe el interés en implementar un programa de 5s en todas las áreas, pero que aún no ha sido realizado.

D3: Revisando los indicadores mensuales que se llevan en la empresa se identificó que existen algunos trabajos de mantenimiento que no son del todo efectivos ya que las fallas se vuelven a presentar al poco tiempo. Esto ocasiona pérdida de tiempo y paradas futuras para volver a corregir estas fallas.

D4: Se identificó que durante los últimos años se tiene una tendencia a la alta rotación del personal de supervisión de fábrica. Esto ocasiona problemas para la estabilidad del departamento de producción, ya que el personal no cuenta con suficiente experiencia para solventar los problemas que se presentan en el área. Es importante analizar las causas y establecer un plan de acción.

D5: Se identificó una problemática existente en el almacén de productos terminados que está ocasionando un mal resultado en cuanto al nivel de servicio en la entrega de productos. Esta problemática está relacionada con la organización, procedimientos y gestión la del almacén.

D6. Revisando los indicadores de eficiencia, se identificó que existen una cantidad considerable de paros en la fábrica ocasionados por problemas con el suministro de aire comprimido. Profundizando más en el tema, se logró determinar que los equipos actuales están presentando fallos por problemas mecánicos o eléctricos.

D7. Se identificó desconocimiento del personal operativo en temas relacionados con su área de trabajo, como, por ejemplo: uso de equipo de

protección personal, manejo de extintores, manejo de químicos entre otros. Se considera necesario reforzar los conocimientos del personal operativo en estos temas.

D8: Actualmente la empresa vende únicamente dentro de Centroamérica y se considera que existe un mercado no explotado en países del caribe y Suramérica. Según pudo evidenciarse no existe un plan para expandirse hacia estos mercados actualmente.

D9: Falta de capacitación del departamento de importaciones y exportaciones en temas relacionados con procesos de aduana y nuevos cambios en la legislación de comercio exterior.

D10: Utilizando como base los registros de ausencia de personal se identificó que durante los años 2020 y 2021 se tuvo un alto índice de ausencia de personal por enfermedad ocasionada por el Covid19. Lo cual comprometió la capacidad productiva de la empresa.

- Oportunidades

O1: Existe alta aceptación del mercado para productos ecológicos que sean amigables con el medio ambiente. Se considera una oportunidad para la empresa el poder aprovechar las nuevas tendencias ecológicas que existen en el mercado.

O2: Durante la entrevista con el departamento de compras, se revisaron las materias primas que la empresa utiliza en su proceso. Posteriormente se realizó una investigación y se logró evidenciar que existen múltiples proveedores

en el mercado internacional que podrían suministrar estas materias primas, posiblemente a un precio más competitivo. Se debe evaluar la oportunidad.

O3: Nuevos tratados de libre comercio entre Guatemala y otros países. Que proporcionen tarifas arancelarias preferentes a productos que la empresa utiliza e importa.

O4: Alza en la cantidad de plataformas de *e-commerce* que se dedican a la venta de repuestos, principalmente en países como Estados Unidos y la Unión Europea. Estas plataformas pueden permitir a la empresa comprar repuestos a menor costo, puesto que la transacción se realiza directamente sin un intermediario nacional.

- Amenazas

A1: Actualmente en el país se ha prorrogado para septiembre de 2024 el cumplimiento a la regularización ambiental correspondiente al Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental 137-2016. Este tipo de regulaciones representan una amenaza para la empresa, ya que, así como este, pueden existir nuevas regulaciones que afecten a las actividades de la empresa. Por ello, es importante estar atento a estos cambios para anticipadamente realizar las gestiones necesarias y poder cumplir con la legislación.

A2: A raíz de la pandemia se ha tenido un incremento considerable de todas las materias primas, ocasionado por los altos costos energéticos, el alza en los fletes marítimos y la caída de productividad de las industrias. Este incremento de precios representa una amenaza para que la empresa pueda continuar siendo competitiva en el mercado.

A3: En el mercado existen productos sustitutos que realizan la misma función de proporcionar fuego, al igual que los fósforos. Algunos ejemplos son: los encendedores y los dispositivos de ignición electrónicos presentes en la mayoría de las estufas modernas. El alza en el uso de este tipo de sustitutos representa una amenaza para el negocio de los fósforos.

A4: Al igual que las regulaciones ambientales existe posibilidad de que en el país se exijan nuevos requisitos en materia de salud y seguridad ocupacional. Por lo tanto, es importante que la empresa esté atento a estos cambios, para poder ejecutar planes de acción oportunos.

A5: Nuevas legislaciones para la importación y exportación de productos peligrosos. Estas nuevas regulaciones pueden complicar el abastecimiento y elevar los costos de adquisición tanto para importar como para exportar.

A6: Paros, huelgas o crisis política en el país. Que complique las actividades regulares de entrega de productos a clientes y que puede ocasionar una caída en las ventas.

A7. Existen grandes cadenas de distribución de productos de consumo masivo, que cuentan con centros de distribución a lo largo del país, con cobertura a nivel nacional. Estas grandes cadenas pueden optar por incluir a los fósforos dentro de su catálogo y su capacidad de distribución logística puede representar una amenaza. En la tabla I se muestra un resumen de todos los hallazgos identificados.

Tabla I. **Matriz FODA**

	FORTALEZAS		DEBILIDADES
F1.	Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015	**D1.**	Aún no se cuenta con un sistema de gestión ambiental.
F2.	Sistema de salud y seguridad ocupacional ISO 45001:2018	**D2.**	No se tiene implementado un programa de 5s en la empresa.
F3.	La empresa pertenece a un grupo que posee fábricas en otros países de Latinoamérica.	**D3.**	Trabajos de mantenimiento con variación en su eficacia.
F4.	Programa anual de entrenamiento de personal operativo.	**D4.**	Alta rotación de personal de supervisión.
F5.	Se aprovechan los desperdicios del proceso productivo para generar vapor.	**D5.**	Mal resultado en cuanto a al nivel de servicio para la entrega de productos.
F6.	Producción propia de palitos de madera.	**D6.**	Paradas no planificadas de producción ocasionas por cortes en el suministro de aire comprimido.
F7.	Contratos con proveedores de materias primas principales.	**D7.**	Falta de capacitación del personal operativo.
F8.	Plan para reducir el costo de producción.	D8.	Ausencia de un plan para expandir las ventas hacia otros mercados.
F9.	Acuerdos corporativos para la compra por volumen de materias primas.	**D9.**	Falta de actualización en la capacitación del personal en temas de aduanas y cambios en la legislación de comercio exterior.
F10.	Liderazgo en el sector de producción de fósforos a nivel centroamericano.	**D10**	Paro de la fábrica por falta de personal a causa de enfermedades virales.
F11	En Guatemala es la única empresa que produce fósforos.		

	OPORTUNIDADES		AMENAZAS
O1.	Existe alta aceptación del mercado para productos amigables con el medio ambiente.	**A1.**	Nuevas regulaciones referentes al medio ambiente.
O2.	Amplia oferta de proveedores de materias primas en el mercado internacional.	**A2.**	Precio de materias primas con tendencia al alza en los últimos años.

Continuación tabla I.

O3.	**Nuevos tratados de libre comercio que proporcionen preferencias arancelarias.**	**A3.**	**Productos sustitutos a los fósforos.**
O4.	Alza en la cantidad de plataformas de *e-commerce* disponibles para la compra de repuestos.	**A4.**	Cambio en las exigencias gubernamentales en materia de seguridad industrial.
		A5.	Nuevas regulaciones con respecto a la importación y exportación de productos peligrosos.
		A6.	Paros, huelgas, crisis política en el país.
		A7.	Grandes distribuidores con cadenas de abastecimiento robustas que pueden competir en el mercado de fósforos

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para la creación de las estrategias se realizó una matriz de relaciones FODA, la cual se muestra en la tabla II. Esta matriz permite relacionar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, con el fin de facilitar la formulación de estrategias. El signo (+) indica que existe relación, el signo (++) indica que la relación es aún más fuerte y el (0) indica baja o ninguna relación.

Tabla II. **Matriz de relaciones FODA**

		OPORTUNIDADES				AMENAZAS						
		O1	**O2**	**O3**	**O4**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**
FORTALEZAS	**F1**	0	0	0	0	0	+	0	0	+	0	+
	F2	0	0	0	0	0	0	0	++	0	0	+
	F3	+	++	++	+	0	++	+	0	+	0	0
	F4	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	0
	F5	++	0	0	0	++	0	0	0	0	0	0
	F6	++	0	0	0	++	++	0	0	0	0	0
	F7	0	++	+	0	0	++	0	0	0	++	+
	F8	0	++	+	++	0	++	0	0	+	0	+
	F9	0	++	+	+	0	++	0	0	+	0	+
	F10	++	0	0	0	0	0	++	0	+	0	++
	F11	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	++
DEBILIDADES	**D1**	++	0	0	0	++	0	+	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	++	0	0	0
	D3	0	0	0	+	0	+	0	0	0	0	0
	D4	0	0	0	0	+	0	0	+	0	+	0
	D5	0	0	0	0	0	0	+	+	0	++	0
	D6	+	0	0	0	0	++	0	0	0	0	++
	D7	0	0	0	0	+	0	++	++	0	0	0
	D8	++	+	++	0	0	++	++	0	++	0	+
	D9	0	+	++	++	0	0	+	0	++	0	0
	D10	0	0	0	0	0	++	0	0	0	0	+

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

A continuación, se muestran las estrategias desarrolladas a partir de la matriz de relaciones FODA:

MAXI-MAXI (FO):

- Realizar una búsqueda conjunta de nuevos proveedores de materias primas en la que participen las distintas compañías que conforman el grupo de fosforeras, para maximizar el alcance de la búsqueda y poder

obtener los mejores precios posibles para las materias primas que se utilizan en común. (F3:O2)

- Crear una campaña de marketing que permita dar a conocer los esfuerzos que realiza la empresa con respecto al cuidado medio ambiental, a través del uso exclusivo de madera proveniente de bosques autosustentables y regulados por la legislación nacional. (F6, F5:O1)

- Actualizar los contratos actuales para el abastecimiento de materias primas principales, buscando obtener mejores beneficios en cuanto a precio y términos de pago. (F7:O2)

- Ejecutar y dar seguimiento al plan para la reducción de los costos de producción, ya que esto permitirá tener un precio más competitivo de cara a posibles acuerdos de libre comercio vigentes y futuros, para expandir las ventas hacia nuevos mercados. (F8, O3)

- Aprovechar la amplia oferta de proveedores de materias primas a nivel internacional existente, para contribuir a la reducción del costo de producción. (F8, O2)

- Identificar aquellos repuestos que representan el más alto costo de mantenimiento en cada una de las fábricas del grupo, para crear acuerdos con proveedores que puedan suministrar repuestos a un menor costo. (F9:O4)

- Realizar investigación y desarrollo de nuevos productos amigables con el medio ambiente. Aprovechando el liderazgo en la producción de fósforos y la alta aceptación del mercado para este tipo de productos. (F10, O1)

- Aprovechar la situación actual de liderazgo en el mercado y que se es el único fabricante de fósforos en el país, para mejorar el estándar de calidad del producto y diversificar el catálogo por medio de la incorporación de nuevos productos. De tal manera que pueda blindarse el mercado ante posibles competidores futuros. (F10, A7)

MAXI-MINI (FA):

- Incluir dentro de la matriz de seguimiento a los requisitos legales requerida por la norma ISO9001:2015, aquella legislación relaciona con la importación y exportación de los productos peligrosos que utiliza la empresa. (F1:A5)

- Realizar seguimiento a los requisitos legales vigentes en el país en materia de salud y seguridad ocupacional, haciendo uso de la matriz de los controles que ya se tienen como parte de la certificación ISO45001:2008 con la que cuenta la empresa (F2:A4)

- Mejorar el costo de producción de los palitos de madera, con el fin de ser más competitivos en cuanto al precio de venta. En comparación con los fabricantes de fósforos que deben importan los palitos desde otros países. (F6:A2)

- Aprovechar las buenas prácticas con respecto al medio ambiente que la empresa ya realiza, para facilitar la adaptación de la empresa ante nuevas regulaciones relacionadas con el cuidado del medio ambiente. (F5, F6: A1)

- Realizar un estudio de mercado que permita identificar los principales productos sustitutos a los fósforos con énfasis en el crecimiento del volumen de venta de estos a través de los años. Con el fin de establecer

un plan de acción para el mediano y largo plazo, que permita proteger la cuota de mercado de los fósforos. (F3, F10: A3)

- Rediseñar el almacén de productos terminados, con el fin de mejorar el nivel de servicio y fortalecer la logística. De tal manera que el almacén sea una ventaja competitiva que permita mantener el liderazgo en la comercialización de los fósforos. Para hacer frente a nuevos competidores que poseen grandes estructuras logísticas. (F11:A7)

MIN-MAXI (DO):

- Implementar un sistema de gestión ambiental para facilitar la incorporación de nuevos productos que sean amigables con el medio ambiente. (D1:O1)

- Evaluar la viabilidad y factibilidad de expandir las ventas hacia nuevos mercados, de tal manera que se pueda estar preparado ante posibles oportunidades por nuevas preferencias arancelarias para la exportación hacia otros países. (D8, O3)

- Fortalecer por medio de la capacitación las competencias del personal que se dedica a gestionar los tramites de aduana tanto para la importación como exportación de productos. Para cumplir adecuadamente con la legislación vigente y posibles actualizaciones futuras en materia de logística y aduanas. (D9:O3)

MIN-MIN (DA):

- Asignar a un responsable de actualizar continuamente con el Ministerio de ambiente y recursos naturales, información sobre nuevas exigencias próximas a ser aplicadas a las empresas que manufacturan productos. (D1:A1)

- Implementar un programa de 5s en la fábrica, con el objetivo de reducir la posibilidad de incidentes laborales. (D2: A4)

- Mejorar los tiempos de entrega de productos terminados, para mitigar el efecto negativo que tiene para la empresa el retraso en las entregas por posibles bloqueos en carreteras por paros, huelgas o crisis política. (D5: A6)

- Diseñar un plan de capacitación anual que permita desarrollar mayores competencias en el personal operativo, para fortalecer el logro de los objetivos de producción de la empresa. (D7: A3, A4)

- Crear un plan de contingencia para actuar de manera inmediata en caso de nuevos brotes de enfermedades virales, con la finalidad de mitigar los contagios y evitar paros en la producción no deseados que incrementen el costo de producción. (D10:A2)

- Realizar un diagnóstico y plan de mejora para el área de generación de aire comprimido, con la finalidad de eliminar los paros no planificados en la producción por fallos en el sistema. Así como también, preparar al sistema para futuros incrementos en la demanda de aire comprimido. (D6: A2, A7)

En el presente trabajo de graduación se abordarán las siguientes estrategias: rediseño del almacén de productos terminados, mejoras al sistema de generación de aire comprimido y la creación de un plan de capacitación anual para el personal operativo.

2.2. Análisis de la situación actual

Para el análisis de la situación actual del almacén de productos terminados, se consideraron todos aquellos aspectos fundamentales dentro de un almacén, de tal forma que pueda identificarse de manera completa la problemática existente.

Se describen y analizan los procedimientos de gestión actuales, para identificar cada una de las actividades que se realizan, para tener una visión completa del funcionamiento actual del almacén. Posteriormente se analizan los procedimientos y se establecen posibles cambios que pueden implementarse para la mejora en la gestión del almacén.

A través de un recorrido por el almacén se describen las instalaciones actuales, en cuanto al tipo de edificio, techos, pisos y las condiciones de iluminación y ventilación. Todo ello con el fin de determinar el estado del espacio físico donde se realizan las actividades del almacén y determinar su idoneidad para el correcto desempeño de las actividades.

Posteriormente se analiza la cantidad de productos individuales que se almacenan. La manera en la que los productos están distribuidos y organizados dentro del almacén, las condiciones de almacenamiento y el estado físico de los mismos. También se describe el método actual que se utiliza para dar rotación al inventario y el tipo de flujo de productos que se tiene. Otro aspecto importante con respecto a los productos es su fácil identificación dentro del almacén, por ello se describe como están actualmente identificadas las zonas del almacén, los pasillos y los productos.

Se detalla cada uno de los espacios actuales con los que cuenta el almacén, como, por ejemplo: accesos, zona de carga y descarga, muelles, zona de recepción, zona de almacenamiento y se presenta un *layout* actual del almacén que permite observar la totalidad del espacio disponible. En cuanto a los sistemas de almacenamiento se analiza el tipo de almacenamiento que se utiliza, la capacidad actual del almacén haciendo uso de dichos sistemas y se analiza el aprovechamiento del espacio tanto en el área disponible como la altura del almacén. Finalmente se describen los equipos utilizados para realizar las operaciones de movilización de productos en el almacén.

2.2.1. Procedimientos

Uno de los principales problemas que pudo evidenciarse al iniciar con el análisis de los procedimientos, es que no se contaba con documentos por escrito, si no que las actividades se realizan únicamente por conocimiento del personal. Por lo que, por medio de la observación minuciosa en las áreas de trabajo y entrevistas con el personal involucrado, se fueron recopilando cada uno de los procedimientos con los que funciona actualmente el almacén.

A continuación, se describen los procedimientos de gestión llevados a cabo en el almacén de productos terminados, las actividades que los componen y los responsables de ejecutar cada una ellas. Al final de la descripción de cada procedimiento se presenta un análisis donde se resaltan las deficiencias y oportunidades de mejora identificadas.

2.2.1.1. Recolección de producción diaria

El almacén de productos terminados se encuentra ubicado contiguo a la fábrica de producción. Por lo tanto, los productos terminados que son producidos

diariamente se entregan desde la fábrica hacia el almacén para su contabilización en el inventario, según el siguiente procedimiento:

- El operador de empaque paletiza cada producto producido en su turno según los requerimientos del almacén de productos terminados, en cuanto a cantidad de cajas por tarima y altura de estiba.
- El operado de empaque traslada los pallets utilizando un *pallet truck* manual y los ubica en el área asignada dentro de la fábrica para almacenar los productos terminados. En esta área, se almacenan los productos producidos en las últimas 24 horas, que corresponden a 2 turnos de producción de 12 horas cada uno.

- El auxiliar del almacén de productos terminados y el supervisor de producción en turno, en horario de 7:00 a 8:00 h, se reúnen en el área de almacenamiento de la fábrica para realizar el conteo de la producción en las últimas 24 horas.

- El auxiliar del almacén y el supervisor de producción de turno, verifican la cantidad producida de fósforos en millares, así como también, la marca y presentación. Una vez realizadas las verificaciones necesarias, el supervisor de producción envía por correo electrónico los partes de producción al auxiliar del almacén.

- El auxiliar del almacén realiza el traslado físico de los productos terminados desde el área de almacenaje en la fábrica hasta el almacén de productos terminados.

- El auxiliar del almacén utilizando como referencia el número de parte de producción generado por el supervisor de producción, realiza la contabilización del producto en el inventario.

A través de este procedimiento se actualiza diariamente el inventario que el almacén tiene disponible para realizar las entregas a clientes, por lo que, es de suma importancia que las cantidades, tipos de producto y presentaciones coincidan exactamente tanto en el inventario físico contabilizado y con el teórico que es reportado en el parte de producción posteriormente.

Una de las deficiencias que pudo notarse es que al finalizar el conteo físico de los productos que serán entregados por la fábrica, no se deja ningún registro validado por todos los participantes donde quede constancia de la cantidad de productos que fueron contabilizados físicamente. Esto ha causado que en algunas ocasiones el dato que posteriormente reporta el supervisor de producción por correo electrónico sea distinto al conteo físico. Si el auxiliar del almacén no nota la diferencia y realiza el ingreso, se produce una diferencia de inventario. Y si por el contrario logra identificar dicha diferencia antes del ingreso, es necesario volver a realizar el conteo físico para poder verificar nuevamente donde ha ocurrido el erro, lo cual representa pérdida de tiempo.

2.2.1.2. Recepción de productos

Este procedimiento describe las actividades que se realizan para dar ingreso a productos terminados locales e importados, que son adquiridos por el departamento de compras y que, posteriormente la empresa comercializa.

- El departamento de compras notifica al jefe del almacén la fecha estimada en la que ingresará un nuevo pedido de compra y le proporciona la

documentación según aplique: factura, orden de compra, póliza de importación y BL.

- El jefe del almacén proporciona instrucciones de descarga, indicando fecha y horario de recepción. También, contrata externamente a una cuadrilla de descarga y coordina según su programación. Estas instrucciones son compartidas con el transportista para que posicione la unidad.

- El jefe del almacén debe notificar al personal de garita, proporcionando datos de la unidad, piloto y destino para que se admita el ingreso de unidades en horarios no hábiles. Sin esta notificación, no se admite el ingreso de ninguna unidad.

- El auxiliar del almacén ubica la unidad en la zona de descarga e informa a la cuadrilla sobre el inicio de la operación, luego procede a cortar el marchamo de la unidad en presencia del transportista.

- El auxiliar del almacén y la cuadrilla proceden con la descarga. Durante este proceso se deben verificar las condiciones del producto y reportar al jefe del almacén ante cualquier anomalía.

- El auxiliar del almacén verifica que la cantidad de productos descargados coincidan con la factura de compra, cualquier diferencia debe ser notificada al jefe del almacén.

- El jefe del almacén reporta al departamento de compras en caso exista diferencia en cuanto a la cantidad o productos dañados. Con el fin de que, el departamento de compras realice el reclamo al proveedor.

- El auxiliar del almacén procede a contabilizar los productos físicos que fueron recibidos en el sistema de manejo de inventarios.

Realizando el análisis de este procedimiento se identificó que existe una problemática por acumulación de unidades para descarga, esto ocasiona molestias entre el departamento de compras, el almacén y el transportista. Esta situación, se produce porque en determinadas ocasiones, no se le notifica al auxiliar del almacén sobre la descarga de alguna unidad de importación, las cuales requieren mayor tiempo. Por lo tanto, no se planifica un orden de descarga adecuado y esto ocasiona que los transportistas tengan largos tiempos de espera y se incurra en el pago de estadías.

2.2.1.3. Planificación de la distribución de productos

Este procedimiento considera las actividades que se realizan para la planificación de la distribución de los productos a los clientes, tanto a nivel nacional como exportaciones.

- Distribución nacional:
  - El jefe del almacén obtiene del sistema SAP. Utilizando la transacción VA05, el listado de todos los pedidos de venta ingresados por los vendedores, pendientes de entrega. Este listado contiene: fecha de ingreso de la venta, cliente, dirección, cantidad, producto, precio unitario de venta, monto total, vendedor y ruta.

  - El jefe del almacén clasifica los pedidos de venta según la ruta a la que pertenecen, siendo estos: 200 Ciudad, 201 Periferia Ciudad, 202 Nororiente, 203 Occidente, 204 Sur, 205 Supermercados.

- El jefe del almacén realiza la sumatoria de la cantidad de productos pendiente por ruta. Esto le permite calcular la cantidad y capacidad de las unidades de transporte que necesita para poder realizar las entregas en cada una de las rutas.

- El jefe del almacén define qué pedidos se enviarán con transporte propio y cuáles con transporte de terceros, además, planifica las fechas de carga de cada uno de los transportes. Para entregas con unidades de transporte propio, se calculan los días en ruta y se proporcionan los viáticos considerando: combustible, peajes, parqueos, alimentación y hospedaje. Para entregas con transporte de terceros, se debe verificar la disponibilidad de unidades, costos y posteriormente coordinar con el transportista la fecha y hora en la que se realizará la carga del producto.

- El jefe del almacén procede a emitir facturas y guías de despacho para cada transportista. En estos documentos se detallan los productos, la cantidad y a qué clientes se debe entregar.

- El jefe del almacén se debe comunicar con el vendedor responsable de la cuenta para conciliar y ponerse de acuerdo para la entrega de algún pedido para el cual no se cuente con el inventario suficiente.

- Distribución de exportación:
  - El asistente de ventas en función de las órdenes de compra confirmadas y la proyección de ventas, realiza la planificación de despachos mensual para cada uno de los países destino y la comparte vía correo electrónico con el jefe del almacén.

- El jefe del almacén coordina con la agencia de transporte el posicionamiento de las unidades necesarias para cada exportación, también realiza la solicitud de custodios, en las fechas solicitadas por el cliente.

- La selección del tipo de unidades que realiza el jefe del almacén depende de la cantidad de producto y si se enviarán productos de almacén fiscal, de almacén general o combinados. Si se envían únicamente productos de almacén general, se utilizan unidades de transporte general. Mientras que, si se enviarán productos de almacén fiscal o carga combinada (general y fiscal) se deben utilizar unidades que posean fianza.

- La agencia de transporte, con base en el requerimiento realizado por el jefe del almacén, coordina las unidades y comparte los datos: nombre y apellidos del piloto, número de identificación, placas del cabezal y del furgón.

- El jefe del almacén debe notificar al personal de garita y proporcionar datos de la unidad, piloto y destino para que se admita su ingreso. Sin esta notificación no se admite el ingreso de ninguna unidad.

- Posteriormente, el jefe del almacén coordina la cuadrilla de carga, emite las facturas y la declaración aduanera (DUCA). Finalmente, informa al auxiliar del almacén sobre la planificación de carga.

Se identificó que se han cometido errores al momento de coordinar las unidades de transporte para despacho internacional, por problemas de

comunicación entre el departamento de ventas, el almacén de productos terminados y la agencia de carga. Principalmente, ocasionado por la manera en la que se comunican las instrucciones de exportación. Estas instrucciones se comparten vía telefónica o por correo electrónico, sin embargo, en ocasiones se omiten datos como, por ejemplo: la aduana de ingreso, el tipo de carga a transportar o si los impuestos de la carga serán pagados en frontera por el cliente o si será descargada en un recinto fiscal.

Esta falta de estandarización en la comunicación ocasiona retrasos en las entregas o incluso ha llegado a ocasionar problemas en aduana.

2.2.1.4. *Picking* y carga de unidades de transporte

Se describen las actividades que se realizan para preparar los pedidos de clientes y cargarlos en las unidades de transporte, según la planificación previa realizada tanto para pedidos nacionales como de exportación.

- El jefe del almacén informa las fechas de carga de las unidades al auxiliar, según la planificación en entregas nacionales o exportaciones.

- El auxiliar del almacén prepara los pedidos de los clientes y los ubica en los pasillos. Nota: Actualmente, no se tiene un área específica para preparar pedidos. En el caso de las exportaciones, cuando llevan un único producto, no es necesario realizar una preparación previa, ya que el producto se puede cargar directamente desde la ubicación de almacenamiento hacia el transporte.

- El auxiliar del almacén en el caso de los pedidos para cadenas de supermercados realiza un entarimado especial y etiquetado según el manual de requerimientos del cliente.

- El auxiliar del almacén procede a cargar los productos en las unidades de transporte.

- Durante el proceso de carga, el auxiliar del almacén y el transportista validan que el producto cargado este correcto y si es así, el transportista firma en una copia de la guía de despacho o factura y se procede a cerrar y colocar marchamo a la unidad.

- El auxiliar del almacén debe realizar una captura fotográfica de la condición del furgón vacío, el furgón lleno y de la colocación del marchamo.

- En caso exista alguna diferencia entre lo reportado por el auxiliar del almacén y el conteo realizado por el transportista, se procede a realizar un segundo conteo de validación hasta que ambos coincidan. En ese momento, se hace entrega de la documentación de la carga al transportista: factura, guía de despacho y DUCA según aplique.

Durante el análisis de la ejecución de este procedimiento se identificó una oportunidad de mejora orientada a la manera en la que se realiza el *picking* de los productos. Se considera necesario que el almacén disponga de un área específica para realizar el *picking* de productos, esto permitirá organizar de mejor manera cada uno de los pedidos por cliente y agruparlos según el transporte en el que se cargarán. Disminuyendo así el tiempo requerido para identificar

individualmente los pedidos que debe cargar cada transporte y evitar cargar productos incorrectos.

2.2.1.5. Entrega de productos a clientes

En este procedimiento se describen las actividades que se realizan para que los transportistas entreguen los pedidos a clientes tanto nacionales como internacionales.

- El transportista al tener la unidad cargada y habiendo sido proporcionados los documentos respectivos, procede a retirarse de la zona de carga y se dirige a la ubicación del primer cliente.

- El transportista tiene libertad de elegir el orden en el que visitará a los clientes, sin embargo, esto se hace bajo las siguientes consideraciones: ubicación del cliente, horario de recepción del cliente, tiempo de espera para recibir, prioridad de entrega, volumen de entrega y cita en rampa de descarga.

- El transportista procede a reportarse en la zona de descarga con el encargado de la bodega del cliente, entrega la documentación de la mercadería y espera a que le sean proporcionadas las instrucciones de descarga.

- Una vez han sido recibidas las instrucciones de descarga, el transportista se ubica en la zona de descarga asignada y procede a quitar el marchamo en presencia del bodeguero del cliente e inicia el proceso de descarga.

- Una vez finalizada la descarga, el cliente verifica que los productos y cantidades recibidas sean correctas, si todo está correcto el bodeguero del cliente firma y sella la factura. Algunos clientes también hacen entrega de un comprobante de recepción de mercancías (albarán).

- El transportista se dirige al área designada por el cliente para tramitar contraseña de pago.

- El transportista en caso exista algún faltante cuando se realiza la descarga, debe notificar al encargado del almacén. Si se valida que, desde el almacén de la empresa los productos salieron completos, es responsabilidad del transportista asumir la pérdida.

- En caso de que exista algún problema con el cliente, como, por ejemplo, que no quieran recibir, que exista demora para la descarga o errores en la facturación, el transportista debe notificarlo al jefe del almacén, quién a su vez pedirá el apoyo del vendedor responsable, para poder conciliar la situación presentada con el cliente.

- Al finalizar la ruta de entrega de clientes, el transportista deberá entregar toda la documentación al jefe del almacén (factura firmada y sellada por el cliente, albarán y contraseña de pago).

- En el caso de las exportaciones, se sigue el mismo procedimiento con la diferencia que, la unidad debe reportarse en la aduana de ingreso al país de destino, para que la agencia de carga del cliente realice el trámite aduanal, pago de impuestos por parte del cliente cuando aplique y pueda quedar liberada para continuar tránsito hacia la bodega del cliente.

Una de las problemáticas identificadas durante la ejecución de este procedimiento, es que existen antecedentes de malas prácticas en algunas bodegas de clientes, donde se reporta una menor cantidad de producto al momento de la descarga, lo cual ha ocasionado pérdidas económicas a la empresa ya que se evita entrar en conflicto con los clientes. Esto se da principalmente en aquellos casos donde los clientes poseen rampas de descarga y ellos realizan directamente el proceso de descarga. Mientras que, en los casos donde el propio personal de la empresa se encarga de descargar los productos, no se producen este tipo de diferencias. Por ello, se considera necesario implementar cambios en este procedimiento para disminuir o eliminar este tipo de incidencias.

2.2.2. Instalaciones

Se describen y analizan las instalaciones actuales del almacén de distribución de productos terminados, esto tiene por finalidad conocer a detalle el edificio que se utiliza actualmente, su organización y distribución. De tal forma que sea posible determinar su idoneidad para realizar el tipo de actividades que se requieren.

Como primer paso, se procede a determinar el tipo de almacén, esto resulta importante ya que, dependiendo de ello, se tomarán decisiones posteriores para el rediseño del almacén.

En el caso del almacén bajo estudio, por el tipo de producto que se almacena, la función logística, el régimen jurídico, la estructura y el grado de automatización, se define como: un almacén de productos terminados, por ser el único tipo de mercancía que se almacena dentro del mismo; central, porque es el almacén principal y está ubicado al lado de la fábrica de producción; propio de

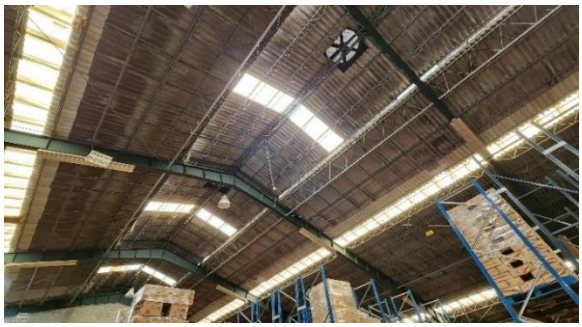
la empresa, cubierto, ya que su estructura cuenta con un perímetro y techo; y convencional, ya que no posee ningún tipo de automatización y todas las actividades requieren de la participación de personas para su funcionamiento.

El tipo de edificio es de segunda categoría, puesto que la construcción fue realizada con materiales sólidos, con muros de *block* y columnas de concreto. El techo es de acero estructural con cubierta de láminas de asbesto y el piso es de concreto armado pulido.

Los techos poseen una altura de 10.2 m en su parte más alta. El material con el que están fabricados es de láminas de asbesto en perfil P7 de 12 ft de largo. También posee cuatro franjas de láminas de policarbonato de 50 cm de ancho que abarcan la totalidad longitudinal del almacén, el propósito de estas láminas es permitir el ingreso de iluminación natural dentro del mismo.

Es importante mencionar que estas láminas fueron instaladas en el año de 1967, cuando se estableció la fábrica en su ubicación actual, por este motivo existe un deterioro considerable en los techos y se producen goteras recurrentes durante cada invierno. Esto obliga a la empresa a contratar un servicio de reparación de techos todos los años para prevenir daños a los productos. En la figura 4 se muestran los techos actuales.

Figura 4. **Techos del almacén de productos terminados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

En cuanto a los pisos, estos están construidos de concreto armado y poseen un recubrimiento de cemento pulido, lo cual favorece la durabilidad y facilita las tareas de limpieza. Aunque no se encontraron registros sobre la construcción del piso del almacén para determinar sus características de construcción de ingeniería, fue comentado por encargados de la empresa, que la construcción de pisos fue diseñada específicamente para las cargas que se soportan en el almacén y en la fábrica ya que, ambos edificios cuentan con el mismo tipo de pisos. En la figura 5 se muestra el tipo de pisos en el almacén.

Figura 5. **Pisos del almacén de productos terminados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

La iluminación del almacén se da de manera natural y artificial. De manera natural proviene de la luz solar que ingresa a través de las láminas de policarbonato traslucidas dispuestas en cuatro franjas de 50 cm de ancho, a lo largo de todo el almacén. Este tipo de láminas permite el paso de la luz solar durante el día, se observó que esta iluminación, resulta suficiente para realizar las actividades del almacén sin necesidad de recurrir a iluminación artificial al menos durante el día.

Mientras que, la iluminación artificial proviene de 8 lámparas de tipo fluorescentes compuestas de 2 tubos de 40w y 2,500 lm por tubo. Estas lámparas emiten un total de 40,000 lm de iluminación para todo el almacén.

Las lámparas están dispuestas sobre las vigas superiores del almacén con una separación de aproximadamente 8 m entre cada una. Durante el recorrido, se pudo observar que, durante la noche, este nivel de iluminación presenta dos inconvenientes: el primero, que la distribución de las lámparas no otorga un nivel de iluminación uniforme para todo el almacén, por lo tanto, existen puntos de sombra en algunos pasillos. El segundo inconveniente es el nivel de iluminación ya que es insuficiente durante la noche para observar adecuadamente cada uno de los productos.

Se considera necesario realizar cálculos de nivel de iluminación para determinar si el sistema actual es acorde al tipo de área que se desea iluminar y al tipo de actividades que se realizan en el almacén.

En cuanto a la ventilación esta es de tipo forzado, está compuesta por tres extractores de aire de techo de la marca Greenheck modelo RBE2L, con una capacidad de extracción de 8,000 CFM c/u, lo cual da un total de 24,000 CFM de capacidad de extracción. Estos extractores están ubicados en la parte superior

del techo, debido a que en esta zona es donde se acumulan los gases calientes. El ingreso de aire fresco proviene de un ventanal de 1.2 m de alto, dispuesto a lo largo de una de las paredes laterales del almacén, este ventanal se encuentra abierto en un 50 % y es la única área por donde puede ingresar aire fresco al almacén.

Adicional, se pudo notar que a pesar de que el sistema se encuentra en funcionamiento continuo, en el horario de 11:00 a 15:00 h en el que se tiene mayor exposición solar, se eleva la temperatura a 32 ^{o}C dentro del almacén, aunque esto no perjudica las actividades que se realizan dentro del mismo, sí representa una condición laboral incómoda para el personal. Por lo tanto, se considera importante analizar con cálculos de ingeniería si el sistema actual es acorde a los requerimientos de diseño de almacenes. En la figura 6 se muestra el tipo de extractores de techo utilizados.

Figura 6. **Extractores de aire del almacén de productos terminados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.2.3. Almacenamiento

Se analizan las actividades de almacenamiento con el fin de establecer las condiciones actuales de organización, identificación, criterios de rotación de inventario, distribución de zonas, sistemas de almacenamiento, paletizado, aprovechamiento del espacio disponible y equipos utilizados. Con el fin de

determinar si los productos se almacenan en la ubicación óptima, permitiendo una adecuada contabilización, identificación, preservación y fácil acceso.

Para ello se lista el total de *SKU* que se almacenan, describiendo el tipo de empaque de cada uno. Esto permite conocer la totalidad de productos y a la vez agruparlos en categorías. Posteriormente se analiza la manera en la que se asigna la ubicación a cada producto, su codificación, organización, así como también las condiciones físicas de preservación, y el criterio de salidas de inventario para la rotación de los productos.

También, se analizan las distintas zonas con las que cuenta el almacén, como: accesos, muelles de carga, recepción, *picking*, almacenamiento y una vista general del *layout* de distribución actual del almacén. Esto resulta relevante para conocer los recorridos que se realizan dentro del almacén para llevar a cabo las distintas operaciones.

En cuanto a los sistemas de almacenamiento se analiza a profundidad el tipo de paletizado que se realiza, según las dimensiones y pesos de cada producto, así como las alturas de estiba. También se determina qué tipo de sistemas de almacenamiento se utilizan, la capacidad de estos y que tan ideales son según el tipo de productos que se almacenan. En cuanto a los sistemas de almacenamiento es importante determinar el grado de aprovechamiento del espacio disponible que estos proporcionan, tanto en área superficial como en la altura del almacén.

