



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

**ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE
EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Brandon Estuardo Monroy Bustamante

Asesorado por el Ing. Julio Alejandro Baeza de León

Guatemala, julio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE
EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BRANDON ESTUARDO MONROY BUSTAMANTE
ASESORADO POR EL ING. JULIO ALEJANDRO BAEZA DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Inga. Glenda Roxana Álvarez García
EXAMINADOR	Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA	Inga. 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:

ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de enero de 2017.



Brandon Estuardo Monroy Bustamante

Guatemala, 13 de marzo de 2017

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela a. i.
Ingeniería Mecánica Industrial
Presente

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **“ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA”** elaborado por el estudiante Brandon Estuardo Monroy Bustamante quién se identifica con número de carné 201313726, a mi criterio, el mismo cumple con los objetivos trazados según el protocolo presentado, por lo que apruebo su publicación.

Sin otro particular,
Atentamente,

f.



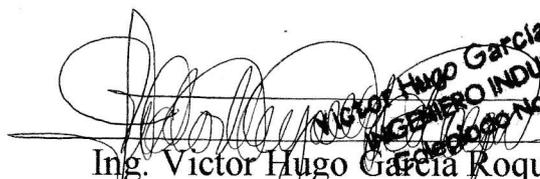
Ing. Julio Alejandro Baeza de León
Colegiado No. 8792
Asesor

Ing. Julio A. Baeza de León
INGENIERO INDUSTRIAL
COL. ACTIVO 8,792



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por el estudiante universitario **Brandon Estuardo Monroy Bustamante**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


VICTOR HUGO GARCÍA ROQUE
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegio No. 5133

Ing. Victor Hugo García Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.099.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por el estudiante universitario **Brandon Estuardo Monroy Bustamante**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



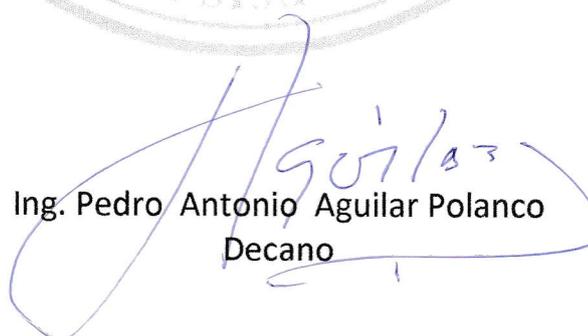
Guatemala, julio de 2017.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE Y PALETIZADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA,** presentado por el estudiante universitario: **Brandon Estuardo Monroy Bustamante,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y salud, porque sin su ayuda nada sería posible. Todo se lo debo a Él.
- Mis padres** Por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por mostrarme el mejor camino para hacer la cosas, el servir a Dios.
- Mis hermanas** Por estar siempre a mi lado apoyándome cuando más lo he necesitado y por motivarme a hacer bien las cosas.
- Mis abuelos** Por ser parte de mi bendición y apoyarme en todo momento.
- Mis amigos** Por apoyarme en todo momento y hacer de mi estadía en la Universidad un gran aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser centro de mi vida y darme la bendición de lograr los sueños trazados, por ser mi fuerza y fortaleza. Todo se lo debo a Él.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios donde adquirí conocimientos y aprendí de las experiencias.
Facultad de Ingeniería	Por ser la entidad que transmitió los conocimientos de la Ingeniería para el crecimiento de mi carrera profesional.
Mis padres	Por apoyarme en todo momento, brindarme su amor y comprensión para todo lo que necesitaba.
Mis hermanas	Por estar siempre para apoyarme cuando más las necesitaba y ser fuente de motivación para alcanzar esta meta.
Mis abuelos	Por apoyarme y brindarme su cariño en todo momento.
Mi asesor	Por apoyarme y tomarse el tiempo en guiarme para la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Métodos de trabajo.....	1
1.1.1. Objetivos del estudio de métodos de trabajo	2
1.1.2. Pasos iniciales para estudio de métodos de trabajo.....	2
1.1.2.1. Toma de datos y desglose de la tarea en operaciones	4
1.1.2.2. Estudio y registro de métodos para trabajo en cadena	6
1.1.3. Diagnóstico de pérdidas por mal diseño del método de trabajo.....	7
1.1.3.1. Teoría del despilfarro.....	7
1.1.3.2. Coeficiente del despilfarro por método.....	8
1.1.4. Estudio del trabajo	11
1.1.4.1. Técnicas para el estudio del trabajo y su interrelación.....	12

1.1.4.2.	Procedimientos básicos para el estudio del trabajo	13
1.1.4.2.1.	Estudio de tiempos.....	15
1.1.4.3.	Diagramas de proceso	16
1.1.5.	Teoría de colas.....	16
1.1.5.1.	Modelos de teoría de colas	18
1.1.5.2.	Patrón de llegada	19
1.1.5.3.	Capacidad del sistema	19
1.1.5.4.	Cómo medir el rendimiento de un sistema.....	20
1.2.	Estudio ergonómico.....	21
1.2.1.	Ergonomía.....	21
1.2.2.	Objetivos de la ergonomía.....	21
1.2.3.	Beneficios.....	22
1.2.4.	Análisis ergonómico	23
1.2.5.	Ergonomía y la seguridad.....	24
1.2.6.	Manipulación manual de cargas.....	25
1.2.6.1.	Posturas	25
1.2.6.2.	Repetitividad.....	25
1.2.6.3.	Esfuerzos	26
1.2.6.3.1.	Empujes y arrastres	26
1.2.6.3.2.	Fuerzas aplicadas	27
1.2.6.3.3.	Transportes.....	27
1.2.6.3.4.	Cálculo del índice de levantamiento para tareas simples	28
1.2.7.	Leyes sobre manipulación de cargas	28
1.2.7.1.	Acuerdo Gubernativo 33-2016	29
1.2.8.	Movimientos repetitivos	31

1.2.8.1.	Definición	31
1.2.8.2.	Métodos de evaluación	31
1.2.8.2.1.	<i>Checklist</i> OCRA.....	31
1.2.8.2.2.	Definición.....	32
1.2.8.2.3.	Forma de aplicación	32
1.2.8.2.4.	Ventajas y desventajas	33
1.2.8.2.5.	Limitaciones.....	35
1.2.8.3.	Consecuencias de mala ergonomía	35
1.2.8.4.	Ergonomía y su relación con la fatiga..	36
2.	ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL	37
2.1.	Descripción del proceso	37
2.1.1.	Líneas de producción	37
2.1.1.1.	Capacidades de producción	38
2.1.2.	Diagrama de flujo de operaciones	40
2.1.3.	Diagrama de Ishikawa	42
2.1.4.	FODA.....	43
2.1.4.1.	Estrategias encontradas	44
2.2.	Descripción del método actual.....	44
2.2.1.	Datos de capacidad de producción.....	44
2.2.2.	Forma actual de programación de la producción....	47
2.2.3.	Jornadas de trabajo	47
2.2.4.	Integración de operarios para días de producción alta.....	48
2.2.5.	Selección del proceso por evaluar.....	49
2.3.	Aplicación de la teoría del despilfarro	49
2.3.1.	Clasificación de operaciones	49
2.3.1.1.	Operaciones de valor agregado.....	50

	2.3.1.2.	Operaciones de no valor agregado	50
2.3.2.		Coeficiente de despilfarro por método.....	52
	2.3.2.1.	Cálculo coeficiente de despilfarro por método	52
	2.3.2.2.	Gráficos de resultados	53
	2.3.2.3.	Puntos de mejora	54
2.4.		Estudio de movimientos	55
	2.4.1.	Identificación de los movimientos corporales	55
	2.4.2.	Clasificación de los movimientos actuales	57
	2.4.3.	Utilización actual del cuerpo humano y puntos de apoyo.....	57
	2.4.4.	Distribución de las herramientas de trabajo	58
	2.4.5.	Movimientos repetitivos	59
	2.4.5.1.	Frecuencia de los movimientos	59
	2.4.5.2.	Tipos de movimientos repetitivos en el proceso.....	60
3.		ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO.....	61
	3.1.	Desglose de tareas en operaciones	61
	3.2.	Estudio de tiempos del proceso actual.....	62
	3.2.1.	Definición de método de cronometración	62
	3.2.2.	Registro de datos	62
	3.2.3.	Tiempo normal del proceso	65
	3.2.4.	Tiempo estándar del proceso	69
	3.3.	Aplicación de teoría de colas	70
	3.3.1.	Características de la operación	70
	3.3.2.	Selección del modelo por aplicar.....	71
	3.3.3.	Ritmo de trabajo de los operarios y tasa de llegada de producto.....	72

3.3.4.	Determinación del número de servidores	77
3.4.	Estudio de ergonomía.....	84
3.4.1.	Problemas actuales de ergonomía	84
3.4.1.1.	Cuestionario de molestias musculoesqueléticas.....	85
3.4.1.2.	Cuestionario de evaluación de tareas repetitivas	89
3.4.1.3.	Cuestionario de evaluación de transporte de cargas.....	90
3.4.2.	Manipulación de cargas.....	91
3.4.2.1.	Cálculo del índice de levantamiento para tareas.....	91
3.4.3.	Posiciones de trabajo	100
3.4.4.	Estudio de movimientos.....	102
3.4.4.1.	Movimientos repetitivos	102
3.4.4.1.1.	<i>Checklist</i> Método OCRA.....	102
3.4.4.1.2.	Análisis de resultados <i>checklist</i> método OCRA	111
3.4.5.	Distribución del área de trabajo	111
3.4.5.1.	Distribución de herramientas	112
3.5.	Implementación	113
3.5.1.	Especificaciones de implementación.....	113
3.5.2.	Capacitación para operarios	114
3.5.2.1.	Especificaciones de nuevo método ...	114
3.5.2.2.	Beneficios de aplicación	129
3.5.2.3.	Responsabilidades	131
3.5.2.4.	Directrices de aplicación.....	132

4.	REDISEÑO DEL ÁREA DE TRABAJO	133
4.1.	Análisis de distribución actual	133
4.1.1.	Análisis FODA	133
4.1.1.1.	Estrategias para distribución	134
4.1.2.	Diagrama de recorrido del proceso	137
4.1.3.	Espacio disponible	138
4.1.3.1.	Mediciones del área	138
4.1.4.	Ubicación actual operarios	138
4.1.5.	Ubicación de herramientas y equipo	139
4.2.	Propuesta de distribución.....	140
4.2.1.	Diagrama de recorrido del proceso propuesto	142
4.2.2.	Distribución propuesta de operarios.....	142
4.2.3.	Ubicación del producto y herramientas	143
4.3.	Análisis de costos de implementación.....	144
4.3.1.	Análisis financiero	146
4.3.1.1.	Valor presente neto del proyecto.....	146
4.3.1.2.	Tasa interna de retorno del proyecto..	147
4.3.1.3.	Análisis beneficio/costo	148
5.	ESTUDIO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA PROCESO PRODUCTIVO	149
5.1.	Matriz de riesgos para línea	149
5.1.1.	Identificación de peligros	149
5.1.2.	Análisis de riesgos	153
5.2.	Propuesta para minimizar riesgos.....	156
5.2.1.	Costo de propuesta	158
5.2.2.	Beneficios de implementación.....	159
5.2.3.	Tiempo y especificaciones de implementación	160

5.3.	Manejo de desechos	161
5.3.1.	Diagrama Ishikawa	162
5.3.2.	Procedimiento de registro de datos del producto..	163
5.3.3.	Procedimiento del manejo de desechos	164
5.4.	Capacitación.....	165
5.4.1.	Peligros identificados en puesto de trabajo	166
5.4.2.	Medidas de mitigación propuestas	166
5.4.3.	Responsabilidad del operario	170
5.4.4.	Responsabilidades del jefe inmediato	171
CONCLUSIONES		173
RECOMENDACIONES		177
BIBLIOGRAFÍA		179
APÉNDICES		181
ANEXOS.....		183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Gráfico desglose de tiempo: despilfarro – mejor tiempo estándar	11
2.	Secuencia de pasos para el estudio del trabajo	14
3.	Relación entre el sistema productivo y la seguridad	24
4.	Valores de aplicación de fuerza aplicables aceptables según la Norma UNE-EN 1005-3.....	27
5.	Límites permisivos según distancia, carga y frecuencia para transporte de cargas manuales.....	28
6.	Diagrama de flujo de operaciones.....	40
7.	Diagrama Ishikawa área de paletizado	42
8.	FODA Área de empaque y paletizado.....	43
9.	Gráfica de resultados operaciones de NVA y operaciones de VA	54
10.	Ecuación para aproximación factor horizontal según NIOSH.....	92
11.	Fórmula para obtener factor de distancia horizontal HM.....	92
12.	Fórmula para obtener factor de altura	93
13.	Fórmula para determinar factor de desplazamiento vertical.....	93
14.	Fórmula para calcular factor de asimetría	94
15.	Cálculo del factor de frecuencia	95
16.	Clasificación de los tipos de agarre según NIOSH.....	96
17.	Determinación del factor de agarre (CM)	97
18.	Ecuación de NIOSH	97
19.	Cálculo de índice de levantamiento	98
20.	Estándares índice de levantamiento de cargas propuesto por NIOSH.....	98

21.	Localización del rango en que se encuentra el índice calculado	99
22.	Posición inicial de trabajo actual para demanda baja	100
23.	Posición inicial de trabajo para demanda alta.....	101
24.	Distribución actual área de paletizado	112
25.	Distribución actual de las herramientas utilizadas por los operarios...	112
26.	Calendario de asignación de operarios para preparación de <i>pallets</i> ..	117
27.	Formato de reporte para preparación de <i>pallets</i>	118
28.	Distribución para tasa de llegada baja	121
29.	Distribución para tasa de llegada alta con ampliación de banda	121
30.	Modelo de requisición de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado	125
31.	Modelo de asignación de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado	126
32.	Área de piso por reparar	128
33.	FODA de la distribución actual.....	133
34.	Diagrama de recorrido del proceso actual	137
35.	Mediciones del área de trabajo	138
36.	Ubicación actual de operarios del área.....	139
37.	Diagrama de ubicación de herramientas y equipo	139
38.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto	140
39.	Diagrama de recorrido propuesto	142
40.	Propuesta de distribución de los operarios	143
41.	Propuesta de ubicación de herramientas.....	143
42.	Gráfico resultados matriz de riesgos para área de empaque	150
43.	Gráfico resultados matriz de riesgos para área de paletizado	152
44.	Programa de pausas activas área paletizado	160
45.	Diagrama Ishikawa generación de desechos	162
46.	Programa de pausas activas área paletizado para implementar	167

TABLAS

I.	Interrelación entre las técnicas para el estudio del trabajo.....	13
II.	Valores permisibles para manipulación de carga según edad y género.....	29
III.	Número de presentaciones simultáneas	38
IV.	Capacidad de producción teórica	39
V.	Tiempo requerido para paletizar según línea de producción y turno.....	45
VI.	Tiempo total invertido en operaciones de valor agregado.....	50
VII.	Tiempo total invertido en operaciones de no valor agregado.....	51
VIII.	Partes del cuerpo utilizadas por los operarios y eje de apoyo para hacer la tarea	57
IX.	Frecuencia de movimientos repetitivos en baja producción	59
X.	Frecuencia de movimientos repetitivos en producción alta	59
XI.	Movimientos repetitivos identificados y partes del cuerpo involucradas	60
XII.	Datos de toma de tiempos cronometrados por operación.....	63
XIII.	Continuación datos de toma de tiempos cronometrados por operación	64
XIV.	Datos de tiempos cronometrados totales	65
XV.	Sistema Westinghouse para calificar habilidades de los operarios.....	65
XVI.	Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo de los operarios	66
XVII.	Sistema Westinghouse para calificar las condiciones de los operarios	67
XVIII.	Sistema Westinghouse para calificar la consistencia de los operarios	67
XIX.	Resumen método Westinghouse	68
XX.	Holguras recomendadas por <i>International Labour Office (ILO)</i>	69

XXI.	Cálculo tasa de servicio	72
XXII.	Tasa de llegada de producto para el turno I	74
XXIII.	Tasa de llegada de producto para el turno II	75
XXIV.	Tasa de llegada de producto para el turno III	75
XXV.	Datos para aplicación de teoría de colas	77
XXVI.	Presentación de resultados aplicación teoría de colas días con tasa de llegada alta	80
XXVII.	Presentación de resultados aplicación teoría de colas días con tasa de llegada baja.....	82
XXVIII.	Cuestionario molestias musculoesqueléticas para turno I	86
XXIX.	Cuestionario molestias musculo esqueléticas para turno II	86
XXX.	Cuestionario molestias músculo-esqueléticas para turno III	87
XXXI.	Resumen de cuestionario molestias musculo esqueléticas	87
XXXII.	Cuestionario de evaluación de tareas repetitivas	89
XXXIII.	Cuestionario evaluación transporte de cargas.....	90
XXXIV.	Puntuación del factor de recuperación.....	103
XXXV.	Distribución de las pausas incluyendo horario de desayuno y almuerzo para los 3 turnos	104
XXXVI.	Factor de frecuencia para acciones técnicas dinámicas.....	104
XXXVII.	Factor de frecuencia para acciones técnicas estáticas.....	105
XXXVIII.	Acciones técnicas identificadas en la tarea	105
XXXIX.	Puntuaciones factor de fuerza	106
XL.	Aplicación factor de fuerza.....	106
XLI.	Posturas y movimientos del hombro	107
XLII.	Posturas y movimientos del codo	107
XLIII.	Posturas y movimientos de la muñeca	108
XLIV.	Posturas y movimientos de la mano	108
XLV.	Factores socio-organizativos	109
XLVI.	Factores físico-mecánicos	109

XLVII.	Multiplicador de duración	110
XLVIII.	Tiempos necesarios para traslado de <i>pallet</i> y cartón según método actual.....	115
XLIX.	Tiempos necesarios para traslado de <i>pallet</i> y cartón según método propuesto	116
L.	Costos de propuestas	144
LI.	Costos que se evitarían por accidente o lesión de un trabajador.....	145
LII.	Costos por proyecto frente a costos evitados por implementación de proyecto	147
LIII.	Matriz de riesgos para área de empaque.....	149
LIV.	Tabulación riesgos para área de empaque	150
LV.	Matriz de riesgos para área de paletizado	151
LVI.	Tabulación riesgos para área de paletizado.....	152
LVII.	Costo de propuestas de seguridad industrial	159
LVIII.	Peligros identificados en el área	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
min	Minutos
m.	Metro
%	Porcentaje
s	Segundos

GLOSARIO

Análisis del trabajo	Procedimiento para realizar una cuidadosa evaluación de cada trabajo y registrar sus detalles para evaluar de manera equitativa.
Capacidad del sistema	Es el número máximo de clientes que puede albergar o mantener en espera el sistema.
Despilfarro	Son pérdidas o desperdicio de recursos en actividades que no agregan valor al producto terminado.
Disciplina de la cola	Es la manera en que los clientes se ordenan en el momento de ser servidos en la cola.
Ecuación de NIOSH	Es un índice para levantamiento manual de cargas que se utiliza para hacer un diagnóstico en una tarea determinada en la que se levantan cargas con frecuencia.
Ergonomía	Es el conjunto de conocimientos científicos aplicados para que el trabajo, los sistemas, productos y ambientes se adapten a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de la persona.

NIOSH	Agencia federal encargada de hacer investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo.
<i>Pallet (palé)</i>	Es una plataforma horizontal y consistente empleada para apilar, transportar o manipular productos.
Tasa de llegada	Se refiere al número de clientes que llegan a un sistema por unidad de tiempo.
Tasa de servicio	Se refiere al número de clientes que los servidores pueden atender por unidad de tiempo.
Tiempo estándar	Es el tiempo que tarda un operario normal en elaborar un producto terminado, tomando en cuenta holguras.
Tiempo normal	Es el tiempo que tarda un operario en elaborar un producto terminado, aplicándole factores de calificación.

RESUMEN

La empresa en estudio se dedica a la producción de pastas; el área específica en que se centró es la de empaque y paletizado, que es el punto final del proceso productivo.

La metodología utilizada inició por la observación de las actividades y forma de realizar la tarea por parte de los tres turnos o grupos de trabajo y se identificaron diferencias entre los métodos de trabajo aplicados. Los principales problemas identificados son: falta de un método de trabajo estandarizado y escasez de fijación de roles para los trabajadores, además de que existe sobrecarga de trabajo en temporada de demanda alta. Por otra parte, también existen transportes de innecesarios de herramientas. Desde el punto de vista ergonómico se identifican problemas de discomfort ergonómico, presencia de movimientos repetitivos y manejo continuo de cargas, lo que provoca que el desempeño de los operarios se reduzca conforme transcurre la jornada laboral.

Para eliminar los problemas identificados se realizó un estudio de tiempos de cada una de las operaciones que se realizan en el área, para luego determinar el tiempo estándar donde se incluyen suplementos y holguras. Luego de contar con el tiempo estándar este dato se utilizó como tasa de servicio o tiempo que requieren los operarios para atender el producto que llega, dividiéndolo en dos escenarios, el primero cuando existe tasa de llegada alta y el segundo cuando existe tasa de llegada baja. Con el fin de, posteriormente, aplicar teoría de colas para determinar el número óptimo de operarios por utilizar en cada escenario.

Como parte del método propuesto se fijaron los roles que deben cumplir los operarios y se buscó una forma óptima de distribución de los operarios para evitar pérdidas de tiempo innecesarias. Además, se realizó un estudio ergonómico para determinar las causas de fatiga de los operarios, para ello se aplicaron cuestionarios de molestias musculoesqueléticas y la aplicación de la ecuación de NIOSH. Por último, se utilizó la herramienta de matriz de riesgos para realizar un estudio de seguridad industrial e identificar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores para buscar medidas de mitigación para reducir los riesgos.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio para determinar un método de trabajo estandarizado y distribución de la línea, para la optimización del flujo del proceso de empaque y paletizado.

Específicos

1. Analizar el método de trabajo actual en la línea para determinar las variantes que existen entre el método utilizado por un turno y otro.
2. Determinar el número óptimo de trabajadores para la línea por medio de aplicación de teoría de colas.
3. Realizar un estudio ergonómico para mitigar las causas de fatiga en los operarios de la línea.
4. Evaluar el espacio físico y distribución de la línea con el fin de evaluar si es el óptimo o requiere una ampliación.
5. Realizar un estudio de seguridad industrial y manejo de desechos para identificar los peligros a los que están expuestos los colaboradores y la forma en que se manejan los desechos dentro de la planta.

INTRODUCCIÓN

El proceso de empaque y paletizado es la etapa anterior al traslado del producto hacia la bodega de producto terminado. Como es parte del proceso productivo se puede optimizar de tal manera que se logre un flujo constante en todo el proceso. Se hará énfasis en la redistribución de las etapas del proceso, verificando la cantidad de presentaciones de producto que se fabrican simultáneamente, buscando mejorar el método de trabajo que permita mejorar el flujo y que se reduzca la fatiga que presentan los operarios, contribuyendo a la eficiencia de la línea de empaque y paletizado.

El propósito de realizar el estudio parte de la necesidad de estandarizar el método de trabajo que se utiliza en los tres turnos, colaborando así con la homogeneidad de la operación y en la búsqueda de una mejor manera para ejecutarla. Además, se busca identificar el lugar más adecuado para la ubicación de las herramientas utilizadas para la operación, tomando en cuenta la reducción de transporte para ir a traer las herramientas, así como para reducir el riesgo de los trabajadores dentro del área.

También el propósito va enfocado a realizar un diagnóstico ergonómico por medio de índice de levantamiento de cargas y cuestionamientos de molestias musculoesqueléticas a los operarios para identificar posibles riesgos de daño físico por la naturaleza propia de la labor.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Métodos de trabajo

Un método de trabajo es la secuencia de pasos llevados a cabo en un orden lógico para realizar determinada tarea. Es la forma en que se realiza una tarea de manera habitual, según la experiencia de los colaboradores o según lo establecido y estandarizado por los jefes del área. Lo que se busca cuando se hace un estudio de métodos de trabajo es buscar nuevos métodos más sencillos y eficientes que permitan realizar de una mejor forma la tarea que se busca optimizar.