Finalmente se describen y analizan los equipos utilizados para realizar los movimientos de productos dentro del almacén. Determinando las características técnicas, condición de funcionamiento, el mantenimiento y si la cantidad y tipo de equipos son suficientes para cubrir las necesidades del almacén.

2.2.3.1. Productos

Los productos pertenecen a 11 categorías diferentes, las cuales son: fósforos de madera, fósforos de madera promocionales, fósforos de cartón, fósforos extralargos, cerillos, enciende fuegos para parrillas, encendedores de gas, palillos de madera y bambú, paletas, velas y carbón vegetal.

El listado de productos terminados posee una codificación única, la cual es generada automáticamente por el sistema de facturación de pedidos con el que cuenta la empresa. No fue posible encontrar un registro que contenga todas las características de los productos terminados como peso, dimensiones, empaque, caducidad, condiciones de almacenaje, entarimado y altura de estiba. Según la observación realizada, estos datos tampoco se encuentran impresos en los empaques de cada producto, el auxiliar del almacén de producto terminado informó que, por experiencia, ya conoce cómo identificar cada producto y la manera en la que se debe entarimar.

Aunque esto resulta funcional para la empresa, es importante considerar que, en determinado momento, existirán rotaciones de personal, lo cual puede provocar errores para la identificación, estibado, almacenaje y despacho de los productos. En la tabla III se listan todos los productos.

Tabla III. **Listado de productos terminados**

Producto	Empaque
Fósforos Águila B10	Bolsa de papel
Fósforos Águila B50	Bolsa de papel
Fósforos Caballo Rojo B10	Bolsa de papel
Fósforos Caballo Rojo B50	Bolsa de papel
Fósforos Gallo A100	Caja corrugada
Fósforos Propasa A100	Caja corrugada
Fósforos Caballo Rojo A100	Caja corrugada
Fósforos Caballo Rojo A10	Caja corrugada
Fósforos Fogata A10	Caja corrugada
Fósforos Fogata A100	Caja corrugada
Fósforos Suli A10	Caja corrugada
Fósforos Fogata A10 ES	Caja corrugada
Fósforos Fogata A100 ES	Caja corrugada
Fósforos Kangaroo B50	Bolsa de papel
Fósforos Gol B50	Bolsa de papel
Fósforos Billa B50	Bolsa de papel
Fósforos Carterita Gallo C50	Caja corrugada
Fósforos Carterita Caballo Rojo C50	Caja corrugada
Fósforos Carterita Suli C50	Caja corrugada
Fósforos Carterita Publicitaria 1 Color	Caja corrugada
Fósforos Carterita Publicitaria 2 Colores	Caja corrugada
Fósforos Carterita Publicitaria 3 Colores	Caja corrugada
Fósforos Carterita Publicitaria 4 Colores	Caja corrugada
Fósforos Carterita Publicitaria 5 Colores	Caja corrugada
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240	Caja corrugada
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 5 Pack	Caja corrugada
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 3 Pack	Caja corrugada
Fósforos Extralargos Ecológico 120	Caja corrugada
Fósforos Extralargo Ecológico 120 3 Pack	Caja corrugada
Fósforos Gigantes Caballo Rojo	Caja corrugada
Fósforos Fogata Premium Ecológicos 40 Luces	Caja corrugada
Cerillos Gallo 1000 x 40 Luces	Caja corrugada
Cerillos Gallo 200 x 200 Luces	Caja corrugada
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 6x12	Bolsa de plástico

Continuación de la tabla III.

Sustituto de Ocote Caballo Rojo 4x12	Bolsa de plástico
Enciende fuegos Parrilleros Caballo Rojo	Caja corrugada
Enciende fuegos Parrilleros Fogata	Caja corrugada
Encendedores Fragata Piedra Normal 40 x 25	Caja corrugada
Encendedores Fragata Piedra Mini 20 x 25	Caja corrugada
Palillos para dientes El Sol Bambú 250x144	Caja corrugada
Palillos para dientes El Sol Bambú 500x72	Caja corrugada
Palillos para dientes El Sol Madera 250x144	Caja corrugada
Palillos para dientes El Sol Madera 500x72	Caja corrugada
Pinchos Bambú El Sol 20 CM 100X60	Caja corrugada
Pinchos Bambú El Sol 25 CM 100X60	Caja corrugada
Palito para Chocobanano El Sol 150x36	Caja corrugada
Paleta de madera El Sol 1000x10 114MM	Caja corrugada
Paleta de madera El Sol 100x100 114MM	Caja corrugada
Velas de parafina El Sol 24x10	Caja corrugada
Velas de parafina El Sol 24x8	Caja corrugada
Velas de parafina El Sol 24x5	Caja corrugada
Velas de parafina El Sol 24x4	Caja corrugada
Carbón Vegetal Caballo Rojo 3 Lb	Caja corrugada
Carbón Vegetal Caballo Rojo 5 Lb	Caja corrugada

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

No existe un orden específico para la distribución de los productos, ya que son colocados obedeciendo únicamente a la utilización del espacio que se encuentre vacío. Diariamente, la fábrica realiza la entrega de los productos producidos en el último turno, los cuales, por procedimiento, deben ser trasladados físicamente al almacén con el objetivo de despejar el área dentro de la fábrica para el siguiente turno de producción. El auxiliar del almacén trata de organizar los productos agrupando todos los que forman parte de un mismo SKU, sin embargo, en ocasiones, por limitación de espacio no es posible agruparlos, por lo que se almacenan por separado.

Este problema se da principalmente cuando el inventario del almacén está por encima de su capacidad y tiene un comportamiento estacional. Por ejemplo, al iniciar el año, normalmente se tienen bajos niveles de inventario, debido a que se deja de producir durante 2 semanas, para realizar mantenimiento mayor a la maquinaria. Sin embargo, a finales del mes de febrero, se vuelve a llenar la bodega hasta su máxima capacidad, llegando incluso, a tener que recurrir a utilizar almacenes externos para poder acumular todo el producto; principalmente, cuando no se cumple el presupuesto de ventas o se tiene ingreso de contenedores de producto importado.

Esta situación, representa un sobrecosto que impacta negativamente en el costo de los productos y, por consiguiente, en la utilidad de venta de estos. En la figura 7 se muestra un ejemplo de la ubicación de producto sobre los pasillos.

Figura 7. **Productos ubicados sobre los pasillos del almacén**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Para favorecer la rápida preparación de los pedidos de clientes y carga de unidades de transporte, es importante que cada uno de los productos pueda ser identificado con facilidad dentro del almacén. Para ello, es necesario conocer la ubicación exacta en la que se mantiene cada producto y que sean visualmente fáciles de identificar por cualquier persona responsable de la preparación de pedidos.

Durante el recorrido realizado en el almacén de productos terminados, se evidenció que no existe identificación visual de los pasillos, *racks*, nombres y códigos de cada producto, tal como se muestra en las figuras 8 y 9. Esta situación complica la tarea de identificación, provocando errores, lo que puede ocasionar devolución por parte de los clientes, ya que no reciben los productos correctos; adicional a esto, se retrasa la operación, ya que se debe leer directamente sobre el empaque del producto, el nombre, marca y presentación.

Figura 8. ***Racks* y pasillos del almacén sin identificar**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 9. **Productos sin identificar**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Considerando que una de las funciones principales de un almacén es garantizar que prevalezcan las condiciones óptimas de los productos desde su ingreso hasta la salida, se describen las condiciones de los productos por medio de una documentación visual. Para esta descripción, se realizó un recorrido por todo el almacén, documentando con fotografías, los aspectos que podrían considerarse como una problemática de preservación de productos. Es importante mencionar que en general, los productos se hallaron en buenas condiciones, sin embargo, se encontraron ciertos problemas de preservación.

Se notó la presencia de productos sucios y en mal estado, los cuales están colocados al fondo del almacén; al consultar por ellos, se informó que son productos dañados u obsoletos que están dentro del inventario contable y que por ese motivo los deben mantener dentro del almacén. Los productos presentan daños en el empaque externo, esto puede deberse a errores en la altura de estiba, ya que se les ha colocado un peso superior al que soportan. En las figuras 10, 11 y 12 se muestran algunos de los hallazgos.

Figura 10. **Tarima con velas dañadas**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 11. **Cajas con palillos dañadas**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

De igual forma, se identificaron algunos productos que presentan daño por humedad, específicamente, 30 cajas de producto que se dañaron por las lluvias, debido a que existen algunas goteras en los techos. Profundizando en el tema de la condición de los techos, se logró concluir, que este problema se repite todos los años y que a pesar de que se hacen las reparaciones necesarias, se generan nuevas goteras cada invierno.

Figura 12. **Producto con daños por humedad**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Durante el recorrido se encontraron elementos como neumáticos, cajas y artículos de limpieza acumulados en distintos lugares del almacén. La falta de asignación de ubicaciones específicas para cada elemento puede deberse a la ausencia de un plan de 5S, que permita mantener las condiciones óptimas en cuanto al orden y limpieza, separando los elementos necesarios de los innecesarios y estandarizando los procesos, para mantener estas condiciones a través del tiempo. Recordando que un programa 5S no funciona únicamente como una herramienta de mejora estética, sino que permite optimizar el estado del entorno de trabajo, mejorando la productividad de los procesos que se llevan a cabo.

El almacén sigue el método PEPS para poder dar salida y rotación al inventario. Existe una ventaja importante con el tipo de productos que se manejan, ya que ninguno de ellos es perecedero, por lo que, no afecta si se utiliza un método de salidas distinto. Sin embargo, la empresa ha seleccionado este método para poder dar una adecuada rotación al producto y que los lotes de producción sean entregados a los clientes en el orden que fueron producidos.

Fue posible identificar que, aunque el método actual definido por el almacén es PEPS, en ocasiones no se cumple, ya que por factores como: facilidad o dificultad para acceder a los productos, por desorganización o limitación de espacio, se realizan salidas que no deberían ser despachados del almacén, hasta consumir el lote que ingresó primero.

2.2.3.2. Distribución de zonas

El almacén cuenta con un único acceso, el cual funciona tanto para ingresar como para salir del área donde se almacenan los productos. Este acceso tiene un ancho de 4.10 m y 3.15 m de alto, donde está ubicado un portón corredizo de las mismas dimensiones. El acceso posee el tamaño justo para permitir el paso de un único montacargas a la vez, por lo tanto, si se deseará cargar una unidad haciendo uso de dos montacargas en simultaneo, sería posible, siempre y cuando no coincida su ingreso o egreso del almacén, ya que solo puede pasar uno a la vez.

La zona de carga y descarga es prácticamente inexistente, ya que las instalaciones cuentan con un único pasillo de ingreso donde están ubicadas todas las bodegas. El acceso a esta área es complicado, ya que existe una curva en la entrada, la cual obliga a los pilotos a maniobrar e ingresar de reversa. Además, en este pasillo, únicamente pueden colocarse camiones de 53 ft uno al lado del otro, pero bloquean totalmente el tránsito por esta área. Por este motivo se menciona que no existe una zona dedicada a la carga y descarga como tal, ya que, se utiliza el mismo pasillo de ingreso. Tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 13. **Vista general del pasillo de acceso hacia las bodegas**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Pasillo de bodegas, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

No existen muelles para la carga y descarga de los productos, por lo que, el nivel de altura entre el suelo del almacén y los furgones de carga es diferente. Esto hace ineficiente el proceso de carga, ya que, el montacargas no puede ingresar al interior de los furgones. Por lo tanto, los pallets son dejados en la entrada del furgón y se debe contratar a personal adicional, para que traslade los productos hacia el fondo de los furgones utilizando un *pallet truck* manual.

Según la observación realizada, se evidenció que una de las posibles causas por las cuales la empresa no cuenta con algún tipo de muelle, es la restricción de espacio, debido a que, tradicionalmente los almacenes cuentan con un área dedicada frente a los accesos que está a una altura superior a la del nivel del suelo donde transitan las unidades y el posicionamiento de estas se hace en línea con los accesos. Sin embargo, en el caso del almacén bajo estudio, por la restricción de espacio, el posicionamiento de las unidades debe hacerse perpendicular a los accesos.

La zona de recepción de productos se busca que este ubicada lo más cercano posible a la zona de descarga, para permitir agilizar los tiempos de

descarga de las unidades, almacenando y clasificando los productos temporalmente, previo a su almacenaje definitivo. En el caso de la empresa bajo estudio, no existe una zona de recepción y esto obliga a que cada *pallet* descargado, deba ser trasladado hasta su ubicación final dentro del almacén, lo cual ocasiona que los tiempos de descarga sean más lentos.

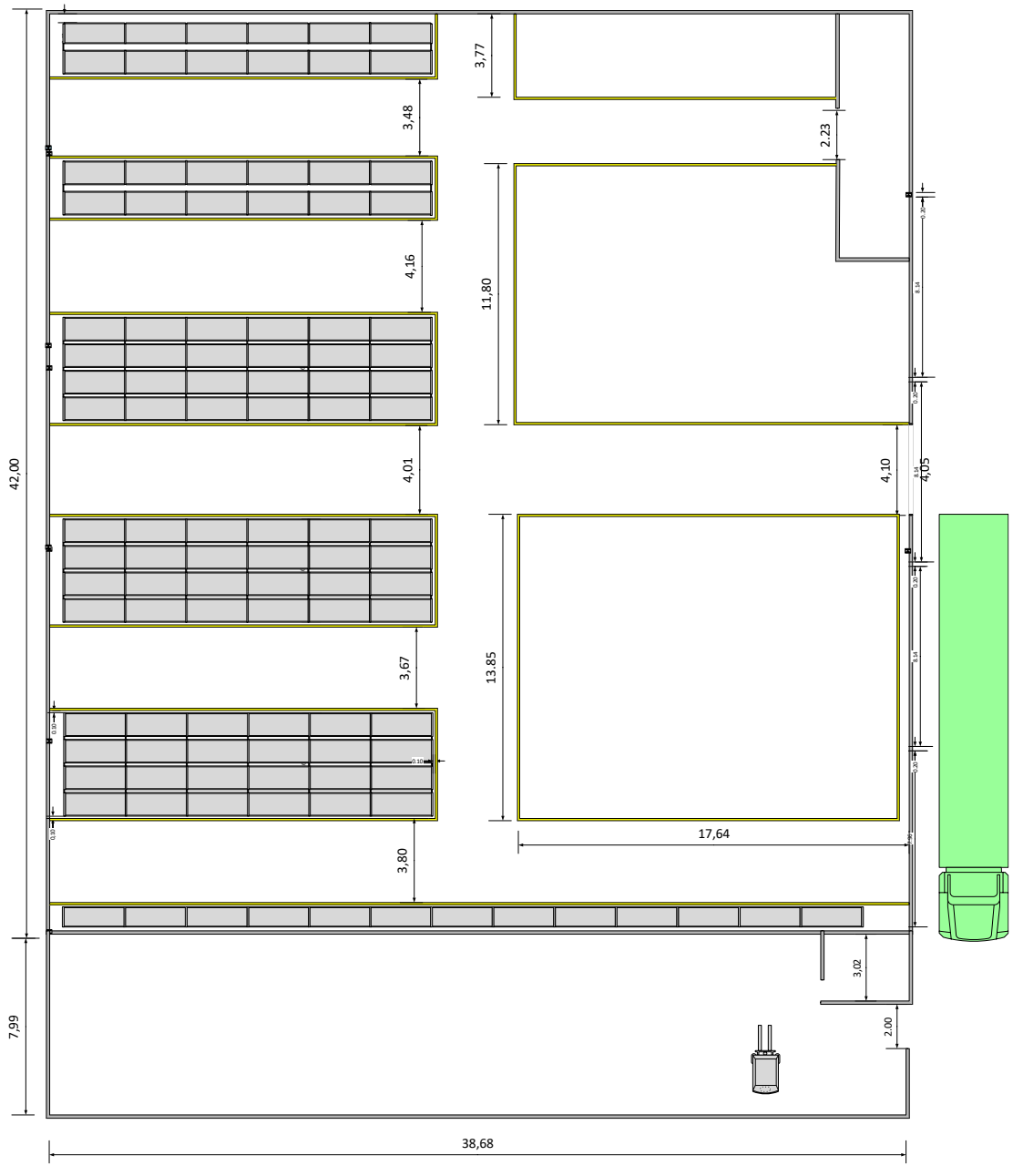
Para las zonas de almacenamiento se tiene un área total de 1,952 m^2, distribuidos en dos almacenes contiguos, que cuentan con un portón de acceso individual para cada almacén. Las dimensiones del almacén principal son de 42.22 m x 38.88 m. En este almacén existen dos zonas de almacenamiento que ocupan la mitad de este cada una.

En la primera zona, existen 5 pasillos principales donde se tienen instalados *racks* de almacenaje, con altura de 2 posiciones, agrupados en conjuntos de cuatro *racks* con acceso a dos posiciones desde cada pasillo. Para poder alcanzar la segunda posición, se debe utilizar un montacargas especial con pantógrafo para acceder al fondo del *rack*. En la segunda zona, las tarimas son ubicadas directamente sobre el piso, ya que no se tienen *racks* de almacenaje.

El almacén secundario tiene dimensiones de 7.99 m x 38.88 m. En este almacén, no se tienen elementos fijos de almacenaje como *racks*, por lo que todo el producto es estibado directamente sobre el piso. Ambos almacenes tienen techo a dos aguas, con medidas en la parte más alta de 10.2 m y 4.2 m en la parte más baja.

Para tener una mejor apreciación de las áreas, en la figura 14 se muestra el *layout* actual del almacén.

Figura 14. ***Layout* actual del almacén de productos terminados**



Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Visio 2020.

2.2.3.3. Sistemas de almacenamiento

Durante la etapa de diagnóstico, fue posible notar que la empresa utiliza dos sistemas de almacenamiento distintos, los cuales son: sistema de almacenamiento de bloques apilados y sistema de almacenamiento convencional. A continuación, se describen ambos sistemas:

- Sistema de almacenamiento de bloques apilados

Este sistema consiste en colocar los productos directamente sobre el suelo del almacén, siendo una de sus principales ventajas permitir el aprovechamiento del área disponible, puesto que, el producto se coloca en bloques contiguos uno del otro sin dejar espacios intermedios para pasillos. Sin embargo, tiene la desventaja de estar limitado en altura, ya que, al no existir elementos de almacenaje para soportar el producto, se puede estibar únicamente a la altura que soporte el producto que se encuentra debajo y a una altura que no comprometa la estabilidad del producto.

En el caso del almacén que se analiza, la empresa utiliza bloques apilados en la mitad del almacén y únicamente estiba a una altura de dos *pallets*. Puesto que, una altura mayor, hace que el producto sea demasiado inestable y puedan producirse accidentes. Además, la empresa ha dejado pequeños pasillos de separación entre cada bloque, lo suficientemente anchos para que una persona pueda caminar a través de ellos y realizar el conteo del producto. La capacidad de almacenaje con el sistema de bloques apilados que tiene el almacén es de 880 *pallets.* En la siguiente figura se muestra el sistema de bloques apilados actual.

Figura 15. **Almacenamiento del tipo bloques apilados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Sistema de almacenamiento convencional

En el almacén se encuentran instalados *racks* de almacenaje de doble altura y de doble profundidad. Estos *racks* proporcionan una capacidad para almacenar 402 pallets en total. Una de las ventajas de este sistema, es que los *racks* proporcionan soporte a cada uno de los *pallets*, lo cual favorece a los productos que tienen empaque no rígido y peso considerable, debido a que pueden ser estibados a mayores alturas, puesto que, el peso es soportado por la estructura del *rack*.

Es importante mencionar que para acceder a los *racks* de doble fondo se debe utilizar un montacargas especial con función de pantógrafo, lo cual permite extender la longitud de las cuchillas y de esa manera conseguir llegar al fondo del *rack*.

También se debe considerar, que el sistema convencional permite estibar a mayor altura que el de bloques apilados, por lo que es ideal para aprovechar la altura que tienen algunos almacenes. En el caso de la empresa bajo análisis, estos *racks* únicamente llegan a una altura de 4.5 m, sin embargo, el almacén en su zona central tiene una altura de 10.2 m, por lo que se considera que no se está aprovechando la principal ventaja de este tipo de sistema. En la figura 16 se muestra una fotografía del sistema de almacenamiento del tipo convencional que se utiliza actualmente.

Figura 16. **Almacenamiento del tipo convencional**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Análisis de aprovechamiento del espacio de almacenaje

Para el análisis de aprovechamiento del espacio, se realizó un conteo de todos los *pallets* que pueden ser ubicados dentro del almacén, considerando las alturas de estiba actuales, los *racks* y el espacio en piso disponible.

Para realizar un cálculo más preciso, se utilizó el *Software* Microsoft Visio 2010, con el cual, se diagramó un plano a escala del almacén. Esta herramienta permitió colocar *pallets* a escala para contabilizar el total que pueden ser ubicados en el espacio disponible.

A continuación, se detalla el análisis realizado a través del cual se determinó que existe espacio en el almacén, que puede ser aprovechado utilizando los mismos sistemas de almacenaje con los que ya se cuenta. Adicional, en la etapa de diseño se plantearán propuestas para implementar otros sistemas de almacenaje, con los cuales puede incrementarse considerablemente la cantidad de producto que podrá almacenarse. Esto resulta especialmente relevante, ya que la empresa está en proceso de ampliación de su capacidad instalada, lo cual demandará mayor necesidad de espacio.

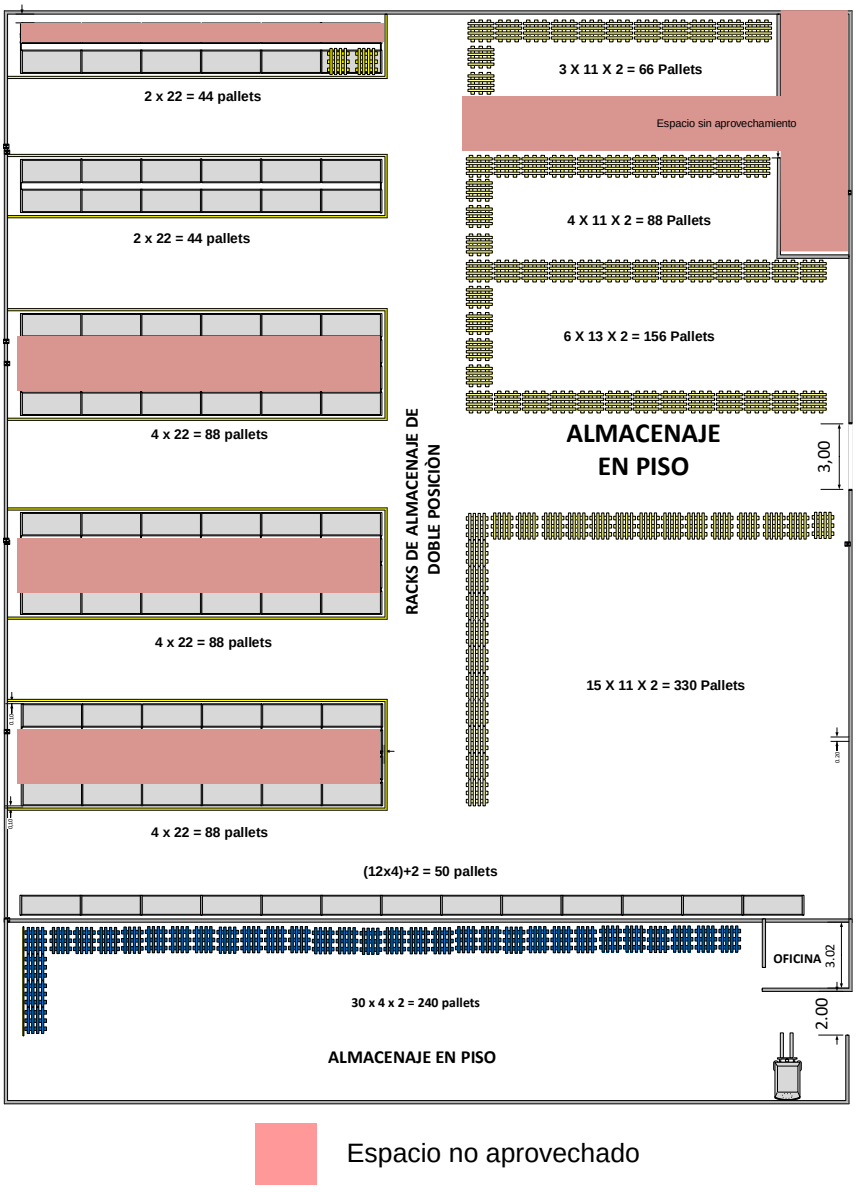
- Aprovechamiento del área en piso

Para analizar el aprovechamiento del área en piso del almacén, se utilizó un plano a escala, el cual permitió visualizar la disposición actual que tienen los *pallets*.

En el lado izquierdo del almacén, donde se utiliza un sistema de almacenamiento convencional en *racks*, existe espacio que no está siendo utilizado, debido a que, para acceder a esos *racks* se necesita un montacargas eléctrico con pantógrafo, el cual se encuentra dañado desde hace más de 8 meses y por el alto costo de adquisición de un montacargas nuevo, no se ha realizado la inversión. Este espacio desaprovechado equivale a un total de 154 *pallets* que, a su vez, equivale a 6 contenedores.

Mientras que, en el lado derecho del almacén, donde se utiliza el sistema de almacenamiento de bloques apilados, se identificó que existe una pérdida de espacio de almacenamiento, debido a que se debe dejar un pasillo completo para poder acceder a una pequeña bodega de archivo ubicada al fondo del almacén. Se considera que este espacio está siendo mal aprovechado y que, reubicar dicha bodega de archivo, permitirá utilizar el espacio para almacenar 62 *pallets* adicionales, lo cual equivale a 2.5 contenedores más. Si se corrigen los problemas con los *racks* de doble posición y si se reubica la zona la bodega de archivo, es posible recuperar espacio para almacenar un total de 216 pallets. En figura 17 se muestra marcado en rojo las áreas que no están siendo aprovechadas.

Figura 17. **Plano de aprovechamiento del espacio en el piso del almacén de productos terminados**



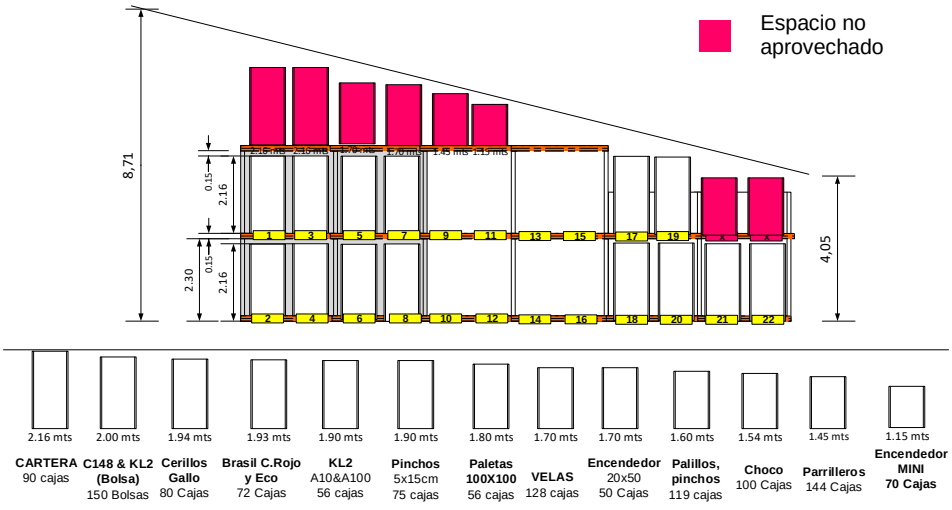
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2020.

- Aprovechamiento de la altura del almacén

Para analizar la situación actual de aprovechamiento de la altura de almacenaje, se realizó una representación gráfica de la altura del almacén y de la altura de estiba actual de los productos. Esto permitió determinar cuál es el alto máximo de estiba que se utiliza y de esta manera, poder calcular la cantidad de *pallets* que pueden ser ubicados verticalmente en el espacio.

Es importante mencionar que el techo del almacén es un techo a dos aguas, por lo que la altura en el centro del almacén es la altura máxima y en los extremos se va reduciendo hasta llegar a la altura mínima. Actualmente, en el almacén se colocan únicamente 22 *pallets* por *rack*, sin embargo, haciendo el análisis, fue posible determinar que existe espacio disponible en posiciones superiores, en las cuales, es posible almacenar producto. En total, pueden colocarse 8 *pallets* adicionales por *rack* como se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Diagrama de aprovechamiento del espacio vertical en *racks***



Fuente: elaboración propia realizado con Microsoft Visio 2019.

Por lo tanto, sin realizar ninguna inversión en sistemas de almacenamiento, es posible que el almacén pueda incrementar su capacidad en un total de 344 *pallets*, lo cual equivale a un 21.16 %. En la tabla a continuación se resumen los resultados del análisis:

Tabla IV. **Resumen del análisis de aprovechamiento del espacio de almacenaje**

Tipo de sistema	Aprovechado (#Pallets)	Desaprovechado (#Pallets)	% Desaprovechado
Bloques apilados	880	216	19.71 %
Convencional	402	128	24.15 %
Totales	**1,282**	**344**	**21.16 %**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

2.2.3.4. Equipos para manipulación de carga

Los equipos utilizados en el almacén para realizar la manipulación de carga están compuestos por un total de tres montacargas. Estos equipos funcionan con gas LP y uno se alimenta de manera eléctrica. A continuación, se describen y analizan las especificaciones, el uso y las condiciones de cada uno de los equipos:

- Montacargas marca Toyota modelo 32-8FG10

Tiene una capacidad de carga de 1 tonelada y puede elevar carga hasta una altura de 5 m. El equipo funciona con gas LP y como opción secundaria, puede funcionar con Diesel. Dicho montacargas fue adquirido en el año 2010.

Actualmente el montacargas se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento y los registros de mantenimiento indican que cuenta con un plan de mantenimiento a cargo de una empresa del mercado nacional.

- Montacargas marca Toyota modelo 32-8FG25

Tiene una capacidad de 2.5 toneladas y puede elevar carga hasta una altura de 5m. Este montacargas funciona con gas LP y fue adquirido en el año 2015. De acuerdo con los registros de mantenimiento, existe una empresa que se dedica a realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo al equipo y no ha presentado ningún fallo considerable o a dejado de estar operativo desde su adquisición.

- Montacargas eléctrico Yale modelo NDR030ACNL24TE089

Este montacargas es del tipo eléctrico, tiene una capacidad de 2 toneladas de carga con levantamiento a una altura de 5.1 m. Cuenta con un pantógrafo que permite extender la longitud de las cuchillas hasta 2.5 m, lo cual se utiliza para colocar producto en *racks* de doble fondo. Es importante mencionar que este montacargas no se encuentra operativo actualmente, ya que, presentó problemas eléctricos en la computadora principal y esto obligó a la empresa a rentar un montacargas a finales del año 2021, para poder acceder al producto que tenían almacenado en los *racks* de doble fondo.

Posterior a ello, se tomó la decisión de no colocar más producto en los *racks* de doble fondo, ya que no cuentan con el equipo que se requiere para hacer uso de ese espacio. A la fecha, la empresa aún no soluciona el problema con el montacargas requerido para aprovechar todo el espacio en los *racks* de doble fondo, debido a que no se autorizó el presupuesto para la compra de uno nuevo.

Durante el recorrido por las instalaciones, fue posible observar que el montacargas ha sido marcado como fuera de servicio y que las baterías presentan corrosión en los bornes de conexión, según se muestra en las figuras 19 y 20.

Figura 19. **Montacargas eléctrico Yale ND18 fuera de servicio**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 20. **Corrosión en baterías de montacargas Yale ND18 fuera de servicio**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.3. Rediseño del almacén de distribución de productos terminados

El rediseño del almacén de distribución de productos terminados considera propuestas de mejora que son necesarias para el adecuado funcionamiento del almacén y la satisfacción de las necesidades de la empresa, todas ellas tienen como base las deficiencias y oportunidades de mejora identificadas durante la etapa de diagnóstico.

Entre las propuestas se incluyen cambios en los procedimientos de trabajo, mejora de las instalaciones físicas en cuanto a infraestructura y condiciones de iluminación y ventilación. Mejoras en las clasificación, organización e identificación de los productos. Nuevos sistemas de almacenaje que permiten maximizar el aprovechamiento del espacio y ampliar la capacidad del almacén. Así como también, la creación de indicadores de desempeño para medir los resultados de todos los cambios propuestos.

2.3.1. Procedimientos

Considerando que la empresa no contaba con procedimientos para el almacén de manera escrita, fue necesario realizar el levantamiento por medio de la observación directa en las áreas de trabajo y entrevistas con el personal involucrado en cada uno de ellos. Posteriormente se realizó una validación de estos y a través del análisis se plantean mejoras a cada uno de ellos.

A continuación, se muestran los procedimientos mejorados, introduciendo cambios en las actividades o agregando documentos que permiten controlar de mejor manera la operación del almacén. Para facilitar la identificación de las propuestas, se agrega una descripción al inicio de cada procedimiento, donde se

describen las deficiencias u oportunidades de mejora identificadas y los cambios propuestos.

Los nuevos procedimientos se registran según el formato y codificación ya definido por la empresa y que es utilizado para los procedimientos en las demás áreas.

2.3.1.1. Recolección de producción diaria

Para este procedimiento se identificó que existe cierta problemática entre las cantidades de producto reportadas por el supervisor de producción y las contabilizadas por el auxiliar del almacén. Esto, debido a que, aunque se realiza conteo en presencia de ambas partes, no se deja un registro por escrito que permita verificar posteriormente cuales fueron las cantidades correctas que la fábrica entrega al almacén.

Es por ello, que se propone adicionar al procedimiento el registro de entrega de producción diaria, por medio de un formato que deberá ser firmado tanto por el supervisor de producción como por el auxiliar de almacén. Esto permitirá tener un registro de las cantidades de producto correctas que fueron contabilizadas, antes de realizar el traslado hacia el almacén. En la figura 21. Se muestra el procedimiento mejorado. Y en el apéndice 1 se muestra el registro creado para la entrega de producción diaria.

Figura 21. **Procedimiento de ingreso de producción diaria**

Fosforera Centroamericana, S.A.	**RECOLECCIÓN DE PRODUCCIÓN DIARIA**	**Código:** BPT-PRD-01	**Versión:** 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	**Página:** 1 de 2

1. Definición:

Este procedimiento define las actividades que se debe realizar para que la fábrica entregue los productos producidos diariamente al almacén de productos terminados.

2. Alcance:

Este documento aplica únicamente a los productos terminados que son producidos directamente por la fábrica. No considera los productos importados.

3. Descripción:

3.1 El operador de empaque paletiza cada producto producido en su turno según los requerimientos del almacén de productos terminados, en cuanto a cantidad de cajas por tarima y altura de estiba.

3.2 El operado de empaque traslada los pallets utilizando un pallet truck manual y los ubica en el área asignada dentro de la fábrica para almacenar los productos terminados. En esta área, se almacenan los productos producidos en las últimas 24 horas, que corresponden a 2 turnos de producción de 12 horas cada uno.

3.3 El auxiliar del almacén de productos terminados y el supervisor de producción en turno, en horario de 7:00 a 8:00 h, se reúnen en el área de almacenamiento de la fábrica para realizar el conteo de la producción en las últimas 24 horas.

Continuación de la figura 21.

3.4 El auxiliar del almacén y el supervisor de producción de turno, verifican la cantidad producida de fósforos en millares, así como también, la marca y presentación. **Una vez realizadas las verificaciones necesarias, el supervisor de producción anota en el registro de entrega de producción diaria, la cantidad de producto a ser entregado al almacén, y tanto el supervisor como el auxiliar del almacén firman de conformidad en el registro.**

3.5 El supervisor de producción envía por correo electrónico los partes de producción.

3.6 **El auxiliar del almacén compara el registro de entrega de producción diaria contra el parte de producción enviado por el supervisor de producción.** Si los datos son correctos, procede a realizar el traslado físico del producto hacia el almacén.

3.7 El auxiliar del almacén, una vez finalizado el traslado de los productos. Realiza el ingreso de estos en el sistema de control de inventarios.

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fosforera Centroamericana, S.A.	RECOLECCIÓN DE PRODUCCIÓN DIARIA	Código: BPT-PRD-01	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 2 de 2

4. Registros

NOMBRE DEL REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO
Entrega de producción diaria	BPT-FOR-01

Continuación de la figura 21.



5. Anexos

REGISTRO DE ENTREGA DE PRODUCCIÓN DIARIA BPT-FOR-01

Fecha	

Código	Producto	Cantidad entregada

Firma del supervisor de producción

Firma del auxiliar del almacén

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 365.

2.3.1.2. Recepción de productos

Según el diagnóstico realizado se propone agregar en el procedimiento que una vez se coordinen las instrucciones de descarga por parte del jefe del almacén, por procedimiento se notifique al auxiliar para que en conjunto coordinen los horarios y días de descarga de tal manera que se reduzcan los tiempos de espera.

Figura 22. **Procedimiento de recepción de productos**

Fosforera Centroamericana, S.A.	RECEPCIÓN DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-02	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 1 de 2

1. Definición:

Este proceso contempla las actividades que se realizan para dar ingreso a productos terminados locales e importados, que son adquiridos por el departamento de compras y que, posteriormente la empresa comercializa.

2. Alcance:

Productos comprados a proveedores externos, adquiridos por el departamento de compras.

3. Descripción:

3.1 El departamento de compras notifica al jefe del almacén la fecha estimada en la que ingresará un nuevo pedido de compra y le proporciona la documentación según aplique: factura, orden de compra, póliza de importación y BL.

3.2 El jefe del almacén proporciona instrucciones de descarga, indicando fecha y horario de recepción. **Estas instrucciones se deben conciliar con el auxiliar del almacén para coordinar la cantidad de unidades y los tiempos de descarga por día, de tal manera, que se optimice el aprovechamiento del tiempo y se reduzca el tiempo de espera de los transportistas.**

3.3 El jefe del almacén contrata externamente a una cuadrilla de descarga y la coordina según la programación.

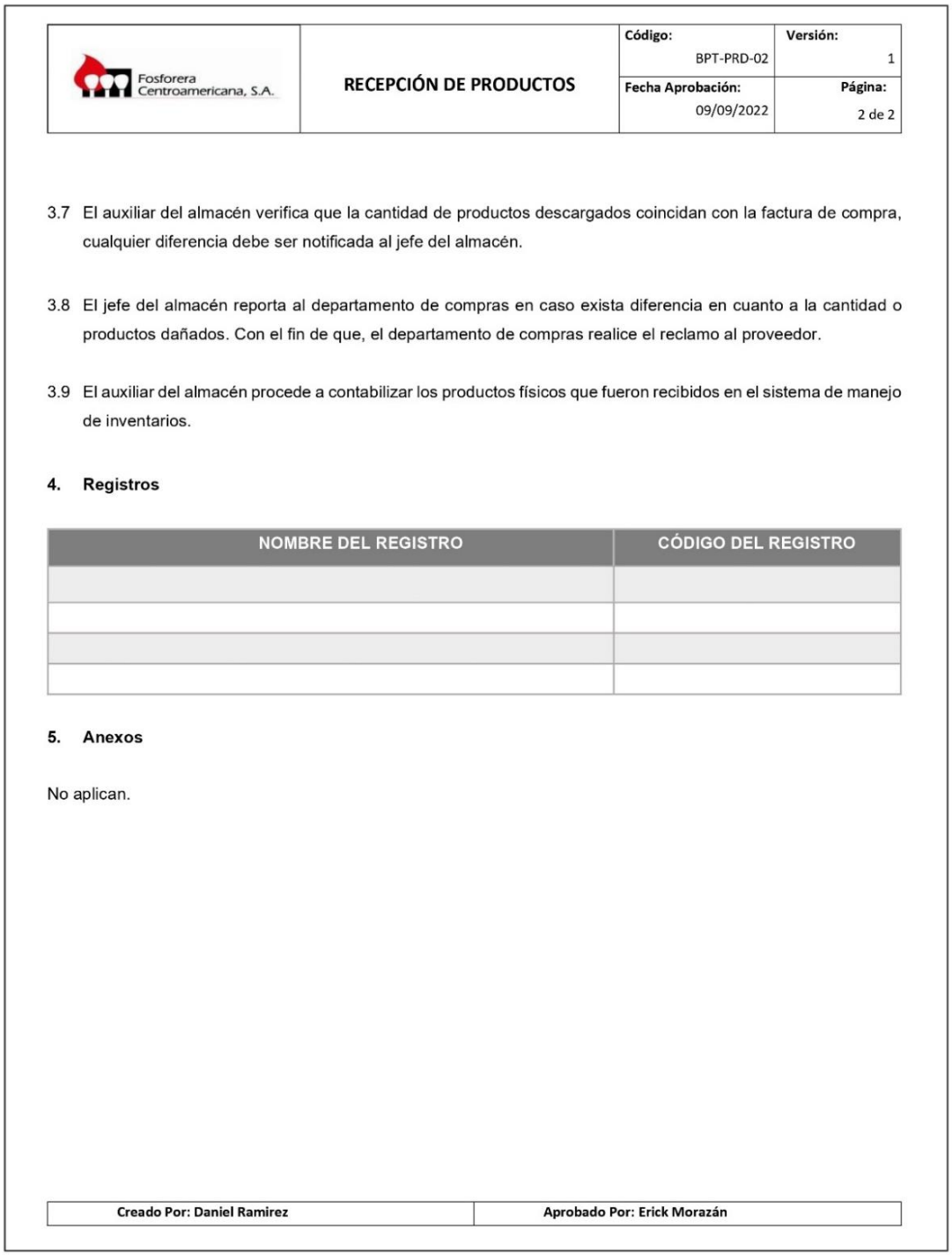
3.4 El jefe del almacén debe notificar al personal de garita, proporcionando datos de la unidad, piloto y destino para que se admita el ingreso de unidades en horarios no hábiles. Sin esta notificación, no se admite el ingreso de ninguna unidad.

3.5 El auxiliar del almacén ubica la unidad en la zona de descarga e informa a la cuadrilla sobre el inicio de la operación, luego procede a cortar el marchamo de la unidad en presencia del transportista.

3.6 El auxiliar del almacén y la cuadrilla proceden con la descarga. Durante este proceso se deben verificar las condiciones del producto y reportar al jefe del almacén ante cualquier anomalía.

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Continuación de la figura 22.



Fosforera Centroamericana, S.A.	RECEPCIÓN DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-02	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 2 de 2

3.7 El auxiliar del almacén verifica que la cantidad de productos descargados coincidan con la factura de compra, cualquier diferencia debe ser notificada al jefe del almacén.

3.8 El jefe del almacén reporta al departamento de compras en caso exista diferencia en cuanto a la cantidad o productos dañados. Con el fin de que, el departamento de compras realice el reclamo al proveedor.

3.9 El auxiliar del almacén procede a contabilizar los productos físicos que fueron recibidos en el sistema de manejo de inventarios.

4. Registros

NOMBRE DEL REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO

5. Anexos

No aplican.

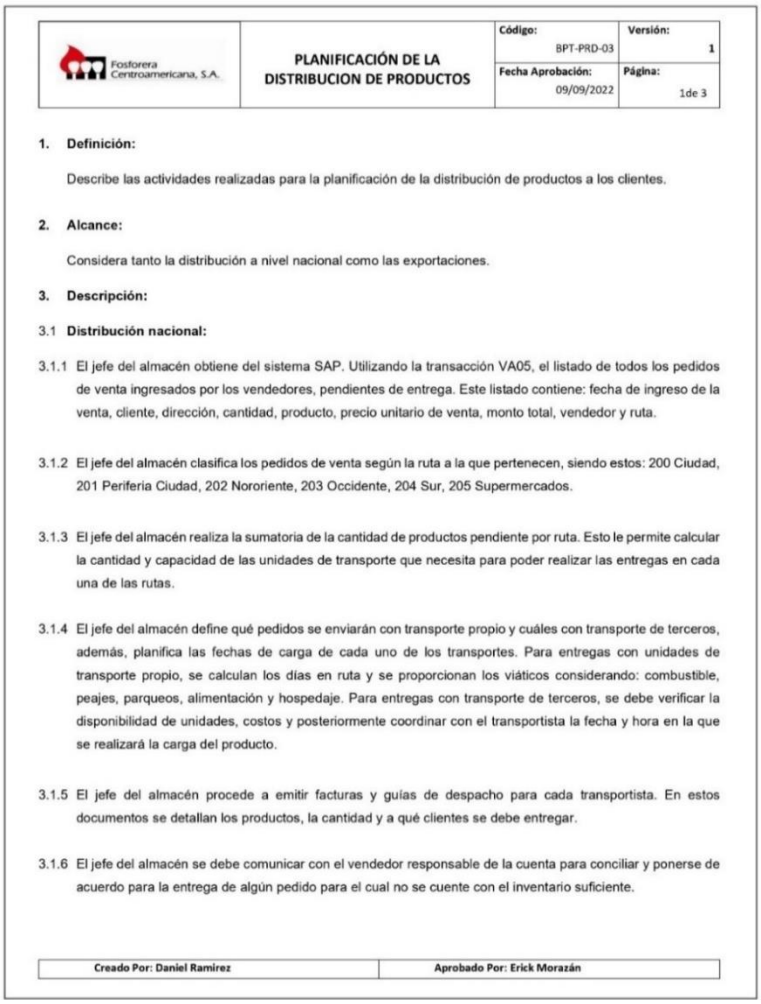
Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 365.

2.3.1.3. Planificación de la distribución de productos

Se propone agregar al procedimiento el uso de un formato definido, donde se coloquen todas las instrucciones de exportación, para luego ser compartido a todos los involucrados, con ello se minimizarán los errores, puesto que todos contaran con la misma información. En el apéndice 2 se muestra el formato de instrucciones de exportación creado para este procedimiento.

Figura 23. **Procedimiento de planificación de la distribución de productos**



Fosforera Centroamericana, S.A.	PLANIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCION DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-03	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 1de 3

1. Definición:

Describe las actividades realizadas para la planificación de la distribución de productos a los clientes.

2. Alcance:

Considera tanto la distribución a nivel nacional como las exportaciones.

3. Descripción:

3.1 **Distribución nacional:**

3.1.1 El jefe del almacén obtiene del sistema SAP. Utilizando la transacción VA05, el listado de todos los pedidos de venta ingresados por los vendedores, pendientes de entrega. Este listado contiene: fecha de ingreso de la venta, cliente, dirección, cantidad, producto, precio unitario de venta, monto total, vendedor y ruta.

3.1.2 El jefe del almacén clasifica los pedidos de venta según la ruta a la que pertenecen, siendo estos: 200 Ciudad, 201 Periferia Ciudad, 202 Nororiente, 203 Occidente, 204 Sur, 205 Supermercados.

3.1.3 El jefe del almacén realiza la sumatoria de la cantidad de productos pendiente por ruta. Esto le permite calcular la cantidad y capacidad de las unidades de transporte que necesita para poder realizar las entregas en cada una de las rutas.

3.1.4 El jefe del almacén define qué pedidos se enviarán con transporte propio y cuáles con transporte de terceros, además, planifica las fechas de carga de cada uno de los transportes. Para entregas con unidades de transporte propio, se calculan los días en ruta y se proporcionan los viáticos considerando: combustible, peajes, parqueos, alimentación y hospedaje. Para entregas con transporte de terceros, se debe verificar la disponibilidad de unidades, costos y posteriormente coordinar con el transportista la fecha y hora en la que se realizará la carga del producto.

3.1.5 El jefe del almacén procede a emitir facturas y guías de despacho para cada transportista. En estos documentos se detallan los productos, la cantidad y a qué clientes se debe entregar.

3.1.6 El jefe del almacén se debe comunicar con el vendedor responsable de la cuenta para conciliar y ponerse de acuerdo para la entrega de algún pedido para el cual no se cuente con el inventario suficiente.

Creado Por: Daniel Ramírez	Aprobado Por: Erick Morazán

Continuación de la figura 23.

Fosforera Centroamericana, S.A.	PLANIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCION DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-03	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 2 de 3

3.2 **Distribución de exportación:**

3.2.1 El asistente de ventas en función de las órdenes de compra confirmadas y la proyección de ventas, realiza la planificación de despachos mensual para cada uno de los países destino y la comparte vía correo electrónico con el jefe del almacén.

3.2.2 **El asistente de ventas llena el formato de instrucciones de exportación y lo envía al jefe del almacén y a la agencia de carga por correo electrónico.**

3.2.3 El jefe del almacén coordina con la agencia de transporte el posicionamiento de las unidades necesarias para cada exportación, también realiza la solicitud de custodios, en las fechas solicitadas por el cliente.

3.2.4 La selección del tipo de unidades que realiza el jefe del almacén depende de la cantidad de producto y si se enviarán productos de almacén fiscal, de almacén general o combinados. Si se envían únicamente productos de almacén general, se utilizan unidades de transporte general. Mientras que, si se enviarán productos de almacén fiscal o carga combinada (general y fiscal) se deben utilizar unidades que posean fianza.

3.2.5 La agencia de transporte, en base al requerimiento realizado por el jefe del almacén, coordina las unidades y comparte los datos: nombre y apellidos del piloto, número de identificación, placas del cabezal y del furgón.

3.2.6 El jefe del almacén debe notificar al personal de garita y proporcionar datos de la unidad, piloto y destino para que se admita su ingreso. Sin esta notificación no se admite el ingreso de ninguna unidad.

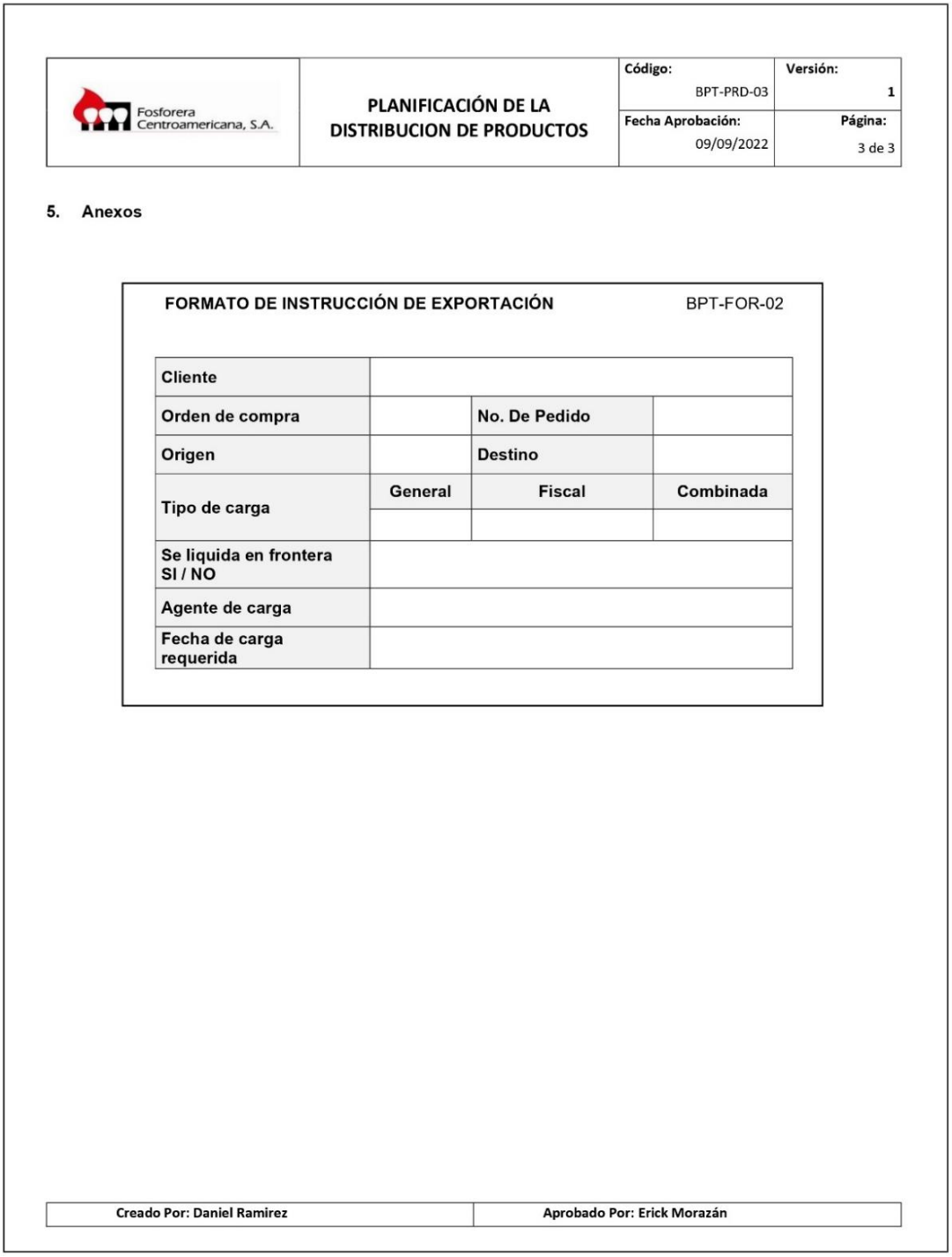
3.2.7 Posteriormente, el jefe del almacén coordina la cuadrilla de carga, emite las facturas y la declaración aduanera (DUCA). Finalmente, informa al auxiliar del almacén sobre la planificación de carga.

4. Registros

NOMBRE DEL REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO
Formato de instrucciones de exportación	BPT-FOR-02

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Continuación de la figura 23.



Fosforera Centroamericana, S.A.	PLANIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCION DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-03	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 3 de 3

5. Anexos

FORMATO DE INSTRUCCIÓN DE EXPORTACIÓN BPT-FOR-02

Cliente			
Orden de compra		**No. De Pedido**	
Origen		**Destino**	
Tipo de carga	**General**	**Fiscal**	**Combinada**
Se liquida en frontera SI / NO			
Agente de carga			
Fecha de carga requerida			

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 365.

2.3.1.4. *Picking* y carga de unidades de transporte

Se actualiza el procedimiento considerando que el nuevo diseño del almacén contempla la creación de un área específica para llevar a cabo el *picking* de los pedidos de venta. Por lo tanto, es necesario incluirlo dentro del procedimiento ya que actualmente, se realiza sobre los pasillos del almacén.

Figura 24. **Procedimiento de *picking* y carga de unidades de transporte**

Fosforera Centroamericana, S.A.	PICKING Y CARGA DE UNIDADES DE TRANSPORTE	Código: BPT-PRD-04	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 1de 2

1. Definición:

Describe las actividades que se realizan para preparar los pedidos de los clientes y cargarlos en las unidades de transporte, según la planificación previa realizada tanto para pedidos nacionales como de exportación.

2. Alcance:

Considera las actividades de picking y carga de unidades tanto la distribución a nivel nacional como las exportaciones.

3. Descripción:

3.1 El jefe del almacén informa las fechas de carga de las unidades al auxiliar, según la planificación en entregas nacionales o exportaciones.

3.2 El auxiliar del almacén prepara los pedidos de los clientes y los ubica en el área designada dentro del almacén para realizar el picking.

3.3 El auxiliar del almacén en el caso de los pedidos para cadenas de supermercados realiza un entarimado especial y etiquetado según el manual de requerimientos del cliente.

3.4 El auxiliar del almacén procede a cargar los productos en las unidades de transporte.

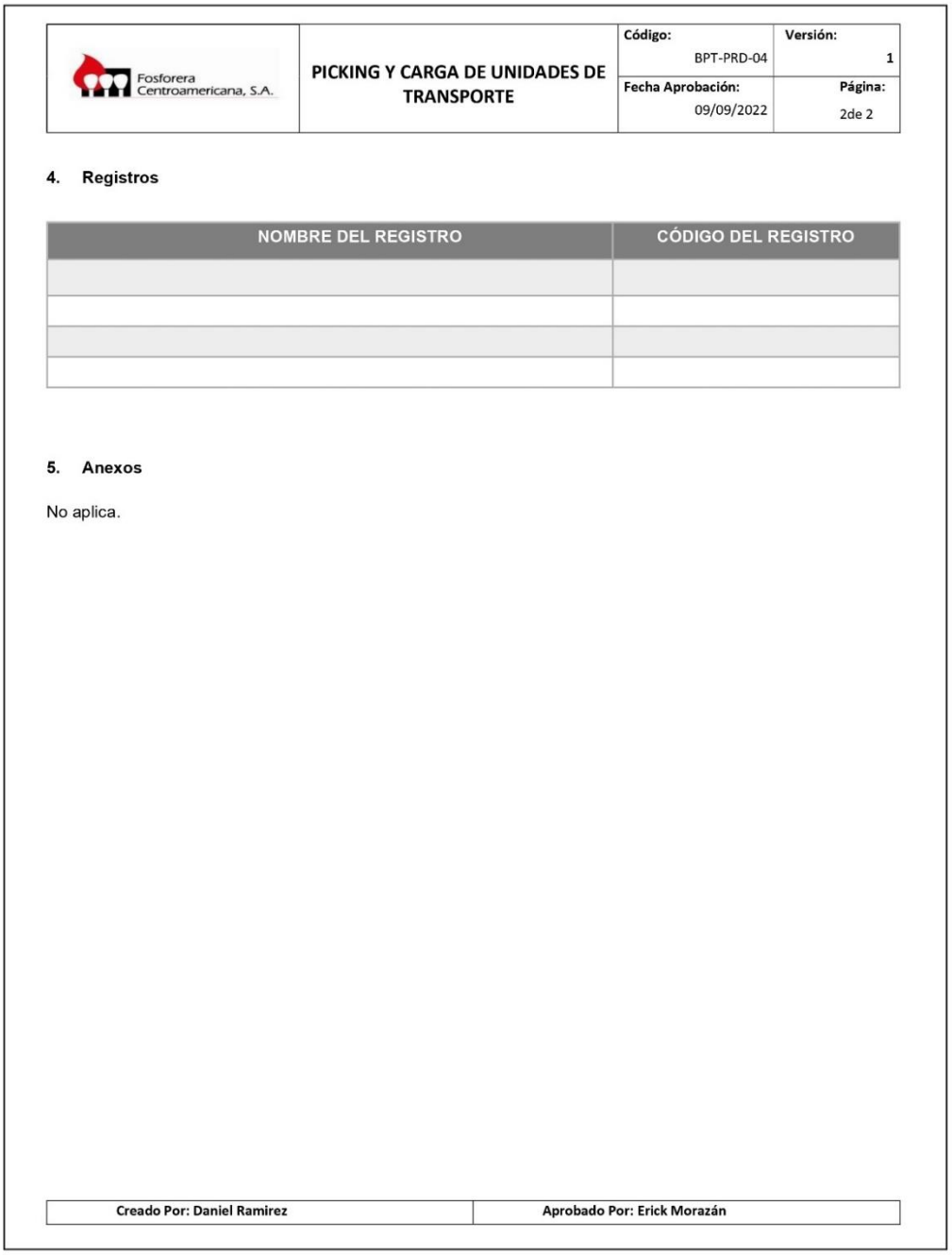
3.5 Durante el proceso de carga, el auxiliar del almacén y el transportista validan que el producto cargado este correcto y si es así, el transportista firma en una copia de la guía de despacho o factura y se procede a cerrar y colocar marchamo a la unidad.

3.6 El auxiliar del almacén debe realizar una captura fotográfica de la condición del furgón vacío, el furgón lleno y de la colocación del marchamo.

3.7 En caso exista alguna diferencia entre lo reportado por el auxiliar del almacén y el conteo realizado por el transportista, se procede a realizar un segundo conteo de validación hasta que ambos coincidan. En ese momento, se hace entrega de la documentación de la carga al transportista: factura, guía de despacho y DUCA según aplique.

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Continuación de la figura 24.



Fosforera Centroamericana, S.A.	PICKING Y CARGA DE UNIDADES DE TRANSPORTE	Código: BPT-PRD-04	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 2de 2

4. Registros

NOMBRE DEL REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO

5. Anexos

No aplica.

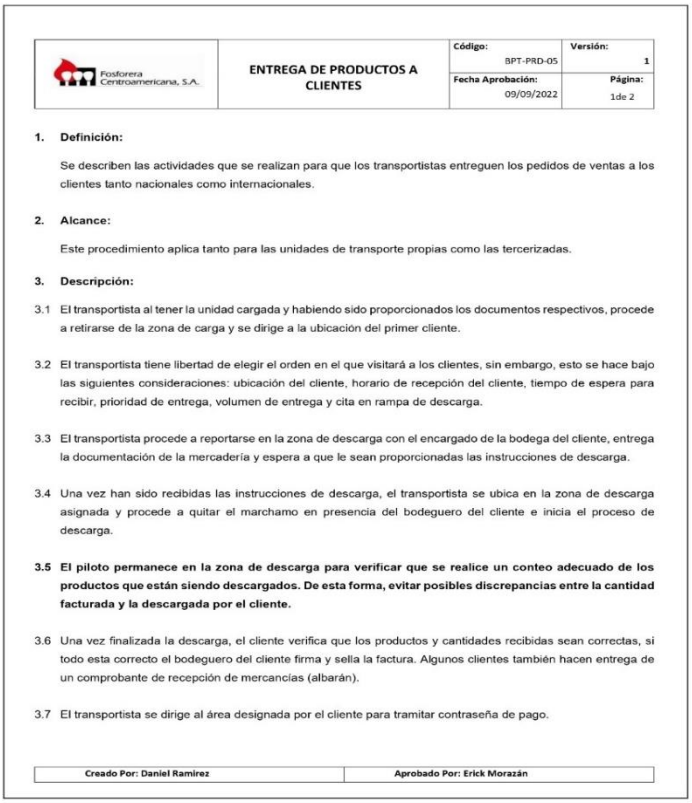
Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 365.

2.3.1.5. Entrega de productos a clientes

Se modifica el procedimiento para incluir como parte de este, que el piloto de la unidad, que entrega los productos, permanezca en la zona de descarga de forma obligatoria, con el objetivo de verificar que se realice el conteo adecuado. Esto surge como una necesidad, ya que se cuenta con antecedentes de malas prácticas en bodegas, donde se reporta una menor cantidad de producto al momento de la descarga, lo cual ha ocasionado pérdidas económicas a la empresa. El objetivo es únicamente garantizar que no existan conflictos entre la empresa y los clientes.

Figura 25. **Procedimiento de entrega de productos a clientes**



Fosforera Centroamericana, S.A.	ENTREGA DE PRODUCTOS A CLIENTES	Código: BPT-PRD-05	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 1de 2

1. **Definición:**

   Se describen las actividades que se realizan para que los transportistas entreguen los pedidos de ventas a los clientes tanto nacionales como internacionales.

2. **Alcance:**

   Este procedimiento aplica tanto para las unidades de transporte propias como las tercerizadas.

3. **Descripción:**

3.1 El transportista al tener la unidad cargada y habiendo sido proporcionados los documentos respectivos, procede a retirarse de la zona de carga y se dirige a la ubicación del primer cliente.

3.2 El transportista tiene libertad de elegir el orden en el que visitará a los clientes, sin embargo, esto se hace bajo las siguientes consideraciones: ubicación del cliente, horario de recepción del cliente, tiempo de espera para recibir, prioridad de entrega, volumen de entrega y cita en rampa de descarga.

3.3 El transportista procede a reportarse en la zona de descarga con el encargado de la bodega del cliente, entrega la documentación de la mercadería y espera a que le sean proporcionadas las instrucciones de descarga.

3.4 Una vez han sido recibidas las instrucciones de descarga, el transportista se ubica en la zona de descarga asignada y procede a quitar el marchamo en presencia del bodeguero del cliente e inicia el proceso de descarga.

3.5 El piloto permanece en la zona de descarga para verificar que se realice un conteo adecuado de los productos que están siendo descargados. De esta forma, evitar posibles discrepancias entre la cantidad facturada y la descargada por el cliente.

3.6 Una vez finalizada la descarga, el cliente verifica que los productos y cantidades recibidas sean correctas, si todo esta correcto el bodeguero del cliente firma y sella la factura. Algunos clientes también hacen entrega de un comprobante de recepción de mercancías (albarán).

3.7 El transportista se dirige al área designada por el cliente para tramitar contraseña de pago.

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Continuación de la figura 25.

Fosforera Centroamericana, S.A.	PLANIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCION DE PRODUCTOS	Código: BPT-PRD-03	Versión: 1
		Fecha Aprobación: 09/09/2022	Página: 1de 3

1. Definición:

Describe las actividades realizadas para la planificación de la distribución de productos a los clientes.

2. Alcance:

Considera tanto la distribución a nivel nacional como las exportaciones.

3. Descripción:

3.1 **Distribución nacional:**

3.1.1 El jefe del almacén obtiene del sistema SAP. Utilizando la transacción VA05, el listado de todos los pedidos de venta ingresados por los vendedores, pendientes de entrega. Este listado contiene: fecha de ingreso de la venta, cliente, dirección, cantidad, producto, precio unitario de venta, monto total, vendedor y ruta.

3.1.2 El jefe del almacén clasifica los pedidos de venta según la ruta a la que pertenecen, siendo estos: 200 Ciudad, 201 Periferia Ciudad, 202 Nororiente, 203 Occidente, 204 Sur, 205 Supermercados.

3.1.3 El jefe del almacén realiza la sumatoria de la cantidad de productos pendiente por ruta. Esto le permite calcular la cantidad y capacidad de las unidades de transporte que necesita para poder realizar las entregas en cada una de las rutas.

3.1.4 El jefe del almacén define qué pedidos se enviarán con transporte propio y cuáles con transporte de terceros, además, planifica las fechas de carga de cada uno de los transportes. Para entregas con unidades de transporte propio, se calculan los días en ruta y se proporcionan los viáticos considerando: combustible, peajes, parqueos, alimentación y hospedaje. Para entregas con transporte de terceros, se debe verificar la disponibilidad de unidades, costos y posteriormente coordinar con el transportista la fecha y hora en la que se realizará la carga del producto.

3.1.5 El jefe del almacén procede a emitir facturas y guías de despacho para cada transportista. En estos documentos se detallan los productos, la cantidad y a qué clientes se debe entregar.

3.1.6 El jefe del almacén se debe comunicar con el vendedor responsable de la cuenta para conciliar y ponerse de acuerdo para la entrega de algún pedido para el cual no se cuente con el inventario suficiente.

Creado Por: Daniel Ramirez	Aprobado Por: Erick Morazán

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 365

2.3.2. Instalaciones

Considerando que actualmente la empresa cuenta con un almacén propio dentro de sus instalaciones y que basado en el diagnóstico, se determinó que existe oportunidad de mejorar el aprovechamiento del espacio para ampliar la capacidad de almacenaje, no se considera necesario invertir en la ampliación del almacén actual o contratar más espacio de almacenaje en bodegas de terceros. Por ello, el rediseño del almacén considera únicamente el área actual y a través de mejores técnicas de organización y nuevos sistemas de almacenamiento, se obtiene un mayor aprovechamiento del espacio.

- Techos

Se considera necesario realizar un cambio gradual de los techos, esto debido a que los techos actuales son de lámina de asbesto y presentan un deterioro extremo, ya que tienen una antigüedad de 55 años. Además, la empresa invierte continuamente en reparaciones correctivas todos los años previo al invierno ya que se generan goteras que dañan los productos que se almacenan.

El cambio de la cubierta se hará con láminas metálicas troqueladas en chapa 32, la cual brinda beneficios por su costo moderado, fácil instalación, bajo peso y no requiere demasiado mantenimiento.

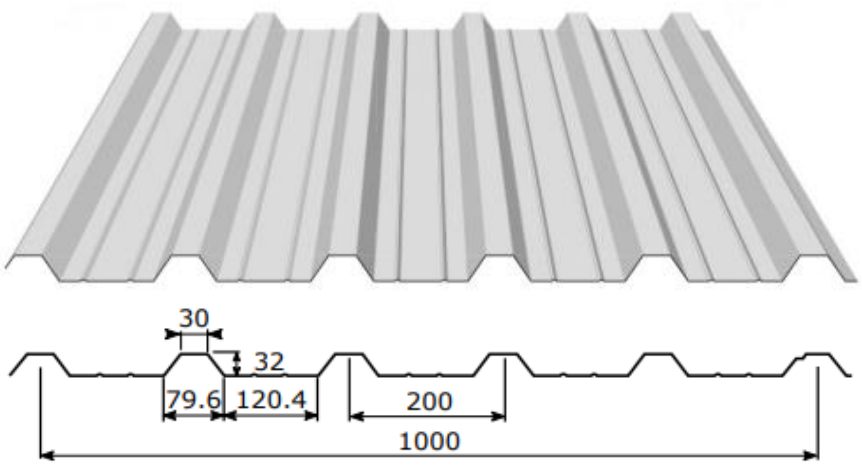
Tabla V. **Datos técnicos de lámina metálica troquelada**

Espesor lámina	1.0 mm
Altura de cresta	32 mm
Ancho útil	1,000 mm (+-2 mm)
Longitud	1,600 a 12,000 mm
Reacción al fuego	Clase A1

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la figura 26. se muestra una imagen del tipo de lámina que se propone utilizar. Como puede observarse el ancho útil de la lámina es de 1,000 mm, esta medida se utilizará para el cálculo de la cantidad de láminas necesarias para cubrir toda la superficie del almacén. Sin ser necesario considerar el traslape entre laminas puesto que cada una de las láminas posee el tamaño adicional para realizar los traslapes.

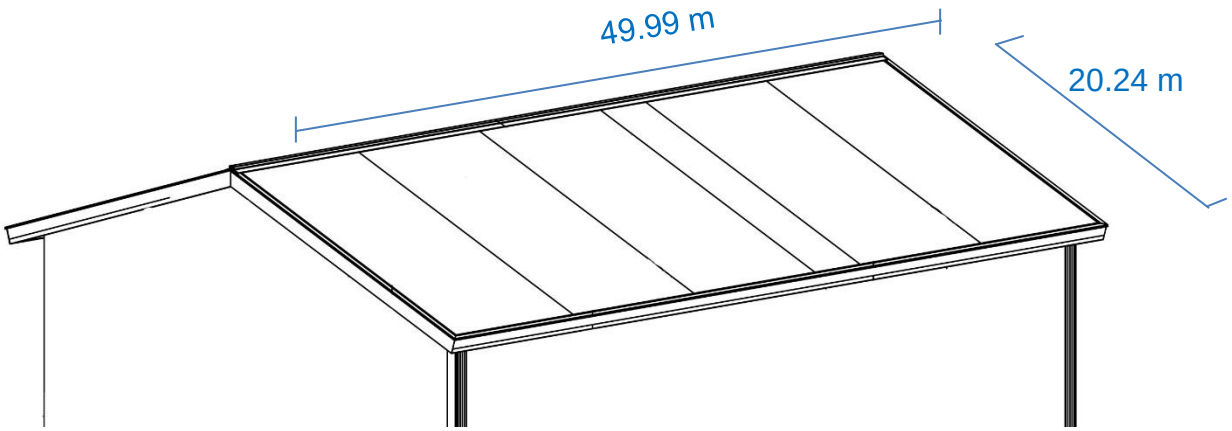
Figura 26. **Lámina metálica troquelada chapa 32**



Fuente: Panel Sandwich Group (2020). *Ficha técnica de lámina troquelada 32*. Consultado el 20 de marzo de 2023. Recuperado de https://panelsandwich.gt/assets/documents/ficha-tecnica-lamina-troquelada-32.pdf

Otra de las ventajas de utilizar este tipo de láminas es que se pueden adquirir cortadas a medida, según el largo que se necesite. Lo cual permite minimizar los desperdicios de lámina puesto que no es necesario realizar cortes. En este caso la superficie a cubrir por cada uno de los lados del techo es de 20.24 m de largo y 49.99 m de ancho, para un total de 1,011.80 m^2 por lado y 2,023.60 m^2 de superficie total a techar. Según se muestra en la siguiente figura:

Figura 27. **Dimensiones del techo en el almacén de productos terminados**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2020.

De acuerdo con las dimensiones del almacén se selecciona un largo de lámina de 5,100 mm, por lo que se utilizarán 4 láminas por lado para cubrir el total de ancho del techo. Para calcular la cantidad de láminas requeridas se utiliza el ancho útil por lamina el cual es de 1,000 mm y el total de largo del almacén es de 49.99 m, por lo que se necesita un total de 50 láminas para cubrir el largo del almacén. Finalmente se multiplica la cantidad de láminas a lo largo y a lo ancho, dando un resultado de 200 láminas por cada lado y un total de 400 láminas para cubrir el total de la superficie.

El motivo por lo que se propone realizar el cambio de manera gradual es porque el reemplazo total del techo del almacén representa un alto costo por las dimensiones del almacén y la cantidad de láminas que se requieren, lo cual se detalla en los costos de la propuesta.

- Iluminación

Para el diseño de la iluminación del almacén se recurre a la utilización del método de lúmenes, por medio del cual, es posible determinar la cantidad de lúmenes necesarios para iluminar apropiadamente un local, considerando el tipo de actividad que se lleva a cabo dentro del mismo. Siendo importante distribuir adecuadamente la iluminación para obtener un nivel de luz uniforme y adecuado a todas las áreas del almacén.

Para diseñar el plano de distribución de la iluminación es necesario primero determinar la cantidad y tipo de luminarias que se necesitarán, para ello, se realizan los siguientes cálculos:

Las dimensiones del área a iluminar son las siguientes:

A= 38.68 m

L= 42 m

H=10 m

H plano de trabajo= 2m

Hu= H-H plano de trabajo = 10 – 2 = 8

Factores de refracción y nivel medio de iluminación (Em):

Se utilizará 0.5 para paredes y techo

Em = 150 para bodegas

El nivel medio de iluminación se selecciona considerando que no se realizan trabajos minuciosos que requieran precisión y detalle en el almacén.

Cálculo del índice del local:

$$K = \frac{(A * L)}{(Hu * (A + L))} = \frac{(38{,}68 * 42)}{(8 * (38{,}68 + 42))} = 2.51$$

Utilizando la tabla de coeficientes de utilización mostrada en el anexo 1, con K=2.51 y los factores de refracción de 0.5, cu= 0.49

Coeficiente de mantenimiento:

$$\mathrm{Cm} = 0.75$$

Cálculo del flujo total:

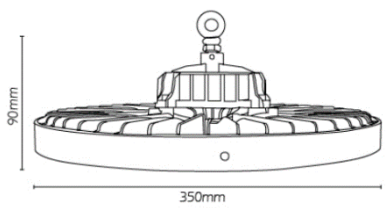
$$Ftotal = \frac{(Em * (A * L))}{(Cu * Cm)} = \frac{(150 * (38.68 * 42))}{(0.49 * 0.75)} = \frac{16{,}245.6}{0.337} = 663{,}085\ lumenes$$

de luminarias: se seleccionó una luminaria de tipo led con uso recomendado para fábricas y bodegas. La elección de las luminarias se hizo con base en la investigación de opciones en el mercado nacional.