Normalmente cuando se analiza un método de trabajo se hace con el propósito de buscar puntos de mejora, por lo general, siempre hay puntos en el proceso habitual en los que se puede estar desperdiciando tiempo o recursos. En el caso de la pérdida de tiempo, por lo general, es por exceso de transportes, operaciones innecesarias o almacenamientos intermedios que no se deberían tener. En el caso de desperdicio de recursos pueden ser recursos físicos o de mano de obra y, por ende, dan lugar a que exista desperdicio de recursos financieros.

Cuando se realiza un estudio de métodos se tiene que dividir y desglosar la tarea en estudio en una parte razonable de operaciones, para que con esto se llegue a entender de una mejor manera la forma en que se ejecuta, ya que al conocer con detalle cómo se realiza determinada tarea se puede conseguir la estandarización de las operaciones para cada uno de los operarios involucrados en cada una de las partes de la tarea.

Puede existir desperdicio de recursos físicos cuando se utilizan espacios disponibles para almacenamientos intermedios, o se utiliza material de empaque de manera ineficiente, por ejemplo. En el caso de desperdicio de mano de obra se puede dar en el momento en que por mal diseño del método o por mala distribución en la planta se utilice mano de obra directa de forma inadecuada y esto representa al final un aumento en los costos de producción.

1.1.1. Objetivos del estudio de métodos de trabajo

El estudio de métodos de trabajo se realiza en búsqueda de los siguientes objetivos:

- Mejorar el aprovechamiento de los recursos.
- Aumentar el nivel de eficiencia.
- Buscar economía de movimientos.
- Reducir tiempos de fabricación.
- Mejorar el nivel de seguridad y crear mejores condiciones de trabajo para hacer más fácil, rápido y sencillo el desempeño laboral.

1.1.2. Pasos iniciales para estudio de métodos de trabajo

- Selección de la tarea

El primer paso por considerar es conocer qué tarea es la que se busca optimizar, y tener en claro qué partes de la misma son las que necesitan mejora.

Los factores que se deben tomar en consideración al momento de elegir una tarea para ser estudiada son:

- La ergonomía.
- El CdM (coeficiente de despilfarro por método), es decir, el potencial de mejora.
- Peso de la tarea en el proceso productivo.

El primer factor es la ergonomía, que toma en cuenta que una gran parte del absentismo laboral se debe a molestias y lesiones por una forma inadecuada de realizar el trabajo o por encontrarse la instalación en condiciones desfavorables para el trabajador.

Algunas de las mejoras que se pueden buscar cuando se trata de ergonomía son las siguientes:

- Reducción de riesgos de accidentes.
- Condiciones de iluminación.
- Posturas en el puesto de trabajo.
- Humedad y temperatura ambientales adecuadas según el tipo de tarea por desempeñar.
- Distribución de las herramientas.
- Altura del puesto de trabajo.
- Renovación del aire en espacios confinados.
- Nivel de ruido en las instalaciones.
- Diseño del puesto de trabajo.
- Posturas de espalda adaptadas a cada tarea.
- Forma adecuada de transportar cargas, tomar pesos, empujar objetos.
- Frecuencia de trabajos repetitivos.

El segundo factor es el coeficiente de despilfarro por método, este busca medir la cantidad de despilfarro de tiempo en comparación con el mejor tiempo

estándar necesario para realizar la tarea. Este factor se ampliará más adelante en este capítulo.

El tercer factor es el peso de la tarea en el proceso productivo, se refiere a la importancia que tiene la tarea para que el producto esté finalizado cumpliendo cada una de las características de calidad que se requieren. Antes de tomar la decisión de cuál será la tarea que se busca optimizar, se debe verificar si dicha tarea es realmente necesaria o si esta puede ser suprimida del proceso productivo sin que afecte la terminación del producto final.

1.1.2.1. Toma de datos y desglose de la tarea en operaciones

Antes de la toma de datos se deben fijar los límites del estudio, es decir, hacia donde se dirige el trabajo y qué tanto se desea profundizar en el mismo, para ello José Agustín Cruelles Ruíz propone las siguientes tres preguntas:

- ¿Se quiere examinar toda la secuencia de la tarea o solo una parte de ella?
- ¿Qué parte de la tarea se desea evaluar?
- ¿Serán objeto de estudio los movimientos de los materiales o los de las personas?

Sirve al analista para tener un mejor conocimiento de hacia dónde desea llegar, para conocer de mejor manera la forma y los datos que serán de su interés, así como los aspectos que tomará como relevantes en el estudio por realizar.

Para llevar a cabo el desglose de tareas en varias operaciones el analista debe tomar en consideración los siguientes puntos:

- Antes de iniciar con el estudio el analista debe observar al operario en su labor habitual durante varios ciclos, esto con el fin de conocer en su totalidad la tarea y las partes por las que está compuesta.
- Debe existir una división clara entre las tareas que se realizan de forma manual y las que son realizadas por una máquina. Es importante porque el operario puede tener influencia con su desempeño, habilidad y destreza en una tarea manual, es decir, puede incidir de manera directa en la reducción de tiempos para ejecución de la tarea. Mientras en una tarea automática, hecha por una máquina, el operario no tiene influencia directa sobre el desempeño de la misma, más que con la atención que le ponga. El proceso estará condicionado a las características de fábrica de la máquina, en lo que respecta a velocidad y eficiencia.
- Las operaciones que requieran distinto esfuerzo para su realización deben ser separadas, esto para garantizar la facilidad en el estudio de tiempos, ya que se procederá a otorgar distintos coeficientes de fatiga.
- Las operaciones que componen un proceso de trabajo tienen que identificarse con relativa facilidad, es decir, deben estar bien acotadas y se debe notar el inicio y el final de la misma.
- El tiempo de las operaciones que componen un proceso debe estar entre un rango de 8 y 100 segundos, esto porque si son menores a 8 segundos será muy difícil de medir y si es mayor a 100 segundos es un

intervalo muy amplio en el que pueden existir cambios en el desempeño del operario.

1.1.2.2. Estudio y registro de métodos para trabajo en cadena

Los trabajos en línea o cadena son tareas llevadas a cabo por varios operarios en serie, haciendo cada uno de ellos una parte de la tarea.

En el caso específico del proceso de empaque y paletizado es una tarea en cadena por el hecho de que el producto que es proveído por las diferentes líneas de producción llega por medio de una banda hacia donde se encuentran los operarios de empaque, estos se encargan de empacar los productos de manera manual y estos productos empacados llegan por medio de otra banda transportadora al área de paletizado donde el producto terminado es resguardado. En otras palabras, cada operario tiene una tarea específica que resulta ser esencial para que todo se complete.

Es esencial buscar el equilibrio de las cargas de trabajo en las diversas etapas del proceso en línea. Para entender mejor este concepto primero se debe definir qué se entiende realmente por equilibrio de líneas, que no es más que la igualdad de la capacidad de producción en cada una de las tareas de la secuencia de una línea.

Se debe tomar en consideración que sí existe igualdad de tiempo de producción en cada una de las partes del proceso; se dice que el equilibrio de la línea es perfecto. En caso contrario, el ritmo de producción se verá afectado por la etapa más cargada de trabajo, y es allí cuando inicia el despilfarro de recursos de todos los tipos.

1.1.3. Diagnóstico de pérdidas por mal diseño del método de trabajo

Conocer cuánto puede perderse por el empleo de un mal diseño es importante para evitar que el desperdicio continúe.

1.1.3.1. Teoría del despilfarro

Esta teoría fue desarrollada por Zadecon (Ingeniería de organización industrial) en 2008, su objetivo principal es medir la improductividad con ayuda de indicadores, para con ello calcular la capacidad de mejora potencial que existe dentro de la organización.

El método en el cual se basa esta teoría es especialmente en la observación, dado que se puede hacer un buen diagnóstico de la situación actual al observar y conocer con detalle la tarea y con ello detectar incidencias que son las causantes de la improductividad y, por lo tanto, de los puntos en los que se puede mejorar.

Las incidencias que pueden ser detectadas son:

- Falta de materiales
- Errores de información
- Fallos de mantenimiento
- Falta de trabajo
- Cuellos de botella
- Defectos de calidad
- Ausencia de método o un mal método de trabajo
- Bajo desempeño de los operarios

El despilfarro se refiere a pérdidas y es por ello que aparte de ser un buen método de diagnóstico también puede ser utilizado para presentar los puntos de mejora a los ejecutivos de una compañía. Lo anterior es importante ya que se tiene la idea de que la mentalidad del ser humano tiende a reaccionar rápidamente en el momento en que se le muestra que está teniendo pérdidas, en comparación a cuando se le enseñan mejoras potenciales.

Despilfarro es todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, espacio y tiempo del operario que permita añadir valor al producto para que pueda obtener todas las especificaciones necesarias para ser entregado al cliente. Por lo que se busca cuantificar esos desperdicios o pérdidas de recursos para encontrar las mejoras potenciales que se pueden implementar al proceso.

1.1.3.2. Coeficiente del despilfarro por método

Evalúa cada una de las operaciones en búsqueda de identificar las operaciones que pertenecen a la siguiente clasificación:

- Operaciones de valor añadido: esta es una tarea que se realiza dentro del proceso productivo en la que existe transformación de la materia prima y es relevante para que el producto esté terminado, si se deja de hacer alguna de las operaciones mencionadas como de valor añadido, el producto carecería de alguna característica especial del producto.
- Operaciones de no valor añadido: es aquella que dentro del proceso productivo no implica modificaciones en la materia prima o si las hacen son inútiles ya que no dan características necesarias al producto terminado.

Entre estas operaciones puede mencionar: transporte de producto de un lugar a otro, almacenamientos intermedios. Buscar e incluso el paletizar puede ser una operación de no valor añadido.

El coeficiente de despilfarro por método hace una relación entre las operaciones de valor añadido y las de no valor añadido para conocer en qué medida se puede mejorar, dado que al eliminar o reducir el tiempo de las operaciones de no valor añadido se tiene una mejora de manera general.

El coeficiente tiene dos finalidades, la primera es hacer una clasificación cuidadosa de cuáles son las operaciones que realmente generan valor al producto y cuáles en definitiva no. Luego representa una forma de cuantificar la mejora potencial.

El coeficiente se puede medir con la fórmula del cálculo de despilfarro (ecuación No. 1):

$$Cdm = \frac{\textit{Tiempo estándar}}{\textit{Mejor tiempo estándar}}$$

Que es equivalente a la siguiente fórmula de cálculo de coeficiente de despilfarro por método (ecuación No 2):

$$Cdm = \frac{\sum \textit{Tiempo operaciones VA} + \sum \textit{Tiempo operaciones NVA}}{\sum \textit{Tiempo operaciones VA}}$$

Esta puede ser expresada con la ecuación No. 3, equivalente de coeficiente de despilfarro por método:

$$Cdm = 1 + \frac{\text{Tiempo de despilfarro por método } (\sum \text{Tiempo operaciones de NVA})}{\text{Mejor tiempo estándar } (\sum \text{Tiempo operaciones de VA})}$$

Donde Cdm significa: coeficiente de despilfarro por método de trabajo. El coeficiente de despilfarro por método tiene como principal propósito cuantificar cuánto es el despilfarro en tiempo (pérdida de tiempo), en comparación al mejor tiempo estándar.

La ecuación No. 1, muestra una relación entre el tiempo estándar y el mejor tiempo estándar. El tiempo estándar es el tiempo requerido para realizar una determinada tarea, mientras que el mejor tiempo estándar solo toma en cuenta las operaciones que, si no se realizan, no permitirían que el producto estuviera terminado por completo, esto implica que todas aquellas operaciones innecesarias como transportes, almacenamientos intermedios y demás deben ser anuladas de la tarea.

El desglose que se da al cálculo del coeficiente de despilfarro por método de trabajo es en la división de operaciones de valor agregado y operaciones de no valor agregado, por lo que es un porcentaje entre ambas clasificaciones.

Debe tenerse en consideración que el mejor tiempo estándar no toma en cuenta otras posibilidades materiales de mejora, como por ejemplo, mejora en tecnología, mejor diseño de ingeniería, mejor materia prima.

A partir de este punto de vista, el mejor tiempo estándar está medido para una tarea que se realiza con ciertos materiales y tecnología disponible en el momento del estudio.

A continuación se muestra un ejemplo de la representación gráfica de cómo se pueden mostrar los resultados obtenidos de la medición y clasificación de las operaciones de no valor agregado y las de valor agregado.

Figura 1. **Gráfico desglose de tiempo: despilfarro – mejor tiempo estándar**



Fuente: CRUELLES RUIZ, José Agustín. *Ingeniería industrial métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. p. 43

El coeficiente de despilfarro por método de trabajo debe aproximarse a 1, durante mayor a 1 sea, muestra qué tanto está presente el despilfarro dentro del proceso y allí está la clave para la mejora potencial.

1.1.4. Estudio del trabajo

Se refiere a la evaluación que se realiza con el objetivo de analizar y buscar mejorar los métodos de trabajo que se utilizan para la ejecución de

ciertas actividades u operaciones que son fundamentales para terminar una tarea y con ello garantizar que se están utilizando eficientemente los recursos disponibles y estar en la capacidad para establecer estándares de rendimiento sobre los cuales se evaluará y medirá a los operarios.

Cuando se realiza el estudio del trabajo se buscan ciertos objetivos determinantes para la mejora:

- Disminuir el tiempo requerido para realizar cierta tarea
- Maximizar la seguridad, salud y bienestar de todos los empleados
- Optimizar el uso de los recursos
- Reducir costos
- Definir estándares

La utilidad del estudio del trabajo viene siendo imputable directamente a la búsqueda de la mejora de la productividad dentro de una organización. Especialmente cuando se realiza una reorganización del trabajo es muy probable que solo se necesite cambiar el orden de las operaciones o la ubicación sea de los operarios de las herramientas en el espacio físico disponible y esto no represente inversión de capital. Por otra parte también es útil para establecer estándares sobre los cuales deben basarse los operarios y sobre esta base será evaluado su desempeño.

1.1.4.1. Técnicas para el estudio del trabajo y su interrelación

El estudio de trabajo comprende varias técnicas que ayudan a alcanzar los objetivos de buscar mejoras en el proceso o tarea a la que se está aplicando. Las más utilizadas son el estudio de métodos y la medición del trabajo.

El estudio de métodos busca hacer un análisis para simplificar las tareas y buscar métodos que ayuden a economizar recursos, es decir, utilizarlos de manera eficiente, mientras por su parte la medición del trabajo determina el tiempo estándar que es necesario para ejecutar una tarea. Normalmente se hace una evaluación inicial para conocer la situación actual, esto con el fin de tener una base de comparación y medir la mejora que se obtuvo con la modificación del método.

En la siguiente tabla se muestra la interacción entre las técnicas más importantes para el estudio del trabajo.

Tabla I. **Interrelación entre las técnicas para el estudio del trabajo**

Estudio del trabajo	Estudio del método	Medición del trabajo
Seleccionar	Seleccionar	Seleccionar
Registrar	Registrar	Registrar
Examinar	Examinar	Examinar
Establecer	Establecer	
Evaluar		Evaluar(medir)
Definir	Definir	
Implantar	Implantar	Compilar(calcular)
Controlar	Controlar	Definir

Fuente: CRUELLES RUIZ, José Agustín. Ingeniería industrial métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. p. 43

1.1.4.2. Procedimientos básicos para el estudio del trabajo

Tomando en cuenta que el estudio del trabajo es un método sistemático y ordenado, para que se asuma que el estudio está completo se deben seguir 8 pasos esenciales, la siguiente figura muestra la secuencia por seguir.

Figura 2. **Secuencia de pasos para el estudio del trabajo**



Fuente: LÓPEZ SALAZAR, Bryan Antonio.

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>. Consulta 12 de noviembre 2016.

- El primer paso por seguir para iniciar el proceso del estudio del trabajo es seleccionar la tarea que será analizada.
- Registrar y recolectar datos relevantes acerca de la tarea, haciendo uso de las técnicas adecuadas y disponiendo de los datos en forma ordenada para que sea más fácil su análisis.
- Realizar un análisis crítico de los datos recolectados y de lo observado en la tarea, tomando en cuenta dentro del análisis si cada una de las actividades u operaciones que se realizan dentro de la tarea realmente son de valor agregado y si están siendo ejecutadas de manera correcta y en el lugar adecuado.
- Diseñar y establecer el mejor método de acuerdo con lo identificado como de no valor agregado, tomando en cuenta que sea el método que mejor optimización de recursos implique, tomando en cuenta la opinión y experiencia de los jefes, supervisores, operarios y en algunos casos asesores externos.

- Evaluar los resultados que se obtienen con el nuevo método y definir el tiempo máximo que se necesitará para realizar la tarea y compararla con el tiempo del método actual.
- Si el nuevo método presenta las suficientes ventajas por sobre el método actual, se implanta y se debe dar capacitación a los operarios. La mejor forma de vender el proyecto y nuevo método a los operarios es mostrando los beneficios que trae para ellos.
- Cada vez que se modifica un método de trabajo nuevo, es de suma importancia el mantener monitoreo y control para estar seguros de que realmente está funcionando y dando los resultados previstos.

1.1.4.2.1. Estudio de tiempos

Es una técnica que busca determinar con un número limitado de observaciones de la labor, el tiempo necesario para realizar una determinada tarea. Con ello lo que se busca es definir estándares para tener un parámetro de medición del rendimiento de los operarios o bien para conocer qué tan bien o mal se está realizando la tarea.

Un estudio de tiempos es necesario en los siguientes casos:

- Cuando se va a ejecutar una nueva operación o tarea.
- En el momento en que existen quejas por parte de los operarios por el tiempo que requiere cierta tarea.
- Cuando se sospecha que existe una operación lo suficientemente lenta como para afectar el flujo del proceso en general.

- Si se nota que existen excesivos tiempos muertos o bajo rendimiento por parte de los operarios de determinada tarea.

1.1.4.3. Diagramas de proceso

Son la representación gráfica de la secuencia lógica que sigue un proceso, con el fin de transformar la materia prima. Para su elaboración se utilizan símbolos establecidos que denotan el tipo de actividad que se está realizando. Pueden ser operaciones, en las cuales la materia prima sufre transformación. Pueden ser actividades de inspección en las cuales luego de dar la transformación a la materia prima se verifica que se cumplan con las especificaciones o bien pueden ser demoras, en espera de materia prima o de otra parte del proceso.

1.1.5. Teoría de colas

Es un análisis matemático del comportamiento de líneas de espera, en el que los clientes llegan al sistema buscando ser atendidos por uno o varios servidores.

Dependiendo del modelo de cola que se esté aplicando y tomando en cuenta que el servidor tiene cierta capacidad de atención, lo que implica que si el servidor no está disponible en dicho momento se forman las líneas de espera. Los diferentes modelos de cola sirven para buscar un balance entre los costos de servicio y los costos que representa para la empresa el que el cliente esté esperando en el sistema, además, toma en cuenta el espacio disponible para la cola dentro de las instalaciones.

En el caso de la línea de empaque y paletizado se puede tomar como los clientes los productos que llegan a una tasa constante dependiendo de la capacidad de las líneas de producción que se encuentran en funcionamiento en determinado momento. Los servidores son los operarios de la línea que tienen cierta capacidad de atención y si la tasa de llegada de producto es mayor que el tiempo que tarda un operario en realizar su labor, se presenta una línea de espera y si dicha diferencia es excesiva el sistema se saturará y el producto iniciará a caer desde la banda transportadora hacia el piso de las instalaciones.

Las características primordiales que se utilizan para analizar y describir adecuadamente un sistema de colas son las siguientes:

- Patrón de llegada de los clientes, está representado por la frecuencia en la que los clientes entran al sistema.
- Patrón de servicio de los servidores, representa la capacidad que tienen los servidores de atender a los clientes; es el tiempo que tarda el servidor en atender a un cliente.
- Capacidad del sistema, es el espacio físico con que se cuenta para el resguardo de los clientes dentro del sistema en caso que se forme una fila de espera.
- Número de canales de servicio, es el número de servidores que atienden de manera simultánea a los clientes que llegan al sistema.
- Número de etapas de servicio, es el número de etapas que el cliente debe pasar para que el servicio por el cual asistió esté completo.

- La disciplina de cola es la manera en que los clientes se ordenan en el momento de ser servidos de entre los de la cola. Normalmente se utiliza sistema PEPS (primero en llegar, primero en salir), es decir, el primero que llega al sistema, es el primero en ser atendido.

1.1.5.1. Modelos de teoría de colas

- Modelo MM1 infinito

Este modelo se caracteriza por que la tasa de llegada es exponencial y consta de un solo servidor para atender a los clientes que se incorporan al sistema, además se toma en cuenta que la capacidad del sistema es infinita. Por lo que no existe ningún problema en lo que respecta a espacio para albergar a los clientes dentro de las instalaciones.

- Modelo MM1 finito

Este modelo tiene como característica especial que consta de un solo servidor pero el espacio físico para albergar a los clientes que se incorporan al sistema tiene ciertas dimensiones finitas. Por ende, solo puede albergar a cierto número de clientes dentro del sistema, por lo cual los clientes que no logran incorporarse, se retiran y esto trae pérdidas para la empresa.

- Modelo MMK infinito

Este modelo consta de varios servidores que trabajan de manera simultánea para atender a los clientes, y el espacio físico para albergar la cola no es problema dado que la capacidad del sistema se contempla como infinita.

Se utiliza este tipo de modelo cuando la tasa de llegada rebasa la tasa de servicio y las colas se hacen extensas.

- Modelo MMK finito

Presenta un número K de servidores que atienden de manera simultánea a los clientes que se incorporan al sistema, pero la diferencia es que solo puede albergar a un número finito de clientes en la cola, ya que el espacio está hecho solo para cierto número de clientes y los que no alcanzan a incorporarse satisfactoriamente se retiran.

1.1.5.2. Patrón de llegada

El patrón de llegada se refiere a la frecuencia con la que se incorporan los clientes al sistema, generalmente está identificado por la razón del número de clientes respecto del tiempo.

Para estudios determinísticos se presume conocida y constante dicho patrón que se calcula tomando tiempos para en promedio conocer su valor con respecto al tiempo. En el caso de la tasa de servicio es la capacidad que tiene el servidor de atender a los clientes, se mide en clientes atendidos por unidad de tiempo, para su cálculo en la vida real se acostumbra cronometrar tiempos de atención al cliente para tomar un promedio y bajo esta base se realiza el estudio.

1.1.5.3. Capacidad del sistema

Se refiere al número de clientes que el sistema puede albergar en la cola, puede ser finita o infinita. Se dice que es finita cuando el espacio físico es

considerable y aunque se desee incorporar más clientes al sistema, el espacio no lo permite y los clientes que no logran incorporarse se retiran del sistema. En la capacidad infinita se desprecia el espacio físico como fuente de análisis y se enfoca en otros puntos que interesan al analista.

1.1.5.4. Cómo medir el rendimiento de un sistema

La tarea de un analista de colas puede ser de dos tipos:

- Establecer mecanismos para medir la efectividad del sistema
- Diseñar un sistema “óptimo” (de acuerdo con algún criterio)

Diseñar eficientemente consiste en definir un sistema cuyo coste (de diseño y de operación) se justifique por el servicio que da. Dicho servicio se puede evaluar mediante el coste de “no darlo”. De este modo al diseñar se pretende minimizar unos supuestos costes totales.

A partir de los datos que suministra la teoría de colas se puede obtener la información necesaria para definir el número de asientos necesarios en una sala de espera, o la estructura de etapas de un proceso de atención al cliente.

En cualquier caso, para tomar decisiones hacen falta datos que la teoría de colas puede dar en alguno de los siguientes tres aspectos: tiempo de espera (en el total del sistema o en la cola); cantidad de clientes esperando (en el sistema o en las colas) y tiempo ocioso de los servidores (total o particular de cada servicio).

1.2. Estudio ergonómico

El estudio ergonómico se lleva a cabo con la finalidad de poder adaptar el trabajo al operario y buscar que se encuentre cómodo en su labor.

1.2.1. Ergonomía

Es el conjunto de conocimientos multidisciplinares que se aplican en el estudio del trabajo con el fin de adaptar el puesto de trabajo, las herramientas y el método del trabajo al operario que los realiza y no al contrario. Toma en cuenta las necesidades, limitaciones y características propias del usuario, para con ello optimiza la eficiencia, seguridad y bienestar para el colaborador.