La luminaria es tipo led de campana, marca Luxlite, modelo LED0354. La cual proporciona un total de 33,000 lm, con un consumo de 200 Watts a 220 VAC, luz blanca.

$$\#\ Luminarias = \frac{Ftotal}{Fluminaria} * \frac{663{,}085\ lm}{33{,}000\ lm} = 20\ luminarias$$

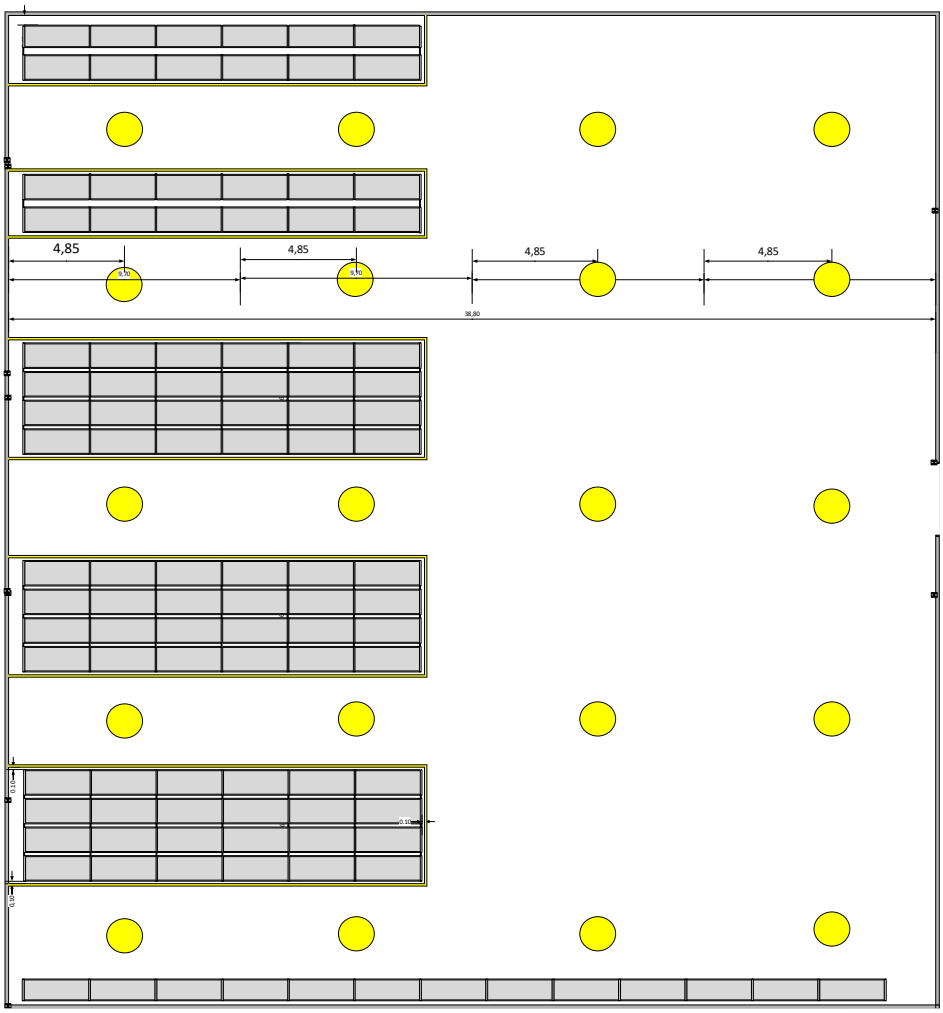
Figura 28. **Luminaria led marca Luxlite modelo LED0354**



Fuente: Iluminación Continental, S.A. (2022). *Catálogo de lámparas led marca Luxlite*. Consultado el 16 de noviembre de 2022. Recuperado de https://www.ecoluxlite.com/home/product/led

La distribución de las luminarias se hace de manera uniforme en el espacio disponible. En este caso se respetan las zonas en las que se necesita mayor iluminación, siendo los pasillos. Por ello, verticalmente se distribuyen las luminarias respetando la ubicación de los pasillos. En la figura 29. se muestra el plano de distribución de la iluminación.

Figura 29. **Plano de distribución de las luminarias**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2020.

- Ventilación

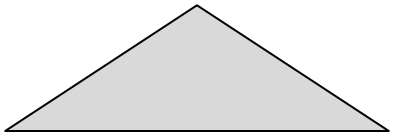
Un adecuado sistema de ventilación permite renovar el aire dentro del almacén, eliminando la concentración de gases calientes que se acumulan en la parte superior y que descienden hacia las zonas inferiores, gradualmente, incrementando la temperatura del ambiente. Además, la ventilación elimina contaminantes presentes en el aire dentro del almacén.

Para dimensionar el sistema de ventilación se necesita calcular el volumen de aire a renovar, la cantidad de veces que se debe renovar el volumen de aire y el tipo de sistema a utiliza, pudiendo ser ventilación natural o forzada. Se procede con los cálculos necesarios.

Dimensiones del almacén:
A= 38.68 m
L= 42 m
H=4 m parte más baja
H2= 10 m parte más alta

Utilizando la tabla de la norma DIN 1946, determinamos el número de veces que se debe renovar el volumen de aire de acuerdo con el tipo de edificio del que se trata. Para un almacén tenemos N = 5-10 renovaciones por hora. Considerando que, dentro del almacén únicamente se mantienen 2 personas y que regularmente se utiliza un montacargas a gas, se decide utilizar N=5.

Volumen superior del almacén:



$$V = A\ x\ L\ x\ A = 19.34m\ x\ 42\ m\ x\ 6\ m = 4{,}873\ m^3$$

Volumen inferior del almacén:



$$V = A\ x\ L\ x\ A = 38.68m\ x\ 42\ m\ x\ 4\ m = 6{,}498\ m^3$$

Volumen total del almacén: 11,371 m3

$$Q(caudal) = V\ x\ N = 11{,}371m^3 x\ 5\ \frac{renovaciones}{hora} = 56{,}855\ \frac{m^3}{h}$$

Se escoge un método de renovación del aire forzado con la finalidad de que puedan ser ubicados en el techo del almacén.

Se convierten los 56,855 m^3 / h a CFM (pies cúbicos por minuto)

$$56{,}855\ \frac{m^3}{h}\ x\ \frac{1h}{60\ minutos}\ x\ \frac{3.28^3\ ft^3}{1\ m^3} = 33{,}473\ CFM$$

Utilizando extractores marca Soler & Palau del modelo HAIT-3-1250 con capacidad de 8,500 CFM c/u, se requiere instalar 4 unidades de extracción, con esta instalación se consigue renovar el aire del almacén de productos terminados 5 veces por hora como ha sido diseñado.

Figura 30. **Extractor de aire Soler & Palau HAIT-3-1250**



Fuente: Catálogo de extractores axiales de tejado (2023). *Axiales de tejado.* Consultado el 11 de 2022. Recuperado de https://www.solerpalau.mx/producto.php?linea =Comercial&modelo=Axiales+ de+tejado&submodelo=HAIB-T

2.3.3. Almacenamiento

Para el almacenamiento se han diseñado propuestas para estandarizar el paletizado de cada uno de los productos, considerando las especificaciones técnicas de los pallets, las dimensiones, peso y altura de estiba por producto. Se realiza una clasificación ABC de productos según su índice de rotación, esto optimiza las distancias recorridas por los montacargas puesto que los productos con mayor rotación se ubican en las zonas más cercanas al área de carga y descarga de productos.

Además, se mejora la identificación de áreas por medio del uso de rótulos ubicados sobre los *racks* de almacenamiento, esto permite ubicar fácilmente los productos y mejora la organización del almacén. Por medio de la creación de un nuevo *layout* del almacén se define claramente cada una de las zonas necesarias para el adecuado funcionamiento del almacén.

Son respecto a los sistemas de almacenamiento se diseña un nuevo sistema del tipo *drive-in*, considerando las dimensiones estandarizadas de los

pallets por producto, y las dimensiones de los montacargas actuales. Este sistema se diseña a medida para maximizar el aprovechamiento del espacio en piso y la altura del almacén disponible, con ello se obtiene un incremento del 34 % en la cantidad de producto que puede almacenarse.

También se realiza una propuesta para crear indicadores claves de desempeño en el almacén, con la finalidad de medir los resultados del almacén y encaminar los esfuerzos hacia una mejora continua.

2.3.3.1. Productos

Con la finalidad de mejorar la clasificación y organización de los productos, se realiza un listado que contiene todas las características de estos de acuerdo con su categoría, tipo de empaque, pesos, medidas y detalles de estiba. Este listado servirá como guía para conocer la totalidad de los productos por categoría y de esta manera, poder agrupar dentro del almacén los productos afines. Además, el listado proporciona una guía para conocer las condiciones de estiba de cada producto por tarima, lo cual facilita las tareas de conteo de inventario y permite conocer el volumen y peso por producto, lo que favorece la cubicación en las unidades de transporte.

Para realizar el listado fue necesario medir y pesar de cada producto, además se hicieron ensayos para determinar la mejor manera estibar cada producto para maximizar el aprovechamiento del espacio por *pallet*.

En la tabla a continuación se muestra el listado de productos que contiene la categoría, pesos, medidas y volumen de cada uno. En total se categorizaron 54 SKU.

Tabla VI. **Listado de pesos, medidas y categoría de productos terminados**

Producto	Categoría	Empaque	Alto	Largo	Ancho	Volumen (m3)	Peso Bruto (Kg)
Fósforos Águila B10	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Águila B50	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Caballo Rojo B10	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Caballo Rojo B50	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Gallo A100	Fósforo	CC	32.0	32.0	25.0	0.0256	6.90
Fósforos Propasa A100	Fósforo	CC	32.0	32.0	25.0	0.0256	6.90
Fósforos Caballo Rojo A100	Fósforo	CC	24.5	33.0	32.0	0.0259	6.90
Fósforos Caballo Rojo A10	Fósforo	CC	25.2	40.0	25.2	0.0254	6.90
Fósforos Fogata A10	Fósforo	CC	25.2	40.0	25.2	0.0254	6.90
Fósforos Fogata A100	Fósforo	CC	24.5	33.0	32.0	0.0259	6.90
Fósforos Suli A10	Fósforo	CC	25.2	40.0	25.2	0.0254	6.90
Fósforos Fogata A10 ES	Fósforo	CC	25.2	40.0	25.2	0.0254	6.90
Fósforos Fogata A100 ES	Fósforo	CC	24.5	33.0	32.0	0.0259	6.90
Fósforos Kangaro B50	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Gol B50	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Billa B50	Fósforo	BP	13.0	39.0	23.5	0.0119	3.55
Fósforos Carterita Gallo C50	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Caballo Rojo C50	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Suli C50	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Publicitaria 1 Color	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Publicitaria 2 Colores	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Publicitaria 3 Colores	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Publicitaria 4 Colores	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Carterita Publicitaria 5 Colores	Fósforo	CC	20.0	41.5	30.0	0.0249	6.95
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240	Fósforo XL	CC	22.5	32.5	35.5	0.0260	6.80
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 5 Pack	Fósforo XL	CC	22.5	32.5	35.5	0.0260	6.80

Continuación de la tabla VI.

Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 3 Pack	Fósforo XL	CC	22.5	32.5	35.5	0.0260	6.80
Fósforos Extralargos Ecológico 120	Fósforo XL	CC	33.5	36	23.5	0.0283	6.50
Fósforos Extralargo Ecológico 120 3 Pack	Fósforo XL	CC	33.5	36	23.5	0.0283	6.50
Fósforos Gigantes Caballo Rojo	Fósforo XL	CC	21.5	33.5	23.3	0.0168	4.12
Fósforos Fogata Premium Ecológicos 40 Luces	Fósforo	CC	31	25.8	35.8	0.0286	5.65
Cerillos Gallo 1000 x 40 Luces	Cerillo	CC	23	36	27.5	0.0228	4.68
Cerillos Gallo 200 x 200 Luces	Cerillo	CC	20.2	36	22.2	0.0161	4.80
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 6x12	Enciende fuego	BPL	15	33	18	0.0089	2.10
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 4x12	Enciende fuego	BPL	13	33	15	0.0064	1.80
Enciende fuegos Parrilleros Caballo Rojo	Enciende fuego	CC	22.7	29	16	0.0105	5.72
Enciende fuegos Parrilleros Fogata	Enciende fuego	CC	22.7	29	16	0.0105	5.72
Encendedores Fragata Piedra Normal 40 x 25	Encendedor	CC	44	26.5	27.5	0.0321	17.42
Encendedores Fragata Piedra Mini 20 x 25	Encendedor	CC	34	25	27	0.0230	13.10
Palillos para dientes El Sol Bambú 250x144	Palillo	CC	17.5	32	23	0.0129	4.60
Palillos para dientes El Sol Bambú 500x72	Palillo	CC	16	30	22.5	0.0108	3.70
Palillos para dientes El Sol Madera 250x144	Palillo	CC	21.5	31	22	0.0147	5.00
Palillos para dientes El Sol Madera 500x72	Palillo	CC	20	30	22.5	0.0135	4.49
Pinchos Bambú El Sol 20 CM 100X60	Pincho	CC	22.5	31	22	0.0153	6.84
Pinchos Bambú El Sol 25 CM 100X60	Pincho	CC	27.5	32	27.5	0.0242	12.66
Palito para Chocobanano El Sol 150x36	Paleta	CC	13.5	44.5	24	0.0144	5.10
Paleta de madera El Sol 1000x10 114MM	Paleta	CC	24.5	44	35.5	0.0383	11.50
Paleta de madera El Sol 100x100 114MM	Paleta	CC	24.5	44	35.5	0.0383	11.50
Velas de parafina El Sol 24x10	Velas	CC	19.5	26	25	0.0127	5.08
Velas de parafina El Sol 24x8	Velas	CC	19.5	26	25	0.0127	4.80
Velas de parafina El Sol 24x5	Velas	CC	19.5	26	25	0.0127	4.78
Velas de parafina El Sol 24x4	Velas	CC	19.5	26	25	0.0127	4.66
Carbón Vegetal Caballo Rojo 3 Lb	Carbón	CC	28	20	12	0.0067	1.40
Carbón Vegetal Caballo Rojo 5 Lb	Carbón	CC	32	24	15	0.0115	2.30
CC: Caja de cartón corrugado	BP: Bolsa de papel		BPL: Bolsa plástica			Total, de SKU: 54	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Con base en el principio de almacenamiento de la unidad más grande, bajo el cual se busca que los movimientos dentro del almacén sean con la mayor cantidad de producto posible, ya que, entre mayor es la cantidad que se mueve, menor es la cantidad de movimientos que se realizan y, por lo tanto, menores son los costos de movimiento de carga. Se realizó un análisis en el almacén para determinar cuál es el tipo de paletizado por producto que optimiza el aprovechamiento del espacio por *pallet* y que permite estandarizar los métodos de manipulación y mejorar el control sobre el inventario.

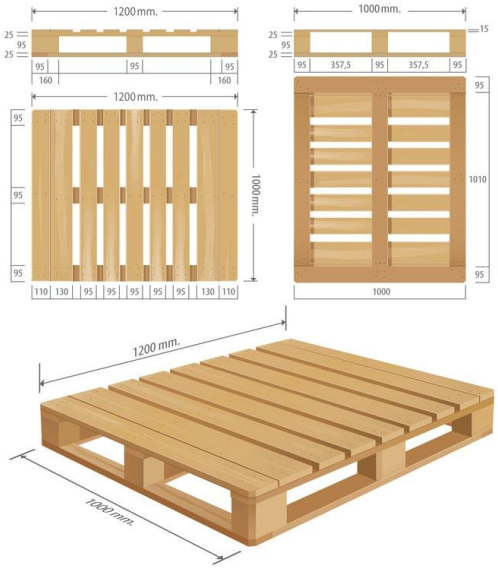
El primer paso es estandarizar el tipo de *pallet* que se utiliza en el almacén. Con base en las dimensiones de los productos, los *pallets* comerciales en el mercado nacional y considerando que la empresa ya posee un inventario de 890 *pallets* del tipo americano, se define dejar como estándar este tipo. A continuación, se detallan las características del *pallet* estándar que se utilizará para el rediseño del almacén.

Tabla VII. **Características de un *pallet* universal**

Nombre comercial	*Pallet* universal, americano, tipo polín	
Material	Madera con tratamiento fitosanitario	
Dimensiones	1,200 x 1,000 mm	
Peso del *pallet*	25 kg	
Peso soportado	4,500 kg Estático	1,200 kg Dinámico
Regulaciones	NIMF 15 / ISO 3676	

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de NIMF 15 (2009). *Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional.* Consultado el 25 de noviembre de 2022. Recuperado de https://www.fao.org./3/mb160s/mb160s.pdf

Figura 31. **Pallet americano o universal**



Fuente: Transeop (2022). *Características, medidas y peso de un pallet americano o universal*. Consultado el 25 de noviembre de 2022. Recuperado de https://www.transeop.com/blog/Palet-Americano-universal-caracteristicas-medidas/401/

Posteriormente, se realizaron pruebas con cada uno de los productos para determinar cuáles son las características de estibado más eficientes y de esta manera, poder estandarizar las unidades de manipulación. Al definir el tipo de estibado, se busca utilizar el máximo espacio disponible en el *pallet*, sin exceder su capacidad de soporte de peso y asegurando que los productos no se caigan del *pallet*.

El primer paso es determinar cuáles son las posiciones de estiba que admite el producto, ya que regularmente los productos tienen una señalización en la caja que indica qué lado del producto va hacia arriba; esto se debe a que en la dirección que indica la caja, es donde se tiene la mayor resistencia para soportar el peso y estructuralmente es la dirección hacia donde están orientadas las flautas de la caja.

Luego, se procede a ubicar el primer bloque de productos, probando distintas configuraciones para aprovechar el máximo del espacio superficial disponible. En este caso se utiliza como ejemplo el producto fósforos fogata A100, con medidas de 32 cm de ancho, 33 cm de largo, 24.5 cm de alto y 6.9 kg de peso bruto.

Se posicionan 8 cajas sobre el *pallet* según se muestra en la siguiente imagen. No se colocan 9 cajas, a pesar de que el espacio disponible es suficiente, esto es porque debe existir cruce entre cada una de las camas de producto, evitando formar bloques uniformes verticalmente, ya que ocasionaría que el producto se caiga del *pallet*.

Figura 32. **Primer bloque de paletizado de los fósforos fogata A100**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Para el siguiente bloque se repite el mismo proceso, pero se cambia la orientación del producto para que exista el cruce necesario que dará estabilidad a todo el *pallet*. De esta manera, las cajas no se caerán cuando se realicen movimientos de *pallets* dentro del almacén.

En la siguiente figura se muestra el segundo bloque de estiba del producto fósforos fogata A100.

Figura 33. **Segundo bloque de paletizado de los fósforos fogata A100**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Almacén de productos terminados, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Después, se determina la cantidad de bloques que se ubicarán verticalmente, considerando no exceder la capacidad del *pallet* y que la altura de estiba no ocasione inestabilidad.

En este caso, se consideró que, debido a que la estiba del producto se realiza manualmente dentro de la fábrica, el máximo alto está condicionado por la capacidad del operador para estibar a la mayor altura posible, por lo que se define dejar una altura de 7 bloques, lo cual equivale a 1.72 m de alto, considerando que cada caja tiene una altura de 24.5 cm.

Por lo que, el producto queda estibado con un total de 7 bloques de 8 cajas cada uno, para un total de 56 cajas por *pallet* y un peso total de 386.4 kg, lo cual está dentro de la capacidad del *pallet*. Este proceso se repite para todos los productos y en la tabla a continuación se muestran los resultados de estiba.

Tabla VIII. **Características de paletizado para cada producto**

Producto	No. De camas	Cajas por cama	Cajas por *pallet*	Alto del *pallet* (cm)	Peso total del *pallet* (kg)
Fósforos Águila B10	15	10	150	188	532.5
Fósforos Águila B50	15	10	150	188	532.5
Fósforos Caballo Rojo B10	15	10	150	188	532.5
Fósforos Caballo Rojo B50	15	10	150	188	532.5
Fósforos Gallo A100 *	7	8	56	175	386.4
Fósforos Propasa A100 *	7	8	56	175	386.4
Fósforos Caballo Rojo A100	7	8	56	172	386.4
Fósforos Caballo Rojo A10	7	8	56	176	386.4
Fósforos Fogata A10	7	8	56	176	386.4
Fósforos Fogata A100	7	8	56	172	386.4
Fósforos Suli A10	7	8	56	176	386.4
Fósforos Fogata A10 ES	7	8	56	176	386.4
Fósforos Fogata A100 ES	7	8	56	172	386.4
Fósforos Kangaroo B50	15	10	150	188	532.5
Fósforos Gol B50	15	10	150	188	532.5
Fósforos Billa B50	15	10	150	188	532.5
Fósforos Carterita Gallo C50	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Caballo Rojo C50	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Suli C50	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Publicitaria 1 Color	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Publicitaria 2 Colores	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Publicitaria 3 Colores	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Publicitaria 4 Colores	9	9	81	180	563.0
Fósforos Carterita Publicitaria 5 Colores	9	9	81	180	563.0
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240	8	9	72	180	489.6
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 5 Pack	8	9	72	180	489.6
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 3 Pack	8	9	72	180	489.6
Fósforos Extralargos Ecológico 120	8	9	72	188	468.0

Continuación de la tabla VIII.

Fósforos Extralargo Ecológico 120 3 Pack	8	9	72	268	468.0
Fósforos Gigantes Caballo Rojo	8	14	112	172	461.4
Fósforos Fogata Premium Ecológicos 40 Luces	6	14	84	186	474.6
Cerillos Gallo 1000 x 40 Luces	8	14	112	184	524.2
Cerillos Gallo 200 x 200 Luces	7	15	105	141	504.0
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 6x12 pack10	4	4	16	180	217.6
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 6x12 pack10	4	4	16	180	217.6
Enciende fuegos Parrilleros Caballo Rojo	7	24	168	159	961.0
Enciende fuegos Parrilleros Fogata	7	24	168	159	961.0
Encendedores Fragata Piedra Normal 40 x 25	6	9	54	159	940.7
Encendedores Fragata Piedra Mini 20 x 25	5	10	50	170	655.0
Palillos para dientes El Sol Bambú 250x144	7	15	105	123	483.0
Palillos para dientes El Sol Bambú 500x72	7	15	105	112	388.5
Palillos para dientes El Sol Madera 250x144	7	15	105	151	525.0
Palillos para dientes El Sol Madera 500x72	7	15	105	140	471.5
Pinchos Bambú El Sol 20 CM 100X60	7	15	105	158	718.2
Pinchos Bambú El Sol 25 CM 100X60	4	12	48	110	607.7
Palito para Chocobanano El Sol 150x36	10	10	100	135	510.0
Paleta de madera El Sol 1000x10 114MM	7	8	56	172	644.0
Paleta de madera El Sol 100x100 114MM	7	8	56	172	644.0
Velas de parafina El Sol 24x10	8	16	128	156	650.2
Velas de parafina El Sol 24x8	7	20	140	137	672.0
Velas de parafina El Sol 24x5	7	20	140	137	669.2
Velas de parafina El Sol 24x4	7	20	140	137	652.4
Carbón Vegetal Caballo Rojo 3 Lb	6	5	30	168	42.0
Carbón Vegetal Caballo Rojo 5 Lb	6	5	30	192	69.0

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Clasificación ABC de productos

El método ABC se basa en la regla de Pareto, la cual aplicada a almacenes significa que: el 20 % de los productos generan el 80 % de los movimientos dentro del almacén. Por lo tanto, es una herramienta útil que permite asegurar que, durante el diseño del almacén, los productos con un mayor índice de rotación se ubiquen en las posiciones más accesibles. Las cuales pueden ser: cerca de los accesos y en las posiciones más bajas de los *racks* de almacenaje.

Para realizar el cálculo se divide el valor de venta del mes entre el valor promedio del inventario almacenado por producto. Entre mayor sea el número, indica que el producto tiene mayor movimiento dentro del almacén.

Posteriormente, se le asigna la letra A, a los productos cuya rotación equivale al 50 %, la letra B a los productos cuya rotación equivale al 30 % y finalmente la letra C a los productos cuya rotación equivale al 20 %. De tal manera que, es evidente como el 80 % de la rotación se encuentra en los productos de tipo A y tipo B, que, a su vez, representan un valor cercano al 20 % de todos los productos en el inventario.

Para realizar el cálculo fue necesario obtener información sobre las ventas mensuales de cada uno de los productos y el valor del inventario promedio mensual que se almacena de cada producto. Estos datos fueron proporcionados por la empresa para realizar el cálculo correspondiente. En la tabla IX, se muestran los resultados de la clasificación ABC, sin embargo, por temas de confidencialidad se omiten los datos proporcionados por la empresa, por tratarse de información sensible.

Tabla IX. **Listado de clasificación ABC de los productos terminados**

Producto	Nivel de rotación	100 %	Clasificación ABC
Fósforos Fogata A100	4.24	10.96 %	A
Fósforos Caballo Rojo B50	4.07	10.52 %	A
Fósforos Águila B50	3.52	9.10 %	A
Fósforos Carterita Gallo C50	3.43	8.87 %	A
Fósforos Fogata A100 ES	2.11	5.46 %	A
Fósforos Gallo A100 *	1.84	4.76 %	A
Fósforos Fogata A10	1.72	4.45 %	B
Fósforos Propasa A100 *	1.65	4.27 %	B
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240	1.65	4.27 %	B
Palito para Chocobanano El Sol 150x36	1.62	4.19 %	B
Fósforos Extralargos Ecológico 120	1.6	4.14 %	B
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 5 Pack	1.28	3.31 %	B
Fósforos Fogata A10 ES	1.21	3.13 %	B
Fósforos Extralargo Ecológico 120 3 Pack	1.1	2.84 %	B
Fósforos Extralargos Caballo Rojo 240 3 Pack	1.02	2.64 %	C
Fósforos Suli A10	0.77	1.99 %	C
Palillos para dientes El Sol Bambú 250x144	0.76	1.96 %	C
Fósforos Águila B10	0.62	1.60 %	C
Fósforos Caballo Rojo B10	0.57	1.47 %	C
Fósforos Carterita Suli C50	0.48	1.24 %	C
Carbón Vegetal Caballo Rojo 3 Lb	0.45	1.16 %	C
Cerillos Gallo 1000 x 40 Luces	0.36	0.93 %	C
Palillos para dientes El Sol Bambú 500x72	0.36	0.93 %	C
Pinchos Bambú El Sol 20 CM 100X60	0.33	0.85 %	C
Sustituto de Ocote Caballo Rojo 4x12	0.21	0.54 %	C
Palillos para dientes El Sol Madera 500x72	0.21	0.54 %	C
Carbón Vegetal Caballo Rojo 5 Lb	0.21	0.54 %	C
Fósforos Kangaroo B50	0.18	0.47 %	C

Continuación de la tabla IX.

Sustituto de Ocote Caballo Rojo 6x12	0.15	0.39 %	C
Fósforos Fogata Premium Ecológicos 40 Luces	0.14	0.36 %	C
Fósforos Gol B50	0.12	0.31 %	C
Encendedores Fragata Piedra Normal 40 x 25	0.11	0.28 %	C
Palillos para dientes El Sol Madera 250x144	0.11	0.28 %	C
Fósforos Billa B50	0.09	0.23 %	C
Enciende fuegos Parrilleros Caballo Rojo	0.09	0.23 %	C
Encendedores Fragata Piedra Mini 20 x 25	0.08	0.21 %	C
Fósforos Gigantes Caballo Rojo	0.07	0.18 %	C
Pinchos Bambú El Sol 25 CM 100X60	0.04	0.10 %	C
Enciende fuegos Parrilleros Fogata	0.02	0.05 %	C
Velas de parafina El Sol 24x10	0.02	0.05 %	C
Velas de parafina El Sol 24x8	0.015	0.04 %	C
Cerillos Gallo 200 x 200 Luces	0.01	0.03 %	C
Velas de parafina El Sol 24x5	0.01	0.03 %	C
Velas de parafina El Sol 24x4	0.01	0.03 %	C
Paleta de madera El Sol 100x100 114MM	0.003	0.01 %	C
Fósforos Caballo Rojo A10	0.0029	0.01 %	C
Fósforos Caballo Rojo A100	0.0025	0.01 %	C
Fósforos Carterita Caballo Rojo C50	0.002	0.01 %	C
Fósforos Carterita Publicitaria 1 Color	0.002	0.01 %	C
Fósforos Carterita Publicitaria 2 Colores	0.002	0.01 %	C
Fósforos Carterita Publicitaria 3 Colores	0.002	0.01 %	C
Fósforos Carterita Publicitaria 4 Colores	0.002	0.01 %	C
Fósforos Carterita Publicitaria 5 Colores	0.002	0.01%	C
Paleta de madera El Sol 1000x10 114MM	0.002	0.01%	C

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

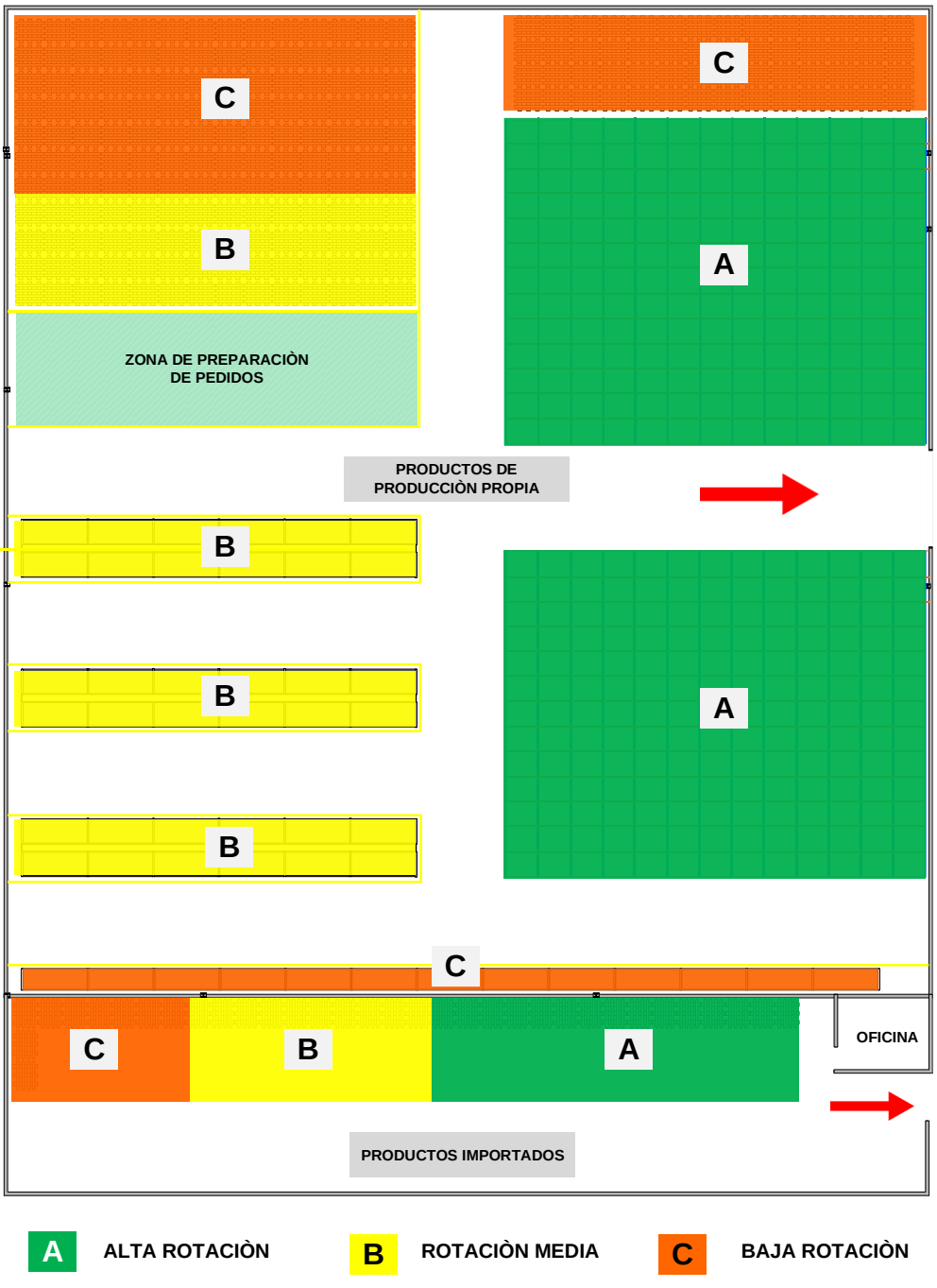
Para realizar una distribución y organización eficiente de los productos, se recurre al uso de la información que se obtuvo de los listados de pesos, medidas y estiba, así como del análisis ABC de clasificación de productos por índice de rotación.

Del listado de características de paletizado por producto, se concluye que el máximo peso por tarima es de 961 kg y en general, todos los productos mantienen pesos cercanos, por lo tanto, no existe limitación para ubicar productos tanto en la parte superior como en la parte inferior de las zonas de almacenaje. De tal manera que, el factor más importante para poder distribuir los productos en el almacén será la clasificación ABC, ya que esta indica cuales productos tienen mayor rotación y por consiguiente son los que generan el mayor número de movimientos dentro del almacén.

Se busca colocar los productos de la categoría A, cerca de las zonas de carga y descarga, los productos de la categoría B, a una distancia intermedia de la zona de carga y descarga y los productos de la categoría C, pueden quedar ubicados en la distancia más lejana a la zona de carga y descarga. Con ello, se consigue hacer más eficientes los recorridos, reduciendo tiempo y ahorrando combustible de los montacargas.

Otro aspecto que se consideró para la distribución fue que la empresa cuenta con productos de producción propia y productos importados, considerando que existe una división física dentro del almacén, se propone distribuir los productos entre producción propia e importados. Los resultados de las estrategias de distribución de productos se muestran en la figura 34.

Figura 34. **Plano de distribución ABC de productos terminados**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2020.

- Identificación de zonas de almacenaje, pasillos y productos

Para que el almacén pueda funcionar correctamente es importante que se cuente con una organización bien establecida y una vez se haya definido dicha organización, se mantenga y respete, ya que regularmente, dentro de los almacenes con el desarrollo de las actividades diarias, cambios de personal o falta de seguimiento por parte de las jefaturas, con facilidad se pierde el orden establecido. Dejando sin efecto los esfuerzos realizados para planificar la organización del almacén. Para evitar que esto suceda, por medio de señalizaciones visuales se identifica cada elemento relevante para asegurar que se mantenga el orden y facilitar la ubicación de los productos durante los procesos de *picking* o durante la realización de inventarios.

Para señalizar las zonas de almacenaje, se propone utilizar una letra del alfabeto correlativa y darle nombre a cada uno de los sistemas de almacenamiento. De esta manera, se subdivide la totalidad del almacén en zonas pequeñas, lo cual facilita la ubicación de los productos.

Para tener un control visual, se diseñan rótulos con dimensiones de 70 cm de largo x 50 cm de ancho, para ser fabricados en material ACM disponible en el mercado nacional. Este material se compone por una capa de PVC y una capa de aluminio, lo cual garantiza su durabilidad, cada uno de los rótulos contiene la letra que identifica la zona de almacenaje correspondiente y el tipo de productos que se almacenan en dicha zona. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo del diseño de rótulo realizado.

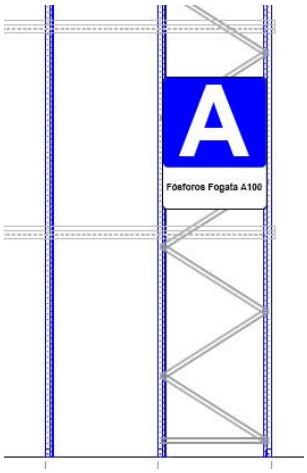
Figura 35. **Rótulo de identificación de zonas de almacenaje**



Fuente: elaboración propia, realizado con Adobe Photoshop CS5.

Estos rótulos se instalarán en la parte superior frontal de los *racks* de almacenaje y en el caso de las zonas de almacenamiento donde se estiba directamente sobre el piso, se propone colocar la identificación por medio de etiquetas de vinil impresas aplicadas directamente sobre el piso del almacén.

Figura 36. **Ejemplo de instalación de rótulos de identificación de zonas de almacenaje**

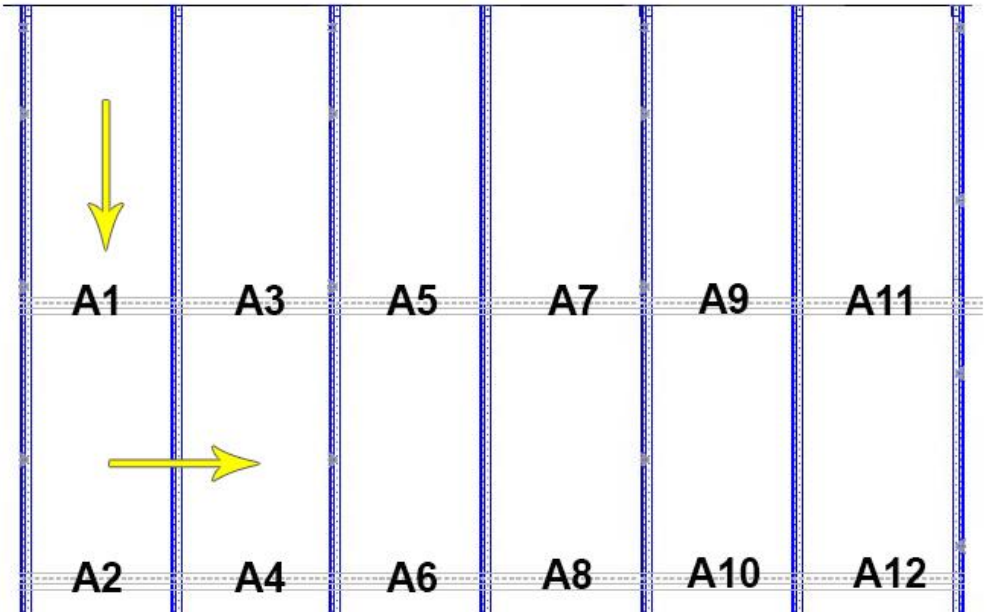


Fuente: elaboración propia, realizado con Adobe Photoshop CS5.

Una vez identificadas las distintas zonas de almacenaje, se procede a identificar las posiciones de los *racks* por medio de una nomenclatura compuesta por la letra con la que se identifica el *rack* y un número correlativo para cada posición. De esta manera es posible especificar con exactitud la ubicación de cada uno de los *pallets* que se coloquen en esta área.

La asignación de identificación de posiciones se realiza desde la parte superior y hacia la derecha de cada uno de los *racks*, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 37. **Ejemplo de identificación de posiciones en *racks* de almacenaje**



Fuente: elaboración propia, realizado con Adobe Photoshop CS5.

2.3.3.2. Distribución de zonas

Para definir cada una de las zonas, se consideran las restricciones físicas del edificio actual, pero se pretende que cada uno de los espacios cuente con las dimensiones óptimas que permitan agilizar y facilitar las actividades que se llevan a cabo dentro del almacén.

Para el rediseño del almacén, se considera que deben existir las siguientes zonas básicas: carga y descarga, accesos, almacenamiento, zona de *picking*, oficina, pasillos de circulación de montacargas y pasillos de circulación peatonal. Esto se define con base en la observación de operaciones que se realizan actualmente.

La zona de carga y descarga debe tener las dimensiones necesarias para unidades de transporte de hasta 53 ft de largo, debe estar ubicada cercana al acceso hacia las zonas de almacenamiento y debe existir suficiente espacio para que las unidades de transporte puedan maniobrar de manera fácil. Considerando que la empresa tiene restricción de espacio y cuenta con un único pasillo por donde deben ingresar las unidades de transporte, esta restricción obliga a que la zona de carga y descarga quede ubicada sobre el pasillo y lo que se propone es, señalizarla adecuadamente para definir la posición ideal sobre el pasillo.

Los accesos deben tener el espacio suficiente para el ingreso de montacargas y peatones, estos espacios deben estar claramente delimitados para reducir la posibilidad de accidentes. Para comenzar, se define que el peso máximo de las tarimas a transportar es de 961 kg, por lo tanto, las operaciones pueden realizarse con un montacarga de 1t. Sin embargo, la empresa también posee montacargas de 2.5 t, por ello, los accesos deben tener las dimensiones suficientes para trabajar con montacargas de 2.5 t.

El montacargas de 2.5 t tiene dimensiones de: 1.15 m de ancho, 2.08 m de alto y 2.44 m de largo; las dimensiones del acceso actual son de 4.10 m de ancho y 2.50 m de alto. Por lo que, existe suficiente espacio para el adecuado ingreso de los montacargas y para el acceso peatonal. Lo que se propone realizar respecto a los accesos es delimitar adecuadamente el área para el paso del montacargas y el área para el paso peatonal, ya que en la actualidad no están claramente definidas.

En las zonas de almacenamiento es donde se proponen los cambios físicos más evidentes, esto debido a que durante el diagnóstico se identificó que existe un 21.16 % de espacio de almacenamiento que no está siendo aprovechado, lo cual equivale 344 *pallets* adicionales, que podrían almacenarse en esta zona y que permitiría a la empresa, reducir costos al no utilizar almacenes de terceros.

El primer cambio que se propone es eliminar una bodega ubicada al fondo del almacén, donde actualmente se encuentran archivos antiguos de contabilidad, eliminando esta bodega, se aprovecharía el espacio para almacenar 61 *pallets* adicionales.

El segundo cambio consiste en reconfigurar el área donde se ubican los *racks* de almacenaje de doble profundidad, debido a que actualmente, la empresa no cuenta con un montacargas eléctrico con función de pantógrafo, que permita acceder a la posición del fondo, por lo que, toda la zona intermedia de los *racks* está siendo desaprovechada y esto representa una pérdida de espacio de 154 *pallets*. Inicialmente se evaluó la posibilidad de adquirir dicho montacargas, sin embargo, su costo es de USD 68,000.00. Por el alto valor de la inversión y por considerar que existen otras alternativas de menor costo para recuperar dicho espacio, no se consideró factible proponer dicha inversión.

El tercer cambio que se propone es instalar dos sistemas de almacenamiento del tipo *drive-in* en la zona de almacenamiento de bloques apilados actual, con ello se aprovechará de mejor manera la altura del almacén, logrando estibar hasta una alto de 3 *pallets*. Actualmente, se estiba hasta un alto de 2 *pallets*. Este sistema permitirá incrementar la capacidad de almacenamiento en esa zona en 224 *pallets*, utilizando la misma área superficial, ya que el aprovechamiento se dará en la parte superior del almacén.

En resumen, las propuestas para la zona de almacenamiento van orientadas a maximizar el aprovechamiento del espacio, de tal manera que, la empresa cuente con la capacidad suficiente para almacenar productos, sin recurrir al uso de almacenes de terceros y considerando futuras ampliaciones de la fábrica que demandaran mayor espacio de almacenaje.

Para el área de oficina según en el acuerdo gubernativo 229-2014, el cual regula las condiciones generales de higiene y seguridad en el trabajo, se establece que cada trabajador deberá contar con un espacio libre de como mínimo 6 m^3, considerando que en dicha área laboran 2 personas, el espacio mínimo para el diseño debería ser de 12 m^3. Pero debido a la disponibilidad de espacio en el almacén se proponen dimensiones de 5 m x 3 m x 2.5 m para un total de 37.5 m^3.

En el caso de los pasillos del almacén estos serán de un solo sentido y las dimensiones máximas del montacargas son: ancho (A) 1.15 m, largo de 2.44 m, radio de giro (B) 2.28 m, alto (C) 2.11 m y longitud (D) 2.63 m.

Para calcular las dimensiones mínimas de ancho de pasillo se debe sumar el radio de giro mínimo que requiere el montacargas + el largo de la carga +

12 pulgadas de espacio libre. Por lo que, para este caso, el cálculo queda de la siguiente manera:

Radio de giro = 2.28 m = 90”

Largo de la carga = 48”

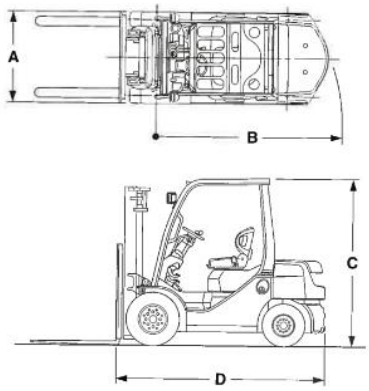
Se considera como largo de carga, el largo del *pallet* que se utiliza en el almacén que es de 1,200 mm.

$$Ancho\ de\ pasillos = 90 + 48" + 12 = 150"$$

$$Lo\ cual\ equivale\ a: 3.81\ m$$

Se concluye que el ancho mínimo de los pasillos debe ser de 3.81 metros.

Figura 38. **Dimensiones básicas de un montacargas**

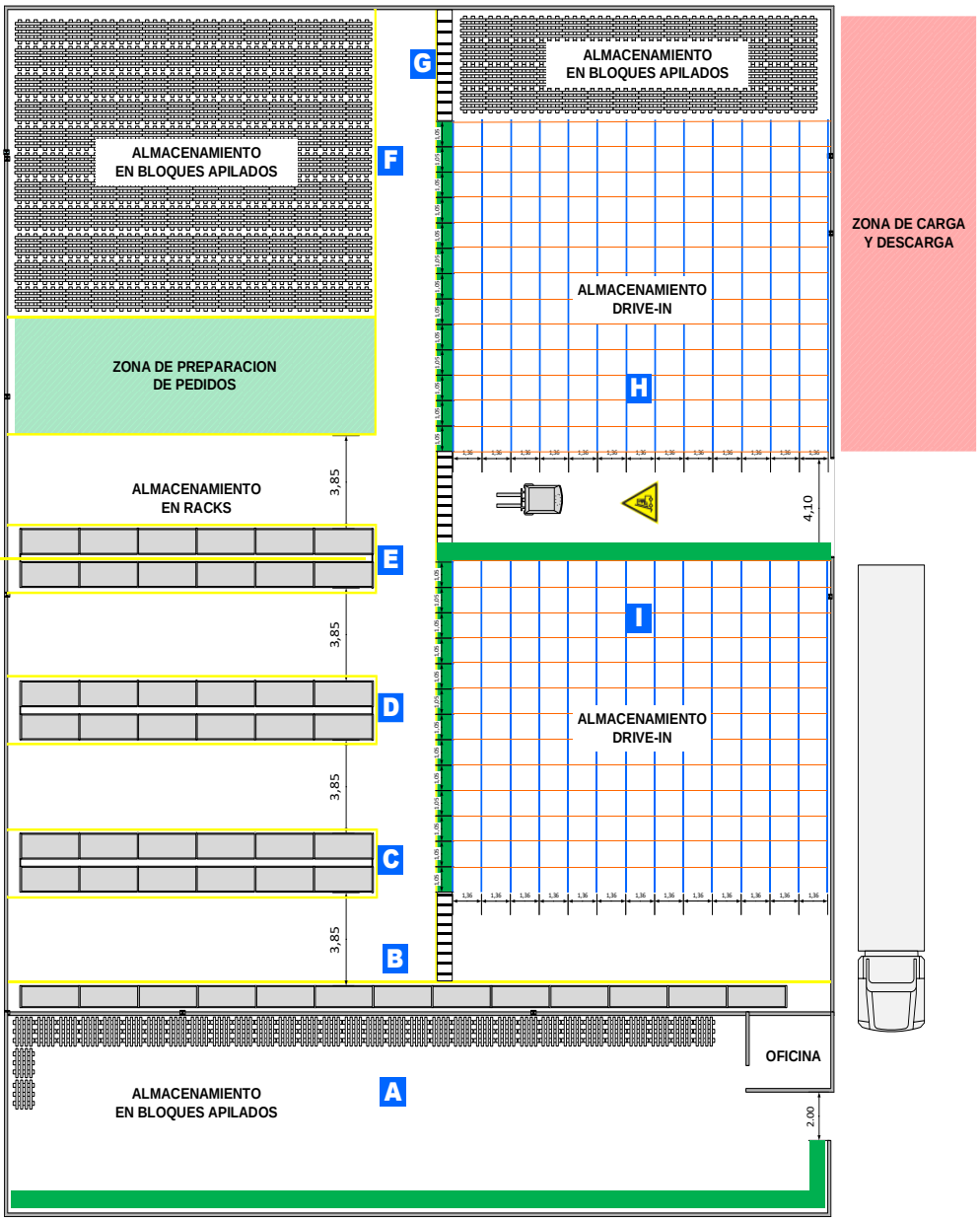


Fuente: Toyota Motor Corporation (2022). *Guía de dimensiones de montacargas Toyota*. Consultado el 12 de diciembre de 2022. Recuperado de https://www. https://toyotamontacargas.mx/forklift/dimensions/ 32-8FG25.pdf

Finalmente se diseña un nuevo *layout* del almacén mostrado en la figura 39. El cual considera todas las propuestas mencionadas anteriormente, en él se muestra la distribución de las distintas zonas del almacén, la señalización de

pasillos de circulación de montacargas, los pasos peatonales, la ubicación de los sistemas *drive-in*, la identificación de zonas de almacenamiento y el marcaje en piso.

Figura 39. **Nuevo *layout* propuesto para el almacén de productos terminado**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2020.

2.3.3.3. Sistemas de almacenamiento

Se tiene identificado que actualmente se utilizan los sistemas de almacenamiento convencional en *racks* y el sistema de almacenamiento de bloques apilados. Este tipo de sistemas son los más comunes que se utilizan en almacenes y tienen como principal ventaja un bajo costo de adquisición. Sin embargo, no aprovechan la totalidad del espacio volumétrico disponible en los almacenes, ya que el sistema convencional en *racks* permite aprovechar la altura del almacén, pero no la superficie y, por el contrario, el sistema de bloques apilados aprovecha el espacio de superficie, pero no la altura.

A través de los años se han ido desarrollando nuevos sistemas para maximizar el aprovechamiento del espacio en almacenes. En este caso, por medio de la investigación y la comparación de ventajas y desventajas, de los distintos tipos de sistemas de almacenamiento disponibles en el mercado, se determina que el sistema de almacenamiento compacto *drive-in* puede traer beneficios considerables para el almacén debido a que este sistema permite agrupar los productos en bloques similar a un sistema de bloques apilados, pero con la ventaja que posee una estructura metálica que soporta el producto, por lo que es posible estibar a mayores alturas.

De tal manera que, el sistema compacto *drive-in* proporciona ambas ventajas en comparación con los otros sistemas que posee la empresa. Por ello, se propone reemplazar el área de almacenamiento de bloques apilados, por un sistema de almacenamiento compacto *drive-in* para aprovechar al máximo el espacio volumétrico en el almacén.

Para utilizar este tipo de sistema, se deben considerar dos aspectos fundamentales: el primero, que debe existir un tamaño de *pallet* estandarizado y

el segundo, que el ancho del montacargas debe poder ingresar a través del sistema.

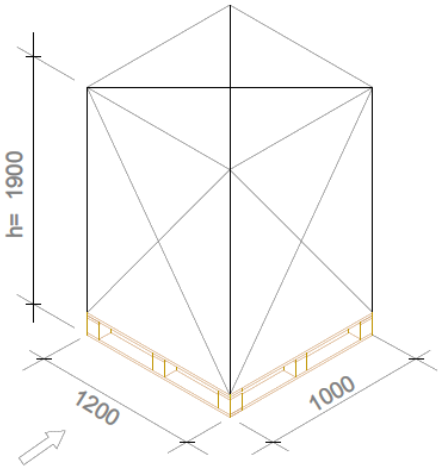
En el caso del rediseño del almacén, ya se ha estandarizado el tamaño del *pallet* y se conocen las dimensiones máximas del montacargas que se utilizará dentro del almacén.

- Diseño del sistema *drive-in*

Una vez definido que el sistema más apropiado a utilizar es el de tipo *drive-in*, se procede a realizar un diseño a medida según las condiciones físicas del almacén, las dimensiones del *pallet* y del montacargas a utilizar.

El tamaño del *pallet* a utilizar se ha estandarizado para que sea 1,200 x 1,000 mm y el alto del *pallet* según el tipo de productos que se almacenaran en este sistema es de 1,900 mm máximo. Con estas dimensiones se procede a dibujar el isométrico que servirá como base para el diseño del sistema.

Figura 40. **Isométrico del pallet de carga**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2010.

Considerando que la empresa cuenta con montacargas de 1 y de 2.5 t, se realiza el diseño del sistema *drive-in* para que sea posible utilizar el montacargas más grande y no tener inconvenientes en un futuro. Las dimensiones por utilizar son: ancho (A) 1.15 m, largo de 2.44 m, radio de giro (B) 2.28 m, alto (C) 2.11 m y longitud (D) 2.63 m.

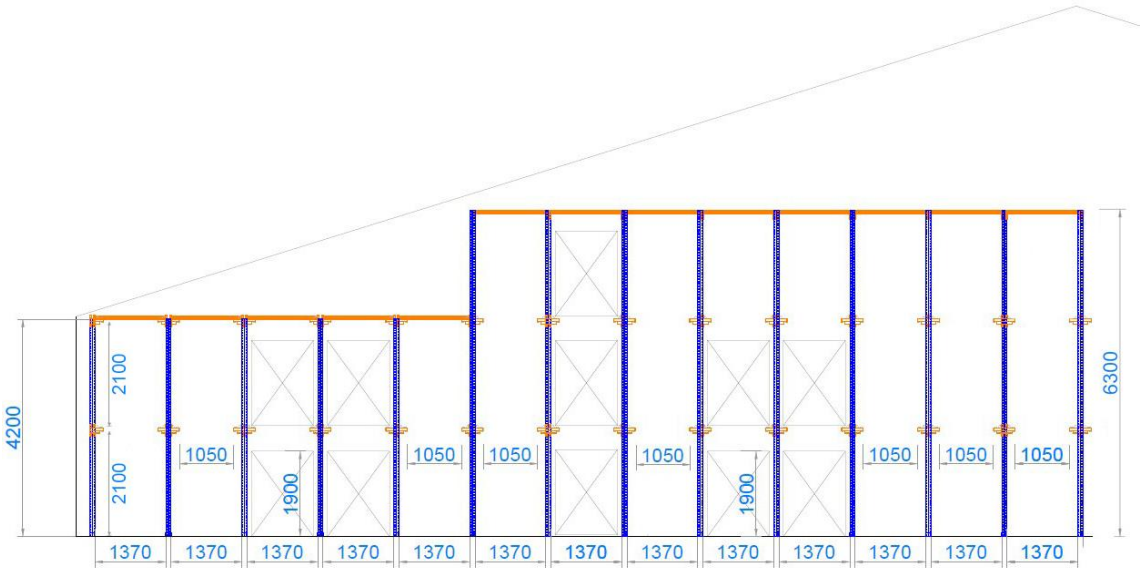
Se procede a determinar la altura máxima a la que se podrá estibar, considerando las restricciones de altura del almacén y la máxima altura de estiba a la que pueda llegar el montacargas. Bajo estas restricciones, se diseña la vista frontal del sistema. La separación entre postes es de 1,370 mm y la altura vertical entre las ménsulas es de 2,100 mm, lo cual deja espacio suficiente para el ingreso del montacargas, considerando la altura de la carga según el diseño isométrico previamente realizado.

Es posible observar que, por limitación de altura, en las primeras 5 secciones de izquierda a derecha, se puede estibar a una altura de 2 *pallets*, mientras que a partir de la sección 6, hasta la 13, es posible estibar a una altura de 3 *pallets,* por lo que, esta triple altura es la que incrementará la capacidad de almacenaje. También, se hace mención que, aunque a partir de la sección 10 existe suficiente espacio como para estibar a una altura de 4 *pallets*, no se consideró en el diseño, debido a que los montacargas actuales solamente tienen capacidad para extender la torre hasta una altura de 5 m y para estibar hasta 4 *pallets* se requiere extender la torre en 6.3 m.

Sin embargo, en caso de que la empresa necesite en el futuro incrementar su capacidad de almacenamiento, puede aprovechar este espacio disponible en altura. Instalando postes de mayor longitud y adquiriendo montacargas que puedan elevar peso a mayor altura. Esto deberá basarse en un análisis de costo

beneficio para determinar si esta es la mejor opción o si resulta conveniente contratar más espacio en almacenes de terceros.

Figura 41. **Vista frontal del sistema *drive-in***



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2010.

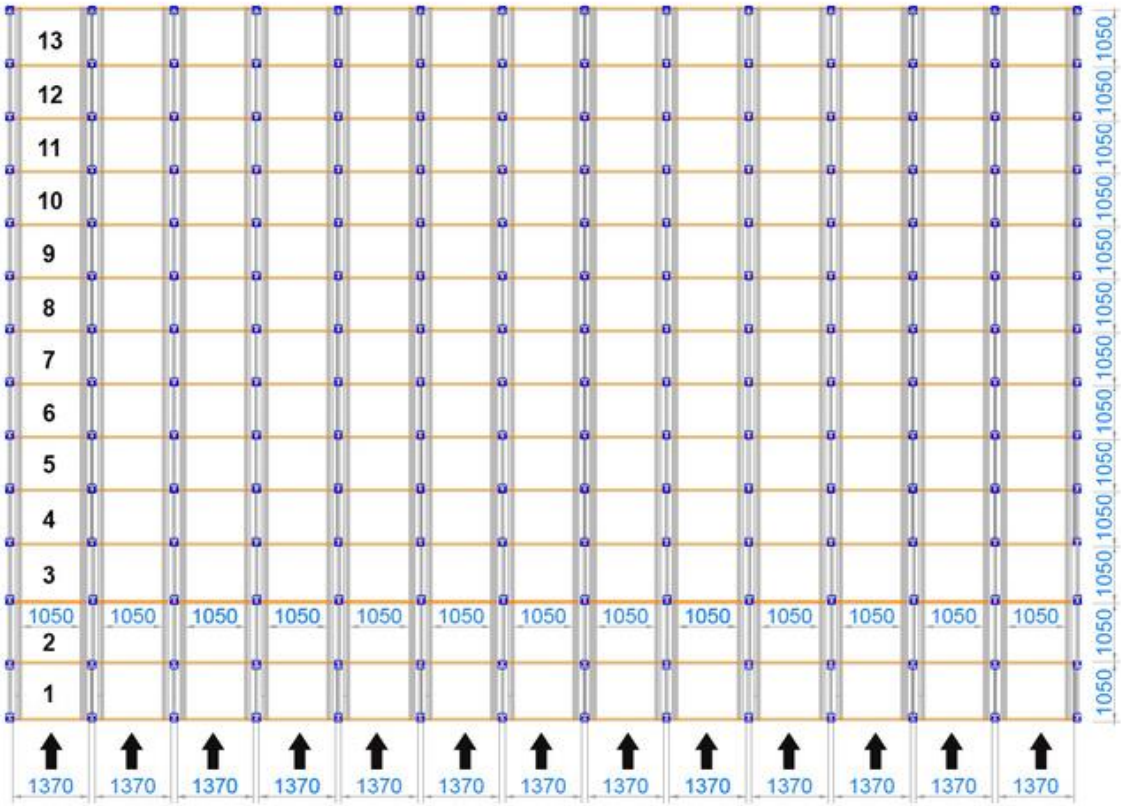
En la imagen anterior, se observa cómo este sistema aprovecha de mejor manera la altura del almacén, estibando hasta 3 *pallets* de altura. En total, se pueden almacenar 34 *pallets*, siendo 8 los pallets adicionales que se colocan en la tercera altura, según se observa en la vista frontal. Esto se debe multiplicar por el largo de *pallets* que permita el sistema según la longitud del espacio disponible en piso.

Para determinar la longitud del sistema *drive-in*, se considera la longitud en piso disponible, en este caso, de 14 m. Según el diseño isométrico el largo del *pallet* es de 1,000 mm y se debe dejar una distancia de 50 mm de separación entre cada *pallet*, por lo tanto, la separación entre los postes será de 1,050 mm,

dividiendo la longitud disponible entre la separación requerida para los postes, da como resultado 13.33 secciones de longitud, lo cual se redondea en 13 secciones.

Para validar el cálculo, se realiza un dibujo a escala en vista superior donde se muestran las 13 secciones de longitud que tendrá el sistema.

Figura 42. **Vista superior del sistema *drive-in***



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2010.

La configuración final del sistema queda con una disposición de 13 *pallets* de frente por 13 *pallets* de fondo, logrando almacenar un total de 442 *pallets*. Lo cual, en comparación con el sistema de almacenamiento de bloques apilados que

la empresa utiliza actualmente, representa un incremento del 34 % de mayor capacidad de almacenaje, equivalente a 104 *pallets* adicionales.

La propuesta final es instalar dos sistemas *drive-in* de las mismas características, según se muestra en el nuevo *layout* del almacén en la figura 39. Con ello, la empresa amplía su capacidad de almacenaje en 208 *pallets*.

Figura 43. **Fotografía de un sistema de almacenamiento *drive-in***



Fuente: Control Group (2018). *Tipos de estanterías compactas.* Consultado el 20 de diciembre de 2022. Recuperado de https://www.controlgroup.es/estanterias-compactas-estanteria-drive-through-estanteria-drive-in/

Como comentario final, se agrega que la empresa puede empezar realizando los cambios propuestos en las zonas de almacenamiento que no requieren una inversión significativa, los cuales consisten en eliminar una de las bodegas de archivo, al fondo del almacén y reconfigurar los *racks* de almacenamiento de doble fondo. Con ello, la empresa estará maximizando el aprovechamiento del espacio superficial, utilizando los recursos con los que ya cuenta. Posteriormente, en la medida que requiera mayor espacio, realizar la

inversión para instalar los sistemas *drive-in*, los cuales aprovecharan el espacio disponible en la altura del almacén.

2.3.3.4. Equipos para manipulación de carga

El principal problema con respecto a los equipos para manipulación de carga es que el montacargas eléctrico Yale, con función de pantógrafo se encuentra fuera de servicio, debido a que presenta daños en la computadora principal y en la batería. El costo de reparación o adquisición de un montacargas nuevo es muy elevado, por lo tanto, la recomendación es eliminar la necesidad de dicho montacargas, por medio de la reconfiguración del sistema de almacenaje convencional. Es decir, eliminar la doble profundidad de los *racks* para que ya no sea necesario contar con dicho equipo. En el anexo 3 se muestra la cotización de un montacargas con pantógrafo.

De esta manera, al disponer los *racks* para que sean de una sola profundidad, se podrá acceder a ellos utilizando un montacargas convencional, con los que la empresa ya cuenta y se logrará recuperar el espacio para 128 *pallets*. Es importante mencionar que al eliminar la disposición de los *racks* de doble posición y disponerlos como posición simple, se reduce la cantidad de *racks* que pueden ubicarse, ya que es necesario dejar una mayor cantidad de pasillos de acceso. Pero este espacio será recuperado posteriormente, aprovechando otras áreas del almacén en desuso.

Es evidente como, por medio de la reconfiguración de los *racks* de almacenaje se resuelve el problema con un equipo para manipulación de carga y se evita que la empresa realice una alta inversión innecesaria. El resultado de la reconfiguración se muestra en el nuevo *layout* del almacén que se muestra en la figura 32.

Respecto a los otros equipos para manipulación de carga, la empresa cuenta con lo necesario para llevar a cabo todas las actividades que requiere, ya que los montacargas actuales son capaces de mover entre 1 a 2.5 t y el máximo peso que se manipula es de 961 kg. Respecto a la altura de estiba los montacargas, tienen capacidad de elevar la torre hasta una altura de 5 m y la máxima altura de estiba actual llega únicamente a los 2.25 m. Se hace la observación que el rediseño del almacén considera llegar hasta 4.2 m de altura de estiba, por lo que aún con este cambio, los equipos son aptos para realizar el trabajo.

2.3.4. Indicadores clave de desempeño

Los indicadores clave de desempeño evalúan un proceso para indicar qué tan efectivo está siendo en determinados parámetros que se desean medir, con la finalidad de guiar los esfuerzos hacia el objetivo establecido.

Estos indicadores pueden evaluar una única propiedad del proceso o varias a través de un promedio, el valor final obtenido se compara con otro valor, el cual es una meta fijada previamente; de esta comparación, se obtiene un resultado que se utiliza para conocer el desempeño que está teniendo el proceso.

En el caso del almacén de distribución de productos terminados, se desean medir los aspectos que durante la fase de diagnóstico fueron identificados como problemas por mejorar. Uno de ellos son las diferencias en el inventario, el segundo son las devoluciones de clientes y el tercero es el índice de rotación por producto.

Una vez que se ha establecido qué es lo que se desea medir, se plantea cada indicador utilizando una metodología, según la cual, se debe recoger la

siguiente información: descripción de lo que se desea medir, cuál es el objetivo estratégico relacionado al indicador, cuál es la métrica que se utilizará, la meta que se desea y la dirección que se tiene (maximizar o minimizar).

Siguiendo la metodología descrita se formulan tres indicadores para la evaluación del desempeño del almacén de distribución de productos terminados. Los cuales se muestran en las tablas X, XI y XII.

Tabla X. **Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición de diferencias de inventario**

Nombre del indicador	**Menos del 3 % de faltantes o sobrantes en el inventario**
Descripción	Medir las diferencias que existen en el inventario de productos terminados.
Objetivo estratégico	Eliminar las diferencias entre el inventario físico y el teórico.
Métrica	Suma de faltantes y sobrantes contabilizados en el cierre de mes / total de la población contabilizada x 100 %
Meta	Menos del 3 %
Dirección	Minimizar

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XI. **Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición de diferencias de inventario**

Nombre del indicador	**Menos del 2 % en devoluciones de pedidos de venta**
Descripción	Medir la cantidad de pedidos de que son devueltos por los clientes al almacén.
Objetivo estratégico	Reducir el volumen de devolución de pedidos de venta.
Métrica	Suma de devoluciones en el mes / total de pedidos entregados del mes x 100 %
Meta	Menos del 2 %
Dirección	Minimizar

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XII. **Ficha de descripción de indicador clave de desempeño para medición del índice de rotación de productos**

Nombre del indicador	**índice de rotación por producto mayor a 0.5**
Descripción	Medir el índice de rotación por producto para determinar cuáles productos se están volviendo obsoletos en el almacén.
Objetivo estratégico	Reducir la cantidad de productos obsoletos en el almacén.
Métrica	Costo de la venta por producto en el mes / valor del inventario almacenado por producto al cierre del mes.
Meta	Tener 0 productos obsoletos en el almacén.
Dirección	Maximizar

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Es importante mencionar que, en el caso de este indicador, lo que se busca es determinar cuáles productos tienen la rotación más baja, ya que esto significa que, se ha comprado demasiado inventario de dicho producto o que el volumen de venta es muy bajo. En el caso que, la causa sea el volumen de venta bajo, es generalmente este tipo de productos los que terminan volviéndose obsoletos en el inventario. Por lo tanto, se deben tomar decisiones oportunas para evitar la obsolescencia del producto.

Con el fin de orientar los esfuerzos al alcance de los objetivos estratégicos de cada indicador, se elabora una ficha de seguimiento anual de indicadores mostrada en la tabla XIII, en la cual se deben ir anotando los resultados obtenidos de manera mensual y así, ir monitoreando los avances para realizar las correcciones necesarias y alcanzar el objetivo anual.

Tabla XIII. **Ficha de evaluación anual de indicadores clave de desempeño**

Menos del 3 % en faltantes y sobrantes en el inventario													
Mes	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Año**
Faltantes													
Sobrantes													
Muestra													
Resultado													
Meta	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	< 3 %	**< 3 %**
Menos del 2 % en devoluciones de pedidos de venta													
Mes	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Año**
Devoluciones													
Pedidos enviados													

Continuación tabla XIII.

Resultado													
Meta	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	< 2 %	**< 2 %**
índice de rotación por producto mayor a 0.5													
Mes	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Año**
Costo de venta por producto													
Valor del inventario por producto													
Índice de rotación													
Meta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	**0.5**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

2.4. Costos de la propuesta

Los costos consideran todas las propuestas que se plantean como parte del rediseño del almacén de productos terminados. Muchas de estas propuestas no requieren una inversión significativa, pero pueden aportan beneficios sustanciales a la operación del almacén. Entre ellas se puede mencionar: los cambios en el método de paletizado, la reorganización ABC de productos, la reconfiguración de los *racks* de almacenaje actuales, el marcaje en piso, la señalización de zonas de almacenamiento y productos.

Existen otras propuestas que requieren una mayor inversión, las cuales son: el cambio de techos en el almacén, mejoras a la iluminación, mejoras a la ventilación y la instalación del sistema de almacenamiento compacto *drive-in*. Estas propuestas pueden ser implementadas de manera gradual, para lo que se dan las siguientes recomendaciones: dividir el cambio de techo en secciones las cuales pueden cambiarse en un periodo de 2 años, según la capacidad

económica de la empresa y respecto al sistema *drive-in* considerar la inversión únicamente en el momento que la empresa requiera incrementar la capacidad de almacenaje.

Tabla XIV. **Costos de la propuesta**

Cantidad	Ud	Descripción	Precio unitario Q	Precio total Q
2,**023**.**60**	m2	Cambio de 2,02360 metros cuadrados de techo de lámina troquelada metálica. *Incluye desinstalación de lamina existente, limpieza de canales, suministro e instalación de lámina metálica troquelada. Se requiere un total de 400 láminas de 1 x 5.2 m.	Q 176.50	Q 357,165.40
20	ud	Luminaria led Luxlite 0354, 33,000 lm, 220 VAC.	Q 735.00	Q 14,700.00
300	m	Cable TSJ calibre 2x12	Q 10.59	Q 317.00
1	ud	Breaker de 2x50 AMP	Q 94.80	Q 94.80
4	ud	Extractor de aire Soler & Palau HAIT-3-1250	Q 32,850.00	Q 131,400.00
4	ud	Guardamotor para 3HP	Q 235.15	Q 940.60
9	ud	Rótulos de señalización a 2 colores, fabricados en material ACM de 50 x70 cm	Q 325.00	Q 2,925.00
182	ud	Etiquetas adhesivas de 3x4" para identificar posiciones en *racks*	Q 3.85	Q 700.70
6	gal	Pintura amarilla trafico	Q 269.80	Q 1,618.80
1	gal	Pintura blanca trafico	Q 269.80	Q 269.80
1	gal	Pintura negra trafico	Q 269.80	Q 269.80
2	gal	Pintura verde trafico	Q 269.80	Q 539.60
442	pos	Sistema de almacenamiento compacto tipo *drive-in* de 13x13. Capacidad de almacenaje de 442 posiciones	Q 760.55	Q 336,163.10
		Total		**Q 846,834.80**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. MEJORAS AL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

3.1. Análisis de situación actual

Se describen las condiciones del sistema de generación de aire comprimido de manera detallada, con la finalidad de determinar su estado actual de funcionamiento, si el dimensionado del sistema es apto para las necesidades de caudal de aire comprimido que se requieren y, si las condiciones generales del cuarto de compresores son adecuadas para el funcionamiento eficiente de los equipos.

3.1.1. Necesidades de aire comprimido

Para determinar las necesidades actuales de aire comprimido que requiere la fábrica, fue necesario obtener información de dos medios. El primero, fue a través de las placas de datos de los equipos, donde regularmente el fabricante coloca las características principales de cada uno como, por ejemplo: marca, modelo, voltaje, frecuencia, tipo de alimentación (trifásica o monofásica) y los detalles de consumo de aire comprimido.

Por la antigüedad de algunos equipos, estas placas de datos se han extraviado o ya no son visibles. Por lo tanto, se utilizó como segundo medio de información los manuales de operación y especificaciones del fabricante. Estos manuales contienen toda la información de montaje, operación, mantenimiento y listado de partes de cada equipo.

En caso no sea posible obtener los datos de caudal y presión de los medios mencionados anteriormente, también es posible recurrir a búsquedas por internet, dimensionar de acuerdo con equipos similares, si existieran y, finalmente se puede realizar una medición del caudal de aire haciendo uso de un equipo llamado caudalímetro.

Como resultado, se determina que el caudal actual que se consume es de 396.1 CFM y en general los equipos trabajan a una presión de 87 PSI. En la tabla a continuación se muestra el detalle de los resultados obtenidos.

Tabla XV. **Consumos de aire comprimido actuales por equipo**

Maquinaria	Caudal requerido CFM	Presión (psi)
Línea de producción de fósforos No. 1	**111.90**	**87**
Maquina Continua No. 1	95	87
Ensambladora ROG	2	87
Cajitas exteriores Barmachine	0.4	87
Cajitas Interiores JUL2	0.3	72 a 87
Empaque VAT	6.5	87
Empaque termoencogible TY-701-120	7.2	72
Transportes KEB 5A	0.5	87
Línea de producción de fósforos No. 2	**191.4**	**87**
Maquina Continua No. 2	175	87
Cierres automáticos	1.5	87
Cajitas exteriores Barmachine	0.4	87
Cajitas Interiores C90 1 y 2	0.3	72 a 87
Empaque VAT	6.5	87
Empaque termo encogible TY-701-120	7.2	72
Transportes	0.5	87
Línea de producción de fósforos tipo carterita	**13.3**	**87**
Maquina continua	0.8	87
Cuarto de secado	0	0
Maquina cosedora #1	2.5	87
Maquina cosedora #2	2.5	87

Continuación de la tabla XV.

Maquina cosedora #3	2.5	87
Maquina cosedora #4	2.5	87
Maquina cosedora #5	2.5	87
Línea de producción de palitos de madera	**60.2**	**87**
Torno de chapas #1	15	87
Torno de chapas #2	15	87
Guillotina #1	2.6	87
Guillotina #2	2.6	87
Horno de secado	0	0
Seleccionador y clasificador	25	87
Maquinas auxiliares	**19.3**	**87**
Pintadora de madera	9.2	87
Pintadora de carterita	8	87
Cortadora de cartón	2.1	87
Total	**396.1**	**0.6 Mpa**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Una vez finalizada la recopilación de datos de equipos, fue posible notar que la presión de trabajo actual de la mayoría de los equipos instalados era de 87 psi, con el fin de poder verificar este dato, se revisó el tablero de control uno de los compresores funcionando a plena carga de trabajo. Se observó que la presión de trabajo en el momento de la revisión era de 89 psi, lo cual está bastante cercano a la presión teórica de 87 psi.

Figura 44. **Fotografía que muestra la presión de trabajo actual del sistema de aire comprimido**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Se muestra una fotografía tomada de uno de los manuales de maquinaria disponibles en el departamento de mantenimiento de la empresa, de los cuales se obtuvo la mayoría de los datos necesarios sobre caudal y presión de equipos.

Figura 45. **Fotografía del manual de la maquina marca Arenco Jul2**



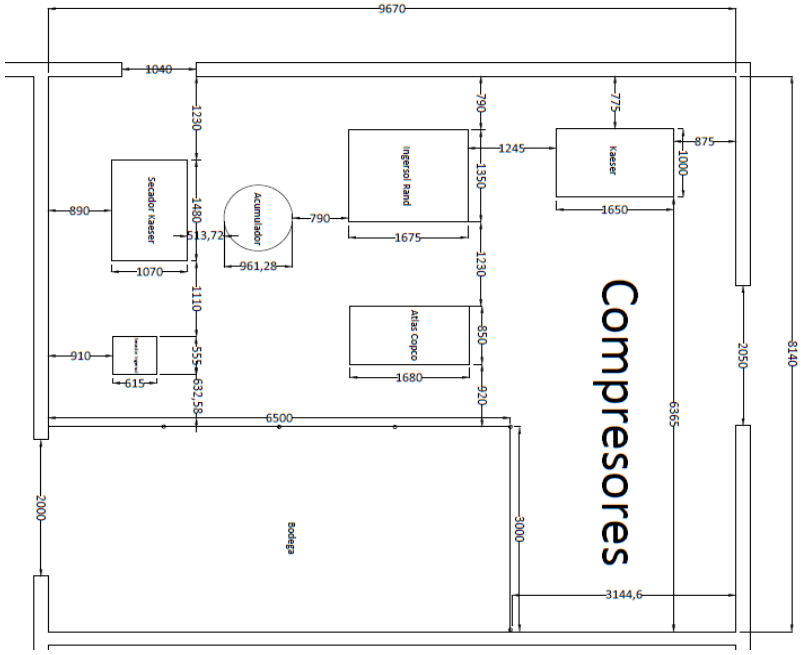
Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Departamento de mantenimiento, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.1.2. Cuarto de compresores

Se realizaron mediciones del área en el cuarto de compresores, considerando las medidas totales de área y la distribución actual de equipos con la finalidad de poder dibujar un plano de distribución a escala. Este plano será de utilidad puesto que permite observar la cantidad de equipos actuales y su ubicación.

De esta manera, es posible establecer si la ubicación actual es óptima y favorece la realización de inspecciones de mantenimiento, para identificar posibles fugas y, también permite determinar si las distancias entre equipos son ideales según las recomendaciones que dan los fabricantes para la correcta ventilación. En la figura a continuación se muestra el plano de ubicación actual de los equipos en el cuarto de compresores.

Figura 46. **Plano actual del cuarto de compresores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2010.

El cuarto de compresores tiene un área total de 78.71 m^2, sin embargo, existe una bodega de almacenaje la cual reduce el espacio a 59.21 m^2. En este punto, no es posible concluir si el área tiene el tamaño adecuado, ya que el factor más importante es que la temperatura del ambiente este dentro de los parámetros recomendados por el fabricante para la operación de los equipos. Es un problema muy común, que los cuartos de compresores se construyan en área cerradas y aisladas con el objetivo de minimizar la emisión de ruidos al exterior. Por lo tanto, la ventilación será un factor relevante por considerar, ya que, una ventilación inadecuada ocasiona que recircule el mismo aire caliente que emiten los equipos y esto reduce su eficiencia.