1.2.2. Objetivos de la ergonomía

Busca realizar un diseño de los métodos de trabajo y del puesto de trabajo respectivamente. Observa las capacidades, habilidades y limitaciones físicas de los trabajadores para evitar molestias y enfermedades profesionales. Busca que el trabajo sea realizado de una manera más fácil y cómoda para los trabajadores, y así se evite el absentismo.

La clave se encuentra en mejorar la interacción entre el hombre (operario), máquinas y entorno laboral, por lo que se hace un análisis de cómo es la interacción entre los mismos.

Los objetivos principales que busca la ergonomía son los siguientes:

- Adaptar el trabajo al operario, tomando en cuenta sus características, aptitudes y limitaciones.
- Reducir y de ser posible eliminar los riesgos laborales.
- Que el trabajo se realice bajo estándares de seguridad y resguardando la salud del operario.
- Adaptar la tecnología que se incorpora al trabajo a las capacidades y comodidad de los trabajadores.
- Reducir lesiones y con ello disminuir el absentismo.
- Mostrar a los trabajadores que la organización está comprometida con el resguardo de su salud y su seguridad.
-

1.2.3. Beneficios

Los beneficios que otorga la ergonomía en el estudio del trabajo se pueden ver desde dos diferentes puntos de vista. El primero es desde lo que reciben los trabajadores, que son específicamente mejoras en las condiciones de trabajo, mayor comodidad para realizar sus labores y reducción de lesiones. Desde el punto de vista de la empresa representa reducción del absentismo, motivación en el personal y mejora en la productividad.

Además, por el área en que se ve beneficiada se puede analizar desde dos puntos de vista más, según menciona José Agustín Cruelles Ruiz en su libro *Ingeniería industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*:

- Beneficios de la ergonomía en las operaciones:
 - Disminución de accidentes
 - Optimización de los métodos de trabajo
 - Optimización de los tiempos de fabricación

- Mejora en la calidad del producto
- Mejora el desempeño en labores con movimientos repetitivos
- Reduce los costos de operación
- Beneficios psicológicos de la ergonomía:
 - Trabajadores con mayor motivación, concentración y compromiso.
 - Disminución del estrés.
 - Mejora de la calidad del trabajo.

1.2.4. Análisis ergonómico

Algunos de los problemas que se buscan atender e identificar con el análisis ergonómico son:

- Eliminar humos
- Disminuir el ruido o tomar las medidas correspondientes
- Verificar la temperatura y humedad relativa del ambiente
- Evaluación de pesos que manejan los operarios
- Identificación de posturas forzadas
- Identificar condiciones inseguras
- Corregir el ángulo de trabajo de los brazos
- Identificar y corregir agarre incomodo de herramientas
- Verificar altura inadecuada de mesa de trabajo
- Trabajos repetitivos
- Fatiga
- Ambiente laboral inadecuado

1.2.5. Ergonomía y la seguridad

La ergonomía está íntimamente ligada a la seguridad en el trabajo, dado que permite adaptar el trabajo y sus operaciones por la que está compuesta la tarea al trabajador, entonces esto representa un menor grado de esfuerzo y sobrecarga por lo que ayuda a reducir accidentes.

En la siguiente imagen se muestra la relación que existe entre el sistema productivo compuesto por el hombre (trabajador), máquina y el entorno con respecto a la seguridad. Como todo sistema tiene variables de entrada, un proceso que es realizado por los componentes físicos del mismo y se obtiene un resultado final o variable de salida.

Figura 3. **Relación entre el sistema productivo y la seguridad**



Fuente: CRUELLES RUIZ, José Agustín. *Ingeniería industrial métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. p. 443.

La importancia de la seguridad se presenta en el evitar los accidentes que, a su vez, traen consecuencias sicosociales y económicas, en el caso de lo sicosocial dado que los compañeros del lesionado se sienten afectados emocionalmente y su rendimiento baja, mientras que lo económico se presenta por las suspensiones y absentismo provocado por los accidentes.

1.2.6. Manipulación manual de cargas

Se refiere al levantamiento de cargas sin hacer uso de máquinas o herramientas de apoyo, únicamente con esfuerzo humano.

1.2.6.1. Posturas

Las posturas de trabajo son la forma en que se acondiciona el cuerpo mientras se ejecuta un trabajo y no toma en cuenta solamente el hecho de que esté de pie o sentado, sino que también la forma en que las demás partes del cuerpo son posicionadas durante la realización.

Son importantes al momento de realizar una evaluación ergonómica ya que en muchas ocasiones pueden ser las causantes de lesiones musculares.

1.2.6.2. Repetitividad

Los movimientos repetitivos son todos aquellos que debido al método de trabajo y las operaciones propias de la tarea se realizan en ciclos cortos de manera reiterada. Según estudios realizados por la OIT y otras entidades se sabe que los movimientos repetitivos son los causantes de muchas enfermedades profesionales, y más aún si se a este movimiento repetitivo se le agrega una tarea que sea de manipulación manual de cargas.

Existe baja repetitividad si se da alguna de las siguientes situaciones:

- El tiempo de ciclo es mayor de 30 segundos.
- Las mismas clases de acción técnica no se repiten para más del 50 % del tiempo de ciclo.

1.2.6.3. Esfuerzos

Según el *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico INVASSAT-ERGO* se puede tomar en cuenta como esfuerzo cualquiera de las siguientes actividades:

- Empuje o arrastre manual (por ejemplo, de carros, bastidores, carritos, y otros similares).
- Fuerzas apreciables realizadas con los brazos (por ejemplo, palancas, manivelas).
- Fuerzas realizadas con la mano, muñeca y/o dedos (por ejemplo, uso de tijeras o de alicates).
- Fuerzas apreciables realizadas con los miembros inferiores.
- Transporte de cargas.

1.2.6.3.1. Empujes y arrastres

La *Guía técnica para la manipulación manual de cargas* editada por el INSHT, establece las siguientes consideraciones: independientemente de la intensidad de la fuerza, esta no se aplicará correctamente si se empuja o si se da tracción una carga con las manos por debajo de la altura de los nudillos, o por encima del nivel de los hombros ya que fuera de estos rangos, el punto de aplicación de las fuerzas será excesivamente alto o bajo. Si, además, el apoyo de los pies no es firme, podrá aumentar el riesgo de lesión. A modo de indicación no se deberán superar los siguientes valores:

- Para poner en movimiento o parar una carga: 25 Kg. (250 N)
- Para mantener una carga en movimiento: 10 Kg. (100 N)

1.2.6.3.2. Fuerzas aplicadas

Según estudios realizados en España han considerado los siguientes valores de aplicación de fuerza como aceptables, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. **Valores de aplicación de fuerza aplicables aceptables según la Norma UNE-EN 1005-3**

ACTIVIDAD	Máximo F_R en Newton en ámbito profesional
Trabajo con una mano: asir con toda la mano	125,0
Trabajo con el brazo en posición sentada:	
<input type="checkbox"/> Hacia arriba	25,0
<input type="checkbox"/> Hacia abajo.....	37,5
<input type="checkbox"/> Hacia fuera	22,5
<input type="checkbox"/> Hacia dentro	37,5
<input type="checkbox"/> Empujando	
<input type="checkbox"/> Con apoyo del tronco	137,5
<input type="checkbox"/> Sin apoyo del tronco.....	31,0
<input type="checkbox"/> Tirando	
<input type="checkbox"/> Con apoyo del tronco	112,5
<input type="checkbox"/> Sin apoyo del tronco.....	22,5
Trabajo con el cuerpo completo de pie:	
<input type="checkbox"/> Empujando	100,0
<input type="checkbox"/> Tirando	72,5
Trabajando con el pie, en posición de pie, con apoyo del tronco:	
<input type="checkbox"/> Acción del tobillo.....	125,0
<input type="checkbox"/> Acción de la pierna.....	137,5
Para:	
<input type="checkbox"/> Duración máxima de 1 hora	
<input type="checkbox"/> 1 acción cada 5 minutos	
<input type="checkbox"/> Duración de la acción máxima de 3 segundos	
<input type="checkbox"/> Inmovilidad	

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Norma UNE-EN 1005-3. España. 2003. p. 8.

1.2.6.3.3. Transportes

Dentro del estudio ergonómico se entiende por transportes todos aquellos movimientos de carga de un lugar a otro de manera manual. Según el *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico INVASSAT-ERGO* se

establecen los siguientes estándares para transportes con carga, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5. **Límites permisivos según distancia, carga y frecuencia para transporte de cargas manuales**

20 m = 15 Kg/minuto.
10 m = 30 Kg/minuto.
4 m = 60 Kg/minuto.
2 m = 75 Kg/minuto.
1 m = 120 Kg/minuto.
No superar transportes mayores de 25 Kg. ni frecuencias superiores a 15/min.

Fuente: OLTRA PASTOR, Alfonso. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico INVASSAT-ERGO*. p. 176

1.2.6.3.4. Cálculo del índice de levantamiento para tareas simples

Una buena metodología que se puede utilizar para obtener un índice que permita analizar las repercusiones por tareas de levantamiento de cargas es por medio de la ecuación de NIOSH, la que ayuda a determinar el límite de peso recomendado para las condiciones presentes en la labor en estudio y lo comparará con el peso real que se está manipulando en la ejecución de la tarea.

1.2.7. Leyes sobre manipulación de cargas

Para realizar los trabajos que se mencionan en este estudio es necesario el conocimiento de la legislación vigente que rige estas tareas.

1.2.7.1. Acuerdo Gubernativo 33-2016

El Acuerdo Gubernativo 229-2016 y su modificación hecha según el Acuerdo Gubernativo 33-2016 expresa de manera literal en sus artículos 90, 91 y 92 lo siguiente:

En la manipulación manual de cargas, no debe exceder los límites máximos sobre pesos descritos a continuación:

Tabla II. **Valores permisibles para manipulación de carga según edad y género**

Varones de 16 a menos de 18 años	15 kilogramos
Varones de 18 a 21 años	20 kilogramos
Mujeres de 16 a menos de 18 años	10 kilogramos
Mujeres de 18 a 21 años	15 kilogramos
Varones adultos	55 kilogramos

Fuente: Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala. Acuerdo Gubernativo 33-2016.

p. 26

- El peso máximo de la carga que debe ser transportada o manipulada en forma manual por un trabajador, adulto de sexo masculino, no será superior a cincuenta y cinco kilogramos (55kgs.). Para esta manipulación ha de ser intermitente hasta un máximo de tres (3) movimientos por hora. Para una frecuencia mayor, el límite de levantamiento de peso será de cincuenta kilogramos (50 kg.) por trabajador.

- En cualquier caso, pesos mayores a los estipulados, pueden ser manejados por varios trabajadores conjuntamente, siempre que los límites señalados por trabajador, no se sobrepasen.
- El peso máximo de las cargas que transporten o manipulen las mujeres adultas debe ser equivalente a un setenta y cinco por ciento (75 %) al que se admite para trabajadores adultos de sexo masculino.
- Para tal efecto se deben de ajustar, por lo menos, a los criterios que sobre el particular señale la OIT.
- Se prohíbe el empleo de mujeres durante un embarazo comprobado por un médico o durante las diez semanas siguientes al parto, para el transporte manual de cargas, si a juicio de un médico calificado este trabajo puede comprometer su salud o la de su hijo.

En el artículo 91 se lee: Indistintamente del objeto que implique la manipulación manual de carga, tanto de mujeres como varones, deben ser capacitados para aplicar los pasos del método cinético, el cual se basa en:

- Colocarse cerca de la carga, con los pies separados a fin de mantener el equilibrio y con el pie derecho hacia delante.
- Agacharse, doblando las piernas, manteniendo la espalda en línea recta, para sujetar la carga con la mano completa, no con la punta de los dedos.
- La posición de la barbilla debe ser hacia adentro.
- Se debe levantar la carga con los brazos, acercándola al cuerpo.
- Debe levantarse con la fuerza de las piernas, manteniendo el tronco recto, los brazos flexionados y los codos cerca del cuerpo.
- La carga se debe mantener cerca del tronco y se debe sostener con la fuerza de los brazos.

En el artículo 92 se lee: el patrono debe proporcionar a los trabajadores, una formación e información adecuada sobre la forma correcta de manipular las cargas y sobre los riesgos que se corren de no hacerlo de la manera correcta. En todo caso, debe informar al trabajador, del peso exacto de la carga que tiene que manipular, para que este adopte las precauciones previstas en las capacitaciones.

1.2.8. Movimientos repetitivos

Este tipo de movimientos son los principales causantes de fatiga en los operarios que los realizan.

1.2.8.1. Definición

Los movimientos repetitivos son un grupo de movimientos que se realizan de manera constante y con repetición en muy cortos períodos de tiempo entre un ciclo y otro, mantenidos durante un trabajo que implica al conjunto osteo muscular provocando fatiga muscular, sobrecarga, dolor y, por último, lesión.

1.2.8.2. Métodos de evaluación

Para evaluación de movimientos repetitivos se pueden utilizar cuestionarios o *checklist*, así como también métodos de evaluación que asignan puntuación a los diversos factores de riesgo asociados al puesto de trabajo.

1.2.8.2.1. Checklist OCRA

Se utilizará este método ya que da la oportunidad de hacer un análisis numérico que respalde el estudio y que además muestre la situación actual de

las operaciones que tienen implícitamente movimientos repetitivos para llevar a cabo la finalidad que se busca dentro del proceso productivo.

1.2.8.2.2. Definición

El método de *checklist* OCRA es usualmente utilizado para evaluar la exposición de los miembros superiores a movimientos y esfuerzos repetitivos, consiste en un cuestionario que evalúa cada uno de los movimientos en la tarea.

1.2.8.2.3. Forma de aplicación

La norma NTP 629 expresa que el fundamento de este modelo es la consideración para cada tarea que contenga movimientos repetitivos de los siguientes factores de riesgo:

- Modalidades de interrupciones del trabajo a turnos con pausas o con otros trabajos de control visivo (A_1 , pausas).
- Actividad de los brazos y la frecuencia del trabajo (A_2 , frecuencia).
- Actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos (A_3 , fuerza).
- Presencia de posiciones incómodas de los brazos, muñecas y codos durante el desarrollo de la tarea repetitiva (A_4 , postura).
- Presencia de factores de riesgo complementarios (A_5 , complementarios).

Para calcular el índice *checklist* OCRA de una tarea A determinada, se utiliza la expresión siguiente (ecuación No. 4):

$$\text{Puntuación A} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

Si dentro del turno diario de trabajo existen varias tareas repetitivas (A, B, C, etc.), para obtener el índice *checklist* OCRA en el turno hay que aplicar la ecuación No. 5, (cálculo *checklist* OCRA para tareas repetitivas) que se representa así:

$$(\text{punt. A} \times \% \text{ PA}) + (\text{punt. B} \times \% \text{ PB}) + (\text{punt. N} \times \% \text{ PN})$$

Ecuación No 5: Cálculo *checklist* OCRA para diversas tareas repetitivas.

Donde: % PA, % PB = porcentaje de tiempo de la tarea A, B en el turno.

1.2.8.2.4. Ventajas y desventajas

Según la norma NTP 629 las ventajas que proporciona el método de evaluación del *checklist* OCRA son:

- Es bastante intuitivo y fácil de aplicar, siendo también muy completo en cuanto a contemplación de factores de riesgo.
- Evalúa las modalidades de interrupción del trabajo a turnos con pausas.
- La evaluación de la repetitividad de la actividad de los brazos es más exhaustiva.
- Se evalúa la actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos en función de las vueltas/ciclo y/o el tiempo empleado en la realización de esa actividad.
- Evalúa la presencia de posturas incómodas de brazos, muñecas y codos, según el tiempo empleado en la realización de esa actividad.
- Evalúa el tipo de sujeción o agarre con la mano de objetos o herramientas, según el tiempo empleado en la realización de la tarea repetitiva.
- Evalúa la presencia de otros factores de riesgo complementarios:

- Uso de guantes inadecuados al trabajo por desarrollar (molestos, demasiado gruesos, talla equivocada).
 - Uso de instrumentos vibrantes.
 - Uso de herramientas que provoquen compresiones en la piel (enrojecimiento, cortes, ampollas...).
 - Realización de tareas que requieran precisión.
 - Ritmo de trabajo parcial o totalmente determinado por la máquina.
- Se tiene en cuenta el tiempo de exposición de cada tarea repetitiva a la hora de calcular el índice *checklist* OCRA, así como el carácter acumulativo de las diferentes exposiciones.
 - Se evalúa el porcentaje de horas con trabajo repetitivo en el turno.

Entre las principales desventajas que presenta el método se encuentran:

- En el apartado de la evaluación de la presencia o ausencia de pausas de descanso o de otras tareas no repetitivas, no considera la posible presencia de "micropausas" dentro de una tarea determinada. Tal es el caso de un puesto de trabajo en una cinta de alimentación que en algún momento determinado no esté transportando producto que pueda ser recogido por el/la trabajador/a, con lo cual este/a descansa las zonas corporales de riesgo, aunque sea solo por unos segundos.
- El método no evalúa el uso repetitivo de fuerza de carácter ligero.
- La evaluación de las posturas se cuantifica exclusivamente en función del tiempo en el cual se mantienen las mismas, y no según la gravedad.

1.2.8.2.5. Limitaciones

Dentro de las limitaciones propias del método que menciona de forma literal la norma NTP 629: “Movimientos repetitivos: métodos de evaluación” se encuentran:

- Existen bastantes respuestas intermedias sin especificar ni cuantificar prácticamente en todos los apartados del método, por lo que la selección de las mismas tiene un carácter subjetivo por parte de la persona que aplica el método.
- El método considera el hecho de que las posturas de sujeción de objetos o herramientas con la mano tienen la misma gravedad, cuando los agarres “en pinza” son más propensos a trastornos músculo-esqueléticos que los agarres palmares o con el/los dedo/s en forma de gancho.

1.2.8.3. Consecuencias de mala ergonomía

La mala aplicación o la falta de estudios ergonómicos dentro de un proceso productivo traen consecuencias tanto para los trabajadores como para la organización como tal.

En el caso de los trabajadores las consecuencias pueden ser físicas o sicosociales, son físicas en el momento que ocurre un accidente y, se da un daño corporal, sea una herida, una fractura, luxación, o cualquier tipo de lesión. Pueden darse consecuencias sicosociales, en los compañeros del trabajador que observan el accidente, lo cual provoca un decremento en la productividad.

Desde el punto de vista de la organización las consecuencias son monetarias, que inician con la suspensión del trabajador, el pago de personal

temporal para suplir la plaza vacante por suspensión. Pero no queda solo allí, sino que los trabajadores inician a sentirse amenazados al ver la falta de compromiso de la institución para resguardar su salud.

1.2.8.4. Ergonomía y su relación con la fatiga

Cuando no existe un buen diseño ergonómico inmerso en el método de trabajo esto implica que existe una sobrecarga y, por ende, un esfuerzo mayor al que debería hacer el operario para realizar la tarea. Se finaliza por tener un trabajador agotado durante el tiempo que dura la jornada laboral.

Por ello existen tres picos de rendimiento durante la jornada laboral, generalmente al inicio los trabajadores presentan una productividad alta que se ve reducida, de manera constante, conforme pasa el tiempo. Sucede lo anterior, hasta que llegan a decaer por completo, luego del tiempo de almuerzo vuelve a existir un pico con un rendimiento aceptable pero no tan alto como el que se presenta al inicio. Al final de la jornada los trabajadores hacen un esfuerzo adicional para finalizar con la producción que les fue asignada para dicho día y es en ese momento cuando se presenta el siguiente pico de rendimiento.

Si se cuenta con un buen diseño ergonómico el operario se sentirá cómodo y seguro, además, podrá sentir que la organización realmente está comprometida con el bienestar de sus empleados.

2. ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL

2.1. Descripción del proceso

Se presenta la descripción de cómo se encuentra integrado el proceso productivo en la planta actualmente.

2.1.1. Líneas de producción

La empresa cuenta con nueve líneas de producción dependiendo del nivel de demanda que es requerido por el departamento de ventas y de la programación del departamento de producción. Cada línea de producción fabrica diferentes productos, tiene diferentes velocidades y capacidad de producción por hora.

Para fabricar los diferentes productos cuentan con moldes que son colocados a la máquina correspondiente y la materia prima que utilizan es la misma para cada producto que está hecha a base de trigo y agua, por lo que se puede mencionar que es un producto de origen natural.

Los moldes son colocados por una sola persona, que se encarga, de acuerdo con la programación, de lavar y colocar los moldes en las líneas de producción exactas con el fin de que estén listas para cuando se inicie la corrida de producción respectiva.

En la siguiente tabla se muestra el número de presentaciones simultáneas que cada una de las líneas de producción pueden fabricar, dependiendo de

cómo se encuentre realizada la programación de la producción y la necesidad que tenga la empresa de fabricación de productos según lo requerido por el departamento de planificación de la demanda y ventas.

Tabla III. **Número de presentaciones simultáneas**

Línea	Número de presentaciones simultáneas
Línea 1	3
Línea 2	1
Línea 3	1
Línea 4	1
Línea 5	1
Línea 6	1
Línea 7	1
Línea 8	2
Línea 9	1

Fuente: datos proporcionados por jefatura producción.

2.1.1.1. Capacidades de producción

Los datos teóricos están dados con un 95 % de eficiencia de las líneas de producción, allí se toman en cuenta las pérdidas por fardos rechazados por calidad y por el detector de metales. Estos datos han sido calculados por la jefatura de producción en base a mediciones hechas con anterioridad y según los datos proporcionados por el fabricante.

Cada línea de producción cuenta con su propia empacadora, en el caso de la línea 1 y 8 cuentan con cuatro empacadoras automáticas cada una, dado que son las líneas de producción más nuevas. En el caso del resto de las siete

líneas de producción sus productos son empacados manualmente por un operario cada una, estos operarios son subcontratados.

Tabla IV. **Capacidad de producción teórica**

Línea	Fardos por hora	<i>Pallets</i> por hora
Línea 1	469	7,81
Línea 2	33	0,55
Línea 3	76	1,27
Línea 4	25	0,42
Línea 5	65	1,08
Línea 6	53	0,88
Línea 7	139	2,32
Línea 8	500	8,33
Línea 9	92	1,53
Fardos/hora	1 450	24,17

Fuente: datos proporcionados por la jefatura producción.

La unidad utilizada para la medida de la capacidad de producción es fardos por hora, tomando en cuenta esto, se observa que de acuerdo con el tipo de presentación de producto que se esté fabricando habrá 36 unidades cada fardo.