Posteriormente, se realizó un recorrido por el cuarto de compresores para evaluar las condiciones físicas de limpieza y organización del área. Se identificó un problema de orden y limpieza del área, ya que materiales como tubería, mobiliario, cajas con producto, extintores, peroles de transporte de pasta para fósforos y suciedad eran evidentes en toda el área.

Aunque la falta de organización y limpieza no afecta al funcionamiento del sistema, sí complican las tareas de inspección y mantenimiento. En las figuras 47, 48 y 49 se muestran los hallazgos.

Figura 47. **Vista frontal del cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 48. **Vista posterior del cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 49. **Tuberías de hierro sucias y con corrosión del cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Tal como se mencionó anteriormente, la falta de orden y limpieza dificulta observar presencia de fugas en el sistema. Por ejemplo, en la figura 50, se muestra una fuga de condensado que se encontró detrás del depósito de almacenamiento.

Figura 50. **Fuga de condensado en el cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Ventilación

Para diagnosticar la condición de ventilación del cuarto de compresores, se hizo una medición utilizando un termómetro ambiental de la marca Steren, modelo er150 el cual posee un rango de medición de -10 a 50 ^{o}C. Las mediciones se hicieron en los siguientes puntos: entrada del cuarto de compresores, zona detrás del compresor Kaeser (funcionando), zona detrás del compresor Ingersoll Rand (apagado), zona detrás del compresor Atlas Copco (apagado) y zona detrás del secador Kaeser (funcionando).

Se realizó el estudio en un día soleado, a las 13:00 h, ya que se deseaba ver cuáles eran las máximas temperaturas que se conseguían dentro del cuarto de compresores. Como referencia, al momento del estudio, la temperatura ambiental era de 26 ^{o}C. En la tabla XVI. se muestran los resultados de medición de temperaturas.

Tabla XVI. **Medición de temperatura ambiental en cuarto de compresores**

Zona	Temperatura (ºC)
Entrada al cuarto de compresores	26 ºC
Zona detrás el compresor Kaeser (Funcionando)	38 ºC
zona detrás del compresor Ingersoll Rand (apagado)	34 ºC
zona detrás del compresor Atlas Copco (apagado)	34 ºC
zona detrás del secador Kaeser (funcionando).	36 ºC

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

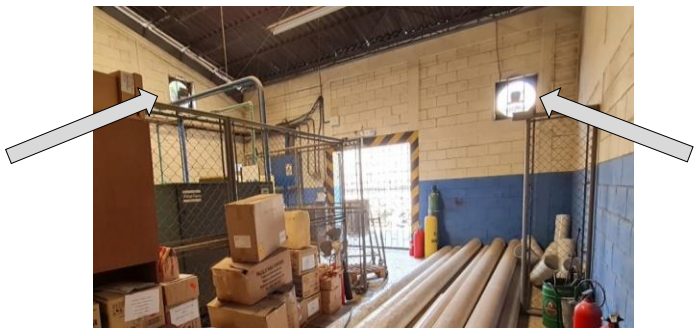
Como se muestra en la tabla anterior, 4 de las 5 mediciones realizadas están por encima de 32 ºC. Basado en el manual de instalación y operación de equipos de la marca Kaeser, la temperatura dentro del cuarto de compresores no debe exceder los 32 ºC. Ya que una mayor temperatura afecta a la eficiencia de los equipos.

Estas temperaturas se alcanzaron con únicamente, uno de los tres compresores funcionando, por lo que se puede predecir que, estas temperaturas llegan a un valor aún más alto cuando se utilizan todos los equipos.

Al inspeccionar el sistema de ventilación actual, se determinó que está compuesto por un inyector y un extractor de aire, colocados en la parte superior del almacén. Estos equipos poseen un motor de 1.5 hp y se desconoce su capacidad de extracción de aire en CFM. Sin embargo, por las mediciones de temperatura, es posible determinar que se necesita mejorar la ventilación del

área para que la temperatura no supere los 30 ºC. En la figura a continuación se muestra el sistema de ventilación actual del área.

Figura 51. **Sistema de ventilación actual del cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.1.3. Equipos

La red está compuesta por un compresor Kaeser CSD75, compresor Atlas Copco GA30, compresor Ingersoll Rand EP50-PE, secador de aire Kaeser TE91, secador Ingersoll Rand TS200, un depósito de aire comprimido húmedo de 360 US.GAL. modelo 37-360, 2 filtros de línea KOR375 y 2 drenadores de condensado Eco Drain 13. A continuación, se describen los equipos que componen el sistema actual en cuanto a sus especificaciones técnicas y capacidad.

- Compresor marca Kaeser CSD 75

Es un compresor de tipo tornillo rotativo lubricado por aceite, posee una capacidad nominal de 345 CFM a 125 psi de presión de trabajo. Otorga un

94.5 % de eficiencia a plena carga de trabajo. Es accionado por un motor eléctrico de 75 hp de conexión trifásica a 230 v – 60 Hz. El equipo fue adquirido e instalado en el año 2010 para incrementar la capacidad de generación de aire comprimido, como resultado de la instalación de una nueva línea de producción.

Figura 52. **Compresor Kaeser CSD 75**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Compresor marca Ingersoll Rand EP50-PE

Es un compresor de tipo tornillo rotativo lubricado por aceite, posee una capacidad nominal de 215 CFM a 125 psi de presión de trabajo. Es accionado por un motor eléctrico de 50 hp de alimentación trifásica a 230 v – 60 Hz. De acuerdo con los registros disponibles, se determina que este compresor fue adquirido en el año de 1986 en calidad de usado.

Figura 53. **Compresor Ingersoll Rand EP50-PE**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Compresor marca Atlas Copco GA30

Es un compresor de tipo tornillo rotativo lubricado por aceite, posee una capacidad nominal de 175 CFM a 125 psi de presión de trabajo. Es accionado por un motor trifásico de 40 hp de alimentación trifásica a 230 v – 60 Hz. A diferencia de los otros dos compresores instalados en la empresa, este compresor cuenta con un secador y separador de agua/aceite, integrado dentro de la misma unidad. Lo cual le permite entregar aire en la salida que puede ser utilizado directamente en los puntos de uso, ya que no necesita pasar por otro proceso de secado de aire. Este equipo fue fabricado en 1997 y, de acuerdo con los registros de la empresa, fue adquirido e instalado en el año 2001 en calidad de usado.

Figura 54. **Compresor Atlas Copco GA30**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Secador de aire Kaeser TE91

Es un secador refrigerativo con capacidad nominal de 360 CFM, pudiendo llegar los 230 psi de presión máxima de trabajo. Puede trabajar en condiciones de temperatura ambiente desde +5 ^{o}C a +43 ^{o}C y utiliza refrigerante R134a. Este equipo cuenta un intercambiador de calor SECOPACK LS el cual permite reducir los costos energéticos y garantizar un punto de rocío estable. El equipo funciona con una conexión trifásica de 230 v – 60 Hz.

Fue fabricado en el año 2005 y se adquirió en condición de nuevo en el año 2010, mismo en el que fue puesto en funcionamiento.

Figura 55. **Secador de aire Kaeser TE91**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Depósito de aire comprimido húmedo

Actualmente, se cuenta con un depósito de aire comprimido húmedo ubicado a la salida de los compresores. Este depósito se utiliza para equilibrar las variaciones en la generación de aire comprimido de los compresores, acumula aire para contrarrestar posibles picos en el consumo de aire de la fábrica, regula los tiempos de carga y descarga de los compresores y recoge contaminación de aceite y agua condensada que, por gravedad se acumula en el fondo del depósito.

En depósito actual tiene una capacidad de 360 gal y, es de fabricación nacional en hierro negro, no posee una marca definida y su modelo es 37-360. Este depósito fue instalado en el año 2010.

Figura 56. **Depósito de aire comprimido húmedo**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Filtros de línea

El sistema actual cuenta con 2 filtros de línea, los cuales se encuentran ubicados, uno entre la salida del depósito de aire húmedo y el secador; y el segundo en la salida del secador con dirección a la tubería principal de salida del aire comprimido.

Los filtros utilizados son de la marca Kaeser modelo KOR 375, diseñados para eliminar partículas de aceite contaminante en el aire hasta un 99.9 % y partículas sólidas de hasta 0.01 micrones. Tiene una capacidad de 375 CFM de flujo de aire y permite llegar hasta una presión máxima de trabajo de 250 psi. Además, posee un sistema de drenaje interno automático, manómetro de presión diferencial y un indicador de nivel de líquido.

Figura 57. **Filtro de línea Kaeser KOR 375**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Drenadores de condensado

Actualmente, se tienen instalados 3 drenadores de condensado, 2 están ubicados en los filtros de línea y uno más, está ubicado en el depósito de aire comprimido húmedo. Estos dispositivos se encargan de drenar el agua en los puntos de acumulación del sistema, para evitar averías en los equipos y problemas de corrosión. El agua que se drenar del sistema es desechada por medio de una tubería conectada al drenaje. Los drenadores utilizados son de la marca Kaeser modelo Eco Drain 13, estos drenadores poseen un circuito eléctrico y actúan de manera automática.

Figura 58. **Drenador de condensado Eco Drain 13**



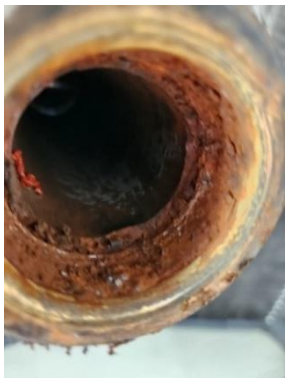
Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.1.4. Tubería principal

La tubería principal tiene un diámetro de 1 ½” y está fabricada en hierro negro, esta tubería forma un anillo principal cerrado que se extiende por todo el perímetro de la fábrica y, desde este anillo. se realizan las conexiones para las tuberías secundarias. Otro dato relevante es, que esta tubería se instaló al momento en que la fábrica inicio operaciones con la primera línea de producción y, a través del tiempo, aunque se han realizado ampliaciones a la fábrica y al sistema de generación de aire comprimido, las tuberías no han tenido ninguna actualización.

Considerando los reportes de daños en el secador refrigerativo y que durante las revisiones se identificaron partículas metálicas que dañaron los tubos del secador, se procedió a realizar una inspección física al interior de las tuberías, para verificar existencia de corrosión. Como puede observarse en la siguiente figura, existe un alto grado de corrosión acumulado en la tubería.

Figura 59. **Corrosión interna en tubería principal del cuarto de compresores**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.1.5. Tuberías secundarias

En total existen 6 secciones de tuberías secundarias, las cuales se conectan a la tubería principal, estas tuberías secundarias corresponden a una tubería por cada línea de producción. Los diámetros de las tuberías varían desde ¾” hasta 1”, esta variación se debe a que los caudales que consume cada línea de producción son distintos. Estas tuberías tampoco han sido renovadas, pero a diferencia de la tubería principal, las tuberías secundarias no se ven afectadas de la misma manera, ya que el caudal de consumo de las líneas de producción se mantiene igual y, el incremento se ha dado por la incorporación de nuevas líneas de producción, lo cual afecta únicamente a la tubería principal.

3.1.6. Mantenimiento

Para determinar la existencia de planes de mantenimiento para el sistema de generación de aire comprimido, se revisó el histórico de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo realizadas a los equipos, utilizando los documentos disponibles en el departamento de mantenimiento.

Se evidencio que al compresor Kaeser CSD 75, se le realiza mantenimiento programado, mientras que los compresores Atlas Copco e Ingersoll Rand, no tienen un mantenimiento programado. Esto debido a que no se ha encontrado un proveedor que brinde el servicio de mantenimiento de manera correcta. Se ha hecho mantenimiento con múltiples proveedores, sin embargo, no se han logrado solucionar los problemas que presentan estos equipos.

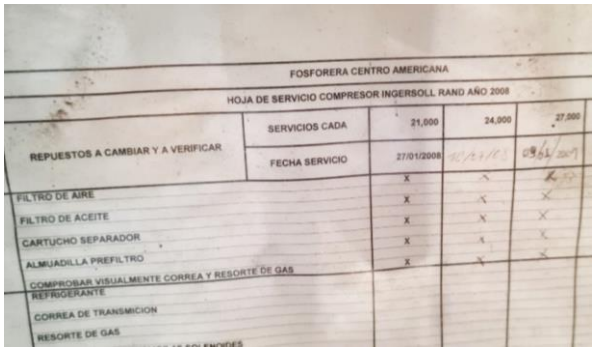
En cuanto al mantenimiento del secador de aire, filtros de línea y drenadores de condensado, se cuenta con un plan de mantenimiento anual, al

cual se le da seguimiento y se tiene un proveedor específico, contratado para realizar los mantenimientos necesarios. Sin embargo, no se encontró ningún registro sobre la realización de mantenimiento al tanque de aire comprimido húmedo, lo cual representa un posible riesgo por las altas presiones a las que es sometido este equipo.

Posteriormente, se procedió a revisar la existencia de documentación relacionada con el mantenimiento de equipos en el área de generación de aire comprimido, principalmente listas de inspección o controles que se realicen en el área.

Fue posible evidenciar la existencia de una hoja de servicio del año 2008 para el compresor Ingersoll Rand EP50-PE, que se muestra en la figura 60.

Figura 60. **Fotografía de hoja de servicio del compresor Ingersoll Rand**


FOSFORERA CENTRO AMERICANA

HOJA DE SERVICIO COMPRESOR INGERSOLL RAND AÑO 2008

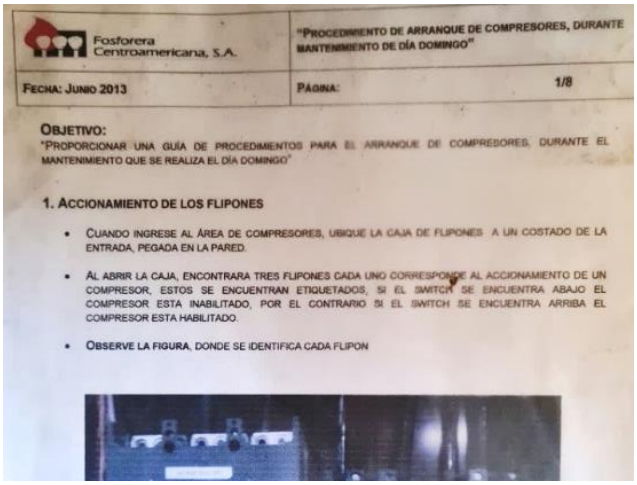
REPUESTOS A CAMBIAR Y A VERIFICAR	SERVICIOS CADA	21,000	24,000	27,000
	FECHA SERVICIO	27/01/2008		
FILTRO DE AIRE		X	X	X
FILTRO DE ACEITE		X	X	X
CARTUCHO SEPARADOR		X	X	X
ALMUADILLA PREFILTRO		X	X	X
COMPROBAR VISUALMENTE CORREA Y RESORTE DE GAS				
REFRIGERANTE				
CORREA DE TRANSMICION				
RESORTE DE GAS				

Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

También, se encontró en el área, un documento que describe el proceso de arranque de los compresores, elaborado en el año 2013. Al consultar por la utilización de este procedimiento, se informó que no se tenía conocimiento de su

existencia. Por lo que, posiblemente, no se esté poniendo en práctica un adecuado procedimiento para la puesta en marcha de los equipos, lo cual, a su vez, puede estar contribuyendo a los fallos en los mismos. Dicho procedimiento se muestra en la figura 61.

Figura 61. **Fotografía de procedimiento de arranque de compresores**



Fosforera Centroamericana, S.A.

"PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE COMPRESORES, DURANTE MANTENIMIENTO DE DÍA DOMINGO"

FECHA: JUNIO 2013 | PÁGINA: 1/8

OBJETIVO:
"PROPORCIONAR UNA GUIA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE DE COMPRESORES, DURANTE EL MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA EL DIA DOMINGO"

1. ACCIONAMIENTO DE LOS FLIPONES

- CUANDO INGRESE AL ÁREA DE COMPRESORES, UBIQUE LA CAJA DE FLIPONES A UN COSTADO DE LA ENTRADA, PEGADA EN LA PARED.
- AL ABRIR LA CAJA, ENCONTRARA TRES FLIPONES CADA UNO CORRESPONDE AL ACCIONAMIENTO DE UN COMPRESOR, ESTOS SE ENCUENTRAN ETIQUETADOS, SI EL SWITCH SE ENCUENTRA ABAJO EL COMPRESOR ESTA INABILITADO, POR EL CONTRARIO SI EL SWITCH SE ENCUENTRA ARRIBA EL COMPRESOR ESTA HABILITADO.
- OBSERVE LA FIGURA, DONDE SE IDENTIFICA CADA FLIPON

Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Considerando que, el mantenimiento es una actividad indispensable para garantizar la confiabilidad de funcionamiento de cualquier equipo, en las condiciones en las que ha sido diseñado, y teniendo como base que en el cuarto de compresores se encontró una hoja de servicio del año 2008, se procedió a profundizar más en el tema del mantenimiento. Para ello, se elaboró un listado que contiene el histórico de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como también los registros de fallas de los equipos en los últimos 2 años. En las tablas a continuación se muestran los hallazgos encontrados:

- Mantenimiento del compresor Kaeser CSD75

Existe seguimiento y ejecución de tareas de mantenimiento preventivo para el equipo compresor Kaeser CSD75. También se observó que, en los últimos 2 años, no se han realizado mantenimientos correctivos.

Sin embargo, el día 10 de junio de 2022, se produjo una falla en el motor principal. La empresa que presta el servicio de mantenimiento realizó el diagnóstico y concluyó que era necesario cambiar el motor, ya que había sufrido daños internos por sobrecalentamiento. Por lo tanto, se tuvo que rebobinar el motor de urgencia y se utilizaron los compresores Atlas Copco GA30 e Ingersoll Rand EP50-PE para suplir la demanda de aire comprimido y evitar un paro en la producción.

Tabla XVII. **Historial de mantenimiento del compresor Kaeser CSD75**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
12/02/2020	Preventivo	Mantenimiento menor Tipo A
20/06/2020	Preventivo	Mantenimiento menor Tipo A
5/10/2020	Preventivo	Mantenimiento intermedio Tipo B
19/02/2021	Preventivo	Mantenimiento menor Tipo A
8/06/2021	Preventivo	Mantenimiento menor Tipo A, Cambio Kit válvula de control y servicio eléctrico
24/10/2021	Preventivo	Mantenimiento mayor tipo D
4/02/2022	Preventivo	Mantenimiento menor Tipo A y cambio de rodamientos del motor ventilador
10/06/2022	Fallo	Fallo eléctrico de motor principal. (Se realizó rebobinado de emergencia)

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 62. **Reparación del motor principal del compresor Kaeser CSD 75**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Cuarto de compresores, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Mantenimiento del compresor Ingersoll Rand EP50-PE

En los registros de mantenimiento del compresor Ingersoll Rand TS20 se identificó que el último mantenimiento realizado fue el 29 de agosto de 2020. A partir de esa fecha el equipo ha continuado fallando y no se le ha realizado ningún mantenimiento adicional.

Tabla XVIII. **Historial de mantenimiento del compresor Ingersoll Rand EP50-PE**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
29/08/2020	Preventivo	Mantenimiento Intermedio. Se reportaron alarmas de Rotación de Motor, Baja presión del tanque. Se recomendó cambiar Kit de válvula de admisión, manguera de filtro de aire y *o ring* de unidad de aire. También se reportó fuga en el sello de la unidad de aire.
26/11/2020	Fallo	Falla por pérdida de presión en el compresor. Se tuvo que apagar la unidad.

Continuación de la tabla XVII.

28/11/2020	Correctivo	Se realizó cambio del Kit de la válvula de admisión y *o ring* de unidad de aire.
17/01/2021	Correctivo	Reparación correctiva de válvula de descarga # 54774302
9/08/2021	Correctivo	Reparación de secador refrigerativo. Secador no quedo funcional.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento del compresor Atlas Copco GA30

Los registros de mantenimiento del compresor Atlas Copco describen una situación similar a la del compresor Ingersoll Rand. El último mantenimiento que se le realizó fue el 25 de mayo de 2020. A partir de esa fecha han continuado los fallos por diversas causas.

Es necesario establecer si es conveniente continuar haciendo uso de estos últimos dos compresores o si lo más favorable es considerar su actualización.

Tabla XIX. **Historial de mantenimiento del compresor Atlas Copco GA30**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
25/05/2020	Preventivo	Mantenimiento mayor
25/05/2020	Correctivo	Cambió de manguera del filtro de aceite y manguera que va de la unidad de tornillo al tanque de aceite
9/04/2021	Preventivo	Mantenimiento menor
30/07/2021	Correctivo	Reparación de secador refrigerativo integrado modelo ID80. Se cambió filtro deshidratador y se ajustó switch de presión del ventilador

Continuación de la tabla XIX.

17/03/2022	Correctivo	La unidad no está secando correctamente el aire. Por lo que la empresa utiliza este compresor únicamente los fines de semana y utiliza el secador marca Kaeser TE91 para el secado del aire generado.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento del secador Kaeser TE91

En el caso del secador Kaeser TE91, se pudo determinar que está fallando continuamente, lo cual ocasiona que el aire llegue húmedo a las máquinas. Esto, a su vez, ha ocasionado interrupción en la producción, por problemas en los sensores y actuadores neumáticos. En el último diagnóstico realizado, el técnico de mantenimiento informó que era necesario el cambio del equipo, ya que existía corrosión profunda en los tubos.

El día 22 de febrero de 2022, se presentó un técnico de la empresa MK Ingeniería, quien logró reparar las fugas. El diagnóstico de la falla indicó que existen partículas de metal que están desgastando los tubos del secador. Esto puede indicar presencia de humedad, la cual está ocasionando corrosión en las tuberías del sistema.

Tabla XX. **Historial de mantenimiento del secador Kaeser TE91**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
20/06/2020	Preventivo	Mantenimiento menor tipo A
4/08/2021	Preventivo	Mantenimiento mayor tipo B
4/02/2022	Preventivo	Inspección técnica y limpieza

Continuación de la tabla XX.

19/02/2022	Fallo	Se detectó humedad en la línea de producción, la cual ocasionó paros en toda la fábrica. Al inspeccionar el secador se determinó que tenía fugas internas.
21/02/2022	Fallo	Se intentó realizar reparación de la unidad. Sin embargo, no fue posible soldar las fugas del tubo de cobre. Recomendaron cambio de equipo.
22/02/2022	Fallo	Se presentó un técnico de la empresa MK Ingeniería quien logró reparar las fugas. El diagnóstico de la falla indica que existen partículas de metal que están desgastando los tubos del secador.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento de los filtros de línea KOR 375

Los filtros de línea requieren de un cambio periódico del elemento filtrante, con una frecuencia de 6 meses. Según los registros de mantenimiento en los últimos 2 años, se ha realizado el mantenimiento sin ningún inconveniente y no se han reportado fallas relacionadas con los filtros de línea.

Tabla XXI. **Historial de mantenimiento de los filtros de línea KOR 375**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
11/09/2021	Preventivo	Servicio a filtro de línea KOR 375
15/03/2021	Preventivo	Servicio a filtro de línea KOR 375
05/09/2021	Preventivo	Servicio a filtro de línea KOR 375
4/03/2022	Preventivo	Servicio a filtro de línea KOR 375

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento de los drenadores de condensado Eco Drain 13

El mantenimiento de los equipos drenadores de condensado, consiste en un servicio programado cada 6 meses y un cambio completo del equipo cada 12 meses. De acuerdo con los registros del departamento de mantenimiento, se han realizado todos los mantenimientos preventivos de acuerdo con lo programado.

Sin embargo, en junio de 2022, se reportó mal funcionamiento del drenador de condensado ubicado en la parte inferior del tanque de almacenamiento. Esto ocasionó humedad en los puntos de uso de aire comprimido. Por lo que se procedió a realizar el cambio inmediato de la unidad Eco Drain 13, bajo garantía del fabricante.

Tabla XXII. **Historial de mantenimiento de los drenadores de condensado Eco Drain 13**

Fecha	Tipo	Actividad realizada
11/09/2021	Preventivo	Cambio de válvula Eco Drain 13 completa
15/03/2021	Preventivo	Servicio a válvula Eco Drain 13
05/09/2021	Preventivo	Cambio de válvula Eco Drain 13 completa
21/06/2022	Correctivo	Fallo de válvula Eco Drain 13. Fue necesario reemplazar la unidad completa.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento del depósito de aire comprimido húmedo

No fue posible encontrar evidencia de ningún registro de mantenimiento, aunque el diseño de este equipo no posee elementos móviles o electrónicos que requieran un cambio periódico, sí se considera necesario realizar inspecciones planificadas para evaluar las condiciones físicas del depósito. Ya que, es necesario prevenir que exista deterioro por corrosión en el tanque, al estar fabricado totalmente en hierro negro.

De la información histórica obtenida y entrevistas con el personal encargado del mantenimiento, se obtienen las siguientes conclusiones:

No existe un plan de mantenimiento programado para los compresores Ingersoll Rand TS200 y Atlas Copco GA30. Estos compresores presentan fallas continuas, a través de los años, lo cual puede deberse a la antigüedad de las unidades que fueron adquiridas en el año de 1971 y 1997 respectivamente.

Se está sobrecargando al compresor Kaeser por los problemas con las otras 2 unidades, lo cual representa un riesgo alto para la continuidad productiva de la empresa.

Debido al fallo del sistema de secado de los compresores Ingersoll Rand TS200 y Atlas Copco GA30 se está sobrecargando al secado Kaeser TE91, el cual está trabajando 24 horas de lunes a sábado. Esto ha ocasionado desgaste en los tubos internos que, finalmente, por fricción con las partículas metálicas presentes en el sistema de aire comprimido, han presentado fugas. Tal situación, limita la capacidad de secado del equipo, ocasionando que, aire de mala calidad llegue a los puntos de utilización.

Se cree que los daños recientes al secador Kaeser TE91, fueron ocasionados por partículas metálicas que se han desprendido de las tuberías a

causa de oxidación. Dicha tubería fue instalada en el año de 1971, al momento que se inauguró la fábrica y únicamente ha tenido reparaciones correctivas a lo largo de todos estos años.

Con base a la información obtenida del diagnóstico y de la entrevista con el jefe de planta, fue posible determinar que el problema actual con el sistema de aire comprimido es que, no existe confiabilidad en el suministro, puesto que, se han tenido continuos cortes por fallos en los equipos y la calidad de aire que llega a los puntos de utilización no es la adecuada. Esta situación ha ocasionado efectos negativos, siendo el principal la pérdida de eficiencia en las líneas de producción.

3.2. Mejoras al sistema de generación de aire comprimido

Durante la etapa de diagnóstico, pudo evidenciarse que existen ciertas deficiencias con el sistema de generación de aire comprimido. Siendo las principales: antigüedad de equipos, ausencia de diseño del sistema, falta de capacidad instalada y condiciones físicas del cuarto de compresores.

A través del diseño planificado y cálculos de ingeniería, se plantean las mejoras requeridas que permitirán garantizar la confiabilidad del sistema. De tal manera que, se proporcione el servicio de aire comprimido a la fábrica de manera continua y en la calidad requerida.

3.2.1. Planificación de las necesidades actuales y futuras

El punto de partida inicial para el diseño de un sistema de generación de aire comprimido consiste en determinar las necesidades en cuanto a caudal, presión y calidad del aire.

Para determinar el caudal y la presión de aire requerido, se debe conocer el consumo de cada uno de los equipos donde se utiliza el aire comprimido, también llamados puntos de utilización. Esta información se obtiene regularmente de la placa de datos del equipo, el manual del fabricante o realizando medición con el equipo especializado llamado caudalímetro.

En la tabla XV, se muestra en detalle cada uno de los equipos que consumen aire comprimido actualmente. Sin embargo, para el diseño del sistema, se debe considerar que la empresa está ampliando su capacidad por medio de la incorporación de una nueva línea de producción. Dicha línea de producción es del mismo modelo y marca que otra de las líneas que ya se tiene instalada.

Es posible utilizar como referencia de consumo, la línea que ya se tiene, para dimensionar el consumo que tendrá la nueva línea. De esta manera, es posible considerar no solo las necesidades de aire comprimido actuales, sino también, las necesidades que se tendrán en el corto plazo para que el diseño del sistema cuente con la capacidad de satisfacer la totalidad de las necesidades.

En la tabla a continuación, se muestra un resumen del consumo de aire comprimido requerido por cada línea de producción.

Tabla XXIII. **Requerimientos de caudal y presión de aire comprimido por cada línea de producción**

Línea de producción	Caudal requerido (CFM)	Presión (psi)
Línea de Fósforos KL2	111.90	87
Línea de Fósforos C148	191.4	87
Línea de Fósforos Cartera	13.3	87
Línea de Palitos de madera	60.2	85
Máquinas auxiliares	19.3	87
Línea de Fósforos KL2 - 2	111.90	87
Totales	**508**	**87**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Según los datos mostrados en la tabla anterior, se determina que el consumo total es de 508 CFM a 87 psi de presión de trabajo. Este valor considera el consumo de la maquinaria actual y las necesidades que se tienen planificadas como resultado de una ampliación.

- Coeficiente de simultaneidad

Este coeficiente considera que no todos los equipos están activos y entran a funcionar al mismo tiempo. Es decir, que difícilmente la instalación demandará un 100 % de las necesidades de aire comprimido en el mismo momento. Este coeficiente, depende totalmente del tipo de industria del que se trate y del criterio seleccionado durante la etapa de diseño del sistema. Existe teoría que proporciona una guía básica para algunos tipos de instalaciones:

Tabla XXIV. **Coeficientes de simultaneidad por industria**

Industria	Coeficiente de simultaneidad
Fundiciones	55 a 60 %
Talleres mecánicos	40 a 45 %
Talleres de servicio	35 a 40 %
Astilleros	50 a 60 %
Construcciones metálicas	45 a 50 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Royo (1997). *Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones.*

En el caso de Fosforera Centroamericana, S.A., se da un uso extensivo al aire comprimido, ya que además de funcionar para el accionamiento de elementos neumáticos, se utiliza de manera continua durante 24 horas, 6 días a la semana para el transporte de las cajitas de fósforos en las maquinas continuas de las líneas de producción de fósforos. Por lo tanto, esta es una característica específica del tipo de proceso productivo y del diseño de la maquinaria. Por ello se ha decidió utilizar un coeficiente de simultaneidad del 80 %.

- Coeficiente de utilización

Este coeficiente expresa la cantidad de tiempo que un equipo está activo. Es importante considerar que, por ejemplo, los actuadores neumáticos funcionan por intervalos y no están en uso continuo. Una manera de determinar el coeficiente de utilización por equipo es calcular cuántos minutos está activo un equipo en un período de 60 minutos y luego, aplicar la siguiente ecuación para obtener el resultado.

Factor de Utilización (FU) = Tiempo en minutos / 60 min × 100 %

Para el cálculo del coeficiente de utilización, se ha utilizado un criterio consensuado con el departamento de ingenieros de mantenimiento de la empresa. Según los consumos de aire comprimido por equipo, que fueron calculados en la etapa de diagnóstico, se tiene conocimiento que las máquinas continuas que trabajan 24 horas, 6 días a la semana, consumen continuamente aire comprimido, siendo en este caso su coeficiente de utilización del 100 %.

Considerando que, la sumatoria del consumo de aire comprimido de las máquinas continuas equivale a 365 CFM y el consumo total calculado es de 508 CFM, se concluye que el 71.85 % de las necesidades de aire comprimido tienen un coeficiente de utilización del 100 %.

Mientras tanto, las otras máquinas actúan en un ciclo promedio de 50 veces por minuto de acuerdo con el balance de las líneas de producción. Aplicando la ecuación del factor de utilización resulta:

Factor de utilización (FU) = 50 / 60 min × 100 % = 83.33 %

Considerando que el 71.85 % del consumo de aire comprimido tiene un coeficiente de utilización del 100 % y el otro 28.15 % tiene un coeficiente de utilización del 83.33 %. Se obtiene el factor de utilización final haciendo un cálculo de promedio ponderado.

Coeficiente de utilización final = (71.85 %*100 %) + (28.15 %*83.33 %) = 95.31 %

Como puede observarse el resultado es de 95.31 % por lo tanto, este tipo de instalación productiva demanda aire comprimido de manera continua, esto indica que el diseño de un sistema confiable es crítico para la operación de la fábrica.

- Cálculo de necesidad de aire comprimido final

Una vez se ha calculado la demanda de aire comprimido, sumando el consumo de cada uno de los equipos y se han calculado los coeficientes respectivos. Se realiza el cálculo final para determinar el consumo en CFM que se utilizará para dimensionar el sistema:

Necesidad final de aire comprimido = (Consumo de todos los equipos) *Coeficiente de simultaneidad + 10 % por perdidas + % ampliaciones futuras

A continuación, se presenta el cálculo final para el sistema:

Necesidad final de aire comprimido = (508 CFM) * 80 % = 406.40 CFM

406.60 CFM * 1.10 * 1.20 = 536 CFM
(Se está utilizando un factor del 20 % por futuras ampliaciones)

Según los cálculos realizados la selección de capacidad de los equipos debe estar enfocada en poder abastecer un mínimo de 536 CFM.

- Calidad del aire comprimido requerida

Para determinar la calidad de aire requerida se hace uso de la norma ISO 8573-1:2010, la cual permite clasificar la calidad de aire según la concentración de contaminantes presentes como partículas sólidas, agua y aceite.

En dicha norma, por medio de la tabla mostrada en la figura 63, se asigna un grado de calidad que va desde 0, que es el más estricto, hasta el 6. A continuación, se muestran los grados de calidad y la presencia de contaminantes de cada tipo admitida.

Figura 63. **Grado de calidad de aire comprimido según norma ISO 8573-1:2010**

Grado de calidad	Contenido de partículas sólidas		Contenido de agua		Contenido de aceite
	Tamaño máx. mu	Cantidad máx. mg/m³	Punto de rocío °C	Cantidad g/m³	Cantidad máx. mg/m³
0	Según lo especificado por el usuario o proveedor del equipo y más estricto que la clase 1				
1	0.1	0.1	– 70	0.003	0.01
2	1	1	– 40	0.11	0.1
3	5	5	– 20	0.88	1
4	40	10	3	6	5
5	–	–	7	7.8	25
6	–	–	10	9.4	–

Fuente: Comité europeo de fabricantes de equipos de aire comprimido. (2010). *Norma ISO 8573-1:2010*

Posteriormente, se establece el tipo de uso que se dará al aire comprimido, en este caso, a través de un recorrido por las instalaciones, se determinó que se hace uso del aire en las siguientes aplicaciones: transporte de palitos, herramientas neumáticas, empacadoras, cilindros neumáticos, transporte de cajitas de cartón y aire de taller general.

Haciendo uso de la tabla que se muestra a continuación se determina el grado de calidad de aire que se requiere para cada tipo de aplicación.

Tabla XXV. **Requerimientos de la calidad de aire por aplicación**

Aplicación	Grado de calidad de aire
Transporte de palitos	3
Herramientas neumáticas	4
Empacadoras	4
Cilindros neumáticos	3
Transporte de cajitas	4
Aire de taller en general	5

Fuente: elaboración propia con datos obtenido de Royo (1997). *Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones*.

Según los datos mostrados, se decide utilizar como criterio la selección de un tipo de calidad de aire 3, por ser la más estricta en función de las aplicaciones que tendrá el aire comprimido. Basado en esta selección, se determinará el tipo de filtros de línea que se necesitan instalar en el sistema.

3.2.2. Cuarto de compresores

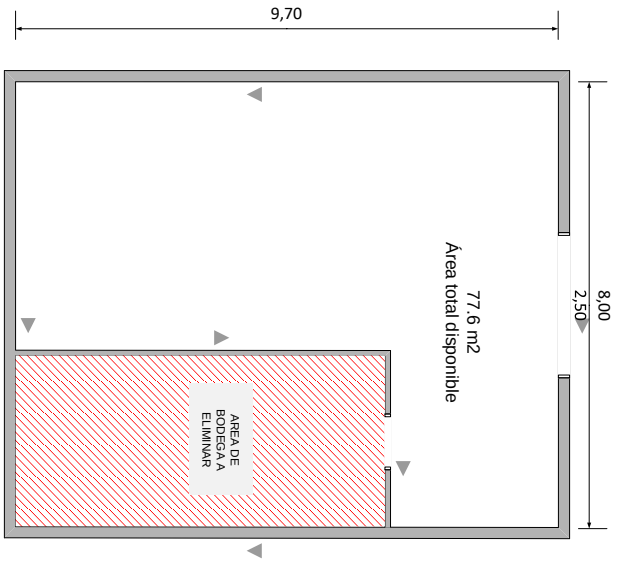
El cuarto de compresores se encuentra en una ubicación ya definida dentro de la nave principal de la fábrica. Esta ubicación se considera adecuada, ya que consiste en un cuarto cerrado que permite aislar el ruido no deseado hacia otras áreas, pero a la vez, se encuentra contiguo a las líneas de producción, esto reduce la distancia de tubería necesaria para llegar hacia los puntos de utilización del aire comprimido.

El área total disponible del cuarto de compresores es de 77.60 m^2, sin embargo, su uso total está limitado por la existencia de una bodega de almacenaje, en la que se encuentran artículos diversos mostrados en el

diagnóstico. Uno de los principales cambios físicos que se propone para el cuarto de compresores es la eliminación de dicha bodega. Esto permitirá ampliar el espacio disponible en un 32 %, favoreciendo una mejor distribución de equipos, mejoras en el orden y limpieza del área, mayor circulación libre de aire fresco hacia los equipos y facilitará las tareas de mantenimiento.

En la figura a continuación se muestra el espacio total disponible que se tendrá al eliminar la bodega.

Figura 64. **Plano del área disponible para el cuarto de compresores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2010.

- Ventilación

Los equipos compresores producen calor, el cual es expulsado al ambiente. Esto ocasiona que se eleve la temperatura dentro del cuarto de compresores, a su vez, esto da como resultado efectos no deseados, como:

sobrecalentamiento interno del aceite, corte del suministro eléctrico por disparo de las protecciones, caída de la eficiencia del equipo y posibles averías futuras.

Para mantener la temperatura ideal del cuarto de compresores, en un rango de 10 a 30 ^{o}C, basta con expulsar el aire caliente hacia el exterior del cuarto de compresores. Esto se consigue por medio de la implementación de sistemas de ventilación.