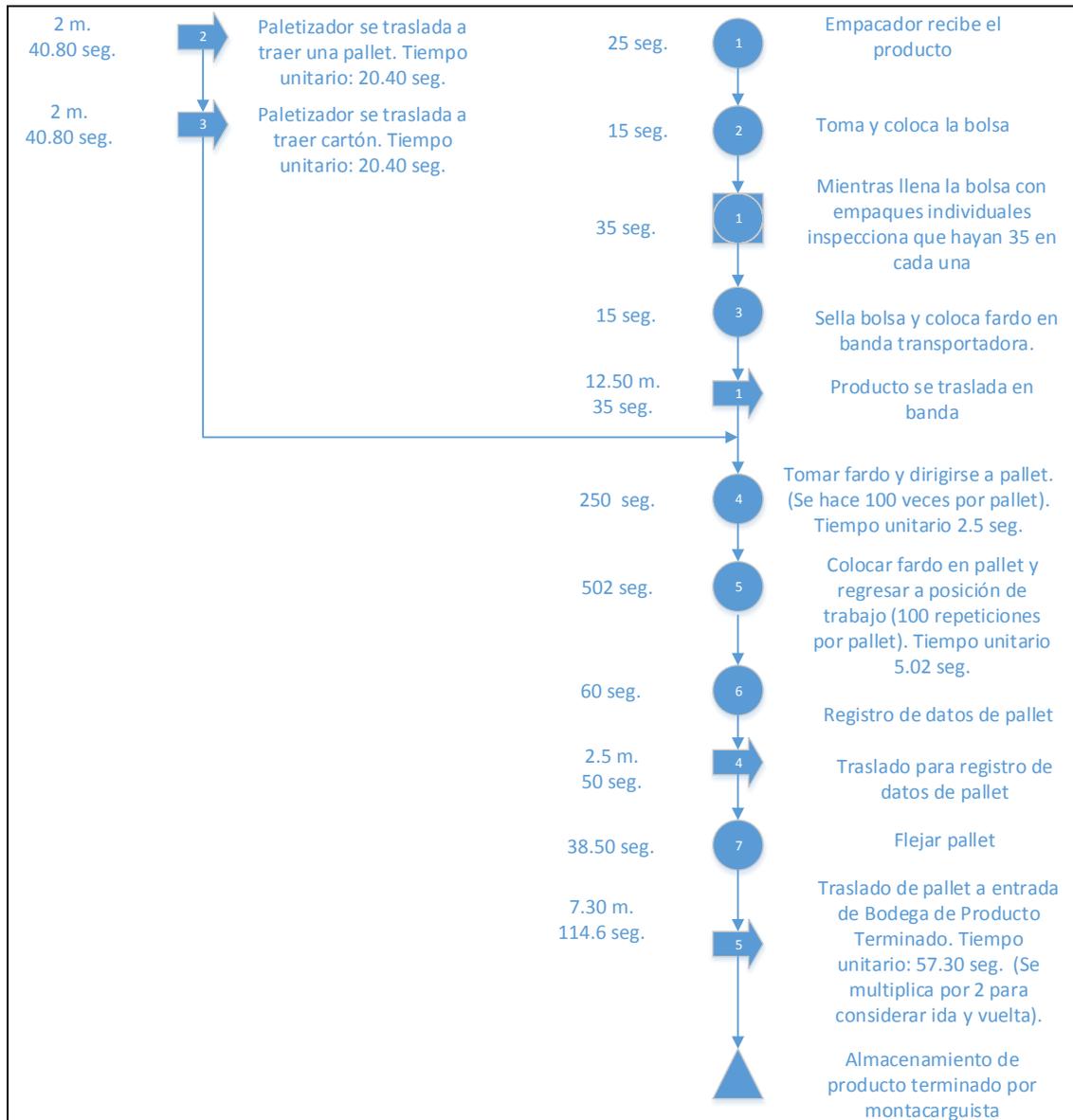
Los fardos vienen empacados por una bolsa plástica transparente, en la que se coloca una etiqueta con el tipo de producto que contiene, número de lote, fecha de producción y fecha de vencimiento.

Con regularidad cada fardo es ubicado en una *pallet* del mismo tipo de producto y mismo lote producción para luego proceder a ser almacenado en la bodega de producto terminado.

2.1.2. Diagrama de flujo de operaciones

Figura 6. Diagrama de flujo de operaciones

Nombre tarea: empaque y paletizado	Página: 1 de 2
Área: producción	Fecha: 29/10/2016
Realizado por: Brandon Estuardo Monroy Bustamante	Revisado por: Ing. Julio Baeza



Continuación de la figura 6.

Símbolo	Nombre	Número	Tiempo	Distancia
	Operación	7	905,50 s	
	Combinada	1	35,00 s	
	Transporte	5	281,20 s	26,30 m.

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

Resumen:

Tiempo total de operación: 1221,70 s

Conversión a minutos: 20,36 min

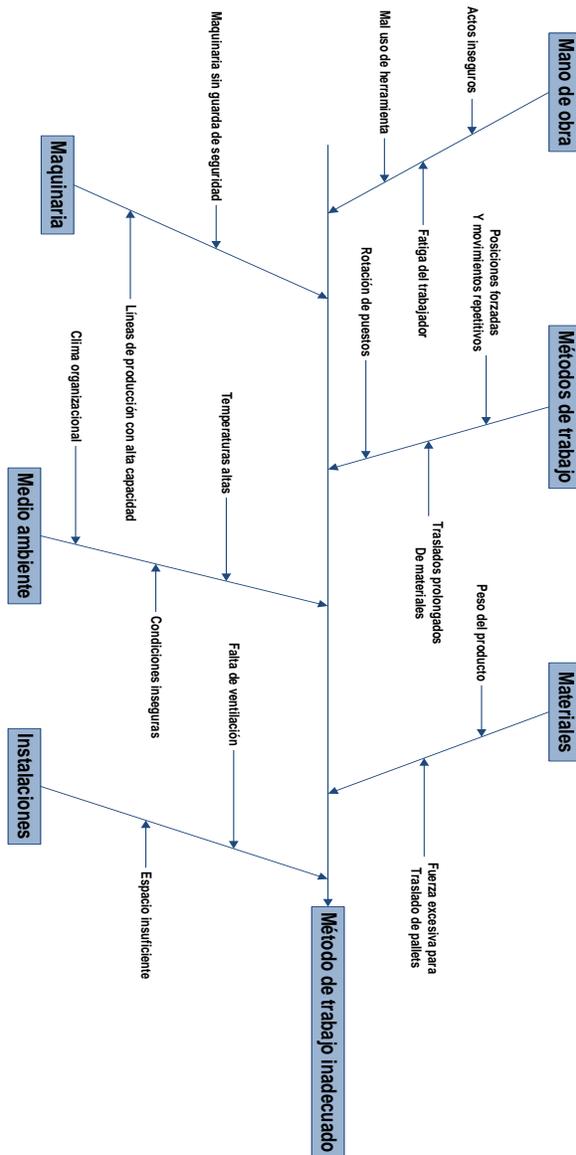
Conversión a horas: 0,34 horas

Debe tomarse en consideración que los datos de tiempos presentados con anterioridad son tiempos cronometrados, es decir, el promedio de 18 toma de tiempos utilizando el método de cronometrado vuelta a cero, estudiando operación por operación.

2.1.3. Diagrama de Ishikawa

Se presenta el análisis de las posibles fuentes de problema, aplicando metodología 6M's.

Figura 7. Diagrama Ishikawa área de paletizado

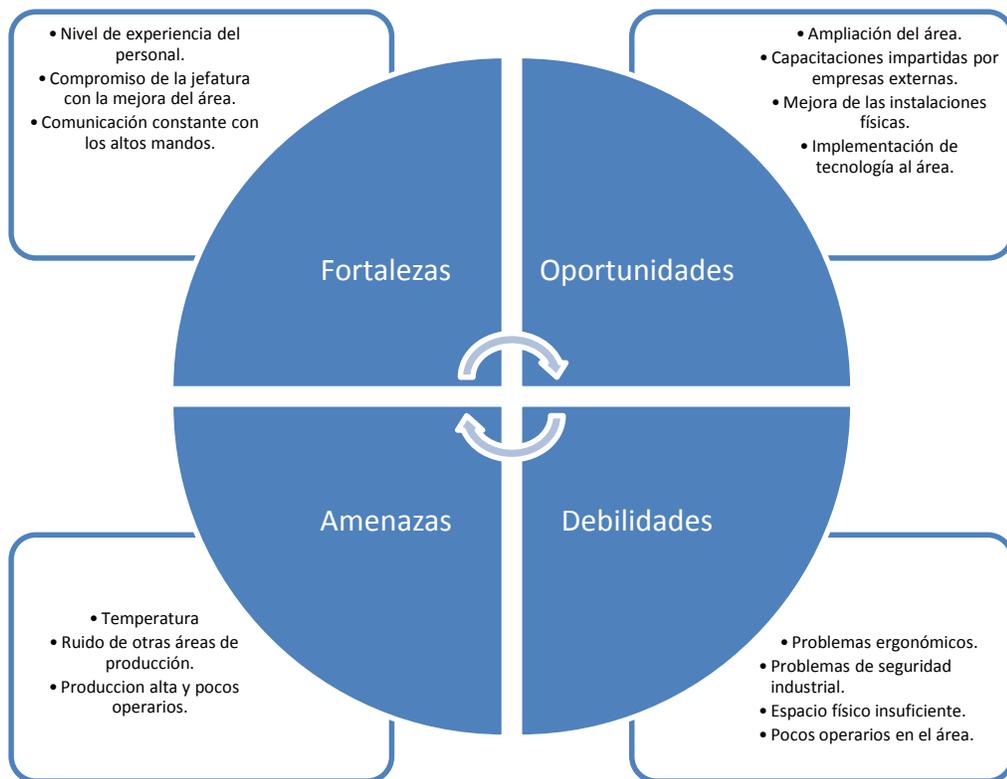


Fuente: elaboración propia.

2.1.4. FODA

Se presentan las posibles fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del área para luego identificar posibles estrategias que puedan ser sugeridas para su implementación.

Figura 8. FODA Área de empaque y paletizado



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.1. Estrategias encontradas

- Buscar una ampliación que permita colocar más tarimas en línea y así dar mayor comodidad a los operarios para la realización de la tarea, porque se evita la acumulación de tarimas en el área.
- Aprovechar el nivel de experiencia de los trabajadores para proponer mejoras al área, dado que ellos tienen una percepción diaria de la tarea y de los problemas que les afectan con mayor frecuencia.
- Determinar el número óptimo de operarios para la línea de acuerdo con la tasa de llegada de producto.
- Tomar en cuenta a los operarios en las decisiones de mejora ya que ellos pueden aportar información valiosa y se sentirán comprometidos a poner en práctica lo que han propuesto.
- Implementar nueva tecnología que facilite el trabajo a los operarios y que, además, haga eficiente la tarea.
- Capacitar a los trabajadores sobre el nuevo método.

2.2. Descripción del método actual

Se da a conocer el método de trabajo actual de los operarios del área para identificar puntos de mejora.

2.2.1. Datos de capacidad de producción

- Diferencias entre los métodos de trabajo de los diferentes turnos que afectan la capacidad de producción.
 - La distribución de los operarios en la línea de paletizado es diferente para cada turno, ya que atienden a diferentes líneas

dependiendo la programación de producción del día. A continuación se muestra la distribución de los operarios según el turno de trabajo y también el tiempo según la línea del producto final que realizar el paletizado.

Tabla V. **Tiempo requerido para paletizar según línea de producción y turno**

Línea de producción	Tiempo para formar 1 <i>pallet</i>	Operario según turno I	Operario según turno II	Operario según turno III
L1	27,03 min	1	3	
L2	30,00 min	1		1
L3	20,30 min	3		
L4	45,13 min		1	1
L5	23,45 min	2		
L6	72,41 min		1	2
L7	27,00 min	2	2	
L8	26,03 min			3
L9	22,06 min		2	3

Fuente: estudio de campo.

Entre las diferencias encontradas en la ejecución del método de trabajo entre un turno y otro se mencionan:

- La distribución de los operarios para atender las diferentes presentaciones de producto que llegan a la línea.
- La forma de preparación de las *pallets* para colocar el producto.
 - El turno I y el III realizan un transporte de dos metros traer el cartón que es colocado a la *pallet*, es decir, primero traen la

tarima, la colocan y por último regresan a traer el cartón, para colocarlo a la *pallet*.

- El turno II ahorra un movimiento, dado que toma primero el cartón y luego la tarima y lleva ambos insumos hacia el área para luego colocarlo en su respectivo puesto e iniciar con su labor.
- La forma de fleje de las tarimas
 - El turno I realiza el fleje de abajo hacia arriba, mientras el turno II y III lo realizan de arriba hacia abajo.
 - Dependiendo al nivel de producción y la tasa de llegada del producto toman la decisión si hacer el fleje por partes o al finalizar una *pallet* se fleje por completo.
 - El turno I y II colocan un tubo de fleje en cada *pallet* en proceso, mientras el turno III utiliza el mismo tubo para fleje en cada tarima.
- La frecuencia de rotación entre tareas.
 - El turno II y III acostumbran realizar una rotación entre las tareas cada hora, mientras el turno I realiza la misma rotación cada hora y media.
- Forma de transporte de las tarimas.
 - Operarios del turno I y II hacen un movimiento en zigzag con la rueda frontal del montacargas manual con que hacen el transporte de las *pallets*, mientras operarios del turno III hacen el movimiento de jalar de forma lineal.

2.2.2. Forma actual de programación de la producción

La programación de la producción se realiza de forma mensual, luego de la solicitud hecha por parte del área de planificación de la producción, luego se procede a ser tabulada. Actualmente, se realiza de acuerdo con dos variables fundamentales:

- La demanda de producto, la cual es solicitada por el departamento de planificación de la producción.
- La cantidad de producto en existencia, para lo cual el jefe de bodegas genera un informe diario al área de manufactura para con ello programar la producción. Véase la ecuación No. 6 del cálculo de la cantidad por producir:

$$\textit{Cantidad a producir} = \textit{Demanda} + \textit{inventario de seguridad} - \textit{reserva}$$

- Programación del mantenimiento preventivo.

La programación del mantenimiento de las líneas productivas se realiza una vez por mes. A inicios de mes cuando la demanda está más baja, para ello los operarios de la línea de empaque y paletizado son asignados a las diferentes líneas productivas para llevar a cabo el mantenimiento, tal como limpieza y engrase de las maquinarias.

2.2.3. Jornadas de trabajo

Se trabaja bajo el concepto de turno mixto de forma rotativa. Los turnos 1 y 3 trabajan 3 días en horario 6 de la mañana a 6 de la tarde, luego descansan 1 día e inician labores en la jornada nocturna a partir de las 6 de la tarde hasta 6

de la mañana. El turno número 2 trabaja 4 días en el turno de día, luego descansa 1 día y regresa a trabajar 3 días en el turno de noche.

Cada turno cuenta con 3 trabajadores, el ritmo de producción es constante durante el día y durante la noche.

Los operarios de la línea se rotan para su tiempo de refacción el cual consta de 30 minutos; el operario 1 inicia a tomar su refacción a las 7 de la mañana. Luego a las 7:30 de la mañana toma su tiempo de refacción el operario 2 y a las 8:00 de la mañana el operario 3.

Así mismo, a la hora de almuerzo los operarios se turnan para ir a almorzar, dado que no puede detenerse la operación productiva.

2.2.4. Integración de operarios para días de producción alta

Debido al crecimiento de la demanda se agregó una nueva línea llamada Línea 1, que es la que mayor capacidad de producción por hora tiene y ha venido a desequilibrar las diferentes áreas de producción. En el área de empaque y paletizado ha aumentado el ritmo de trabajo y da lugar a que se tenga suficiente variedad de producto para tener ocho *pallets* de forma simultánea, lo que provoca que los trabajadores se sientan sobrecargados y al final de la jornada laboral presentan mayor nivel de fatiga.

La línea de producción no trabaja todos los días del mes, ya que existe una línea de empaque para producto a granel que es empacado en costales, por lo cual cuando la nueva línea está trabajando en dicha área a granel el área de empaque y paletizado vuelve a sus labores normales tal y como están acostumbrados. Pero en el momento en que dicha línea inicia a funcionar para

producto en paquetes individuales el trabajo se inicia a saturar y, por ende, las tarimas en el área.

En el momento en que se presenta lo anterior, los operarios del área de paletizado buscan al jefe de manufactura para solicitar la incorporación de un operario extra, para ello luego de la solicitud es enviado un operario subcontratado que está asignado al puesto durante el tiempo que la línea esté en funcionamiento.

2.2.5. Selección del proceso por evaluar

La tarea que se evaluará, dado que es en la que mayores problemas ocurren, es el paletizado, en dicha área se satura el producto y las condiciones de trabajo no son del todo adecuadas, además que existen varios puntos de mejora en los cuales se puede aportar para la mejora del flujo del proceso con la implementación de estrategias de acuerdo con la recolección de datos y la observación de la labor.

2.3. Aplicación de la teoría del despilfarro

A continuación se presenta la forma en que se clasifican las operaciones.

2.3.1. Clasificación de operaciones

Para identificar los puntos de mejora, primero se deben conocer cuales operaciones agregan valor y cuales no al proceso productivo.

2.3.1.1. Operaciones de valor agregado

Los datos presentados son un promedio de 18 mediciones de muestra tomadas por cada operación con el fin de obtener el tiempo total de operaciones de valor agregado. Son operaciones de valor agregado ya que son propias de la tarea y de no realizarse quedaría incompleta. Entonces, estas operaciones son esenciales para la realización de la tarea y no pueden ser suprimidas, pero esto no significa que no se puedan mejorar en ciertos puntos para que el flujo del proceso sea mejor y se ahorren tiempos.

Tabla VI. **Tiempo total invertido en operaciones de valor agregado**

Operación	Tiempo unitario requerido	Tiempo total
Tomar fardo y dirigirse hacia <i>pallet</i> (se realiza 100 veces por <i>pallet</i>)	2,50 s	250,00 s
Colocar fardo en <i>pallet</i> y retornar a posición de trabajo (se realiza 100 veces por <i>pallet</i>)	5,02 s	502,00 s
Flejar <i>pallet</i>	38,50 s	38,50 s
Registro de datos de tarima	60,00 s	60,00 s
Tiempo total		850,50 s

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

2.3.1.2. Operaciones de no valor agregado

Los datos presentados son un promedio de 18 mediciones de muestra tomadas por cada operación con el fin de obtener el tiempo total de operaciones de no valor agregado.

Estas operaciones no influyen en que la tarea esté o no terminada y se pueden identificar puntos de mejora para eliminar y de no ser posible reducir al máximo dichas operaciones, al menos para la optimización del proceso.

Es un buen punto de partida el identificar el potencial de mejora que existe y así generar estrategias para invertir recursos en dichos puntos y evitar las pérdidas que representan dichas operaciones, tanto en tiempo como en dinero.

Tabla VII. **Tiempo total invertido en operaciones de no valor agregado**

Operación	Tiempo unitario requerido	Tiempo total
Transporte de <i>pallet</i> (se multiplica por 2 dado que es de ida y vuelta 2 m de distancia)	20,40 s	40,80 s
Trasporte de cartón (se multiplica por 2 dado que es de ida y vuelta 2 m de distancia)	20,40 s	40,80 s
Transporte para registrar datos de <i>pallet</i> y traer etiqueta	25,00 s	50,00 s
Traslado de <i>pallet</i> hacia entrada de bodega de producto terminado (3,65 m.) y retorno a su puesto de trabajo	57,30 s	114,60 s
Total		246,20 s

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

2.3.2. Coeficiente de despilfarro por método

Se utiliza para presentar de forma numérica el potencial de mejora que existe de acuerdo con lo identificado en las operaciones de valor agregado y las que no lo son.

2.3.2.1. Cálculo coeficiente de despilfarro por método

Lo que busca el coeficiente de despilfarro por método es identificar la mejora potencial que se puede hacer al método por medio de la identificación de la duración de las operaciones de valor agregado y las de no valor agregado, ya que al momento de reducir las de no valor agregado se puede obtener una mejora significativa en tiempos y eficiencia en el proceso. Véase la ecuación No. 7 con la fórmula para obtener el coeficiente de despilfarro por método:

$$Cdm = \frac{\sum \text{Tiempo operaciones VA} + \sum \text{Tiempo operaciones NVA}}{\sum \text{Tiempo operaciones VA}}$$

Observando la ecuación anterior se identifica que se necesitan dos datos que son los siguientes:

- Tiempo operaciones de valor agregado = 850,50 s
- Tiempo operaciones de no valor agregado = 246,20 s

Se toma en consideración que los tiempos anteriormente mencionados son el promedio de tiempos de formación de una *pallet* respecto del funcionamiento de la máquina más rápida que es el momento en que surgen los mayores

problemas para los operarios y cuando más exigidos se ven en su labor. Sustituyendo valores se llega a lo siguiente:

$$Cdm = \frac{850,50 \text{ seg.} + 246,20 \text{ seg.}}{850,50} = 1,2895$$

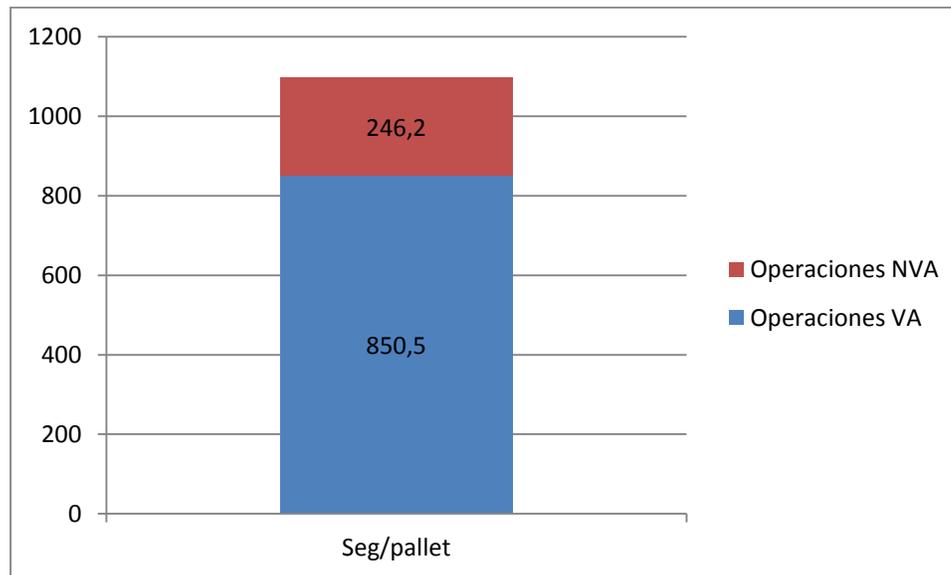
Para ello se tomó como base la teoría que indica que todo valor que esté por encima de uno, representa el porcentaje de mejora potencial que existe en el método de trabajo al buscar suprimir o por lo menos reducir al máximo las operaciones de no valor agregado en el proceso.

Por lo que se puede concluir que existe un 28,95 % de mejora potencial en el método de trabajo actual, especialmente si se reduce el tiempo perdido por los operarios al trasladarse dos metros para traer el cartón y otros dos metros para regresar a su puesto de trabajo, mientras que podrían traer ambos insumos al mismo tiempo.

2.3.2.2. Gráficos de resultados

A continuación se presentan los gráficos que permiten visualizar de mejor manera la información.

Figura 9. **Gráfica de resultados operaciones de NVA y operaciones de VA**



Fuente: elaboración propia con ayuda de Programa Microsoft Excel 2010

2.3.2.3. Puntos de mejora

De acuerdo con los resultados dados por el análisis del coeficiente de despilfarro por método, los principales problemas y, por ende, puntos de mejora potencial se encuentran en:

- Revisar los transportes innecesarios que hacen los operarios de los turnos I y III para traer el cartón, por lo cual se debe hacer ver a los operarios que ahorrarían tiempo y energías al traer ambos insumos al mismo tiempo.
- Mejorar la eficiencia para el registro de los datos de las etiquetas de las *pallets*.
- Implementar tecnología que elimine los transportes manuales de carga.

- Implementar una nueva forma de fleje que permita reducir tiempos y mejorar la eficiencia del proceso.
- Ubicar estratégicamente los insumos necesarios para la operación a fin de optimizar el espacio y evitar que el área se sature, además de hacer los recorridos más cortos.
- Ubicar de manera ordenada las *pallets* para que el traslado para colocar los fardos sea el mínimo y ello represente una mejora significativa en la reducción de tiempos de la operación.
- Dar mantenimiento al piso del área para que sea más fácil el movimiento de los montacargas manuales, tomando en cuenta que actualmente las ruedas quedan estancadas en las hendiduras que están presentes en el piso por lo deteriorado que se encuentra.
- Rotar adecuadamente a los trabajadores para reducir al máximo la fatiga y con ello mantener el rendimiento estable.

2.4. Estudio de movimientos

El estudio de los movimientos del cuerpo es importante para conocer sus potencialidades y limitaciones.

2.4.1. Identificación de los movimientos corporales

La identificación de los movimientos corporales utilizados según el método de trabajo actual se lleva a cabo haciendo una comparación entre lo observado por el analista de métodos y los Therbligs propuesto por Gilberth, clasificándolos como eficientes e ineficientes respectivamente.

Los movimientos identificados para el método actual son:

- Seleccionar: tomar en cuenta que la diversidad de presentaciones de producto terminado es amplia y que cada operario tiene asignada una *pallet* con un producto en específico, este debe observar que el producto que va a tomar es el correcto.
- Alcanzar: este se presenta en el momento en que el operario del área observa que el fardo de producto se acerca a velocidad constante hacia su posición, en el instante en que el producto está lo suficientemente cerca mueve sus brazos hacia el fardo y lo toma.
- Sujetar o tomar: Se da inmediatamente después de que el operario extendió sus brazos para alcanzar el fardo.
- Mover: este movimiento se da inmediatamente después de que el operario alcanzó y sujetó el fardo, el traslado es hacia la *pallet*.
- Posicionar: dependiendo de cómo esté el producto en la *pallet*, debe buscar la posición adecuada para colocar el fardo.
- Liberar: inmediatamente después de mover el fardo, este es liberado en la posición respectiva que le corresponde en la *pallet*.
- Inspeccionar: los operarios usualmente verifican que el número de lote de producción sea el mismo para todos los productos en la misma *pallet*, de no ser así deben recurrir a colocar una nueva *pallet* para el lote de producción en cuestión.

- Buscar: en el momento en que se da el registro de la etiqueta que se coloca a las *pallet*, el operario busca el número para colocarlo en su tabla de registro.

2.4.2. Clasificación de los movimientos actuales

- Movimientos eficientes
 - Alcanzar
 - Sujetar o tomar
 - Mover
 - Liberar. Movimientos ineficientes
 - Seleccionar
 - Posicionar
 - Inspeccionar
 - Buscar

2.4.3. Utilización actual del cuerpo humano y puntos de apoyo

En la siguiente tabla se muestra las partes del cuerpo que utilizan comúnmente los operarios del área y su respectivo eje de apoyo para la realización total de la tarea asignada en su labor diaria.

Tabla VIII. **Partes del cuerpo utilizadas por los operarios y eje de apoyo para hacer la tarea**

Partes del cuerpo utilizadas	Eje de apoyo
Torso, brazo, antebrazo, mano y dedos	Tronco

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Se puede notar que las partes del cuerpo más utilizadas por los operarios del área pertenecen a los miembros superiores, dado que su trabajo consiste más en alcanzar, levantar y colocar fardos, por lo cual es de suma importancia el que se busque economía de movimientos mediante una ubicación estratégica de los operarios en el puesto de trabajo.

2.4.4. Distribución de las herramientas de trabajo

Se cuenta con dos áreas específicas para colocar las *pallets*, la primera de ellas se encuentra a una distancia de 2 metros medida desde la posición de los operarios, mientras que la segunda se encuentra a 3 metros, normalmente utilizan las que se encuentran a 2 metros de distancia, además el cartón se encuentra a 0,30 metros de la posición de las *pallets* ya que existen 2 puntos de colocación de cartón también.

Los tubos de fleje se encuentran a 3 metros de distancia medidos a partir de la posición de los operarios y estos están colocados en el piso, no cuentan con un estante para colocarlos lo que provoca desorden en el área de trabajo y obstrucción a la salida de emergencia.

A un costado de los tubos de fleje a una distancia de 0,45 metros se encuentra una repisa en la cual se encuentran los cuadros de registro que deben llenar los operarios.

Según lo anterior, el espacio está ineficientemente utilizado y se requiere una mejora en la ubicación de las herramientas para la comodidad de los operarios, reducir distancias de traslado para hacerse de las herramientas de trabajo y mejorar el flujo del proceso mediante reducción de tiempos.

2.4.5. Movimientos repetitivos

La naturaleza de la tarea da lugar a que se den movimientos repetitivos, entre los movimientos repetitivos identificados se encuentran:

- Alcanzar fardos de producto
- Levantar por encima de la altura de los hombros
- Colocar producto
- Girar torso

2.4.5.1. Frecuencia de los movimientos

Tabla IX. Frecuencia de movimientos repetitivos en baja producción

Movimiento repetitivo	Repeticiones/minuto
Alcanzar fardos de producto	15
Levantar por encima de la altura de los hombros	15
Colocar producto	15
Girar torso	15

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla X. Frecuencia de movimientos repetitivos en producción alta

Movimiento repetitivo	Repeticiones/minuto
Alcanzar fardos de producto	27
Levantar por encima de la altura de los hombros	27
Colocar producto	27
Girar torso	27

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Los datos presentados anteriormente son obtenidos de observación y medición de la tasa de llegada de producto en los diferentes turnos, en diferentes días y tomando el promedio de repeticiones que realizaron los operarios en dicho tiempo.

2.4.5.2. Tipos de movimientos repetitivos en el proceso

Los movimientos repetitivos identificados en el proceso están íntimamente relacionados con los miembros superiores del cuerpo humano. La siguiente tabla muestra los movimientos repetitivos identificados y los miembros del cuerpo humano involucrados para la ejecución de la tarea.

Tabla XI. **Movimientos repetitivos identificados y partes del cuerpo involucradas**

Movimiento repetitivo	Partes del cuerpo utilizadas
Alcanzar fardos de producto	Brazos, antebrazos, manos, muñeca, dedos
Levantar por encima de la altura de los hombros	Brazos, antebrazos, codos, torso, hombros.
Colocar producto	Brazo, antebrazo, torso, manos, dedos.
Girar torso	Torso

Fuente: elaboración propia según estudio de campo

3. ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO

3.1. Desglose de tareas en operaciones

El método de trabajo actual está compuesto por operaciones que deben ser ejecutadas por los operarios para completar las tareas, a continuación se muestran las tareas desglosadas en operaciones con el fin de buscar un análisis más profundo.

- Preparación de *pallet*
 - Transporte para ir a traer *pallet*
 - Colocar *pallet*
 - Transporte para ir a traer cartón
 - Colocar cartón sobre *pallet*

- Paletizado de fardos
 - Tomar fardo y dirigirse hacia *pallet*
 - Verificar tipo de producto y número de lote de fabricación
 - Seleccionar *pallet* de acuerdo con el producto y el lote
 - Colocar fardo en *pallet*
 - Flejar *pallet*

- Registro de datos
 - Tomar etiqueta para registro de *pallet*
 - Escribir datos de *pallet* en libro de registro
 - Número de lote
 - Número de fardos por *pallet*

- Tipo de producto
- Peso de producto individual

- Llevar *pallet* al área de montacargas
 - Colocar etiqueta a *pallet*
 - Posicionar montacargas manual.
 - Movilizar *pallet* al área de montacargas

3.2. Estudio de tiempos del proceso actual

Previo a cualquier decisión respecto del método que más conviene utilizar, es importante conocer cómo es el proceso que se sigue actualmente.

3.2.1. Definición de método de cronometración

El método seleccionado es vuelta a cero, con el fin de hacer un estudio individual del tiempo de duración de cada operación que compone el método actual, para identificar las operaciones de mayor duración y la forma en que se hacen. Con lo anteriormente mencionado se busca, encontrar mejores formas de realizar las operaciones para reducir tiempos.

3.2.2. Registro de datos

A continuación se muestra la referencia para la tabla XII:

- Operación 1: transporte para traer *pallet* (se multiplica por dos dado que es de ida y vuelta 2 m de distancia).
- Operación 2: transporte para traer cartón (se multiplica por dos dado que es de ida y vuelta 2 m de distancia).

- Operación 3: colocar *pallet* y cartón.
- Operación 4: tomar fardo y dirigirse hacia *pallet* (se realiza 100 veces por *pallet*).
- Operación 5: colocar fardo en *pallet* y retornar a posición de trabajo (se realiza 100 veces por *pallet*).
- Operación 6: transporte para registro de datos de *pallet* y traer etiqueta
- Operación 7: registro de datos de *pallet*.
- Operación 8: flejar *pallet*.
- Operación 9: traslado de *pallet* hacia entrada de bodega de producto terminado (3,65 m) y retorno a su puesto de trabajo.

Tabla XII. **Datos de toma de tiempos cronometrados por operación**

OP	Tiempos unitarios (segundos)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20,30	19,20	20,60	21,02	21,05	20,40	20,10	19,92	20,40	20,80
2	20,50	19,95	21,30	20,40	20,22	20,10	20,32	21,04	20,03	19,40
3	8,03	8,02	7,92	7,43	8,30	8,42	7,97	8,08	8,05	7,94
4	2,52	2,54	2,51	2,49	2,53	2,51	2,54	2,47	2,50	2,48

Continuación tabla XII.

5	5,04	4,97	5,08	5,03	5,05	4,99	5,02	5,01	4,98	4,96
6	50,03	49,70	50,02	50,02	49,60	50,01	50,04	50,05	49,90	50,10
7	59,80	59,70	60,10	59,90	60,10	59,80	60,20	60,05	60,01	60,03
8	38,45	38,55	38,58	38,52	38,51	38,55	38,43	38,46	38,45	38,57
9	57,36	57,30	57,25	57,35	57,23	57,34	57,25	57,33	57,30	57,28

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XIII. **Continuación datos de toma de tiempos cronometrados por operación**

OP.	Tiempos unitarios (segundos)								Promedio unitario
	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	20,50	19,92	20,04	21,52	20,80	19,54	20,08	21,01	20,40
2	20,09	20,40	20,07	21,04	20,62	21,04	20,60	20,09	20,40
3	7,46	8,09	8,02	8,00	8,43	7,35	7,53	7,46	7,92
4	2,52	2,47	2,49	2,51	2,46	2,47	2,51	2,53	2,50
5	5,04	5,03	5,01	5,07	4,98	5,03	5,04	5,05	5,02
6	51,05	49,70	49,90	50,40	50,10	49,70	49,60	51,05	50,00
7	60,40	59,80	59,90	60,05	60,01	60,10	60,10	59,95	60,00
8	38,43	38,54	38,49	38,60	38,48	38,41	38,52	38,43	38,50
9	57,24	57,33	57,27	57,33	57,39	57,33	57,30	57,27	57,30

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XIV. **Datos de tiempos cronometrados totales**

Operación	Número de repeticiones para completar una pallet	Tiempos unitarios	Tiempo total (segundos)	Sumatoria parcial
1	2	20,40	40,80	40,80
2	2	20,40	40,80	81,60
3	1	7,92	7,92	89,52
4	100	2,50	250,00	339,52
5	100	5,02	502,00	841,52
6	2	50,00	100,00	941,52
7	1	60,00	60,00	1001,52
8	1	38,50	38,50	1040,02
9	2	57,30	114,60	1154,62

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

El tiempo cronometrado total para la realización de las operaciones en estudio es de 1 154,62 segundos, lo que equivale a 19,24 minutos y en horas es igual a 0,32 horas.

3.2.3. Tiempo normal del proceso

Haciendo uso del sistema Westinghouse para la evaluación del desempeño se toman en cuenta cuatro factores esenciales, los cuales son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Para realizar la evaluación se selecciona al operario que presente una experiencia media y cuyas características se aproximen a la normalidad, en velocidad y destrezas.

Tabla XV. **Sistema Westinghouse para calificar habilidades de los operarios**

+0,15	A1	Superior
+0,13	A2	Superior
+0,11	B1	Excelente

Continuación tabla XV.

+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Buena
+0,03	C2	Buena
0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Mala
-0,22	F2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo.*

p. 359

De acuerdo con lo mostrado por los operarios durante el estudio se puede calificar como buena la habilidad mostrada, tomando en cuenta que la habilidad según el sistema Westinghouse califica según la destreza mostrada por el operario al realizar su trabajo y lo complementa con la experiencia que ha obtenido a lo largo de los años que ha realizado. En base a lo anteriormente mencionado se tomó en cuenta los años de experiencia de los operarios. El operario seleccionado como normal tiene una experiencia de 8 años y muestra una destreza aceptable.

Tabla XVI. **Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo de los operarios**

+0,13	A1	Superior
+0,12	A2	Superior
+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,05	C1	Buena
+0,02	C2	Buena
0,00	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,08	E2	Aceptable
-0,12	F1	Mala
-0,17	F2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo.*

p. 35

De acuerdo con el método de valuación Westinghouse el esfuerzo se mide según la demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz y, además, es representativo de la velocidad con la que el operario aplica la habilidad que posee. Según esto, los trabajadores están motivados y la velocidad a la que realizan su trabajo es buena.

Tabla XVII. **Sistema Westinghouse para calificar las condiciones de los operarios**

+0,06	A	Ideal
+0,04	B	Excelente
+0,02	C	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*.
p. 359

Lo que el sistema Westinghouse estima para evaluar las condiciones son aquellas que afectan el desempeño del operario, entre las que están presentes en el área en estudio, se pueden mencionar las altas temperaturas, ventilación deficiente y el alumbrado que puede causar fatiga visual.

Tabla XVIII. **Sistema Westinghouse para calificar la consistencia de los operarios**

+0,04	A	Perfecta
+0,03	B	Excelente
+0,01	C	Buena
0,00	D	Promedio
-0,02	E	Aceptable
-0,04	F	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*.
p. 360

La consistencia en el momento de realizar las operaciones propias de la tarea que se ejecuta en el área en estudio es promedio, ya que mantiene consistencia, pero siempre existe cierta variabilidad por diversos factores.

Tabla XIX. **Resumen método Westinghouse**

Habilidad	C2	Buena	+0,03
Esfuerzo	C1	Bueno	+0,05
Condiciones	F	Malo	-0,07
Consistencia	D	Promedio	0,00
Suma algebraica			+0,01
Factor de desempeño			1,01

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

El cálculo del tiempo normal está dado por la siguiente fórmula (ecuación NO. 8):

$$TN = TO * FD$$

Donde:

- TN = tiempo normal
- TO = tiempo medio observado (tiempo cronometrado)
- FD = factor de desempeño calculado por Westinghouse

De acuerdo con los datos obtenidos con anterioridad se calcula el tiempo normal de la tarea en estudio.

$$TN = 1154,62 * 1,01 = 1166,17 \text{ s}$$

3.2.4. Tiempo estándar del proceso

Para el cálculo del tiempo estándar es necesario calcular las holguras necesarias para que el trabajador este cómodo y tenga el tiempo necesario para suplir sus necesidades básicas y tenga una recuperación física adecuada.

Tabla XX. **Holguras recomendadas por *International Labour Office (ILO)***

Holguras constantes	
1 Holgura por fatiga básica	4
Holguras variables	
2 Holgura por estar parado	2
3 Uso de fuerza o energía muscular	
10 Lb.	1
4 Mala iluminación	
Un poco debajo de lo recomendado	0
5 Condiciones atmosféricas	2
6 Monotonía	
Alta	4
7 Tedio	
Algo tedioso	0
Suma algebraica	13

Fuente: NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*.
p. 360

El tiempo estándar está dado por la siguiente fórmula de manera general (ecuación No. 9):

$$Te = TN *(1+ holgura)$$

De lo anteriormente mencionado, con los datos de tiempo normal del estudio y utilizando los datos de holgura que ya se tienen, se puede proceder a calcular el tiempo estándar.

$$T_e = 1166,17 * (1+0,13)$$

$$T_e = 1317,77 \text{ s}$$

Con el cálculo anterior se puede mencionar que equivale a 21,96 minutos los que tienen como estándar los operarios para completar una pallet, aunque esto puede depender de la cantidad de productos en simultáneo que se estén trabajando o bien las líneas productivas y la capacidad de fardos por minuto que tienen.

3.3. Aplicación de teoría de colas

A continuación se explica cómo se aplicó a este estudio la teoría de las colas.

3.3.1. Características de la operación

La tarea es ejecutada de manera simultánea por tres operarios los cuales se distribuyen lo más equitativamente posible la carga de trabajo, según los siguientes criterios:

- Número de presentaciones de producto que se estén produciendo.
- Número de lotes de producción de los diferentes productos, ya que se clasifica de acuerdo con el tipo de presentación del producto y número de lote.
- Número de *pallet* simultáneas en uso.

La tasa de llegada según la temporada la cual se divide en:

- Temporada de demanda alta: en promedio se presenta una tasa de llegada de 21 fardos/min.
- Temporada de demanda baja: en promedio se presenta una tasa de llegada de 13 fardos/min.

Dependiendo de la temporada en la que se esté trabajando, el número de operarios se ve afectado de la siguiente manera:

- Temporada de demanda alta: se incorpora un operario extra, el cual es un trabajador subcontratado para apoyar en la operación.
- Temporada de demanda baja: solo se cuenta con tres operarios para la ejecución de la tarea.

3.3.2. Selección del modelo por aplicar

Se recomienda para el estudio utilizar un modelo de cola del tipo MMK finito, por las siguientes características:

- Se cuenta con un límite de capacidad por parte de los operarios para recibir el producto, porque al estar totalmente ocupados la banda solo puede mantener un máximo de 5 fardos sin que estos desciendan al piso. En el momento en el que llega el sexto fardo el producto inicia a caer y esto provoca contratiempos y contaminación del producto.
- La operación no puede ser realizada por una sola persona, ya que no se tendría la suficiente capacidad para llevarla a cabo ya que la tasa de llegada es mayor a la tasa de servicio.

3.3.3. Ritmo de trabajo de los operarios y tasa de llegada de producto

El ritmo de trabajo de los operarios o tasa de servicio, se calcula para la tarea en estudio tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La tasa de servicio debe estar en las mismas dimensionales que la tasa de llegada de producto, es decir, en unidades de fardo por minuto.
- Para los tiempos por considerar en el cálculo de la tasa de servicio o capacidad de servicio con la que se cuenta deben tomarse solo las operaciones que implican recibir el fardo, transportarse hacia la *pallet*, colocarla y, por último, retornar a su posición inicial de trabajo, ya que son las operaciones específicas para atender los fardos de producto que llegan de manera continua.

A partir de lo anterior, el cálculo para la tasa de servicio es:

Tabla XXI. **Cálculo tasa de servicio**

Operación	Tiempo cronometrado
Tomar fardo y dirigirse hacia <i>pallet</i> (se realiza 100 veces por <i>pallet</i>).	2,5 s/fardo
Colocar fardo en <i>pallet</i> y retornar a posición de trabajo (se realiza 100 veces por <i>pallet</i>).	5,02 s/fardo
Sumatoria	7,52 s/fardo

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Retomando los datos de calificación de desempeño y holguras calculadas anteriormente se procede al cálculo del tiempo estándar para las operaciones tomadas en cuenta para la tasa de servicio, aplicando la siguiente fórmula:

$$Te = (\text{tiempo cronometrado} * \text{factor calificación}) * (1+\text{holgura})$$

$$Te = (7,52 \text{ s/fardo} * 1,01) * (1+0,13)$$

$$Te = 8,58 \text{ s/fardo}$$

Según el cálculo anterior cada operario tarda un promedio de 8,58 segundos para atender un fardo que llega hasta su posición, es decir desde el momento en que lo recibe hasta que vuelve a su posición inicial para atender los demás fardos que llegan.

Conociendo el tiempo estándar que un operario del área se tarda en atender un fardo que llega, se debe convertir dicho valor a las mismas dimensionales que tendrá la tasa de llegada, en este caso será de fardos por minuto.

$$Tasa \ de \ servicio = 8,58 \frac{seg.}{fardo} * \frac{min}{60 \ seg.} = 0,14 \text{ min/fardo}$$

$$Tasa \ de \ servicio = (0,14 \frac{min.}{fardo})^{-1} = 6,99 \frac{fardos}{min}$$

Tomando en cuenta que los fardos se deben contabilizar con números enteros y para no otorgar más holgura a los trabajadores, se aproxima a una tasa de servicio de 7 fardos por minuto.

A continuación se procede al cálculo de tasa de llegada de producto en los diferentes turnos, según como se estaba llevando a cabo el ritmo de producción en los días de toma de datos.

Tabla XXII. **Tasa de llegada de producto para el turno I**

Toma de datos	Tasa de llegada de producto con demanda baja	Tasa de llegada de producto con demanda alta
1	12,00	20,00
2	15,00	18,00
3	10,00	31,00
4	11,00	21,00
5	16,00	26,00
6	13,00	18,00
7	12,00	15,00
8	15,00	23,00
9	13,00	16,00
10	11,00	17,00
11	9,00	23,00
12	14,00	23,00
13	11,00	18,00
14	13,00	25,00
15	13,00	27,00
16	16,00	25,00
17	11,00	21,00
18	10,00	19,00
Promedio	12,50	21,44
Aproximación	13,00	22,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Nota: se realizó aproximación al valor inmediato superior para trabajar con unidades enteras.

La tasa de llegada media de producto para el turno I luego de 18 observaciones es de 22 fardos/minuto.

Tabla XXIII. **Tasa de llegada de producto para el turno II**

Toma de datos	Tasa de llegada de producto con demanda baja	Tasa de llegada de producto con demanda alta
1	10,00	18,00
2	12,00	19,00
3	17,00	16,00
4	7,00	20,00
5	12,00	17,00
6	14,00	19,00
7	12,00	16,00
8	14,00	21,00
9	13,00	15,00
10	13,00	17,00
11	15,00	19,00
12	9,00	20,00
13	11,00	22,00
14	14,00	16,00
15	13,00	22,00
16	16,00	17,00
17	16,00	18,00
18	14,00	19,00
Promedio	12,89	18,38
Aproximación	13,00	19,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

La tasa de llegada media de producto observada en el turno II, luego de 18 mediciones es de 19 fardos/minuto.

Tabla XXIV. **Tasa de llegada de producto para el turno III**

Toma de datos	Tasa de llegada de producto con demanda baja	Tasa de llegada de producto con demanda alta
1	16,00	21,00
2	18,00	22,00
3	14,00	19,00
4	16,00	21,00
5	12,00	21,00

Continuación, tabla XXIV.

Toma de datos	Tasa de llegada de producto con demanda baja	Tasa de llegada de producto con demanda alta
6	14,00	23,00
7	13,00	22,00
8	8,00	17,00
9	12,00	22,00
10	14,00	17,00
11	11,00	22,00
12	15,00	18,00
13	9,00	25,00
14	12,00	23,00
15	9,00	22,00
16	14,00	19,00
17	9,00	23,00
18	9,00	18,00
Promedio	12,50	20,83
Aproximación	13,00	21,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

La tasa de llegada media para el turno III es de 21 fardos por minuto de acuerdo con lo observado durante 18 mediciones.

La variación de la tasa de llegada según los turnos se presenta porque al momento de la toma de datos fue hecho en días diferentes, tomando en cuenta que los turnos son rotativos y, además, dependiendo el día y la programación de la producción así son las líneas que están en funcionamiento. Cada línea tiene diferente capacidad de producción y dependiendo de la demanda así es la mezcla de líneas de producción que son utilizadas.

Tomando en cuenta los valores medios de tasa de llegada de producto al área, se utilizará para los cálculos el valor medio de los tres datos obtenidos con anterioridad, con el fin de ayudar en cierta medida a los tres turnos.

Esto quiere decir, no permitir demasiada holgura para el turno que presentó menos tasa de llegada ya que esta puede variar dependiendo de la programación y los días que les toque trabajar. Además ayudar al turno que presentó mayor tasa de llegada, aunque relativamente no es una diferencia significativa, por lo que el valor de la tasa de llegada por utilizar es de 21 fardos/minuto.

3.3.4. Determinación del número de servidores

Para el cálculo del número óptimo de servidores por utilizar, será necesario aplicar el modelo M/M/K/finito y utilizar los datos anteriormente obtenidos mediante recolección de datos y cálculos.

Tabla XXV. Datos para aplicación de teoría de colas

Dato	Valor numérico
Tasa de llegada " μ "	21 fardos/minuto
Tasa de servicio " λ "	6,99 fardos/minuto
Capacidad del sistema "M"	5 fardos
Número de servidores "K"	Se harán pruebas de 2 a 4 servidores

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tomando en cuenta que la idea principal es mejorar el método pero sin alterar los costos, se evaluará con dos servidores para conocer si realmente son suficientes para realizar la labor, de ser así podría reducirse costos y se evaluará con cuatro para conocer si son los adecuados, y con ello se mantienen los costos actuales.

Para iniciar la evaluación se realizarán los cálculos simulándolos para cada número de servidores en uso y luego se procederá a la comparación, para determinar cuál es el número óptimo de servidores por utilizar en el área.

Para el cálculo del porcentaje de utilización de los operarios se utiliza la siguiente fórmula (ecuación No. 9):

$$\rho = \frac{\lambda}{K \mu}$$

Para el cálculo de la probabilidad que no exista ningún fardo en espera de ser atendido se utiliza la siguiente fórmula (ecuación No. 10):

$$P_0 = \frac{1}{\left(\sum_{n=0}^{K-1} \left(\frac{M!}{(M-n)! n!} \right) * \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right) + \sum_{n=K}^M \left(\frac{M!}{(M-n)! K! K^{(n-k)}} \right) * \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}$$

Para calcular el número de fardos en la cola esperando para ser atendidos se utiliza la siguiente fórmula (ecuación No. 11):

$$Lq = \sum_{n=K}^{n=M} (n - K) P_n$$

Para calcular el número de fardos en el sistema para ser atendidos se utiliza la siguiente fórmula (ecuación No. 12):

$$Ls = Lq + \sum_{n=0}^{n=K-1} n P_n + K \left(1 - \sum_{n=0}^{n=K-1} P_n \right)$$

Para obtener el número de fardos que quedan en la banda sin caerse luego de que pasa el minuto de tiempo se utiliza la siguiente fórmula (ecuación No. 13):

$$\text{Fardos que no se caen} = \lambda (1 - P_M)$$

Para obtener el tiempo medio que los fardos tardan en la cola para ser atendidos por un operario se puede aplicar la siguiente fórmula (ecuación No. 14):

$$Wq = \frac{Ls}{M (Ls - Lq)}$$

Si se desea calcular el tiempo medio que los fardos tardan en el sistema hasta ser paletizados por un operario se aplica la siguiente fórmula (ecuación No. 15):

$$Ws = Wq + \frac{1}{\mu}$$

Para realizar el estudio y su respectivo análisis se proponen dos escenarios distintos, el primero es considerar la tasa de llegada alta y el segundo considerar la tasa de llegada baja.