Ya que en la etapa de diagnóstico se determinó que la temperatura actual del cuarto de compresores se mantiene en un promedio de 35.5 ^{o}C, se concluye que, es necesario realizar el diseño de un sistema de ventilación adecuado que permita que las condiciones de temperatura estén dentro del rango ideal de operación para los equipos.

Para ello, se recurre a la utilización del método de cantidad de veces de renovación de aire en locales. A continuación, se muestran los cálculos necesarios para el diseño del sistema de ventilación:

Cálculo de volumen del cuarto de compresores:

Dimensiones: A= 8 m, L= 9.70 m, H= 4.80 m

$$V = A\ x\ L\ x\ A = 8\ m\ x\ 9.70\ m\ x\ 4.80\ m = 372.48\ m^3$$

Utilizando la tabla de la norma DIN 1946 mostrada en el anexo 2, se determina el número de veces que se debe renovar el volumen de aire de acuerdo con el tipo de edificio del que se trata. En este caso, se clasifica el cuarto de compresores como un local de tipo industrial, dentro de la categoría de sala

de máquinas. Basado en la tabla, se sugiere utilizar un número de veces de renovación de aire por hora de 10 a 40 veces.

Considerando que dentro del cuarto de compresores no labora ninguna persona de manera permanente, ya que es ocasional el ingreso de estas al área, principalmente para el arranque de equipos, inspecciones o ejecución de mantenimiento. Por ello, no se considera necesario adicionar en el cálculo un número de renovaciones de aire adicional por actividades desarrolladas por personas dentro del cuarto de compresores.

Utilizando como referencia lo indicado por la norma DIN 1946 y consideraciones basadas en el conocimiento que se tiene de la instalación. Se toma el criterio de utilizar un número de veces de renovación de 30 veces/hora.

Caudal de aire a desplazar

$$Q(caudal) = V\ x\ N = 372.48\ m^3 x\ 30\ \frac{renovaciones}{hora} = 11{,}174.40\ \frac{m^3}{h}$$

- Cálculo de extractores de aire

Se convierten los 11,174.40 m^3 / h a CFM (pies cúbicos por minuto)

$$11{,}174.40\ \frac{m^3}{h}\ x\ \frac{1h}{60\ min}\ x\ \frac{3.28^3\ ft^3}{1\ m^3} = 6\ ,572.00\ CFM$$

Utilizando extractores de tipo pared marca Soler & Palau del modelo HCGT/2-315/L con capacidad de 2,289 CFM c/u requerimos instalar 3 unidades.

3.2.3. Selección de equipos

La selección de los equipos se realiza bajo criterios definidos. Se parte del cálculo realizado de necesidades de aire comprimido, ya que este valor proporciona la capacidad nominal que deben tener los equipos compresores, secadores, depósitos de almacenamiento y filtros de línea. Otro criterio importante para tener en consideración es la disponibilidad de equipos en el mercado, regularmente se busca que sean de fácil adquisición y que exista soporte de mantenimiento por parte del fabricante, así como disponibilidad de repuestos.

Considerando que la empresa actualmente posee compresores de tres marcas distintas: Kaeser, Ingersoll Rand y Atlas Copco, y que, para estas tres, únicamente existe soporte de mantenimiento directo por parte del fabricante Kaeser, se define que la mejor alternativa para garantizar el mantenimiento a futuro de los equipos es utilizar compresores de esta marca. Además, la disponibilidad de información técnica es mayor.

- Compresores

El compresor se selecciona considerando que se deben suministrar de manera continua y confiable 536 CFM a una presión de 87 psi. Aunque la sumatoria de los tres compresores actuales proporcionan una capacidad instalada de 735 CFM, del diagnóstico se ha determinado que, los equipos marca Ingersoll Rand y Atlas Copco, son antiguos y poco confiables, por lo que, aunque son utilizables, no pueden ser considerados como equipos de trabajo continuo, sino como equipos de reserva.

En el caso de Fosforera Centroamericana, S.A., por las características de su operación, que consiste en turnos de 24 horas, 6 días a la semana, se propone contar con compresores de reserva, que otorguen protección ante fallos no previstos y que den mayor flexibilidad para realizar los mantenimientos preventivos.

Por lo tanto, se recomienda la adquisición de un compresor marca Kaeser CSD 75, similar al que ya se tiene instalado. De esta forma, se podrán realizar combinaciones con los compresores más antiguos de la siguiente manera:

Tabla XXVI. **Opciones para combinación de compresores**

Compresor 1	Compresor 2	Caudal suministrado
Kaeser CSD 75 #1 o #2 (345 CFM)	Ingersoll Rand (215 CFM)	560 CFM
Kaeser CSD 75 #1 o #2 (345 CFM)	Atlas Copco (175 CFM)	520 CFM
Kaeser CDS 75 #1	Kaeser CDS 75 #2	690 CFM

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Como se observa en la tabla anterior, las combinaciones permiten dar reposo a 2 de los 4 compresores, y en caso de fallo, en cualquiera de los equipos, las posibles combinaciones permiten garantizar un 100 % de confiabilidad en el suministro de aire comprimido hacia la fábrica en todo momento.

Además, esta propuesta prepara a la empresa para que, en el futuro, si se toma la decisión de dejar de utilizar los equipos más antiguos, la empresa no solo tendrá capacidad suficiente, si no que contará con una holgura del 23 % de capacidad instalada con base en las necesidades actuales.

A continuación, se muestra una tabla con el resumen de las características técnicas del compresor que se propone adquirir.

Tabla XXVII. **Especificaciones para la selección del compresor**

Compresor de tornillo rotativo			
Marca	Kaeser	**Modelo**	CSD 75
Caudal	345 CFM	**Max. Presión**	125 psi
Tamaño de motor	75 hp	**Suministro Eléctrico**	230 V / 3 / 60Hz

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Secadores

Para la selección de los secadores, se consideran los resultados del diagnóstico donde se determinó que, el secador actual marca Kaeser Modelo TE91 presenta un daño severo en su estructura interna. Según recomendación de los técnicos externos contratados por la empresa, se recomienda su sustitución ya que el equipo está finalizando su vida útil.

Se plantea el uso de secadores del tipo refrigerativo por ser el más común en sistemas de aire comprimido, donde la temperatura está por encima del punto de congelación y por ser de fácil adquisición.

Partiendo del caudal de aire de 536 CFM, se selecciona un equipo acorde a esas necesidades de secado. Por medio del uso de catálogos de fabricantes, para este diseño, se propone utilizar un secador refrigerativo marca Kaeser, modelo TE 142 el cual tiene una capacidad de secado de 546 CFM.

En la tabla XXVIII. Se muestran las características técnicas del secador de aire que se propone adquirir.

Tabla XXVIII. **Especificaciones para la selección del secador**

Secador frigorífico			
Marca	Kaeser	**Modelo**	TE 142
Caudal	546 CFM	**Suministro Eléctrico**	230 V / 3 / 60Hz
Punto de rocío	4 ºC	**Perdida de presión**	1.74 psi
Agente refrigerante	R-513A	**Rango de temperatura ambiente**	3 a 44 ºC

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Depósitos de almacenamiento

Para la selección de los depósitos de almacenamiento, es necesario definir si se ubicara antes del secador, después del secador o se utilizaran en ambas ubicaciones. Si el depósito se coloca antes del secador, permite reducir la carga de trabajo de este, ya que favorece la eliminación de condensados por medio del enfriamiento del aire en el depósito. Además, estos tanques están dotados en su parte inferior de una válvula para drenar dichos condensados, por lo que también favorecen a que no llegue agua a los puntos de uso, en el caso de que exista falla en el secador.

Mientras que, si se decide ubicar el depósito después del secador, el aire almacenando está listo para su utilización, lo cual permite atender los posibles picos de carga que requiera el sistema. Y en general, los tanques permitirán regular los ciclos de carga y descarga de los compresores, manteniendo una presión estable en el sistema.

Utilizando como base el diagnóstico realizado, donde se determinó que existen registros que evidencian que se han tenido problemas por humedad llegando a los puntos de uso debido al fallo del secador. Para este diseño específico, se propone utilizar dos tanques de almacenamiento, uno ubicado antes del secador y otro después de este.

De esta manera, se busca no solo regular los ciclos de trabajo de los compresores, sino que, se pretende proteger al sistema sobre posibles fallos de los secadores, evitando que se vuelvan a producir los mismos problemas.

Una vez se ha definido la cantidad y ubicación de tanques de almacenamiento a utilizar, se procede a realizar el cálculo de su dimensión.

Para ello se recurre a la utilización de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V1\ x\ (Df - Df^2)}{(Z\ x\ \Delta p)}$$

Donde:

V = Volumen del depósito en m^3

V1 = Flujo de aire del compresor (m^3/h)

V2 = Consumo de aire (m^3/h)

Df= Factor de carga = V2/ V1

Z = Ciclos de carga/descarga por hora

Δp = Diferencia de presión compresor (bar)

Se realizan las conversiones necesarias para obtener los datos en las unidades de medida requeridas para aplicar la ecuación:

Conversión de caudales de aire:

$$V1 = 560\ \frac{ft^3}{min}\ x\ \frac{1m^3}{3.28^3\ ft^3}\ x\ \frac{60\ min}{1\ h} = 952.18\ m^3/h$$

$$V2 = 536\ \frac{ft^3}{min}\ x\ \frac{1m^3}{3.28^3\ ft^3}\ x\ \frac{60\ min}{1\ h} = 911.37\ m^3/h$$

Conversión de diferencial de presión de trabajo:

$$\Delta p = 96\ psi - 86\ psi = 10\ psi * \frac{0.0689476\ bar}{1\ psi} = 0.6895\ bar$$

Cálculo de factor de carga:

$$Df = \frac{V2}{V1} = \frac{911.37\ m^3/h}{952.18\ m^3/h} = 0.9571$$

Finalmente se aplica la ecuación para el cálculo del volumen:

$$V = \frac{952.18 m^3/h\ x\ (0.9571 - 0.9571^2)}{(36\ x\ 0.6895)}$$

$$V = 1.57\ m^3$$

Por lo tanto, los tanques de almacenamiento deberán tener una capacidad de 1.57 m^3 o 1,570 L.

3.2.4. Dimensiones de tubería principal

Se considera como tubería principal a aquella que transporta la totalidad del caudal producido por el conjunto de compresores. Para el dimensionado de las tuberías se busca que la caída de presión hasta el punto más lejano de uso esté dentro de los parámetros deseados, en un valor no mayor a 0.1 bar o 1.45 psi.

La importancia del correcto dimensionado de la tubería es que, si existe una caída de presión mayor, será necesario incrementar la presión de salida de los compresores para poder compensar la caída en el punto de uso más lejano. Esto representa mayor trabajo de los compresores y, por consiguiente, mayor consumo energético. Si no se realiza el incremento de presión en los compresores, los equipos dentro de la fábrica no funcionarán correctamente ya que la presión no será adecuada.

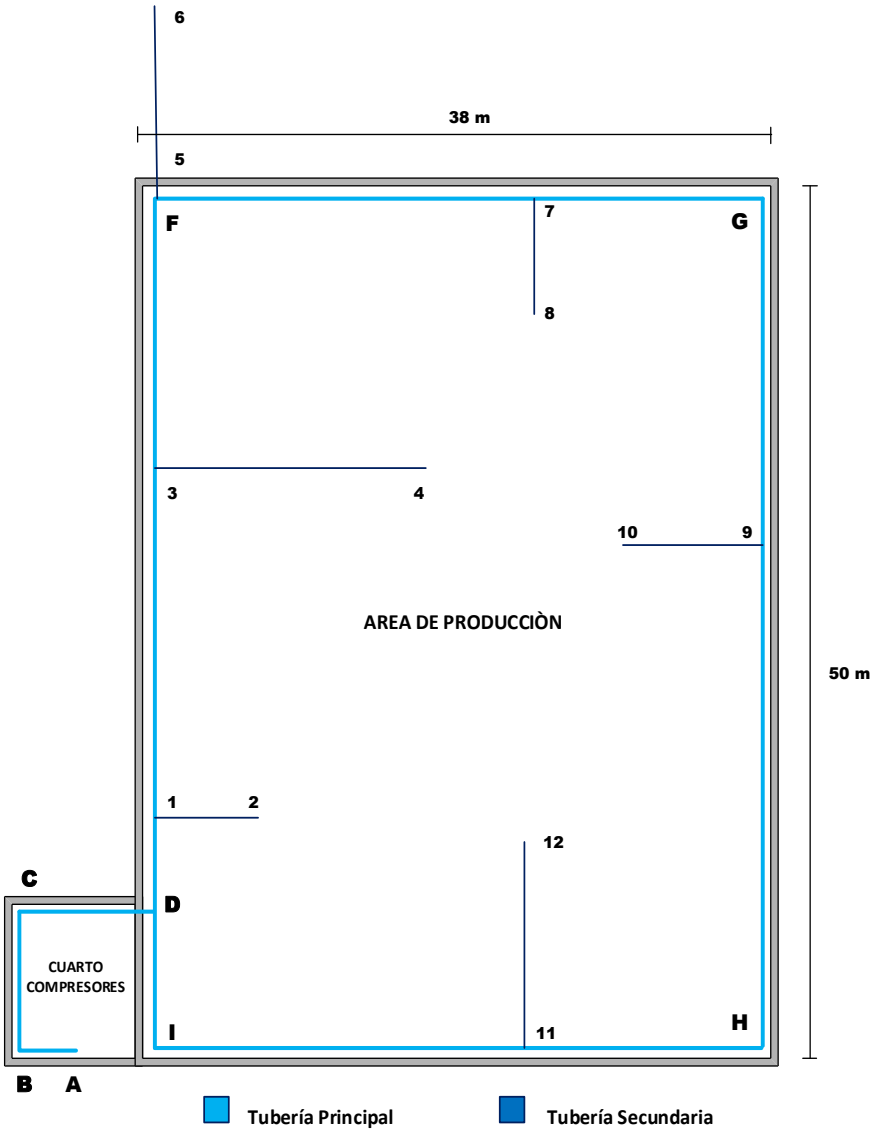
Para el dimensionado de las tuberías, se recurre a la utilización de nomogramas que relacionan la longitud de la tubería, el caudal, la presión, la caída de presión y el diámetro de tubería.

El primer paso es obtener la longitud de la tubería hasta el punto de uso más lejano, para ello se debe considerar, no solo el largo de tubería, sino todos los accesorios presentes como válvulas, codos, tees, reducción de diámetro, entre otros, ya que en cada uno de ellos se producen pérdidas.

Para poder contabilizar de mejor manera la longitud de las tuberías, se realiza un plano de distribución de tuberías, en el cual se detalla cada una de ellas, tanto la principal, como las secundarias. La distribución de tuberías se

realizó buscando que, exista el menor recorrido y la menor cantidad de accesorios. El plano se muestra en la siguiente figura:

Figura 65. **Plano de distribución de tuberías de aire comprimido principales y secundarias**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Visio 2010.

Con base en el plano de distribución de tuberías, se identifica de manera visual que la distancia más lejana se da desde el cuarto de compresores hasta el punto G, indicado en el plano de distribución de tuberías. Por lo tanto, se debe establecer cuál es la longitud real entre el punto A al punto G, considerando todas las longitudes de tubería y las pérdidas en cada uno de los accesorios hasta llegar a dicho punto. Lo que se busca en esta etapa es determinar cuál es el diámetro de tubería ideal que permita garantizar que en el punto más lejano la pérdida de presión sea aceptable.

Para determinar la longitud de tubería a utiliza se realiza la sumatoria de cada uno de los tramos de tubería y también se incluye la longitud equivalente que representa cada uno de los accesorios, lo cual se obtiene de la siguiente tabla:

Figura 66. **Longitud equivalente de tubería en metros**

Longitud equivalente de tubería en metros

Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Válvula de bola abierta 100%	0.3 5	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.6 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100%	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100%	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta	2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d	0.4	0.8	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90°	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.8

Fuente. Galbarro. (2017). *Longitud equivalente de tubería en metros.*

Se determina que la longitud equivalente es de 119,35 metros desde el punto A hasta el punto G. Según el resumen de los tramos de tubería y accesorios ubicados entre el punto A al punto G.

Tabla XXIX. **Cálculo de longitud de tubería principal equivalente**

Tramo	Longitud (m)	Accesorios	Longitud equivalente de accesorios (m)	Longitud total (m)
A - B	3.85	1 tee 1 válvula de bola abierta	3 0.5	7.35
B - C	9.7	2 codos a 90	6	15.7
C - D	8.0	2 válvulas de bola abiertas 1 tee	1 3	12
D – F	40.3	1 codo a 90	3	43.3
F - G	38.0	1 codo a 90	3	41
			Total	**119.35**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Finalmente, se utiliza un nomograma que permite determinar de manera práctica el diámetro de tubería adecuado para el sistema. Los datos necesarios para utilizar el nomograma son: caudal, presión de trabajo, longitud de tubería y pérdida de presión admitida. A continuación, se detallan la información del sistema.

Tabla XXX. **Datos para el dimensionado de la tubería principal**

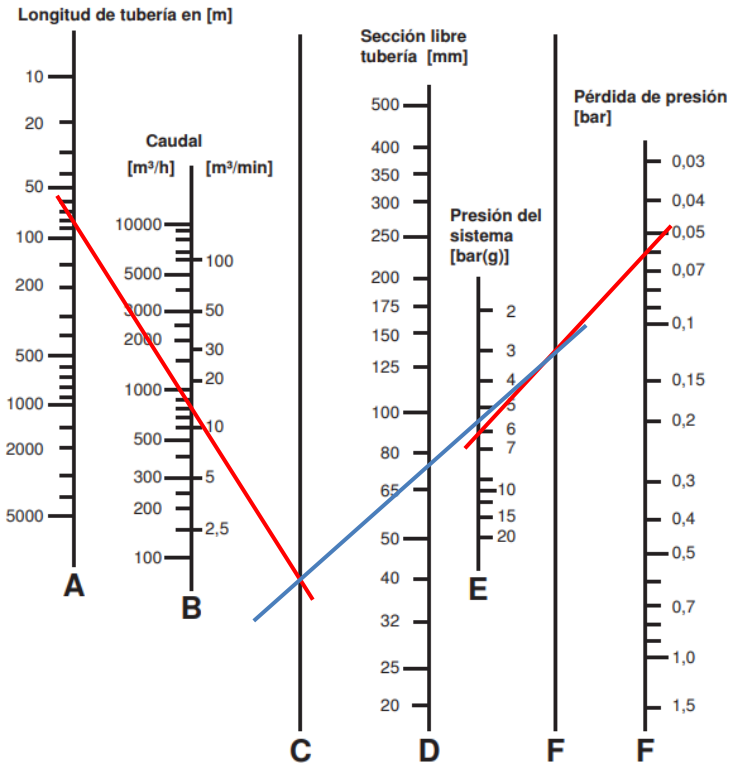
Caudal (m3/h)	Presión del sistema (bar)	Longitud de tubería (m)	Pérdida de presión (bar)
952.18	6	119.35	0.07

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para utilizar el nomograma se deben aplicar los siguientes pasos: se marca la longitud de la tubería en el eje A y el caudal en el eje B. Luego, se traza una línea recta que conecte ambos puntos cortando hasta el eje C. Posteriormente, se marca en el eje E, la presión mínima del sistema y la pérdida de presión máxima aceptada en el eje F. Después, se traza una línea recta que conecte estos dos puntos y que cortará al eje F. Finalmente, se traza una línea recta entre los puntos donde se cortó el eje C y el eje F y, esto marcará sobre el eje D, la sección de tubería en milímetros.

En la siguiente figura se muestra el resultado obtenido para el diámetro de tubería, aplicando el nomograma con la información del sistema.

Figura 67. **Nomograma para calcular diámetro de tuberías**



Fuente: elaboración propia con datos obtenido de Kaeser compresores (2015). *Técnica de aire comprimido, fundamentos y consejos prácticos.*

Se obtiene un resultado de 70 mm de tubería, lo cual equivale a 2.75”. Este resultado se traslada a un valor de tubería comercial, por lo que se concluye que el diámetro de tubería principal debe ser de 3”.

3.2.5. Dimensiones de tuberías secundarias

Para determinar el diámetro de las tuberías secundarias se utiliza el mismo procedimiento mostrado para el cálculo de la tubería principal, considerando que, existe variación en el caudal y la longitud de cada sección de tubería secundaria. Para facilitar el cálculo, se resume la información en la siguiente tabla:

Tabla XXXI. **Longitudes y caudal en tuberías secundarias**

Tramo	Longitud (m)	Accesorios	Longitud equivalente de accesorios (m)	Longitud total (m)	Caudal
1 – 2	9	1 tee 1 codo a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 2.4 0.5	14.3	111.90 CFM 190.23 m^3/h
3 – 4	17	1 tee 1 codo a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 2.4 0.5	22.3	191.4 CFM 325.38 m^3/h
5 – 6	22	1 tee 3 codos a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 7.2 0.5	32.1	60.2 CFM 102.34 m^3/h
7 – 8	11	1 tee 2 codo a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 4.8 0.5	18.7	13.3 CFM 22.61 m^3/h

Continuación de la tabla XXXI.

9 - 10	12	1 tee 1 codo a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 2.4 0.5	17.3	111.9 CFM 190.23 m^3/h
11 - 12	15	1 tee 2 codos a 90 1 válvula de bola abierta	2.4 4.8 2.4	24.6	19.3 CFM 32.81 m^3/h

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Considerando que la presión mínima para todo el sistema es de 6 bar y que se admite una caída de presión de hasta 0.05 bar. Se procede a aplicar el mismo nomograma para cada sección de tubería. En la tabla a continuación, se presentan los resultados de diámetro de tubería.

Tabla XXXII. **Dimensiones de tuberías secundarias**

Sección de tubería	Diámetro de tubería	Diámetro de tubería comercial
1 – 2	32 mm	1 ½”
3 - 4	45 mm	2”
5 – 6	32 mm	1 ½”
7 – 8	20 mm	¾”
9 - 10	32 mm	1 ½”
11 - 12	25 mm	1”

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Como se observa en la tabla anterior, las dimensiones de tubería varían según el volumen de caudal que transportan y la longitud de la tubería. Los diámetros obtenidos son el mínimo necesario para tener la caída de presión planificada, es decir que, utilizar una tubería de mayor diámetro, no aumenta la caída de presión. Por lo tanto, es posible unificar algunos diámetros de tal manera que, favorezca a la compra por volumen de los materiales y poder negociar mejores precios. Por ejemplo, la tubería de ¾" puede comprarse en 1", pero dependerá de si existe algún beneficio económico.

3.2.6. Mantenimiento

Para establecer rutinas de mantenimiento adecuadas que permitan garantizar el óptimo funcionamiento y disponibilidad de los equipos, regularmente se recurre a los manuales del fabricante. En ellos, es posible encontrar el listado de las piezas que requieren recambio, ya sea según un período de tiempo fijo o las horas de trabajo de los equipos.

Para diseñar las rutinas de mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido, se determina la cantidad de horas de trabajo de los equipos y, con base en ello, se crean fichas de mantenimiento cronológicas para cada equipo, donde se detallan las actividades de mantenimiento preventivo que se deben realizar y su frecuencia. Toda la información necesaria se obtiene de los manuales del fabricante e investigación de los equipos en fuentes digitales.

Para poder facilitar la ejecución del mantenimiento de equipos, se estandarizan las rutinas de mantenimiento por medio de la creación de programas de mantenimiento, las cuales se muestran en las tablas a continuación:

Tabla XXXIII. **Programa de mantenimiento del compresor Kaeser CSD75**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO			
Equipo	Compresor de tornillo		
Marca	Kaeser	**Modelo**	CSD75

Frecuencia		**Actividades de mantenimiento**	
Horómetro	**Tipo de mantenimiento**	**Mantenimiento tipo A**	**Mantenimiento tipo B**
0	**-**	Cambio filtro de aceite	Cambio filtro de aceite
2,000	A	Cambio filtro de aire	Cambio filtro de aire
4,000	A	Cambio de prefiltros del gabinete eléctrico	Cambio de prefiltros del gabinete eléctrico
6,000	B	Cambio de aceite	Cambio de aceite
8,000	A		Cambio de cartucho separador de aceite
10,000	A		Cambio de fajas
12,000	C		Cambio unidad de servicio
14,000	A	**Mantenimiento tipo C**	**Mantenimiento tipo D**
16,000	A	Cambio filtro de aceite	Incluye mantenimiento tipo A
18,000	B	Cambio filtro de aire	Cambio de cartucho separador de aceite
20,000	A	Cambio de prefiltros del gabinete eléctrico	Mantenimiento a válvula de cheque
22,000	A	Cambio de aceite	Mantenimiento a válvula de admisión
24,000	C	Cambio de cartucho separador de aceite	Mantenimiento a válvula combinada
26,000	A	Mantenimiento a válvula de cheque	Mantenimiento a válvula neumática
28,000	A	Mantenimiento a válvula de admisión	Mantenimiento a válvula de despresurización
30,000	B	Mantenimiento a válvula combinada	Cambio de mangueras de control
32,000	A	Mantenimiento a válvula neumática	Cambio de mangueras de succión
34,000	A	Mantenimiento a válvula de despresurización	Kit de tubería de control
36,000	D		Cambio de manguera flexible
			Cambio de manguera flexible

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XXXIV. **Programa de mantenimiento del compresor Ingersoll Rand EP50-PE**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO			
Equipo	Compresor de tornillo		
Marca	Ingersoll Rand	**Modelo**	EP50-EP

Frecuencia		**Actividades de mantenimiento**	
Horómetro	**Tipo de mantenimiento**	**Mantenimiento tipo A**	**Mantenimiento tipo B**
0	**-**	Cambio filtro de aire	Cambio filtro de aire
3,000	A	Cambio de aceite y filtro	Cambio de aceite y filtro
6,000	A	Cambio cartucho separador	Cambio cartucho separador
9,000	B	Cambio de almohadilla de prefiltros	Cambio de almohadilla de prefiltros
12,000	A	Inspección visual de correa y resorte de gas	Cambio de correa de transmisión
15,000	A		Cambio de refrigerante
18,000	C		Cambio de resorte de gas
21,000	A	**Mantenimiento tipo C**	
24,000	A	Cambio filtro de aire	Reemplazar manguitos eje motor
27,000	B	Cambio filtro de aceite	Mantenimiento a tablero eléctrico
30,000	A	Cambio cartucho separador	Lubricación de ventilador de motor
33,000	A	Cambio de almohadilla de prefiltros	Cambio de mangueras
36,000	C	Cambio de correa de transmisión	
39,000	A	Cambio de refrigerante	
42,000	A	Cambio de resorte de gas	
45,000	B	Mantenimiento a válvulas solenoides	
48,000	A	Mantenimiento Kit de válvulas de admisión	
51,000	A	Ajuste de válvulas de presión mínima	
54,000	C	Mantenimiento a válvula termostática	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XXXV. **Programa de mantenimiento del compresor Atlas Copco GA30**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO			
Equipo	Compresor de tornillo		
Marca	Atlas Copco	**Modelo**	GA30

Frecuencia		**Actividades de mantenimiento**	
Horómetro	**Tipo de mantenimiento**	**Mantenimiento tipo A**	**Mantenimiento tipo B**
0	**-**	Cambio filtro de aire	Cambio filtro de aire
2,000	A	Cambio de aceite y filtro	Cambio de aceite y filtro
4,000	A	Cambio cartucho separador	Cambio cartucho separador
6,000	B	Limpieza de refrigeradores	Limpieza de refrigeradores
8,000	A	Comprobar elemento filtrante de armario, cambio si es necesario	Comprobar elemento filtrante de armario, cambio si es necesario
10,000	A	Abrir válvula de drenaje para limpiar filtro del EWD	Abrir válvula de drenaje para limpiar filtro del EWD
12,000	C		Prueba de función de parada por temperatura
14,000	A	**Mantenimiento tipo C**	
16,000	A	Cambio filtro de aire	Limpieza el vaso del separador de condensados
18,000	B	Cambio de aceite y filtro	Apriete de tornillos y tuercas
20,000	A	Cambio cartucho separador	Verificar operación del sistema de regulación on/off
22,000	A	Limpieza de refrigeradores	Verificar y cambiar si es necesario correas en V
24,000	C	Comprobar elemento filtrante de armario, cambio si es necesario	Controlar orificios de restricción RF1, RF2
26,000	A	Abrir válvula de drenaje para limpiar filtro del EWD	
28,000	A	Prueba de función de parada por temperatura	
30,000	B	Prueba de válvula de seguridad	
32,000	A	Servicio eléctrico general	
34,000	A	Limpieza de radiador de refrigeración	
36,000	C		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XXXVI. **Programa de mantenimiento del secador frigorífico Kaeser TE142**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO			
Equipo	Secador Frigorífico		
Marca	Kaeser	**Modelo**	TE142
Frecuencia		**Actividades de mantenimiento**	
Mes	**Tipo de mantenimiento**	**Inspección tipo A**	**Mantenimiento tipo B**
0	A Inspección	Inspección general de funcionamiento	Limpieza de condensador refrigerativo
1-5		Descartar presencia de condensados en líneas de aire	Enderezar laminillas
6	B Mantenimiento	Revisar drenaje de condensados	Reparar aislamiento térmico del circuito refrigerante
7-11		Revisar motor, aspas y cubierta del ventilador	Revisar y compensar cantidad de refrigerante
12	A Inspección	Revisar cables eléctricos y entradas de conexión	
13-17		Revisar la válvula de seguridad	
18	B Mantenimiento	Revisar punto de roció	
		Verificar si existen fugas en el circuito refrigerante	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XXXVII. **Programa de mantenimiento de los filtros de línea y drenadores de condensado**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO			
Equipo	Filtros de línea y drenadores de condensado		
Marca	Kaeser	**Modelo**	KOR375 / ECO DRAIN 13

	Frecuencia	**Actividades de mantenimiento**	
Mes	**Tipo de mantenimiento**	**Filtros de línea**	**Drenadores de condensado**
1	A	Inspección	Inspección
2			
3			
4			
5			
6	A	Servicio técnico	Servicio técnico
7			
8			
9			
10			
11			
12	A	Servicio técnico	Servicio técnico

Nota. En caso de identificarse contaminantes o presencia de condensados en las líneas de distribución de aire comprimido se debe realizar la inspección y reparación inmediata de filtros o drenadores de condensado según sea el caso.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

3.3. Costos de la propuesta

Los costos de la propuesta consideran principalmente la inversión en equipos y cambio de tuberías. Esto debido a que, para generar el caudal de aire comprimido suficiente para las nuevas necesidades, es indispensable invertir en la adquisición de nuevos equipos compresores y en ampliar el diámetro de las tuberías, ya que, el mantener las mismas tuberías ocasionaría una caída de

presión fuera de los parámetros admitidos, haciendo que el sistema sea ineficiente.

Además, la propuesta considera la instalación de dos tanques de almacenamiento, uno de aire seco y el otro de aire húmedo, estos permitirán regular los ciclos de carga y descarga de los compresores para garantizar a futuro, la durabilidad de los equipos.

Para determinar los costos se realizaron cotizaciones con proveedores del mercado nacional, las cuales se muestran en los anexos. Es importante mencionar que, los precios mostrados corresponden a cotizaciones realizadas en el mes de octubre de 2022, por lo que, será necesario actualizar los precios, para el momento en que la empresa considere realizar la implementación. La cotización de equipos Kaeser se muestra en el anexo 4.

A continuación, se presenta una tabla donde se detalla cada uno de los materiales necesarios para llevar a cabo la implementación de la propuesta.

Tabla XXXVIII. **Costos de la propuesta**

Cantidad	Ud	Descripción	Precio unitario Q	Precio total Q
1	ud	Compresor de tornillo rotativo marca Kaeser modelo CSD75	205,801.15	20,5801.15
1	ud	Secador marca Kaeser modelo TE142	94,656.52	94,656.52
2	ud	Depósito de aluminio para aire comprimido de 1500 litros de capacidad	35,263.20	70,526.40
2	ud	Kit de instalación para depósito de aire comprimido	3,108.78	6,217.56
2	ud	Filtro de línea marca Kaeser F110 KE	5,217.15	10,434.30
3	ud	Drenadores de condensado marca Kaeser Eco Drain 13	3,870.89	11,612.67
198	m	Tubería de 3"	158.75	31,432.50
3	ud	Te de unión de 3"	85.20	255.60
3	ud	Válvula de bola 3"	287.00	861.00
6	ud	Codos a 90 grados 3"	95.40	572.40
43	m	Tubería 1 1/2 "	105.20	4,523.60
3	ud	Te de unión de 1 1/2"	42.50	127.50
5	ud	Codos a 90 grados 1 1/2"	58.00	290.00
3	ud	Válvulas de bola 1 1/2"	105.85	317.55
17	m	Tubería de 2"	128.90	2,191.30
1	ud	Te de unión de 2"	58.95	58.95
1	ud	Codo a 90 2"	87.00	87.00
1	ud	Válvula de 2"	124.15	124.15
11	m	Tubería 3/4"	74.91	824.01
1	ud	Te de unión de 3/4"	18.50	18.50
2	ud	Codos a 90 3/4"	24.80	49.60
1	ud	Válvula de bola 3/4"	84.60	84.60
15	m	Tubería de 1"	89.50	1,342.50
1	ud	Tee de 1"	24.75	24.75
2	ud	Codos a 90 1"	28.00	56.00
1	ud	Válvula de bola de 1"	98.75	98.75
4	ud	Pomo sellador de empaque	70.00	280.00
		Total		**442,868.86**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

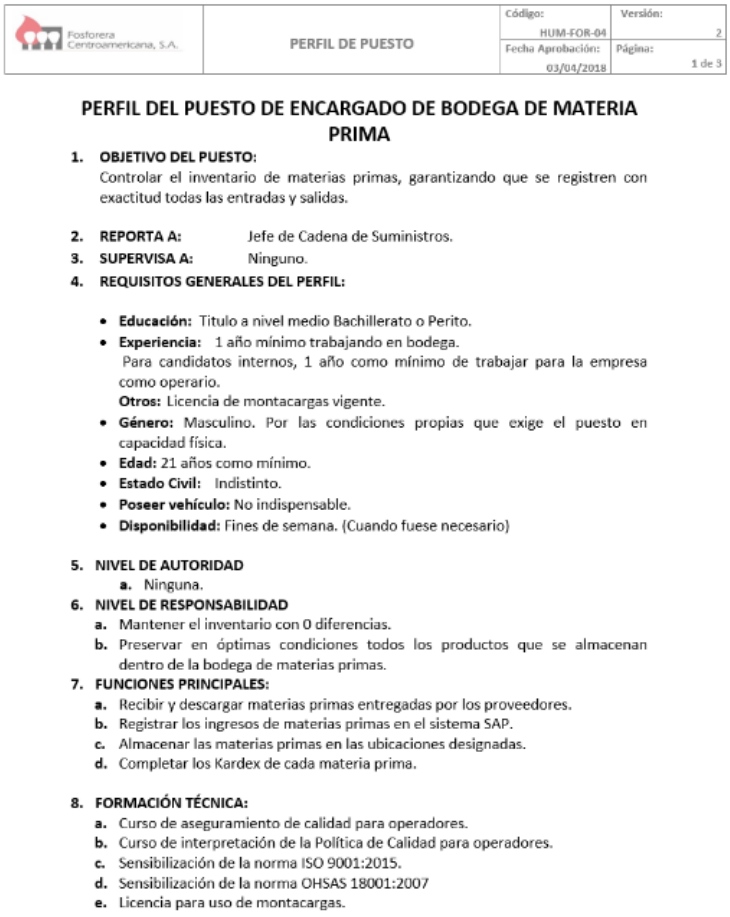
Para realizar el diagnóstico de necesidades de capacitación, se establecen los departamentos y puestos sobre los que tendrá alcance el diagnóstico. En este caso, se determina que las áreas que se incluirán son el área de producción y almacenes. Esta selección se realiza basado en que en dichas áreas es donde labora el 75 % del total del personal y que, en su mayoría este personal es del tipo operativo, siendo expresado por la gerencia, un interés en fortalecer las competencias de este personal.

Una vez, ha sido definido el alcance que tendrá el DNC, se procede a emplear técnicas para diagnosticar las necesidades que existen en estos departamentos, con respecto a capacitación. En este caso se recurre a la revisión de perfiles de puestos, entrevistas no estructuradas y observación directa.

Considerando que la empresa cuenta con perfiles para cada uno de sus puestos de trabajo, y que, en ellos, se define la educación, actividades principales, responsabilidades y formación técnica requerida. Estos sirven como fuente de información para determinar todas aquellas áreas en las que el personal debe ser competente como resultado de las exigencias del perfil de puesto, con ello, es posible determinar si alguna de estas exigencias no está logrando ser satisfecha y se requiere de capacitación adicional para satisfacerla.

En la figura 68 se muestra un ejemplo de los perfiles de puesto consultados:

Figura 68. **Perfil de puesto encargado de bodega de materias primas**



Fosforera Centroamericana, S.A.	PERFIL DE PUESTO	Código: HUM-FOR-04	Versión: 2
		Fecha Aprobación: 03/04/2018	Página: 1 de 3

PERFIL DEL PUESTO DE ENCARGADO DE BODEGA DE MATERIA PRIMA

1. **OBJETIVO DEL PUESTO:**
   Controlar el inventario de materias primas, garantizando que se registren con exactitud todas las entradas y salidas.

2. **REPORTA A:** Jefe de Cadena de Suministros.
3. **SUPERVISA A:** Ninguno.
4. **REQUISITOS GENERALES DEL PERFIL:**

   - **Educación:** Titulo a nivel medio Bachillerato o Perito.
   - **Experiencia:** 1 año mínimo trabajando en bodega.
     Para candidatos internos, 1 año como mínimo de trabajar para la empresa como operario.
     Otros: Licencia de montacargas vigente.
   - **Género:** Masculino. Por las condiciones propias que exige el puesto en capacidad física.
   - **Edad:** 21 años como mínimo.
   - **Estado Civil:** Indistinto.
   - **Poseer vehículo:** No indispensable.
   - **Disponibilidad:** Fines de semana. (Cuando fuese necesario)

5. **NIVEL DE AUTORIDAD**
   a. Ninguna.
6. **NIVEL DE RESPONSABILIDAD**
   a. Mantener el inventario con 0 diferencias.
   b. Preservar en óptimas condiciones todos los productos que se almacenan dentro de la bodega de materias primas.
7. **FUNCIONES PRINCIPALES:**
   a. Recibir y descargar materias primas entregadas por los proveedores.
   b. Registrar los ingresos de materias primas en el sistema SAP.
   c. Almacenar las materias primas en las ubicaciones designadas.
   d. Completar los Kardex de cada materia prima.