Ya que han sido presentadas las fórmulas por utilizar, se procede a mostrar una tabla comparativa con los valores obtenidos con valores de K (número de servidores) desde 2 hasta 4 para tasa de llegada alta en donde la tasa de llegada es de 21 fardos por minuto y la tasa de servicio es de 6,99 fardos por minuto.

En el caso de la tasa de llegada baja queda estipulada con una tabla comparativa con los valores obtenidos con valores de K (número de servidores) desde 2 a 3 en donde la tasa de llegada es de 13 fardos por minuto y la tasa de servicio es de 6,99 fardos por minuto.

Tabla XXVI. **Presentación de resultados aplicación teoría de colas días con tasa de llegada alta**

Parámetro por evaluar	Con 2 servidores	Con 3 servidores	Con 4 servidores
P	150,00 %	100,01 %	75,11 %
Po	2,46 %	4,53 %	5,27 %
Lq	1,79 = 2,00 fardos	0,61 = 1,00 fardo	0,13 = 1,00 fardo
Ls	3,67 = 4,00 fardos	3,00 fardos	2,73 = 3,00 fardos
Wq	0,14 minutos	0,04 minutos	0,01 minutos
Ws	0,28 minutos	0,18 minutos	0,15 minutos
Fardos atendidos	13,00 fardos	17,00 fardos	18,00 fardos
Fardos sin atender	7,87 = 8,00 fardos	4,30 = 5,00 fardos	2,82 = 3,00 fardos

Fuente: elaboración propia según estudio de campo

- Análisis de resultados con dos servidores: se observa que el porcentaje de utilización de los operarios está por encima del 100 % lo que indica que dos servidores no son suficientes para realizar el trabajo de una manera eficiente. Además, no se podrían atender la totalidad de los fardos que llegan al área de trabajo. Si solo tienen la capacidad de atender en promedio 13 fardos en conjunto, esto representa que 8 fardos no serían atendidos, o sea, un 38 % del producto sin atender.

Si a esto se le agrega que no se toman los tiempos de preparación de *pallet*, es evidente que no cumplen con lo necesario para realizar el trabajo en óptimas condiciones. Esto provocaría en los operarios estrés, fatiga y descontento, lo que daría como resultado una baja en el rendimiento de los operarios que puede verse evidenciada en la forma en que realizan su trabajo y la motivación con la que lo ejecutan.

- Análisis de resultados con tres servidores: de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el estudio, se puede notar que el porcentaje de utilización de los operarios está levemente por encima del 100 % y en consideración que no se está tomando en cuenta el tiempo empleado para preparación de tarimas no es óptimo utilizar solo 3 operarios en temporada de demanda alta.

Además, los operarios solo tienen la capacidad en conjunto de atender 17 fardos por minuto y dejan de atender 5 fardos, lo que representa que se estaría trabajando al margen y cualquier retraso por preparación de herramientas o pérdida de ritmo de trabajo puede ocasionar que llegue el sexto fardo y que tienda a caer al suelo al no tener la banda la capacidad para resguardar los seis fardos.

- Análisis de resultados con cuatro servidores: en este caso el porcentaje de utilización de los operarios es del 75,11 % lo que permite tener la suficiente holgura para realizar las operaciones de preparación de *pallet*, además, para realizar las rotaciones respectivas para el tiempo de desayuno y almuerzo. Además, se busca llevar de una manera eficiente el registro de datos, el traslado de *pallet* terminada, así como atender la banda de producto a granel sin sobrecargar de trabajo a los operarios del área. Por otra parte se puede analizar que los operarios tendrían la capacidad de atender 18 fardos por minuto y solo dejarían sin atender 3 fardos, lo que da un margen de holgura en caso de cualquier retraso en la ejecución de la operación.
- Selección del número óptimo de operarios: a partir de los resultados obtenidos con anterioridad y el análisis respectivo para cada uno de los escenarios, se propone que el número óptimo de operarios por utilizar en

el área es de cuatro servidores, tomando en cuenta los siguientes factores:

- El porcentaje de utilización de los operarios da holgura para que allí se puedan añadir los tiempos necesarios para la preparación de *pallet*; traslado de *pallet* hacia la entrada de la bodega de producto terminado; rotación de operarios para tiempo de desayuno y almuerzo; apoyo entre operarios en caso de que alguno desee ir a hidratarse, entre otras situaciones.
- La capacidad de atención de fardos obtenida es de 18 fardos por minuto, lo que representa que solo 3 fardos en promedio no serían atendidos y tomando en consideración que la banda puede albergar hasta 5 fardos sin ser atendidos, da una holgura de 2 fardos extra sin que exista riesgo de que puedan caer al suelo.
- La holgura en el porcentaje de utilización de operarios da la oportunidad de que se pueda aprovechar para tener la capacidad de atender la banda de productos a granel sin presentar ningún inconveniente en lo que se refiere a tiempos.
- No incrementa los costos actuales de mano de obra.
- Se tendría tiempo para realizar pausas activas de manera programada y alternada entre los operarios del área.

Tabla XXVII. Presentación de resultados aplicación teoría de colas días con tasa de llegada baja

Parámetro a evaluar	Con 2 servidores	Con 3 servidores
P	92,95 %	61,97 %
Po	1,10 %	1,49 %
Lq	0,96 = 1,00 fardo	0,22 = 1,00 fardo
Ls	2,54 = 3,00 fardos	1,97 = 2,00 fardos
Wq	0,09 minutos	0,02 minutos

Continuación, tabla XXVII

Ws	0,23 minutos	0,16 minutos
Fardos atendidos	11,00	12,00
Fardos sin atender	2,00	1,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

- Análisis de resultados con dos servidores: el porcentaje de utilización de los operarios es del 92,95 % esto representa que los operarios estarían saturados la mayor parte del tiempo de labor, lo que no da holgura para que puedan atender la banda de producto a granel ni para que puedan realizar el registro de datos, traslado de *pallet* terminada y tampoco para la preparación de las *pallet* en el momento que sea necesario. Además, si se toma en consideración el tiempo necesario para desayuno y almuerzo, un solo operario no puede realizar la labor, ya que realizando cálculos con un solo servidor que sería el caso en el momento de la hora de desayuno y almuerzo el operario solo tendría la capacidad de atender 7 fardos por minuto y dejaría sin atender 6 fardos por minuto, lo que representa que el producto iniciaría a caer al suelo.
- Análisis de resultados con tres servidores: realizando un análisis al porcentaje de utilización de los operarios, que para este caso es de 61,97 %, se puede notar una holgura bastante prolongada, pero que puede ser compensada con los tiempos de preparación, traslado y registro de *pallet*.

Además, en el momento de que sea hora de desayuno o almuerzo, solo quedarían en el puesto de trabajo dos operarios disponibles, por lo que se propone como óptimo para temporada de demanda baja utilizar tres operarios en el área, ya que podrían atender 12 fardos por minuto y solo

un fardo quedaría en espera de ser atendido, lo que no representa riesgo de caída de producto por saturación en la banda transportadora.

En resumen, se propone utilizar tres operarios en el área en temporada de tasa de llegada baja y utilizar cuatro operarios en temporada de tasa de llegada alta para evitar sobrecarga de trabajo hacia los operarios.

3.4. Estudio de ergonomía

En esta parte se desarrolla un análisis de los problemas ergonómicos presentes en el área en estudio.

3.4.1. Problemas actuales de ergonomía

Debido a la naturaleza propia de la operación que se realiza en el área, los operarios muestran molestias que corresponden al manejo ergonómico que se tiene para realizar las distintas operaciones que componen la tarea, entre las cuales se pueden mencionar:

- Fatiga
- Dolores musculares
- Acaloramiento

Las posibles causas que dan lugar a la aparición de las molestias anteriormente mencionadas se presentan a continuación:

- Fatiga
 - Manejo continuo de cargas.
 - Trabajo repetitivo.

- Los operarios trabajan de pie durante la totalidad de su jornada de trabajo.
 - Temperaturas altas.
 - Traslado de *pallets* con uso de montacargas manual.
- Dolores musculares
 - Movimientos repetitivos.
 - Manejo de cargas a distintas alturas.
 - Giro de cintura mientras se manejan cargas para colocar los fardos en las *pallets*.
- Acaloramiento:
 - No existen puestos con agua potable para consumo de los trabajadores en las cercanías del área.
 - Temperaturas altas.

3.4.1.1. Cuestionario de molestias musculoesqueléticas

Según el *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico (invassat-ergo)* se cuenta con un modelo de cuestionario con el cual se puede entrevistar a los operarios para determinar los riesgos de molestias musculoesqueléticas en el área de trabajo, con los cuestionamientos siguientes:

- ¿Durante el último año, ha tenido en el trabajo frecuentemente dolor, molestias o incomodidad en músculos, huesos o articulaciones? No deberán considerarse las molestias debidas a accidentes producidos fuera del trabajo.

Tabla XXVIII. **Cuestionario molestias musculoesqueléticas para turno I**

Zona corporal	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Conteo total de personal que presentan molestia muscular	Porcentaje
	Sí	No	Sí	No	Sí	No		
Cuello		X		X		X	0	0,00 %
Hombros y brazos		X		X	X		1	33,33 %
Antebrazos-muñecas-manos		X		X		X	0	0,00 %
Zona dorsal-lumbar de la espalda		X	X			X	1	33,33 %
Caderas-nalgas-muslos		X		X		X	0	0,00 %
Rodillas		X		X		X	0	0,00 %
Piernas – pies		X		X	X		1	33,33 %

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XXIX. **Cuestionario molestias musculo esqueléticas para turno II**

Zona corporal	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Conteo total de personal que presentan molestia muscular	Porcentaje
	Sí	No	Sí	No	Sí	No		
Cuello		X		X		X	0	0,00 %
Hombros y brazos		X		X		X	0	0,00 %
Antebrazos-muñecas-manos		X		X		X	0	0,00 %
Zona dorsal-lumbar de la espalda		X	X		X		2	66,67 %
Caderas-nalgas-muslos		X		X		X	0	0,00
Rodillas		X		X		X	0	0,00 %
Piernas – pies	X			X		X	1	33,33 %

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XXX. **Cuestionario molestias músculo-esqueléticas para turno III**

Zona corporal	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Conteo total de personal que presentan molestia muscular	Porcentaje
	Sí	No	Sí	No	Sí	No		
Cuello		X		X		X	0	0,00 %
Hombros y brazos		X		X		X	0	0,00 %
Antebrazos-muñecas-manos	X			X		X	1	33,33 %
Zona dorsal-lumbar de la espalda		X		X		X	0	0,00 %
Caderas-nalgas-muslos		X		X		X	0	0,00 %
Rodillas		X		X		X	0	0,00 %
Piernas – pies		X		X		X	0	0,00 %

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XXXI. **Resumen de cuestionario molestias musculo esqueléticas**

Zona corporal	Conteo turno I	Conteo turno II	Conteo turno III	Total	Porcentaje
Cuello	0	0	0	0	0,00 %
Hombros y brazos	1	0	0	1	11,11 %
Antebrazos-muñecas-manos	0	0	1	1	11,11 %
Zona dorsal-lumbar de la espalda	1	2	0	3	33,33 %
Caderas-nalgas-muslos	0	0	0	0	0,00 %
Rodillas	0	0	0	0	0,00 %
Piernas – pies	1	1	0	4	22,22 %

Fuente: elaboración propia según estudio de campo

De acuerdo con los cuestionamientos realizados a los trabajadores fijos de los diferentes turnos en estudio, se puede considerar según lo establecido por el *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico (invassat-ergo)* que se debe analizar con mayor detalle cuando más del 25 % de los trabajadores en estudio presentan molestias en determinada zona corporal. Se obtiene que 3 de los 9 trabajadores en estudio es decir, el 33,33 % presenta molestias en la zona dorsal-lumbar de la espalda.

De lo anteriormente mencionado, según testimonio de los operarios, no se presenta con tanta frecuencia y es debido a la naturaleza de la actividad que realizan tomando en cuenta que el peso de cada fardo en conjunto está dado de la siguiente manera:

$$\text{Peso fardo} = 36 \frac{\text{Unidades}}{\text{Fardo}} * 200 \frac{\text{gramos}}{\text{unidad}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gramos}} = 7,20 \frac{\text{kg}}{\text{fardo}}$$

Según lo establecido con anterioridad, con una tasa de llegada media de 21 fardos por minuto y distribuyendo uniformemente la carga de trabajo en los 3 operarios aproximadamente, cada uno recibe 7 fardos/minuto. Esto se resume en recibir un fardo cada 8,57 segundos y tomando en cuenta el peso de 7,20 kg/fardo, en este movimiento repetitivo se encuentra la principal causa de que el 33,33 % de los operarios presenten dolores lumbares, aunque no frecuentemente, pero sí en ocasiones.

3.4.1.2. Cuestionario de evaluación de tareas repetitivas

El cuestionario de evaluación se redactó para conocer si dentro de las actividades que se realizan hay algunas de naturaleza repetitiva y si esa repetición es constante o se da cada cierto tiempo.

Tabla XXXII. Cuestionario de evaluación de tareas repetitivas

Cuestionario	Sí	No
La tarea se caracteriza por ciclos de trabajo.	X	
Se realiza fuerza significativa (criterio de norma UNE-EN-1005-3)		X
Se adoptan posturas con brazo superan los 20° de flexión.	X	
La postura adoptada con el codo supera los 60 grados de flexión.		X
La postura adoptada con la muñeca supera los 45° de flexión o extensión.		X
El agarre es superior a 1/3 del ciclo.		X
El tiempo de ciclo es inferior a 30 segundos.		X
Las mismas clases de acción técnica se repiten durante más de un 50 % del tiempo del ciclo.	X	
La frecuencia de acciones técnicas para cada miembro superior es mayor de 40 por minuto.	X	

Continuación, tabla XXXII.

Presencia de algún factor adicional (vibraciones mano/brazo, golpes, compresión localizada sobre estructuras anatómicas por herramientas, exposición al frío, empleo de guantes inadecuados.		X
--	--	---

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

3.4.1.3. Cuestionario de evaluación de transporte de cargas

El cuestionario del transporte de cargas registra las distancias a las que se trasladan los bultos y cuánto peso es el que se carga.

Tabla XXXIII. Cuestionario evaluación transporte de cargas

Cuestionario	Sí	No
Se transportan cargas mayores de 25 kg.	X	
Se transportan cargas a una frecuencia superior a 15/minuto		X
Se transportan cargas a 20 metros, transportando más de 15 kg por minuto.	X	
Se transportan cargas a 10 metros, transportando más de 30 kg por minuto.		X
Se transportan cargas a 4 metros, transportando más de 60 kg por minuto.		X
Se transportan cargas a 2 metros, transportando más de 75 kg por minuto.		X

Continuación, tabla XXXIII.

Se transportan cargas a 1 metro, transportando más de 120 kg por minuto.		X
--	--	---

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

3.4.2. Manipulación de cargas

La manipulación de cargas debe seguir un proceso cuidadoso para que no existan daños ni para los operarios ni para el producto.

3.4.2.1. Cálculo del índice de levantamiento para tareas

El índice de levantamiento que permite evaluar la ecuación de NIOSH, requiere de los siguientes datos:

LC: la constante de carga es el peso máximo recomendado para un levantamiento. Según NIOSH, en estudios realizados se fijó el valor de la constante en 23 kilogramos. La elección de este valor se realizó de acuerdo con criterios biomecánicos y fisiológicos; el levantamiento de una carga igual al propuesto podría ser levantado por el 75 % de las mujeres y el 90 % de los hombres.

HM: corresponde a la distancia que recorre la carga horizontalmente, tomando la medida desde el centro del tronco hasta el centro de la carga.

Teniendo en consideración que cuando el factor de distancia horizontal no pueda ser medido puede aproximarse. En este caso lo que se busca es estandarizar, entonces se realizará una aproximación ya que cada uno de los

operarios presenta características físicas diferentes. La fórmula que se utiliza para dicho fin es la que se muestra a continuación:

Figura 10. **Ecuación para aproximación factor horizontal según NIOSH**

$$\begin{aligned} H &= 20 + w/2 \text{ si } V \geq 25\text{cm} \\ H &= 25 + w/2 \text{ si } V < 25\text{cm} \end{aligned}$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 94

Donde w representa la anchura de la carga en el plano sagital y en este caso se consideró el promedio de ancho de los fardos que se manejan en el área de trabajo el valor de w se considera con 0,25 metros. Tomando en cuenta que el valor de V que representa la altura de las manos respecto del suelo según un promedio realizado entre los operarios, se obtiene que el valor de V es de 0,53 metros, por lo que para este caso aplica la ecuación que dice que V sea mayor o igual a 0,25 metros.

$$H = 20 + \frac{25}{2} = 32,50$$

El cálculo del factor de distancia horizontal HM se obtiene de la siguiente manera:

Figura 11. **Fórmula para obtener factor de distancia horizontal HM**

$$HM = 25 / H$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 94

$$HM = 25,00 / 32,50$$

$$HM = 0,7692$$

VM: se refiere a la distancia vertical que recorre la carga, desde donde se toma hasta su destino final. Se calcula de la siguiente manera:

Figura 12. **Fórmula para obtener factor de altura**

$$VM = (1 - 0,003 IV - 75I)$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 95

Donde V es la distancia vertical del punto de agarre al suelo. Si $V > 175$ centímetros, se tomará $VM = 0$.

$$VM = 1 - 0,003(76-75)$$

$$VM = 0,997$$

DM: es el factor de desplazamiento vertical, se refiere a la diferencia que existe entre la altura inicial y final de la carga. Se determina de la siguiente forma:

Figura 13. **Fórmula para determinar factor de desplazamiento vertical**

$$DM = (0,82 + 4,5/D)$$

$$D = |V_o - V_d|$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p 95

Donde V1 es la altura de la carga respecto del suelo en el origen del movimiento y V2, la altura final del mismo.

$$V1 = 0,76 \text{ metros}$$

$$V2 = 1 \text{ metros}$$

Utilizando los valores de V1 y V2 en centímetros según la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$D = |76-100| = 24$$

$$DM = (0.82 + 4.5 / 24)$$

$$DM = 1$$

Según NIOSH se propone que si el valor D es menor a 0,25 metros, entonces el valor de factor de desplazamiento vertical sea igual a 1.

AM: es el factor de asimetría, el valor del ángulo debe medirse en el origen del movimiento y si la tarea requiere un control significativo de donde se debe colocar la carga, debe medirse el ángulo de giro al final del movimiento.

Para el caso en estudio el ángulo A de asimetría es de 90°. De acuerdo con lo propuesto por NIOSH existe una penalización de un 30 % por levantamientos que impliquen giros de 90°. El factor de asimetría se calcula de la siguiente manera.

Figura 14. **Fórmula para calcular factor de asimetría**

$$AM = 1 - (0,0032A)$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 96

$$AM = 1 - (0,0032 \cdot 90)$$

$$AM = 0,712$$

FM: es el factor de frecuencia, este factor es definido por el número de levantamientos por minuto, por la duración de la tarea de levantamiento y la altura a la que se realiza. A continuación se muestra la tabla propuesta por NIOSH para la evaluación del factor de frecuencia.

Figura 15. **Cálculo del factor de frecuencia**

FRECUENCIA elev/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	1 hora		>1- 2 horas		>2 - 8 horas	
	V<75	V 75	V<75	V 75	V<75	V 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Los valores de V están en cm. Para frecuencias inferiores a 5 minutos, utilizar F = 0,2 elevaciones por minuto.

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 97

Según los siguientes criterios se puede realizar la evaluación, en primer lugar se realizan aproximadamente por cada operario 7 levantamientos por

minuto. La altura inicial para levantar la carga es de 0,76 metros, medidos desde el suelo hasta la altura de la banda transportadora donde se ubican los fardos, el trabajo es de larga duración pues lo realizan durante la totalidad de la jornada de trabajo. Por lo anteriormente mencionado, el factor de frecuencia es de 0,22.

CM: es el factor de agarre, se obtiene según la facilidad de agarre y la altura vertical a la que se tiene el manejo de la carga. NIOSH ha propuesto una tabla con los tipos de agarre existentes para realizar la evaluación.

Figura 16. **Clasificación de los tipos de agarre según NIOSH**

MALO	REGULAR	BUENO
1 Recipientes de diseño óptimo en los que las asas o asideros perforados en el recipiente hayan sido diseñados optimizando el agarre (ver definiciones 1, 2 y 3).	1 Recipientes de diseño óptimo con asas o asideros perforados en el recipiente de diseño subóptimo (ver definiciones 1, 2, 3 y 4).	1 Recipientes de diseño subóptimo, objetos irregulares o piezas sueltas que sean voluminosas, difíciles de asir o con bordes afilados (ver definición 5).
2 Objetos irregulares o piezas sueltas cuando se puedan agarrar confortablemente; es decir, cuando la mano pueda envolver fácilmente el objeto (ver definición 6).	2 Recipientes de diseño óptimo sin asas ni asideros perforados en el recipiente, objetos irregulares o piezas sueltas donde el agarre permita una flexión de 90° en la palma de la mano (ver definición 4)	2 Recipientes deformables.

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 98

Para determinar el factor de agarre, se utilizan los criterios de la figura 15 y luego se busca el valor adecuado según la tabla propuesta por NIOSH.

Figura 17. **Determinación del factor de agarre (CM)**

TIPO DE AGARRE	FACTOR DE AGARRE (CM)	
	v < 75	v ≥ 75
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Malo	0.90	0.90

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 99

El tipo de agarre es malo ya que el producto, por la naturaleza de su empaque es de recipiente deformable lo que hace que sea difícil manipularlo y su centro de gravedad varíe al tomarlo de una forma incorrecta.

$$CM = 0,90$$

Para determinar el límite de peso recomendado se utiliza la siguiente fórmula propuesta por NIOSH.

Figura 18. **Ecuación de NIOSH**

NIOSH 1994	
LPR = LC × HM × VM × DM × AM × FM × CM	
LC:	constante de carga
HM:	factor de distancia horizontal
VM:	factor de altura
DM:	factor de desplazamiento vertical
AM:	factor de asimetría
FM:	factor de frecuencia
CM:	factor de agarre

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 92

$$\text{LPR} = 23,00 \text{ kg} * 0,77 * 0,997 * 1,00 * 0,71 * 0,22 * 0,90$$

$$\text{LPR} = 2,49 \text{ kg.}$$

Para el cálculo del índice de levantamiento de cargas se aplica el siguiente factor.

Figura 19. **Cálculo de índice de levantamiento**

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{\text{Carga levantada}}{\text{Límite de peso recomendado}}$$

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 91

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{7,20 \text{ kg.}}{2,49 \text{ kg.}} = 2,89$$

Para llevar a cabo el análisis de resultados comparativos del índice de levantamiento es necesario recurrir a los estándares establecidos por NIOSH los cuales se muestran en la siguiente figura.

Figura 20. **Estándares índice de levantamiento de cargas propuesto por NIOSH**

IL < 1 Riesgo limitado
1 < IL < 1,6 Riesgo moderado
IL > 1,6 Riesgo acusado

Fuente: Instituto Valenciano de seguridad y salud en el trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. p. 91

Figura 21. **Localización del rango en que se encuentra el índice calculado**



Valor obtenido: IL
= 2,80

Fuente: elaboración propia.

Al analizar la evaluación realizada aplicando los estándares propuestos por la ecuación de NIOSH se llega a la conclusión de que el índice obtenido está por encima de lo recomendado, y realizando un análisis respecto de los factores implícitos en la evaluación, se puede notar que el factor de mayor incidencia para que el resultado sea el que se obtuvo es el de frecuencia. Los aspectos que afectaron dicho factor son los siguientes:

- El número de repeticiones por minuto, ya que son 7 repeticiones de carga de fardos de peso de 7,20 kilogramos por minuto.
- La duración de la jornada de trabajo, tomando en cuenta que trabajan doce horas diarias y además el trabajo es repetitivo durante la totalidad de la jornada.
- La falta de tiempos de descanso para que los operarios puedan reponerse.

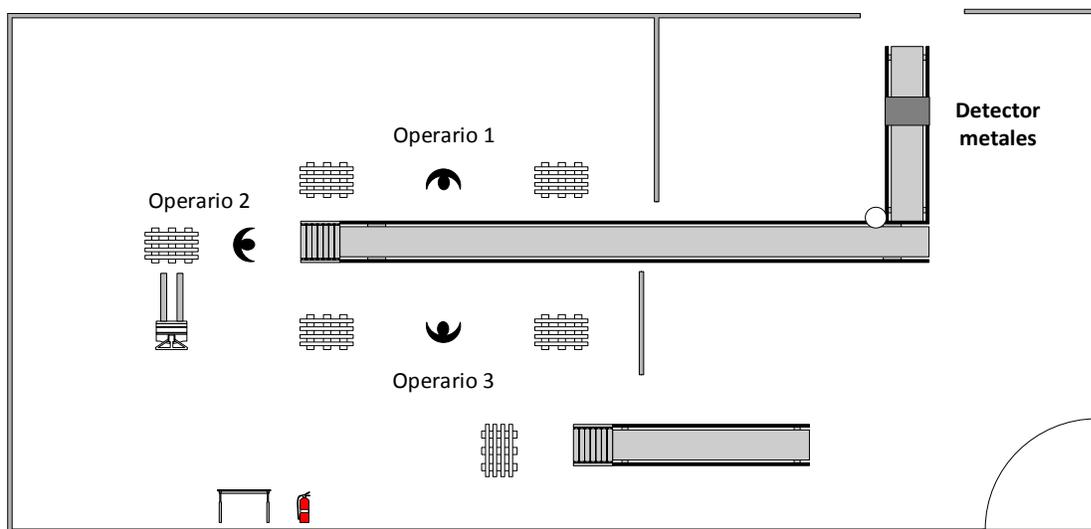
Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, hay factores que realmente no pueden ser cambiados por el mismo ritmo de trabajo con que se realiza la labor, pero sí se puede proponer mejoras en aspectos relevantes para la recuperación de los operarios. Una mejora que se puede realizar es la implementación de pausas activas de forma alternada entre los operarios

durante la jornada de trabajo. Esta propuesta se especificará con mayor detalle más adelante en la sección de implementación de propuestas.

3.4.3. Posiciones de trabajo

Otro aspecto importante es conocer cómo los operarios distribuyen actualmente sus actividades relacionadas con el trabajo, ya que así se podrán tomar decisiones, si se estima que son pertinentes.

Figura 22. **Posición inicial de trabajo actual para demanda baja**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

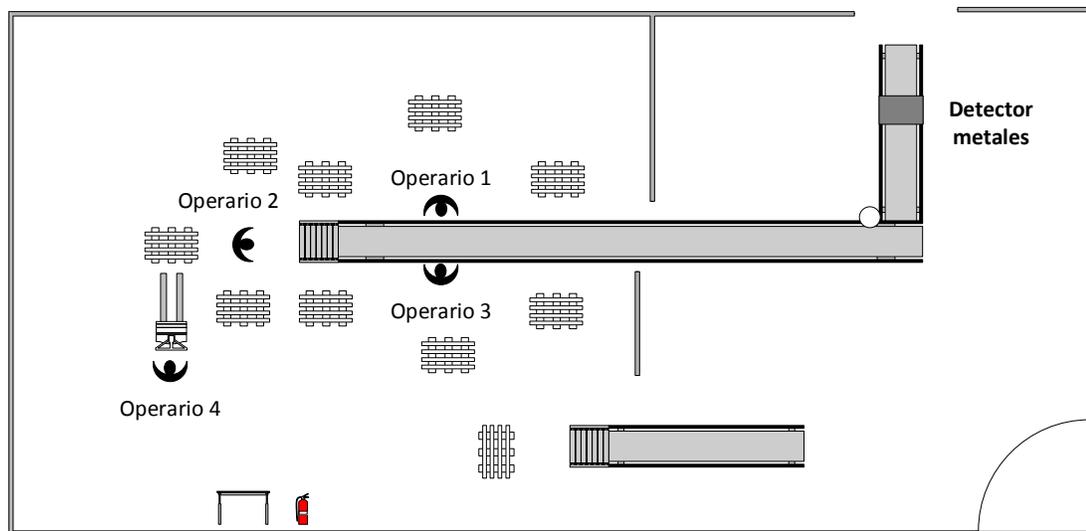
Si se toma como referencia la figura 21, se puede notar la posición que toman los operarios al inicio de las labores para una demanda baja, en la cual todos los operarios del área conocen la tarea que se debe hacer en conjunto y buscan distribuirlas entre ellos.

Normalmente, realizan rotaciones cada hora o cada dos horas dependiendo del turno del que se trate pero se realiza de manera aleatoria. En

ocasiones, el operario 1 se encarga de *paletizar* dos productos diferentes y el operario 3 se encarga de los dos restantes, mientras el operario 2 se encarga de registrar los datos, flejar, trasladar *pallet* de una posición a otra y *paletizar* el producto a granel.

Mientras, en otras ocasiones es el operario 3 quien realiza la operación de *paletizar* el producto a granel. Actualmente esto depende en gran manera del criterio de los operarios de cada turno.

Figura 23. **Posición inicial de trabajo para demanda alta**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

Cuando es temporada de demanda alta al área de trabajo se incorpora un cuarto operario el cual es subcontratado, dado que no cuenta con la suficiente práctica y experiencia para identificar los productos o números de lote entre otros detalles importantes. La labor que se le asignan es preparar las *pallet* con su respectivo cartón, flejar la *pallet* terminada y movilizar las *pallet* con el montacargas manual hacia el área donde son recogidos por el montacargas.

El resto de los operarios que son propios del área se dedican a sus labores cotidianas con excepción del operario 2 quien se encarga del registro de los datos y paletizar. Otra de las diferencias respecto de una temporada de demanda baja es que en la temporada alta el número de productos y *pallet* simultáneas aumenta, y la tasa de llegada de producto es mayor.

3.4.4. Estudio de movimientos

En el estudio de movimientos se busca identificar qué movimientos son innecesarios para con ello garantizar que los movimientos que se están realizando son óptimos.

3.4.4.1. Movimientos repetitivos

Dentro de los movimientos hay unos que son recurrentes y que deben ser observados para discernir su importancia o no dentro de todo el proceso.

3.4.4.1.1. Checklist Método OCRA

El *checklist* Método OCRA se aplica de acuerdo con lo observado en el ciclo del trabajo cotidiano de los operarios, para luego seleccionar según las situaciones que el método propone, lo que más se asemeje a lo observado y registrado durante el estudio.

Tabla XXXIV. **Puntuación del factor de recuperación**

Situación de los períodos de recuperación	Puntuación
<p>Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo).</p> <p>El período de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno)</p>	0
<p>Existen al menos 4 interrupciones (además del descanso del almuerzo) de al menos 8 minutos en un turno de 7-8 horas.</p> <p>Existen 4 interrupciones de al menos 8 minutos en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).</p>	2
<p>Existen 3 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas.</p> <p>Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).</p>	3
<p>Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas.</p> <p>Existen 3 pausas (sin descanso para el almuerzo), de al menos 8 minutos, en un turno de 7-8 horas.</p> <p>Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas.</p>	4
<p>Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 7 horas sin descanso para almorzar.</p> <p>En 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).</p>	6
<p>No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de turno.</p>	10

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XXXV. **Distribución de las pausas incluyendo horario de desayuno y almuerzo para los 3 turnos**

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10 h	11 h	12 h
Horario	6 am	7 am	8 am	9 am	10 am	11 am	12 pm	1 pm	2 pm	3 pm	4 pm	5 pm	6 pm
Turno 1													
Turno 2													
Turno 3													

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

Los tres turnos cuentan con los mismos horarios para desayuno y almuerzo, cuentan con media hora para desayuno y media hora para almuerzo. Son cuatro operarios en total en temporada de demanda alta. Los ciclos de desayuno y almuerzo duran 2 horas, respectivamente.

Tabla XXXVI. **Factor de frecuencia para acciones técnicas dinámicas**

Acciones técnicas dinámicas	Punteo
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten las pausas.	10

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XXXVII. **Factor de frecuencia para acciones técnicas estáticas**

Acciones técnicas estáticas	Punteo
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	4,5

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Para la tarea en estudio en el momento en que el fardo llega por medio de la faja transportadora a la posición del operario, este estira sus brazos y lo toma, para luego trasladarse hacia el punto exacto en que colocará el fardo, lo que representa que sostiene el fardo por lo menos 5 segundos consecutivos antes de movilizarse hacia la *pallet* donde lo colocará. Para seleccionar el puntaje por frecuencia de movimientos se debe seleccionar el valor máximo entre las acciones técnicas dinámicas y las estáticas, en este caso en específico el valor máximo está dado por las acciones técnicas estáticas con un punteo de 2,5.

Tabla XXXVIII. **Acciones técnicas identificadas en la tarea**

Acción técnica	Definición	Aplicación en la tarea
Agarrar/tomar	Asir un objeto con la mano o los dedos para realizar una actividad o tarea.	Se lleva a cabo cuando se toman los fardos con las manos de los operarios
Colocar	Posicionar un objeto o una herramienta en un punto preestablecido.	El operario coloca los fardos en la <i>pallet</i> de acuerdo con la forma de estiba predeterminada.

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

Tabla XXXIX. Puntuaciones factor de fuerza

Fuerza moderada		Fuerza intensa		Fuerza casi máxima	
Duración	Punteo	Duración	Punteo	Duración	Punteo
1/3 del tiempo	2	2 s Cada 10 min	4	2 s Cada 10 min	6
50 % del tiempo	4	1 % de tiempo	8	1 % de tiempo	12
Mayor que el 50 % del tiempo	6	5 % del tiempo	16	5 % del tiempo	24
Casi todo el tiempo	8	Mayor del 10 % del tiempo	24	Mayor del 10 % del tiempo	36

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XL. Aplicación factor de fuerza

Acción técnica	Tipo de esfuerzo	Duración	Punteo
Empujar o tirar palancas	Nulo	0 % del tiempo	0
Pulsar botones	Nulo	0 % del tiempo	0
Cerrar o abrir	Nulo	0 % del tiempo	0
Manejar o apretar componentes	Nulo	0 % del tiempo	0
Utilizar herramientas	Moderado	1/3 del tiempo	2
Elevar o sujetar objetos	Moderado	Mayor del 50 % del tiempo	6
Total			8

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XLI. **Posturas y movimientos del hombro**

Posturas y movimientos del hombro	Punteo
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	1
El brazo se mantiene a la altura de los hombros, sin soporte (o en otra postura extrema) aproximadamente el 10 % del tiempo	2
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	6
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XLII. **Posturas y movimientos del codo**

Posturas y movimientos del codo	Punteo
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o pronosupinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo	8

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XLIII. **Posturas y movimientos de la muñeca**

Posturas y movimientos de la muñeca	Punteo
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo	8

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

No aplica ninguna de las posturas y movimientos de la muñeca descritos en la tabla XXI, tomando en cuenta que no es necesario tomar posiciones extremas de la muñeca para realizar la tarea en estudio.

Tabla XLIV. **Posturas y movimientos de la mano**

Duración del agarre	Punteo
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo	8

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Para calcular el factor por posturas y movimientos se selecciona el valor máximo entre los seleccionados de hombro, muñeca y mano, en este caso en particular, el valor máximo está dado por posturas y movimientos del codo con un punteo de 8.

- Factores de riesgo adicionales

Tabla XLV. **Factores socio-organizativos**

Factores socio-organizativos	Punteo
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

Tabla XLVI. **Factores físico-mecánicos**

Factores físico-mecánicos	Punteo
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etcétera) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etcétera) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío (menos de 0°) más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2

Continuación tabla XLVI.

Factores físico-mecánicos	Punteo
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etcétera.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

El punteo para factores físico-mecánicos es de cero puntos tomando en cuenta que ninguno de los criterios propuestos por el *Checklist* OCRA para esta clasificación aplica para la tarea en estudio. Factores de riesgo adicionales:

$$= 1 + 0 = 1$$

- Multiplicador de duración

Tabla XLVII. **Multiplicador de duración**

Tiempo neto de trabajo repetitivo	MD
60-120	0,50
121-180	0,65
181-240	0,75
241-300	0,85
301-360	0,93
361-420	0,95
421-480	1,0
Mayor de 480	1,5

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>. Consulta: 14 de enero de 2017.

La jornada de trabajo tiene una duración de más de 480 minutos, y la tarea se realiza de forma continua durante toda la jornada, por lo que el multiplicador de duración es de 1,5.

- Determinación el nivel de riesgo
 - Cálculo índice de *Checklist* OCRA (ICKL)

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC)$$

$$ICKL = (10,00 + 2,50 + 8,00 + 4,00 + 1,00) * 1,50 = 38,25$$

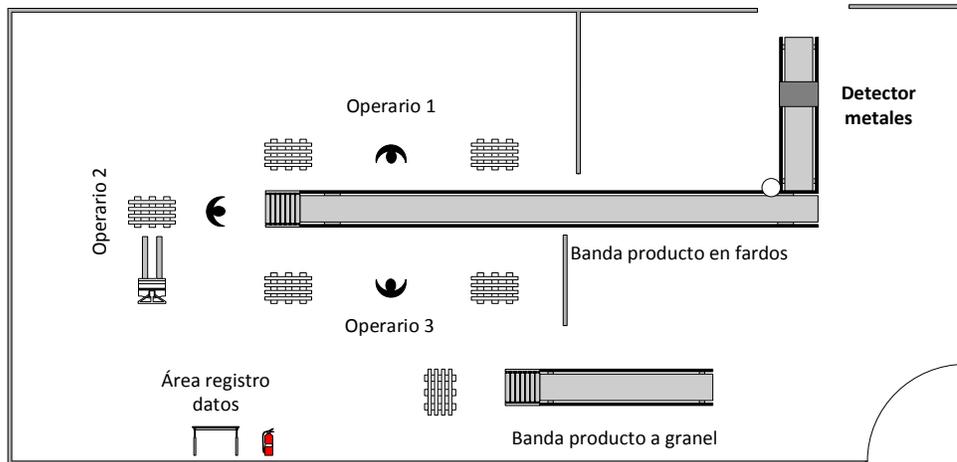
3.4.4.1.2. Análisis de resultados *checklist* método OCRA

Los resultados proporcionados por el *Checklist* método OCRA evidencian que, dado que $ICKL > 22,50$, sí se está en un riesgo alto, no aceptable por lo que se recomienda rotación de roles entre los operarios del área cada hora, cambio de posición dentro de la operación para con ello disminuir las actividades monótonas y que la carga de trabajo esté mejor distribuida.

3.4.5. Distribución del área de trabajo

Muestra la forma en la que las herramientas y personas están distribuidas actualmente en el área.

Figura 24. **Distribución actual área de paletizado**

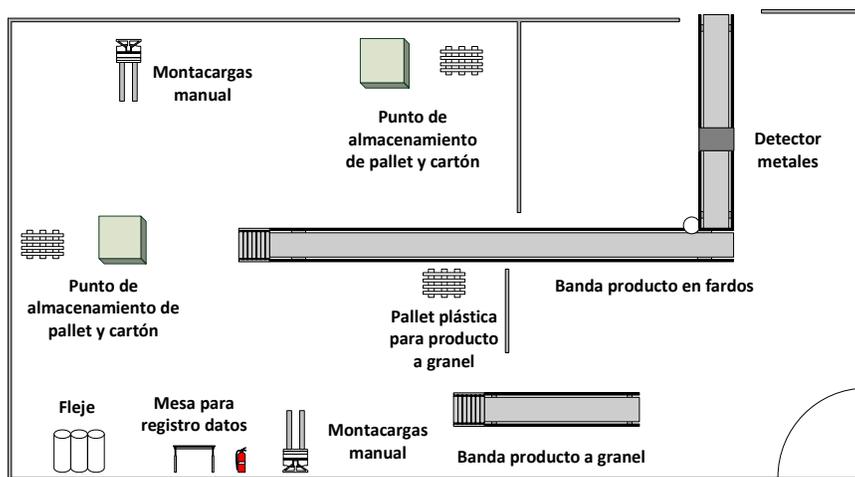


Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

3.4.5.1. **Distribución de herramientas**

Muestra la forma en que las herramientas están actualmente distribuidas en el área de trabajo.

Figura 25. **Distribución actual de las herramientas utilizadas por los operarios**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

3.5. Implementación

Se dan a conocer los parámetros por seguir para la implementación de la propuesta.

3.5.1. Especificaciones de implementación

Para la implementación se dividirá en las siguientes etapas y sub etapas:

- Capacitación para operarios
 - Especificaciones del nuevo método
 - En este apartado se mostrará a los operarios del área los problemas que fueron identificados y las razones que motivaron los cambios propuestos a la forma en que realizan su trabajo actualmente. Luego se muestra la nueva forma en que se debe realizar de manera estandarizada.
 - Beneficios de aplicación
 - Serán mostrados los beneficios que trae para los operarios el aplicar el nuevo método, tanto para su salud como para el mejor flujo del proceso.
 - Responsabilidades
 - Se dejará claro cuáles son las responsabilidades que se deben cumplir, tanto por los jefes del área como por parte de los operarios.
 - Directrices de aplicación

- Se propondrá un líder por cada turno, el cual será el responsable de velar que se esté aplicando de manera correcta el método.

3.5.2. Capacitación para operarios

Es de suma importancia que los operarios tengan conocimiento del nuevo método, con la finalidad de que su aplicación sea correcta.

3.5.2.1. Especificaciones de nuevo método

De acuerdo con la evaluación realizada del área en estudio se identificaron los siguientes problemas y sus respectivas causas:

- Deficiencias en el método de trabajo
 - Pérdida de tiempo en traslado de materiales.
 - Exceso de transporte para colocar fardos en *pallets* en temporada de demanda alta.
 - Falta de especificación de roles para cada operario.
- Infraestructura y equipo no está en las condiciones adecuadas
 - Suelo deteriorado.
 - Ancho de banda transportadora insuficiente para algunos productos.
- Ergonómicos
 - Fatiga
 - Movimientos repetitivos
 - Manejo constante de cargas

- Falta de agua potable en las cercanías de los operarios

Luego de observar los problemas identificados en el actual método de trabajo se propone lo siguiente:

- Propuesta 1: adherir el cartón a cada *pallet*

Uno de los principales problemas identificados dentro del método de trabajo actual es que se pierde tiempo en ir a traer primero la *pallet*, colocarla en su posición adecuada y luego retornar al mismo punto de almacenamiento a traer cartón, para luego trasladarse a la posición de la *pallet* y colocar el cartón, es un movimiento que no agrega ningún valor a la tarea por lo cual debe ser anulada. Se propone utilizar una engrapadora de pared para adherir el cartón a la *pallet* y que permita disminuir el tiempo necesario para realizar la operación completa. A continuación se muestra el ahorro potencial que se tendría al implementar lo que se propone:

Tabla XLVIII. **Tiempos necesarios para traslado de *pallet* y cartón según método actual**

Operación	Tiempo unitario requerido	Tiempo total
Transporte para ir a traer <i>pallet</i> (se multiplica por 2 dado que es de ida y vuelta 2 m. de distancia)	20,40 s	40,80 s
Transporte para ir a traer cartón (se multiplica por 2 dado que es de ida y vuelta 2 m. de distancia)	20,40 s	40,80 s
Tiempo invertido en traslado de materiales para preparación de <i>pallets</i>		81,60 s

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla XLIX. **Tiempos necesarios para traslado de *pallet* y cartón según método propuesto**

Operación	Tiempo unitario requerido	Tiempo total
Transporte para ir a traer <i>pallet</i> con cartón adherido (se multiplica por 2 dado que es de ida y vuelta 2 m. de distancia)	20,40 s	40,80 s

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

De acuerdo con la aplicación de la ecuación siguiente se obtendrá el porcentaje de reducción de tiempo en traslado de materiales (ecuación No. 14):

$$\frac{\textit{Tiempo actual} - \textit{Tiempo propuesto}}{\textit{Tiempo actual}} * 100$$

$$\frac{81,60 \textit{ s} - 40,80 \textit{ s}}{81,60 \textit{ s}} * 100 = 50,00 \%$$

Según el resultado obtenido anteriormente, el tiempo necesario para el traslado de materiales con el propósito de preparación de *pallets* se reduciría en un 50 %.

Porcentaje de reducción de tiempo de transportes para realizar la operación:

$$\frac{\textit{Tiempo actual transportes} - \textit{Tiempo propuesto}}{\textit{Tiempo actual transportes}} * 100$$

$$\frac{281,20 \text{ s} - 240,40 \text{ s}}{281,20 \text{ s}} * 100 = 14,51\%$$

A partir del resultado anterior se puede notar que, de llevarse a cabo la implementación de la propuesta, se obtendrá una reducción del 14,51 % de tiempo invertido en transportes. Este tiempo puede ser invertido en operaciones que sí agregan valor.

- Propuesta de metodología de aplicación

Tomando en cuenta que una vez al mes se realiza un paro de labores cotidianas para realizar mantenimiento preventivo a toda la maquinaria, así como limpieza, entre otras actividades específicas, se propone dedicar el primer día de mantenimiento a la preparación de las *pallets*, utilizando un solo operario para dicha labor. Se propone un mes cada operario, de forma alternada, realizando un calendario de la siguiente manera:

Figura 26. **Calendario de asignación de operarios para preparación de *pallets***

Calendario mensual de asignación para preparación de pallets		Atribuciones:
MES	OPERARIO RESPONSABLE	
Enero	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión a cada una de las pallets disponibles. <ul style="list-style-type: none"> ➢ Verificar que no existan clavos resaltados. ➢ Utilizar listado de verificación para reportar pallets muy dañadas. ➢ Revisar que el cartón se encuentre bien adherido a la pallet.
Febrero	Operario 2	
Marzo	Operario 3	
Abril	Operario 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conteo y levantamiento de reportes de estado de pallets <ul style="list-style-type: none"> ➢ En buen estado. ➢ En mal estado.
Mayo	Operario 2	
Junio	Operario 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generar listado de requisición de materiales para reparar pallets <ul style="list-style-type: none"> ➢ Número de reglas de madera necesarias, indicando las medidas requeridas (Largo y Ancho).
Agosto	Operario 1	
Septiembre	Operario 2	
Octubre	Operario 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dejar en orden las herramientas.
Noviembre	Operario 1	
Diciembre	Operario 2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Al finalizar su labor reportarse con jefe inmediato superior para asignación de nueva tarea.

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Power Point 2013.

Para las atribuciones que deberá cumplir el operario responsable de la preparación de *pallets*, se utilizará un formato especial para realizar el reporte final de las actividades que llevó a cabo, para luego entregarlo a su jefe inmediato superior. El formato se presenta a continuación:

Figura 27. **Formato de reporte para preparación de *pallets***

Procedimiento a seguir:	Reporte:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión a cada una de las pallets disponibles. <input type="checkbox"/> ➤ Verificar que no existan clavos resaltados. <input type="checkbox"/> ➤ Utilizar listado de verificación para reportar pallets muy dañadas. <input type="checkbox"/> ➤ Revisar que el cartón se encuentre bien adherido a la pallet, en buen estado y llenar reporte. <input type="checkbox"/> ✓ Conteo y levantamiento de reporte de estado de pallets <input type="checkbox"/> ➤ En buen estado. <input type="checkbox"/> ➤ En mal estado. <input type="checkbox"/> ✓ Generar listado de requisición de materiales para reparar pallets <input type="checkbox"/> ➤ Número de reglas de madera necesarias, indicando las medidas requeridas (Largo y Ancho). <input type="checkbox"/> ✓ Dejar en orden las herramientas. <input type="checkbox"/> ✓ Al finalizar su labor reportarse con jefe inmediato superior para asignación de nueva tarea. <input type="checkbox"/> <p style="text-align: center;">_____ Firma jefe inmediato superior</p>	<p>Pallets muy dañadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reglas fracturadas <input type="checkbox"/> ¿Cuántas? _____ • Le faltan reglas <input type="checkbox"/> ¿Cuántas? _____ • Faltan clavos <input type="checkbox"/> ¿Cuántos? _____ <p>Revisión de cartón</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de pallets con cartón despegado: _____ • Número de cartones en mal estado: _____ <p>Estado de pallets actualmente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de pallets en buen estado _____ • Número de pallets en mal estado _____ <p>Listado de requisición de materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de reglas de madera _____ • Tipo Largo _____ Ancho _____ • Clavos Cant. _____ Tipo _____ • Cartón Cant. _____ Dimensiones _____ <p>Nombre Colaborador _____</p> <p style="text-align: center;">_____ Firma operario</p>

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Power Point 2013.