8. **FORMACIÓN TÉCNICA:**
   a. Curso de aseguramiento de calidad para operadores.
   b. Curso de interpretación de la Política de Calidad para operadores.
   c. Sensibilización de la norma ISO 9001:2015.
   d. Sensibilización de la norma OHSAS 18001:2007
   e. Licencia para uso de montacargas.

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A. (2022). *Procedimiento de aprovisionamiento de personal.*

Las entrevistas se realizan con la gerencia y mandos medios de las áreas de producción y almacenes. La información que se obtiene de estas entrevistas considera: capacitaciones previas recibidas, capacitaciones programadas, actividades del proceso con mayor problemática o deficiencias observadas por los encargados del personal operativo.

También se realizó levantamiento de información por medio de la técnica de observación directa en las áreas de trabajo, para determinar prácticas no adecuadas, uso incorrecto de equipos o falta de seguimiento a procedimientos definidos por la empresa. La observación se complementa con entrevistas aplicadas al personal operativo para conocer directamente, los temas relacionados con su puesto de trabajo en lo que consideran que tienen deficiencia

Como resultado de la aplicación de las técnicas de DNC, se obtiene un listado de temas de capacitación, los cuales se listan a continuación:

- Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido.
- Mejoras en la organización de productos y procedimientos del almacén de productos terminados.
- Planes de evacuación ante emergencias.
- Uso adecuado de extintores.
- Manejo y almacenamiento de químicos.
- Finanzas familiares.
- 5S en al área de trabajo.
- Creación de materiales en *Software* SAP.
- Conceptos de eficiencia y costo de producción para operadores.
- Sensibilización a la norma ISO 9001:2015.
- Sensibilización a la norma ISO 45001:2018.

4.2. Plan de capacitación

El plan de capacitación define cada tema en cuanto a su objetivo, alcance, contenido, responsable, duración, lugar y recursos necesarios. Para empezar, se establece el objetivo general del plan de capacitación, el cual es: proporcionar los conocimientos necesarios al personal de producción y almacenes, que permita

mejorar su desempeño laboral, contribuyendo al logro de los objetivos de la empresa.

Posteriormente, se realiza la planificación de cada uno de los temas que se obtuvieron como resultado del diagnóstico de necesidades de capacitación. A continuación, se presenta la planificación individual de cada tema:

- Diseño y funcionamiento del sistema de generación de aire comprimido

Esta capacitación se propone para dar a conocer los cambios que se sugieren para mejorar el área de generación de aire comprimido. En ella, se considera dar un resumen ejecutivo del diagnóstico realizado, el dimensionado y selección de los equipos, los beneficios a obtener por realizar los cambios que se proponen y se presentarán los costos con cotizaciones reales.

Tabla XXXIX. **Plan de capacitación: diseño y funcionamiento del sistema de generación de aire comprimido**

Tema	**Diseño y funcionamiento del sistema de generación de aire comprimido**
Objetivo	Dar a conocer las condiciones actuales del sistema de generación de aire comprimido y las propuestas que se recomiendan para mejorarlo.
Descripción	Como parte del desarrollo del programa de EPS se realizaron propuestas para mejorar la confiabilidad y ampliar la capacidad del sistema de generación de aire comprimido. En esta capacitación se considera dar a conocer al personal pertinente, como fue diseñado el sistema, los resultados esperados, los beneficios que obtendrán y el costo de implementación.
Tipo	Exposición presencial

Continuación de la tabla XXXIX.

Contenido	**1. Situación actual del sistema de aire comprimido** **2. Cálculos de demanda** **3. Dimensionado del sistema** **4. Selección de equipos** **5. Distribución de equipos** **6. Resultados y beneficios a obtener** **7. Costos de la propuesta**
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Televisor para compartir pantalla 3. Computadora
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Gerente de producción, supervisor de mantenimiento, técnicos.
Responsable	Jefe de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido

Este tema se seleccionó como parte de los cambios generados por la ejecución del programa de EPS. Se considera de importancia impartir una capacitación sobre los programas de mantenimiento de equipos diseñados para mantener la instalación de generación de aire comprimido en condiciones de funcionamiento óptimas. Esto, debido a que no existían planes de mantenimiento definidos y se diseñaron nuevos, los cuales, deben darse a conocer al departamento de mantenimiento para su implementación y seguimiento.

Tabla XL. **Plan de capacitación: mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido**

Tema	**Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido**
Objetivo	Actualizar al personal de mantenimiento sobre los programas de mantenimiento desarrollados durante el programa de EPS.
Descripción	La capacitación busca concientizar al departamento de mantenimiento sobre la importancia del mantenimiento preventivo que se realiza al sistema de generación de aire comprimido y evidencia el deterioro actual de los equipos.
Tipo	Exposición presencial
Contenido	1. Condiciones actuales del sistema de generación de aire comprimido 2. Importancia del mantenimiento preventivo 3. Programas de mantenimiento preventivo por equipo
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Supervisor y personal de mantenimiento.
Responsable	Jefe de mantenimiento

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Rediseño del almacén de productos terminados

Como parte del desarrollo del programa de EPS, se plantearon mejoras para implementar en el almacén de productos terminados. Estas propuestas van desde los métodos de estiba, la clasificación y organización de los productos, etiquetado, identificación, marcaje de zonas y cambio en procedimientos de trabajo. Muchas de las propuestas no requieren ninguna inversión o es mínima,

por lo que se considera importante que, a través de una capacitación, se comparta la información con las personas responsables del almacén, para que puedan evaluar su implementación y posteriormente incorporar nuevas mejoras.

Tabla XLI. **Plan de capacitación: rediseño del almacén de productos terminados**

Tema	**Rediseño del almacén de productos terminados**
Objetivo	Dar a conocer las propuestas de mejora desarrolladas durante el programa de EPS a los encargados del almacén.
Descripción	La capacitación considera explicar detalladamente ciertos cambios que se proponen para el almacén de productos terminados y los beneficios que pueden obtenerse de su implementación.
Tipo	Exposición presencial
Contenido	1. Cambios en procedimientos 2. Estiba de productos 3. Clasificación ABC de productos según índice de rotación 4. Distribución de zonas del almacén 5. Etiquetado e identificación de productos 6. Señalización de áreas 7. Aprovechamiento del espacio 8. Nuevos sistemas de almacenamiento
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Personal del almacén de productos terminados
Responsable	Jefe del almacén

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Planes de evacuación ante emergencias

Como parte de la observación directa y entrevistas al personal operativo, se logró identificar que existe cierto desconocimiento por parte del personal con respecto a cómo se debe actuar cuando se activan las alarmas de evacuación en la empresa, mientras que, otra parte del personal conoce los planes de evacuación definidos, pero muestra cierta falta de sensibilización con respecto al tema.

Tabla XLII. **Plan de capacitación: planes de evacuación ante emergencias**

Tema	**Planes de evacuación ante emergencias**
Objetivo	Reforzar y sensibilizar al personal operativo sobre los planes de evacuación ante emergencias.
Descripción	La capacitación se plantea como un reforzamiento de los planes de evacuación con los que ya cuenta la empresa. Por lo que, se debe orientar a crear conciencia en el personal con respecto a la importancia de evacuar en el tiempo oportuno para evitar agravar la situación.
Tipo	Exposición presencial
Contenido	1. Tipos de emergencias 2. Rutas de evacuación 3. Puntos de reunión 4. Planes de evacuación 5. Importancia de seguir los planes de evacuación
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Semestral
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Operadores de fábrica y personal de almacenes
Responsable	Supervisor de salud y seguridad ocupacional

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Uso adecuado de extintores

Por tratarse de una industria que manufactura fósforos, existe un riesgo alto de incendios. Por lo tanto, es de vital importancia que todo el personal conozca y posea la habilidad para utilizar un extintor en el momento que sea requerido. Aunque la empresa ha realizado este tipo de capacitaciones anteriormente, se identificó que por rotación de personal existe una cantidad considerable, que no conocen cómo utilizar los extintores disponibles en su área de trabajo.

Tabla XLIII. **Plan de capacitación: uso adecuado de extintores**

Tema	**Uso adecuado de extintores**
Objetivo	Conseguir que el 100 % del personal operativo pueda utilizar un extintor.
Descripción	Esta capacitación se plantea para ser realizada con una parte teórica y otra parte práctica. En la parte teórica dar a conocer los fundamentos sobre tipos de extintores y su uso, y en la parte práctica hacer que los participantes utilicen un extintor adecuadamente.
Tipo	Adiestramiento
Contenido	1. Tipos de fuegos y extintores 2. Procedimiento teórico para accionar un extintor 3. Practica supervisada para el uso de un extintor
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Deposito con gasolina 5. Extintores tipo CO2 6. Listado de asistencia
Frecuencia	Semestral
Lugar	Sala de capacitaciones y área de patio.
Participantes	Operadores de fábrica y personal de almacenes
Responsable	Supervisor de salud y seguridad ocupacional

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Manejo y almacenamiento de químicos

Durante la observación en las áreas de almacén de materias primas, almacén de repuestos y área de fabricación de pastas de ignición, se identificó que el personal manipula productos químicos inflamables, oxidantes y ácidos. Aunque el personal utilizaba su equipo de protección, se identificó que algunos químicos que no son compatibles se almacenan sin ningún tipo de separación física entre ellos. Por ejemplo, oxidantes cerca de químicos inflamables.

Tabla XLIV. **Plan de capacitación: manejo y almacenamiento de químicos**

Tema	**Manejo y almacenamiento de químicos**
Objetivo	Dar a conocer los lineamientos para el manejo y almacenamiento seguro de los químicos utilizados para la fabricación de fósforos.
Descripción	La capacitación debe proporcionar al participante el conocimiento de todos los productos químicos que se utilizan en la empresa, los tipos de riesgos, la compatibilidad entre químicos, el manejo seguro y el equipo de seguridad que debe utilizarse.
Tipo	Exposición presencial
Contenido	1. Clasificación de sustancias químicas según la ONU 2. Listado de químicos que se utilizan en la empresa y su clasificación. 3. Matriz de compatibilidad de químicos 4. Manejo de químicos y uso adecuado de EPP.
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Personal de almacenes
Responsable	Supervisor de salud y seguridad ocupacional

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Finanzas familiares

Este tema de capacitación surge de una evaluación previa realizada por el departamento de recursos humanos, sobre la que se tuvo conocimiento a través de la entrevista con la gerencia de esta área. En dicha evaluación se identificó que un alto porcentaje del personal operativo posee deudas, no conoce cuál es su presupuesto familiar, utiliza incorrectamente sus tarjetas de crédito y asume compras que no pueden costear. Por ello, con el objetivo de mejorar la salud financiera del personal, se ha plantea realizar dicha capacitación.

Tabla XLV. **Plan de capacitación: finanzas personales**

Tema	**Finanzas familiares**
Objetivo	Mejorar la salud financiera de los participantes por medio del uso de conceptos básicos de presupuestos y control de gastos.
Descripción	Se proporcionarán los conocimientos necesarios que permitan al participante poder realizar un presupuesto de gastos, conocer sobre préstamos y uso de tarjetas de crédito. también resolver las dudas del personal sobre temas financieros.
Tipo	Exposición presencial
Contenido	1. Presupuesto familiar 2. Diferencia entre pasivo y activo 3. Préstamos bancarios y tasas de interés 4. Uso adecuado de tarjetas de crédito
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones general
Participantes	Operadores de fábrica y personal de almacenes
Responsable	Capacitador externo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Creación de materiales en *software* SAP

Uno de los problemas que se identificó por medio de las entrevistas realizadas, fue que existen recurrentemente retrasos durante la realización de los cierres de producción, por problemas en la configuración de los materiales. En el año 2016, se recibió una capacitación sobre creación de materiales por parte de la empresa que implemento el *software* SAP, sin embargo, por rotación de personal, se ha perdido el conocimiento sobre la creación correcta de materiales, de acuerdo con la configuración propia de la empresa.

Tabla XLVI. **Plan de capacitación: creación de materiales en *software* SAP**

Tema	**Creación de materiales en *software* SAP**
Objetivo	Actualizar los conocimientos del personal encargado de la creación de materiales.
Descripción	Por medio de esta capacitación se busca que los responsables de la creación de materiales conozcan la configuración del sistema SAP de la empresa y el método correcto para crear materiales como repuestos, materias primas y productos terminados.
Tipo	Adiestramiento
Contenido	1. Introducción a modulo SAP MM 2. Transacciones para creación de materiales 3. Datos maestros de materiales 4. Ampliación y modificación de materiales
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadoras 4. *Software* SAP 5. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Encargados de almacén de repuestos, materias primas y productos terminados
Responsable	Capacitador externo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Conceptos de eficiencia y costo de producción

La eficiencia y el costo de producción son dos conceptos básicos que se utilizan en todos los procesos productivos. Uno de los objetivos principales de las fábricas es producir aprovechando los recursos y consiguiendo que el costo de producción esté dentro del estándar definido según cada tipo de proceso. Estos conceptos regularmente son manejados por los mandos medios y la gerencia de las fábricas. Pero, resulta importante que el personal de primera línea, encargado directamente del proceso de producción, conozca cómo su trabajo influye en el resultado de eficiencia y costo de producción.

Tabla XLVII. **Plan de capacitación: conceptos de eficiencia y costo de producción**

Tema	**Conceptos de eficiencia y costo de producción para operadores**
Objetivo	Ampliar los conocimientos de los operadores con respecto a la importancia de su trabajo para alcanzar los objetivos de eficiencia y costo de producción.
Descripción	Esta capacitación pretende dar a conocer por medio de un lenguaje simple y ejemplos prácticos, los conceptos de eficiencia y costo de producción. De tal manera que el operador puede tener una mayor sensibilización con respecto al trabajo que realiza y su aporte.
Tipo	Capacitación presencial
Contenido	1. Definición de eficiencia 2. Cálculo de eficiencia básico 3. Paros de maquinaria no planificados y su efecto 4. Eficiencia real vs presupuestada 5. Definición de costo de producción 6. Coeficientes de consumo de materias primas y desperdicios
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia

Continuación tabla XLVII.

Frecuencia	**Anual**
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Operadores de fabrica
Responsable	Supervisores de producción

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Sensibilización a la norma ISO 9001:2015

Considerando que la fábrica cuenta con una certificación ISO 9001:2015 resulta de importancia que, continuamente se estén impartiendo capacitaciones sobre sensibilización en la norma ISO 9001:2015, esto debido a que todo el personal debe conocer el enfoque en la mejora continua y los objetivos organizacionales que se tienen definidos. Ya que se debe conseguir que, los operadores comprendan la importancia de su trabajo para lograr un producto de calidad y maximizar la satisfacción del cliente.

Tabla XLVIII. **Plan de capacitación: sensibilización a la norma ISO 9001:5015**

Tema	**Sensibilización a la norma ISO 9001:2015**
Objetivo	Concientizar al personal sobre la importancia del sistema de gestión de calidad para el logro de los objetivos organizacionales.
Descripción	Tanto para el personal actual como para los nuevos integrantes de los equipos de trabajo, resulta difícil adaptarse a los requerimientos que exige la implementación y mantenimiento de un sistema de gestión de la calidad, por ello, esta capacitación contribuye a que los colaboradores entiendan la importancia de sus actividades para conseguir entregar un producto de la calidad requerida.
Tipo	Exposición presencial

Continuación tabla XLVIII.

Contenido	**1. Que es un sistema de gestión de la calidad** **2. Política y objetivos de calidad** **3. Enfoque al cliente** **4. Liderazgo** **5. Compromiso** **6. Mejora continua**
Recursos	1. Diapositivas con el contenido de la capacitación 2. Equipo audiovisual para proyección 3. Computadora 4. Listado de asistencia
Frecuencia	Anual
Lugar	Sala de capacitaciones
Participantes	Operadores de fábrica y almacenes
Responsable	Gestor del sistema de gestión de calidad

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la tabla XLIX. se muestra el plan de capacitación anual.

Tabla XLIX. **Plan de capacitación anual**

Tema	Participantes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Diseño y funcionamiento del sistema de generación de aire comprimido	Jefe de producción, supervisor de mantenimiento, técnicos.												
Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido	Supervisor de mantenimiento, técnicos												
Rediseño del almacén de productos terminados	Personal del almacén de productos terminados												

Continuación tabla XLIX.

Planes de evacuación ante emergencias	**Operadores de fábrica y personal de almacenes**	
Uso adecuado de extintores	Operadores de fábrica y personal de almacenes	
Manejo y almacenamiento de químicos	Personal de almacenes	
Finanzas familiares	Operadores de fábrica y personal de almacenes	
Creación de materiales en SAP	Encargados de almacenes	
Conceptos de eficiencia y costo de producción para operadores	Operadores de fabrica	
Sensibilización a la norma ISO 9001:2015	Operadores de fabrica personal de almacenes	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

4.3. Resultados de la capacitación

Los resultados de la capacitación consideran el logro de los objetivos de las capacitaciones que se impartieron por los cambios que propone el programa de EPS. Estos cambios consideran nuevos procedimientos, uso de nuevas técnicas, desarrollo de herramientas, planes de mantenimiento, entre otros. Es importante dar a conocer al personal pertinente estos cambios para que conozcan su utilización y puedan implementarlos para obtener las mejoras deseadas.

Para el programa de EPS, se planificó la realización de tres capacitaciones, las cuales engloban todos los temas necesarios que permitirán a la empresa obtener mejoras sustanciales en sus procesos. Es importante mencionar que existen ciertos cambios que no requieren ninguna inversión económica, por lo que durante las capacitaciones se hizo énfasis en que la empresa pueda empezar implementando estos cambios y gradualmente ir realizando los que sí representan una inversión económica.

A continuación, se presentan los resultados de las capacitaciones realizadas.

- Cálculos y diseño del sistema de generación de aire comprimido

Esta capacitación se desarrolló el día 20/09/2022 en horario de 10:00 a 11:30 am, se impartió en el salón de capacitaciones de la empresa y se contó con la participación del jefe de producción, jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento y los técnicos de mantenimiento de la empresa. Durante el desarrollo de la capacitación, los involucrados lograron conocer el estado actual del sistema de generación de aire comprimido, los problemas de corrosión presentes en las tuberías, los daños del secador actual y la falta de seguimiento a los planes de mantenimiento. También, se les proporciono de manera resumida, los cálculos realizados para determinar la demanda actual y futura de aire comprimido que tiene la fábrica y la manera en la que se dimensionaron los equipos y las tuberías según las necesidades de caudal de aire comprimido existentes.

También se presentó el *layout* de distribución del cuarto de compresores que indica la ubicación de cada equipo y las posibles configuraciones que pueden realizar con los equipos actuales y nuevos para abastecer la totalidad del caudal

requerido por la fábrica de manera continua y confiable. Finalmente, se dieron a conocer los costos de inversión con cotizaciones reales para que la gerencia de producción pueda analizarlos y planificar la implementación de los cambios propuestos.

Figura 69. **Diploma de capacitación: cálculos y diseño de sistemas de generación de aire comprimido**



Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.

- Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido

Esta capacitación se impartió el día 22/09/2022 en un horario de 16:00 a 18:00 pm, se impartió en el salón de capacitaciones de la empresa y se contó con la participación de todo el personal de mantenimiento de la empresa. Por medio de esta capacitación se logró sensibilizar al personal de mantenimiento sobre la importancia de realizar el mantenimiento preventivo a los equipos que componen el sistema de generación de aire comprimido. Se resolvieron dudas con respecto al por qué es importante estar monitoreando las condiciones de presión de los compresores, los ciclos de carga y descarga, ya que esto, puede

permitir diagnosticar fugas en el sistema. También, el personal logró conocer el por qué es importante revisar periódicamente la condición interna de las tuberías, ya que actualmente, el no haber realizado esta actividad resultó en el daño del secador de aire.

Se hizo mención sobre la importancia del uso del aire comprimido para el funcionamiento de las máquinas para fabricar fósforos. Ya que utilizan el aire comprimido de manera continua para el transporte de los productos entre cada uno de los procesos.

Finalmente, se dieron a conocer cada uno de los programas de mantenimiento que fueron diseñados para los equipos actuales y también, para los equipos que se propone adquirir como parte de las mejoras. Durante la presentación de los programas de mantenimiento se explicó cada uno de los componentes que requieren cambio y las posibles consecuencias de no realizar el mantenimiento a tiempo.

Figura 70. **Capacitación sobre mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Sala de capacitaciones, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 71. **Diploma de capacitación: mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido**



Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.

- Rediseño del almacén de productos terminados

La capacitación se impartió el día 23/09/2022 en un horario de 10:00 a 12:00 am, se impartió en el salón de capacitaciones de la empresa y se contó con la participación de todo el personal que labora en el almacén de productos terminados. El desarrollo de la capacitación permitió que los participantes conozcan algunos cambios en los procedimientos que les permitirán mejorar el desempeño de sus actividades actuales, conocieron cuáles son las mejores prácticas para estibar los productos y así, maximizar el aprovechamiento del espacio por pallet y reducir la cantidad de movimientos dentro del almacén. También, pudieron conocer algunos cambios en la distribución de los productos por medio de la clasificación ABC, para reducir los tiempos de traslado de los productos con mayor rotación. Se dieron a conocer técnicas de identificación y organización de productos para mejorar no solo la estética del almacén sino, la eficiencia de los procesos.

El personal pudo conocer nuevas técnicas de almacenamiento y un sistema desarrollado específicamente para su almacén, el cual permite maximizar el aprovechamiento del espacio y reducir costos por contratar espacio en almacenadoras externas.

Se hizo énfasis en aquellos cambios que pueden ser implementados de manera inmediata, ya que no requieren de mayor inversión económica y pueden resultar en grandes beneficios para el desempeño de sus actividades. Finalmente, se resolvieron dudas con respecto a cómo implementar cada uno de los cambios de manera gradual.

Figura 72. **Capacitación sobre rediseño del almacén de productos terminados**



Fuente: [Fotografía de Daniel Ramírez]. (Sala de capacitaciones, Fosforera Centroamericana, S.A. 2022). Colección particular. Guatemala.

Figura 73. **Diploma de capacitación: rediseño del almacén de productos terminados**



Fuente: elaboración propia, realizado con Canva.

4.4. Costos de la propuesta

Los costos de implementación del plan anual de capacitación se muestran en la tabla a continuación:

Tabla L. **Costos del plan de capacitación**

Tema	Costo total
Cálculos y diseño del sistema de generación de aire comprimido	Q 250.00
Mantenimiento del sistema de generación de aire comprimido	Q 250.00
Rediseño del almacén de productos terminados	Q 250.00
Planes de evacuación ante emergencias	Q 250.00
Uso adecuado de extintores	Q 1,950.00

Continuación tabla L.

Manejo y almacenamiento de químicos	**Q 250.00**
Finanzas familiares	Q 2,750.00
Creación de materiales en SAP	Q 2,750.00
Conceptos de eficiencia y costo de producción para operadores	Q 250.00
Sensibilización a la norma ISO 9001:2015	Q 250.00
Total	**Q 9,200.00**

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diagnóstico de la situación actual del almacén de productos terminados y se identificaron oportunidades de mejora en los procedimientos de gestión, problemas con la organización, distribución e identificación de los productos y falta de asignación de las zonas básicas necesarias para el adecuado funcionamiento del almacén.

2. A través del análisis de aprovechamiento de espacio en el almacén, se determinó que la capacidad actual no es suficiente para la cantidad de producto que se debe almacenar. Por lo que, a través de estrategias de almacenamiento se recupera un 21.16 % de capacidad de almacenaje que equivale a 344 pallets, el cual no estaba siendo aprovechado, además, se diseña un sistema de almacenamiento compacto de tipo *drive-in* que aumenta la capacidad en 224 pallets, obteniéndose un total de 568 pallets de incremento en la capacidad del almacén.

3. Se proponen mejoras sustanciales en el almacén, a través de cambios en las actividades que fortalecen las operaciones y permiten mejorar el control y la eficiencia. Uno de ellos fue la implementación de la metodología ABC aplicada al índice de rotación de inventario por producto, propició una distribución de productos que considera el principio de ruta más corta; de tal manera que, los recorridos dentro del almacén ahora son más eficientes, resultando en el ahorro en costos de operación de equipos y menores gastos por mantenimiento.

4. Se determinó que la demanda actual de generación de aire comprimido que requiere la fábrica para su adecuado funcionamiento es de 508 CFM, a esta demanda se le adiciono un 10 % por posibles pérdidas y un 20 % en caso de futuras ampliación, por lo tanto, el diseño del sistema se realizó con base a 536 CFM.

5. Por medio de la aplicación de cálculos de ingeniería se diseñó el sistema de generación de aire comprimido de acuerdo con la demanda actual y considerando también, las necesidades futuras. Se realizó la selección apropiada de equipos y cálculo de tuberías, para garantizar un sistema de generación de aire comprimido dimensionado adecuadamente, eficiente y altamente confiable. Además, como parte del diseño se crearon rutinas de mantenimiento para asegurar la operación continua de los equipos.

6. Se establecieron los costos para la implementación del rediseño del almacén de productos terminados y las mejoras al sistema de generación de aire comprimido. Esto se hizo por medio de cotizaciones con varios proveedores para identificar los mejores costos y reducir al máximo posible la inversión necesaria. En el caso del almacén de productos terminados se hicieron propuestas para que la inversión se realice de manera gradual.

7. Se diseñó un plan de capacitación anual basado en un diagnóstico de necesidades de capacitación. El plan se compone de un total de 10 capacitaciones para las cuales se estableció un objetivo, contenido, recursos necesarios y responsable.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una evaluación de peligros y análisis de riesgos en el almacén de producto terminados, como resultado de la observación en el almacén donde se determinó que existe manejo de productos altamente inflamables y como consecuencia de los cambios que se propone realizar en el presente documento.

2. Evaluar la posibilidad de que el sistema *drive-in* que se propone, se realice instalando postes que tengan una altura de 8.4 m, ya que esto permitirá aprovechar la altura máxima central que tiene el almacén para ampliar la capacidad de almacenamiento en caso lo requieran en el futuro.

3. Revisar anualmente el resultado de los indicadores del almacén para determinar si es necesario actualizar las metas, eliminar o crear nuevos indicadores. Puesto que el objetivo de los indicadores debe está enfocado en mejorar aquellas actividades en las que se tienen deficiencia y estas pueden ir cambiando a través del tiempo.

4. Realizar un diagnóstico de fugas en el sistema de generación de aire comprimido. Debido a que la presencia de fugas es una situación muy común en este tipo de sistemas, por lo que su identificación y corrección oportuna, contribuye al ahorro de costos de generación y a la reducción de la carga de trabajo de los equipos.

5. Analizar la posibilidad de contar con un secador de aire de reserva, ya que existen antecedentes de interrupciones en la producción por daños en el secador actual. Aunque una de las propuestas ya considera colocar un secador nuevo, este servirá únicamente para reemplazar al actual que se encuentra dañado, se propone tener un segundo secador que funcione únicamente como respaldo.

6. Verificar que, dentro de las rutinas de mantenimiento de los técnicos, se incluya la inspección periódica de las tuberías de aire comprimido para detectar a tiempo la presencia de humedad, que puede ocasionar corrosión. A su vez, esta inspección contribuye a determinar problemas en el secador de aire o en los drenadores de condensado.

REFERENCIAS

1. Anaya, J. (2008). *Almacenes, análisis, diseño y organización*. Madrid, España: ESIC.

2. Ballou, R. (2004). *Administración de la cadena de suministros*. Ciudad de México, México: Prentice Hall.

3. Campo, A. (2013). *Técnicas de almacén*. Madrid, España: McGraw-HIll.

4. Carnicer, E. (1997). *Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones*. Barcelona, España: Gustavo Gili, S.A.

5. Dessler, G. (2009). *Administración de recursos humanos*. Ciudad de México, México: Pearson.

6. Fernández, P. (2015). *Compresores y ventiladores. Cantabria*, España: Universidad de Cantabria.

7. García, A. (1991). *Enfoques prácticos para la planeación y control de inventarios*. Ciudad de México, México: Trillas.

8. García, L. (2017). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

9. Grados, J. (2002). *Capacitación y desarrollo de personal*. Ciudad de México, México: Trillas, S.A. C.V.

10. Greene, R. (1992). *Compresores: selección, usos y mantenimiento*. Chihuahua, México: McGraw Hill.

11. Guerrero, H. (2011). *Inventario manejo y control*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

12. Mauleon, M. (2003). *Sistemas de almacenaje y picking*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

13. Reza, T. (2006). *Nuevo diagnóstico de necesidades de capacitación y aprendizaje en las organizaciones*. Ciudad de México, México: Panorama.

14. Vásquez, M. (2014). *Almacén de clase mundial*. Medellín, Colombia: Vieco S.A.S.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Registro de entrega de producción diaria**

REGISTRO DE ENTREGA DE PRODUCCIÓN DIARIA BPT-FOR-01

Fecha	

Código	Producto	Cantidad entregada

Firma del supervisor de producción

Firma del auxiliar del almacén

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Apéndice 2. **Formato de instrucciones de exportación**

FORMATO DE INSTRUCCIÓNES DE EXPORTACIÓN BPT-FOR-02

Cliente			
Orden de compra		**No. De Pedido**	
Origen		**Destino**	
Tipo de carga	**General**	**Fiscal**	**Combinada**
Se liquida en frontera SI / NO			
Agente de carga			
Fecha de carga requerida			

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

ANEXOS

Anexo 1. **Factor de utilización en función del índice del local K**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52 = η	.56	.52	
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Fuente: Universidad Politécnica de Cataluña (2016). *Tabla de factores de utilización en función del índice del local*. Consultado el 13 de octubre de 2022. Recuperado de https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html

Anexo 2. **Tabla de renovación de aire en locales**

RENOVACIONES DE LOS LOCALES EN GENERAL
Número de renovaciones/hora, aconsejadas en función del tipo de local (Norma DIN 1946)

Tipo de Local	Renov / h
Armarios roperos	4-6
Lavanderías	10-20
Auditorios	6-8
Locales acumuladores	5-10
Aulas	5-7
Locales de aerografía	10-20
Bibliotecas	4-5
Locales de decapado	5-15
Cabinas de pintura	25-50
Oficinas	4-8
Cámaras blindadas	3-6
Piscinas	3-4
Cines, Teatros	5-8
Remojos	0-80
Cocinas domésticas	15-25
Resturantes - Casinos	8-12
Cocinas colectividades	15-30
Salas de conferencia	6-8
Cuartos de baño	5-7
Salas de espera	4-6
Despachos de reuniones	6-8
Salas de fotocopia	10-15
Duchas	12-25
Salas de máquinas	10-40
Fundiciones	8-15
Salas de reuniones	5-10
Garajes	6
Talleres (mucha alteración)	10-20
Gimnasios	4-6
Talleres (poca alteración)	3-6
Habitaciones	3-8
Talleres de montajes	4-8
Inodoro en domicilio	4-5
Talleres de soldadura	20-30
Inodoro público/industrial	8-15
Tiendas	4-8
Laboratorios	8-15
Tintorerías	5-15
Laminadores	8-15
Vestuarios	6-8

Fuente: Instituto Alemán de Normalización (2018). *Norma DIN 1946-4:2018-09*. Consultado el 15 de octubre de 2022. Recuperado de https://www.normadoc.com/spanish/din-1946-4-2018-09.html

Anexo 3. **Cotización de montacargas con pantógrafo**

PBX. 2328-9000

www.gentrac.com.gt

GENTRAC CAT

UNA EMPRESA FERREYCORP

20092022C1-ND18

FECHA: Guatemala 20 de septiembre de 2022

EMPRESA: Fosforera Centroamericana, S.A.

DIRECCIÓN: Ciudad

Atentamente presentamos la siguiente oferta, tratando de adaptarla a las características solicitadas. Agradecemos de antemano el tomarnos en cuenta y nos colocamos a su servicio para resolver cualquier consulta que este documento no resuelva en su totalidad. A continuación cotización Formal:

MONTACARGAS ND18	
Capacidad	3,500 libras/1,580 Kg
Capacidad a altura máxima	3,500 libras/1,580 Kg
Altura Máxima de Horquillas MFH	**198 pulgadas/5.03 metros**
Altura Mástil Contraído AOL	89 pulgadas/2.26 metros
Tipo de Mástil	Triple
Extensión de Pantógrafo	42 pulgadas
Funciones Hidráulicas	3 válvulas/palancas
Apertura del Patín	37 pulgadas
Largo hasta la cara de las horquillas	78.1 pulgadas
Ancho del Acarreador / Side-shifter	32.5 pulgadas
Peso del equipo sin carga	9,700 libras/4,400 Kg
Batería	Tubular GNB de 36V de 1000 Ah, con cargador trifásico de 480V
Tipo	Alcance Profundo
Dimensiones Horquillas (H,W,L)	1.4'' X 3.9'' X 42''
Accesorios: Alarma electrónica, luz estroboscópica, juego de luces, estándar Key Switch, y Side-Shifter para movimiento lateral.	



Imagen con Fines ilustrativos; modelo real puede variar al momento de la entrega.

CANT	DESCRIPCION	PRECIO CON IVA
1	**Montacargas eléctrico ND18** Garantía: 12 meses / 2000 horas de cobertura total	USD$68,000.00

CONDICIONES	
Forma de Pago:	20% de anticipo/ 80% a convenir
Incluye:	Entrega técnica en sitio del cliente + 1 batería y cargador trifásico
Tiempo de Entrega:	32 Semanas después de presentada la orden de compra y/o anticipo
Forma de Entrega:	Puesto en bodegas del cliente ubicadas dentro del perímetro del departamento de Guatemala
Validez de la oferta	30 días

Gentrac Guatemala
Calzada Aguilar Batres
54-41, zona 12
Guatemala
PBX: 2328-9000

Sucursal Escuintla
Km. 63.5 Autopista
Puerto Quetzal
Escuintla
PBX: 2328-9000

Sucursal Quetzaltenango
9ª. Calle 0-67 zona 7
Periférico
Quetzaltenango
PBX: 2328-9000

Sucursal Zacapa
Ruta al Atlántico Km. 121
Barrio El Paraíso, Teculután
Zacapa
PBX: 2328-9000

Sucursal Izabal
Ruta al Atlántico Km. 244.3
La Ruidosa, Morales
Izabal
PBX: 2328-9000

Fuente: Gentrac Guatemala (2022). *Cotización de montacargas CAT modelo ND18.*

Anexo 4. **Cotización de equipos compresores de aire**

KAESER COMPRESORES

OFERTA

OFERTA ECONOMICA No. KE084572101

Pos.	Descripción	Material	Cantidad UM	Precio unitario USD	Total USD
10	**Compresor de Tornillo Rotativo**				
	CSD 75 125psi SC2 230/3/60 US	101265.20020	1.000 PZA	25,785.10	25,785.10
	País de instalación	Guatemala			
	Tipo	CSD 75			
	Conexión eléctrica	230V / 3 / 60Hz			
	sobrepresión máx. de servicio	125.0 psig			
	Versión sistema de control	SIGMA CONTROL 2			
	Conexión a un sistema central	Preparada			
	Clase de fluido compresor	SIGMA FLUID M-460			
20	**Secador Refrigerativo**				
	SECOTEC TE 142 230/3/60	1.2476.10130	1.000 PZA	14,411.90	14,411.90
	País de instalación	Guatemala			
	Tipo	TE 122			
	Conexión eléctrica	230V / 3 / 60Hz			
30	**Filtro de Aire Comprimido**				
	Filtro F110KE	102129.01721	1.000 PZA	690.80	690.80
	Modelo	F110KE			
	Grado del filtro	KE - Extra			
	Conexión de aire comprimido	2 NPT			
	Drenaje de condensado	Electrónico			
	Tensión de servicio	95...240 VAC; 100...125 VDC			
	Monit. presión diferencial	Manómetro de presión diferenci			
40	**Filtro de Aire Comprimido**				
	Filtro F110KB	102127.11721	1.000PZA	690.80	690.80
	Modelo	F110KB			
	Grado del filtro	KB - Basic			
	Conexión de aire comprimido	2 NPT			
	Drenaje de condensado	Electrónico			
	Tensión de servicio	95...240 VAC; 100...125 VDC			
	Monit. presión diferencial	Manómetro de presión diferenci			
50	**Depósito de aire comprimido 2000/11 ST C**	3.5360.30061	1.000PZA	5,014.50	5,014.50

El ahorro de energía
preserva el medio ambiente y los recursos

Continuación del anexo 4.

Pos.	Descripción	Material	Cantidad UM	Precio unitario USD	Total USD
60	**Set de compon. de instalación 2000/11 v**	8.3305.00011	1.000 PZA	405.90	405.90
	PRECIO				
	TOTAL IVA				
					46,999.00
	Importe de la factura en USD				46,999.00

Garantía

Para el Motor Principal, Unidad Compresora y Sigma Control, 30 meses a partir de la fecha de envío o 24 meses a partir de la fecha de arranque. 18 meses para el resto del equipo a partir de la fecha de envío o 12 meses a partir de la fecha de arranque.

Para Secador 18 meses a partir de la fecha de envío o 12 meses a partir de la fecha de arranque, aplica para el intercambiador de calor (evaporador) y el resto del equipo.

1 año por defectos de fabricación para el resto de componentes. Se excluye el caso de mala instalación, mala operación, daño intencional, desastres naturales y variaciones drásticas en energía eléctrica.

Se entrega con el equipo su respectivo manual original. La instalación se contrata por separado, pero se incluye el arranque inicial, pruebas de funcionamiento del compresor, instrucción para la operación y la asesoría en la instalación de los equipos.

Condiciones de pago

TCQ 7.7515

90 días Crédito

El ahorro de energía
preserva el medio ambiente y los recursos

Fuente: Kaeser Compresores, S.A. (2022). *Oferta económica No. KE084572101.*