- Forma de uso de formato para generación de reportes
 - Para los operarios

Deben seguir el procedimiento establecido y de forma simultánea llenar el formato de reportes. Cada parte del reporte tiene una finalidad en busca de un mejor control del estado de las herramientas de trabajo, adecuándose a la idea de que es más económico hacer mantenimiento preventivo a cada una de las herramientas que se utilizan en el puesto de trabajo, y no permitir que se

deterioreen de tal forma que tengan que ser reemplazadas por herramientas nuevas. La finalidad de cada una de las partes del reporte se muestra a continuación:

- *Pallets* muy dañadas: en este apartado del reporte se desea realizar un recuento de los daños para luego generar una requisición de materiales.
- Revisión de cartón: el objetivo principal es conocer qué tan bien está funcionando el pegamento que se esté utilizando para adherir el cartón a la *pallet*, para con ello tomar la decisión de continuar utilizando dicho pegamento o cambiar por otro de mejores características. Otro objetivo es conocer el tiempo de vida del cartón en buenas condiciones, para con ello conocer cada cuánto tiempo se debe comprar cartón.
- Estado de *pallets* actualmente: con este apartado se quiere tener una referencia de cuántas *pallets* están en las condiciones óptimas para ser utilizadas y cuántas necesitan ser reparadas.
- Lista de requisición de materiales: este apartado es al final el más importante, ya que muestra al jefe inmediato superior los materiales que serán necesarios para reparar las *pallets* dañadas y allí pueda realizar una requisición de compra de acuerdo con su presupuesto.

Es de suma importancia que el reporte esté firmado, tanto por el jefe inmediato superior como por el operario, ya que esto sirve para que el jefe esté enterado de qué están realizando sus operarios, así como también como

prueba de que el operario responsable de la actividad realizó sus atribuciones según lo establecido.

- Para el jefe inmediato superior

El formato de reporte en específico será de utilidad al jefe inmediato para analizar la frecuencia con la que debe comprar cartón, para llevar un registro y tener mejor retroalimentación del estado actual de las herramientas de trabajo. Además, para verificar y tomar una decisión si en su presupuesto puede acomodarse el gasto de la reparación.

- Propuesta 2: estandarización de roles de los operarios

La figura 9 muestra la distribución actual de los operarios, nombrándolos para fines de ubicación como operario 1, operario 2 y operario 3 respectivamente. Además, considerando que en temporada de demanda alta se incursiona con un nuevo operario subcontratado se llamará a este, operario 4.

La problemática actual es que no se cuenta con roles específicos sobre qué actividad debe realizar cada operario, en general, si se tiene conocimiento del rol que tienen que desempeñar y la meta por cumplir en conjunto. Pero no es el caso de que tengan distribuidas de manera equitativa y estandarizada las actividades que cada operario debe realizar. Lo anterior ocasiona que las rotaciones no se hagan adecuadamente y no se equilibren las cargas de trabajo. Si se llega a ejecutar lo propuesto, deben quedar fijos en el descriptor del puesto del jefe las atribuciones planteadas para que pueda darse continuidad al plan, aunque el jefe actual ya no se encuentre.

Al considerar lo anteriormente descrito, se propone estandarizar los roles de trabajo de acuerdo con la totalidad de actividades que se realizan para

- Escenario 1: tasa de llegada baja
 - Roles para operario 1
 - ✓ Atender *pallet* identificadas como: 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
 - ✓ Informar al operario 2 en el momento en que ya esté por finalizar un *pallet*.
 - Roles para operario 2
 - ✓ Estar atento al momento en que sus compañeros estén por finalizar una *pallet*.
 - ✓ Movilizar *pallet* finalizada.
 - ✓ Flejar *pallet* finalizada.
 - ✓ Preparar *pallets* con su respectivo cartón.
 - ✓ Registrar *pallets* finalizadas.
 - ✓ Realizar prueba a detector de metales cada dos horas.
 - Roles para operario 3
 - ✓ Atender *pallets* identificadas como: 4, 5 y 6.
 - ✓ Informar al operario 2 cuando esté por finalizar alguna *pallet*.

Especificaciones de rotación: la rotación entre los operarios se realizará cada hora, rotando de puesto de la siguiente manera: el operario posicionado en el puesto del operario 1 pasará a la posición del 2 y el operario 2 a la posición del 3 y así respectivamente.

- Escenario 2: tasa de llegada alta

Se debe tomar en consideración que para este escenario se propone que la rotación sea únicamente entre los operarios 1, 2 y 3, tomando en cuenta que son los operarios fijos del área y que tienen la mayor experiencia, esto con el fin

de no tener problemas en el registro de los datos. Los roles de los operarios se proponen a continuación:

- Roles para operario 1
 - ✓ Atender *pallet* identificadas como: 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
 - ✓ Informar al operario 2 en el momento en que ya esté por finalizar un *pallet*.
- Roles para operario 2
 - ✓ Estar atento al momento en que sus compañeros estén por finalizar una *pallet*.
 - ✓ Movilizar *pallet* finalizada.
 - ✓ Flejar *pallet* finalizada.
 - ✓ Preparar *pallets* con su respectivo cartón.
 - ✓ Registrar *pallets* finalizadas.
 - ✓ Realizar prueba a detector de metales cada dos horas.
- Roles para operario 3
 - ✓ Atender *pallet* identificadas como: 8, 9 y 10 respectivamente.
 - ✓ Informar al operario 2 en el momento en que ya esté por finalizar una *pallet*.
- Roles para operario 4 (subcontratado)
 - ✓ Atender *pallet* identificadas como: 5, 6 y 7, respectivamente.
 - ✓ En caso de que sea necesario agregar una nueva *pallet*. Como la tasa de llegada es muy alta, el operario 4 será el encargado de atenderla.

- ✓ Informar al operario 2 en el momento en que ya esté por finalizar una *pallet*.

Se consideró asignar únicamente tres *pallets* al operario 4, dado que es de menor experiencia y por ello no se le puede sobrecargar. Se propone que sea siempre el mismo personal subcontratado que se tenga designado para trabajar en el área, ya que los operarios pierden tiempo en explicar el rol que debe cumplir y la forma en que debe realizar su labor.

- Propuesta 3: programación y estandarización de personal subcontratado para días de tasa de llegada alta.

La problemática que se presenta en estos casos es que en primer lugar los operarios del área en tiempo de tasa de llegada alta tienen que hacer la requisición de personal y no enviar la información a la brevedad posible, sino que se tienen que esperar a que sea asignado y esto provoca que los operarios trabajen a un ritmo más acelerado lo que ocasiona fatiga.

En segundo lugar, nunca se sabe quién será la persona subcontratada asignada, lo que provoca que si este no ha estado con anterioridad desempeñando el puesto, los operarios tengan que enseñarle cómo hacer el trabajo. Esto provoca retrasos, además de que el personal subcontratado no cuenta con equipo de protección personal adecuado, pues no siempre están asignados para realizar la tarea propia del área.

- Metodología de implementación

Para la programación y estandarización de personal subcontratado se necesitará el apoyo del jefe inmediato superior, tomando en cuenta que él es

quien realiza la programación de la producción y conoce a cabalidad cuándo serán los días de tasa de llegada alta, por lo que se propone utilizar el siguiente modelo.

Figura 30. **Modelo de requisición de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado**

Asignación de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado

Mes: _____ Turno: _____

Nombre de persona asignada: _____

Asignación													
Rango de Fecha													
Horario													
Líneas produciendo													

Firma Jefe inmediato superior

Firma líder del turno

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Power Point 2013.

La requisición de personal la realizará el líder de cada turno de la siguiente manera:

El primer día de cada mes es colocada la programación de producción dentro de las instalaciones de la planta, además aprovechando que normalmente la producción es baja en dichos días, el líder del turno deberá acercarse a donde está la programación y verificar los días en los que la demanda es alta y necesitará del personal extra e ir llenando el formato de acuerdo con la fecha y hora en que se necesitará, para luego acercarse a su jefe inmediato superior y mostrarle su requisición de personal.

Debe mostrar la razón por la que necesita más personal en esos días y el jefe, luego de la revisión correspondiente, revisará la requisición y de acuerdo con su criterio aprobará o no lo solicitado y asignará a la persona que estará para apoyo del área.

Luego de que el jefe inmediato superior apruebe la requisición de personal, firmará de aprobado al igual que el líder del turno, entonces, archivará el documento hasta que se junten las requisiciones de los 3 turnos, para luego tabular los datos de acuerdo con siguiente modelo.

Figura 31. **Modelo de asignación de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado**

Asignación de personal subcontratado para apoyo en área de paletizado			
Mes: _____			
FECHA	Turno al que se incorporará	Nombre líder del turno	Nombre de persona asignada
	Turno 1	Líder 1	Subcontratado 1
	Turno 2	Líder 2	Subcontratado 2
	Turno 3	Líder 3	Subcontratado 3
	Turno 1	Líder 1	Subcontratado 1
	Turno 2	Líder 2	Subcontratado 2
	Turno 3	Líder 3	Subcontratado 3

Atribuciones

- Consultar al líder del turno la posición en la que trabajará.
- Paletizar en la posición asignada.
- Informar al encargado de preparar pallets en el momento en que este por finalizar la pallet asignada.

Equipo de necesario

- Cinturón lumbar.
- Redecilla.

Normas mínimas a seguir

- Respetar a sus compañeros de trabajo.
- Utilizar el equipo necesario, en caso de contar con el mismo informar al jefe inmediato superior o en su caso al líder del turno para que sea este quien informe.
- Permanecer en su puesto de trabajo, en caso de requerir permiso para salir, debe hacerlo saber al líder del turno.
- Utilizar adecuadamente el equipo.
- Verificar que el número de lote y tipo de producto sea el que le fue asignado antes de paletizar.

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Power Point 2013.

En el momento en que el jefe inmediato superior cuente con la requisición de personal de los tres turnos procederá a tabular los datos y el formato será colocado a un costado del programa de producción.

En el formato se muestran las atribuciones que tendrán a su cargo la persona subcontratada que servirá de apoyo al área, así como el equipo que necesita para realizar su labor y las normas que debe seguir para realizar de buena manera su trabajo.

Además, se propone que se tenga asignada a una misma persona subcontratada por turno para evitar pérdida de tiempo en enseñar el rol que debe desempeñar y la forma en que debe realizar su labor.

- Propuesta 4: ampliar el largo de la banda en 1,50 metros más y su ancho en 0,02 m.

La problemática identificada se basa en dos aspectos importantes, el primero es con respecto al largo de la banda, la cual solo permite albergar como máximo 3 *pallets* de su lado derecho y 2 al lado izquierdo. Si se ubica una tercer *pallet* se obstruye el libre paso para movilizar las *pallet* de producto a granel y en temporada de tasa de llegada alta, los operarios se ven obligados a colocar más *pallets*. El traslado para ir a colocar los fardos es demasiado extenso e influye en pérdida de tiempo y fatiga de los operarios ya que tienen que trasladar manualmente el peso de cada fardo.

El segundo problema se ve con el ancho de la banda, ya que existen fardos de dimensiones más grandes que las habituales y esto hace que al posicionarse de forma horizontal uno de los extremos salga de la banda, haga contacto con la estructura metálica y al generarse fricción por el movimiento que lleva el fardo por el contacto contra la superficie metálica se ocasione que el fardo gire y termine por salirse de la banda transportadora. El resultado es la caída del fardo en el suelo.

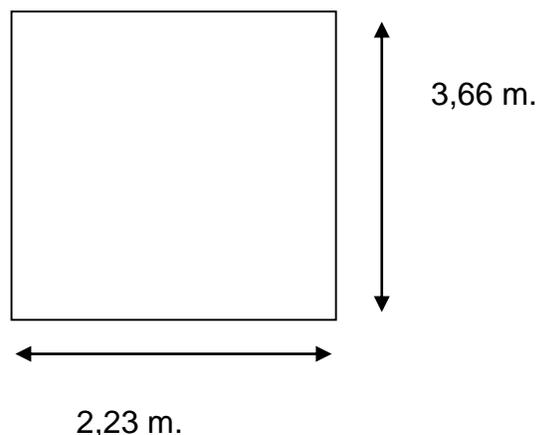
Se propone ampliar el largo de la banda en 1,50 metros para con ello garantizar que se podrá alojar una *pallet* extra de cada lado de la banda para aumentar la capacidad actual del sistema respecto de mantener *pallets* en uso de manera simultánea de 7 a 9.

Esto aumenta la capacidad en 29 % y con esto disminuye el tiempo y la distancia en que los operarios transportan de forma manual los fardos en temporada de tasa de llegada alta.

- Recomendación de infraestructura: reparar suelo

Existe deterioro en el suelo del área en estudio, esto ocasiona que las ruedas de los montacargas manuales queden atorados en agujeros y hendiduras que están presentes en el suelo como producto del tiempo que tiene de haberse fabricado. El área afectada en mayor significancia se presenta diagramada a continuación:

Figura 32. **Área de piso por reparar**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

- Propuesta de metodología de implementación

A partir de lo analizado se puede implementar de la siguiente manera: normalmente se cuenta con un paro de actividades productivas de tres días por motivo de mantenimiento general dentro de la planta de producción. Se puede aprovechar para realizar las labores de reparación del área.

Lo más urgente se encuentra ubicado en un recuadro de dimensiones de 3,66 metros de alto por 2,23 metros de ancho, es donde se encuentra la mayor evidencia de deterioro del suelo y donde los operarios tienen los mayores problemas para la movilización de las *pallet*.

Se propone aprovechar el primer día de mantenimiento general para realizar la reparación y luego señalizar con cinta de precaución el área donde esta se realizó. Además, aprovechando que cuando se reanudan operaciones la tasa de llegada es baja y eso se puede identificar como número reducido de *pallets* usadas simultáneamente, se puede deshabilitar durante los dos días siguientes para permitir el secado adecuado del suelo reparado.

3.5.2.2. Beneficios de aplicación

- Beneficios de adherir cartón a las *pallet*.
 - Se reduce el tiempo de traslado de materiales para preparación de *pallets* en 50 %.
 - Mayor facilidad de atender el producto que llega.
 - Mejor retroalimentación entre jefe y operarios.
 - Mantenimiento preventivo a herramientas.
 - Control de estado actual de herramientas.

- Beneficios de programar y estandarizar personal subcontratado para días de tasa de llegada alta.
 - No se pierde tiempo en enseñar y delegar atribuciones al empleado subcontratado.
 - Se evita perder tiempo en estar pidiendo apoyo a última hora.
 - Mejor control en el uso del personal subcontratado en el área.
 - Mejor retroalimentación entre los operarios y el jefe inmediato superior.
 - Da al jefe mayor tiempo para planificar la incorporación de personal subcontratado.
- Beneficios de ampliar largo y ancho de banda.
 - Reducción de tiempo en que el operario traslada fardos de manera manual.
 - Disminución de la distancia que los operarios trasladan los fardos de manera manual.
 - Disminución de fatiga.
 - Aumento de la capacidad de alojamiento de *pallets* para uso simultaneo en un 29 %.
 - Se disminuirá la frecuencia con que los fardos caen al suelo.
- Beneficios de fijar roles para operarios.
 - El operario tiene conocimiento de sus atribuciones
 - Se tendrá mejor control en el cumplimiento de los deberes
 - Distribución más equitativa de la carga de trabajo
 - Estandarización de roles para los tres turnos

- Estandarización de rotación entre operarios para los tres turnos
- Beneficios de reparar suelo del área.
 - Mayor facilidad para movilización de los montacargas manuales
 - Menor esfuerzo para movilizar cargas
 - Se reduce el riesgo de tropiezos

3.5.2.3. Responsabilidades

- Responsabilidades del jefe inmediato superior
 - Revisar y dar seguimiento a las requisiciones de material y reportes que presenten los operarios.
 - Analizar y revisar si las requisiciones de materiales se acoplan al presupuesto disponible.
 - Revisar las requisiciones de personal subcontratado que realice el líder de turno y evaluar si procede o no aprobar la incorporación de personal subcontratado.
 - Dar a conocer al líder del turno si su solicitud fue o no aprobada y los motivos por los cuales fue rechazada, si así fuera su decisión.
 - Seleccionar al líder de cada turno de acuerdo con experiencia y aptitudes de liderazgo.
- Responsabilidades de los operarios
 - Cumplir y respetar los roles propuestos para cada posición de trabajo.
 - Respetar los tiempos de rotación de personal.
 - Aprovechar los espacios buscando no obstruir el paso.

- No obstruir las salidas de emergencia.
- Cumplir con la programación de mantenimiento preventivo de herramientas.
- Presentar reportes al jefe inmediato superior de su evaluación y mantenimiento preventivo de herramientas.

3.5.2.4. Directrices de aplicación

Se busca que la aplicación del nuevo método que está compuesto según las propuestas anteriores sea bajo la dirección del jefe inmediato superior con apoyo de un líder por cada turno. Se proponen las siguientes características para seleccionar al líder de cada turno:

- Experiencia de mínimo 5 años en el área
- Buenas relaciones interpersonales
- Observador
- Responsable
- Proactivo

Deben utilizarse los formatos y modelos propuestos de acuerdo con lo estipulado, realizarse cumpliendo los tiempos sin hacer excepción, ya que de lo contrario se inician a espaciar los tiempos para el análisis y se pierde el control que se busca tener con los reportes mensuales.

Los líderes de cada turno deben llegar a la oficina del jefe inmediato superior en el primer día que sea colocado el nuevo programa de producción para hacer la requisición de personal y con ello dar el tiempo necesario al jefe inmediato superior para analizar la situación y aprobar o reprobar la requisición según su criterio.

4. REDISEÑO DEL ÁREA DE TRABAJO

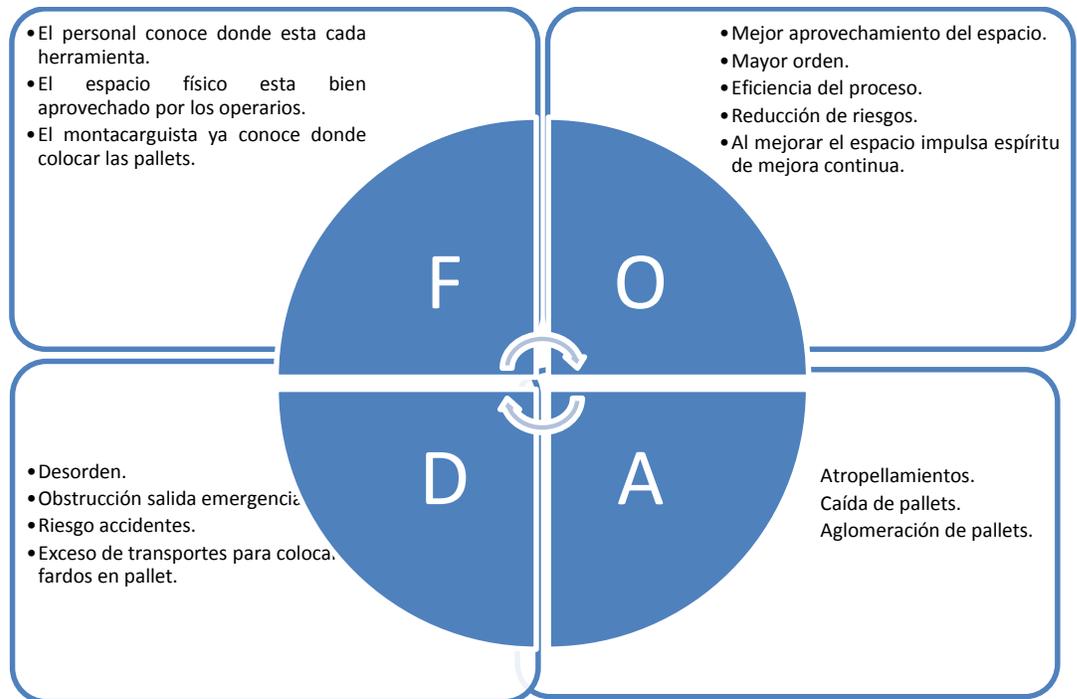
4.1. Análisis de distribución actual

Se observa la distribución actual para buscar puntos de mejora.

4.1.1. Análisis FODA

Se realiza un análisis FODA de la distribución actual para identificar cuáles pueden ser esos puntos de mejora que sustenten la propuesta que se busca generar.

Figura 33. FODA de la distribución actual



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

4.1.1.1. Estrategias para distribución

Después de analizar lo anterior se buscan estrategias para mejora en distribución del área de la siguiente manera de acuerdo al análisis de las debilidades y amenazas:

- Estrategias para reducir o eliminar debilidades
 - Desorden:
 - El desorden está producido por tubos de fleje en piso ya que no se cuenta con una estructura o lugar específico para guardarlos. Lo que se recomienda es colocar una estructura en la cual se puedan colocar los tubos de fleje mientras no estén siendo utilizados, lo que permitirá una mejora estética en el área, así como mejor orden.
 - Obstrucción salida de emergencia
 - La salida de emergencia se ve obstruida por piezas de cartón que son colocadas al lado de las *pallet*, este problema se puede solucionar de dos formas.
 - ✓ Tomando en cuenta que en cada área de almacenamiento de *pallets* y cartón son colocadas dos pilas de *pallets* una al lado de la otra, se podría colocar el cartón sobre una de las pilas de *pallets* mientras no se esté utilizando.
 - ✓ Que el cartón ya se encuentre adherido a las *pallets*, esto podría realizarse en el tiempo en que está programado mantenimiento general en la planta de producción.

- Riesgo de accidentes
 - Se pueden colocar señalización de donde deben estar las herramientas para que con ello no estén tiradas en el suelo y no sean causa de tropiezos.
 - Mantener ordenas las herramientas y mantener limpia el área de trabajo.

- Exceso de transportes para colocar fardos en *pallets*
 - Debido al largo actual de la banda transportadora no es posible colocar las *pallets* necesarias alrededor y esto provoca que se tengan que colocar lejos de donde el operario se encuentra ubicado, lo que da como consecuencia un traslado innecesario de los operarios para colocar los fardos, por lo que se propone una ampliación del largo de la banda en 1,50 metros para que con ello se pueda colocar una *pallet* extra a ambos lados de la banda transportadora y minimizar los traslados innecesarios, además reducir los tiempos necesarios para el paletizado.

- Atropellamientos
 - Por el motivo de que algunas herramientas están expuestas en el piso del área, se corre el riesgo de que al momento de llegar los montacargas a dejar *pallets* al área por intentar esquivar los obstáculos innecesarios en el piso puedan pasar dañando a algún operario, por lo que se propone enmarcar el área de paso que tiene que seguir el montacargas para que no tenga ningún contacto cercano con los operarios

- Caída de *pallets* a operarios
 - En el momento en que el montacargas llega al área a dejar *pallets* pasa muy cercano a donde se encuentran los operarios por lo que en un mal movimiento puedan caer las *pallets* sobre alguno de los operarios, por lo que se propone enmarcar el área de paso que tiene que seguir el montacargas para que no tenga ningún contacto cercano con los operarios y colocar barras metálicas alrededor de donde se colocan las *pallets* para que ello no permita que puedan caer directamente sobre los operarios.

- Aglomeración de *pallets*
 - Se produce cuando se está trabajando con más de 7 *pallets* de manera simultánea, dado que a como está diseñada el área de trabajo actualmente solo se tiene capacidad para albergar 7 *pallets*.
 - La estrategia propuesta es ampliar en 1,50 metros el largo de la banda transportadora, esto con el fin de que se puedan albergar una *pallet* extra de cada lado, con esto se conseguiría una capacidad de 9 *pallets* simultáneas en el sistema.

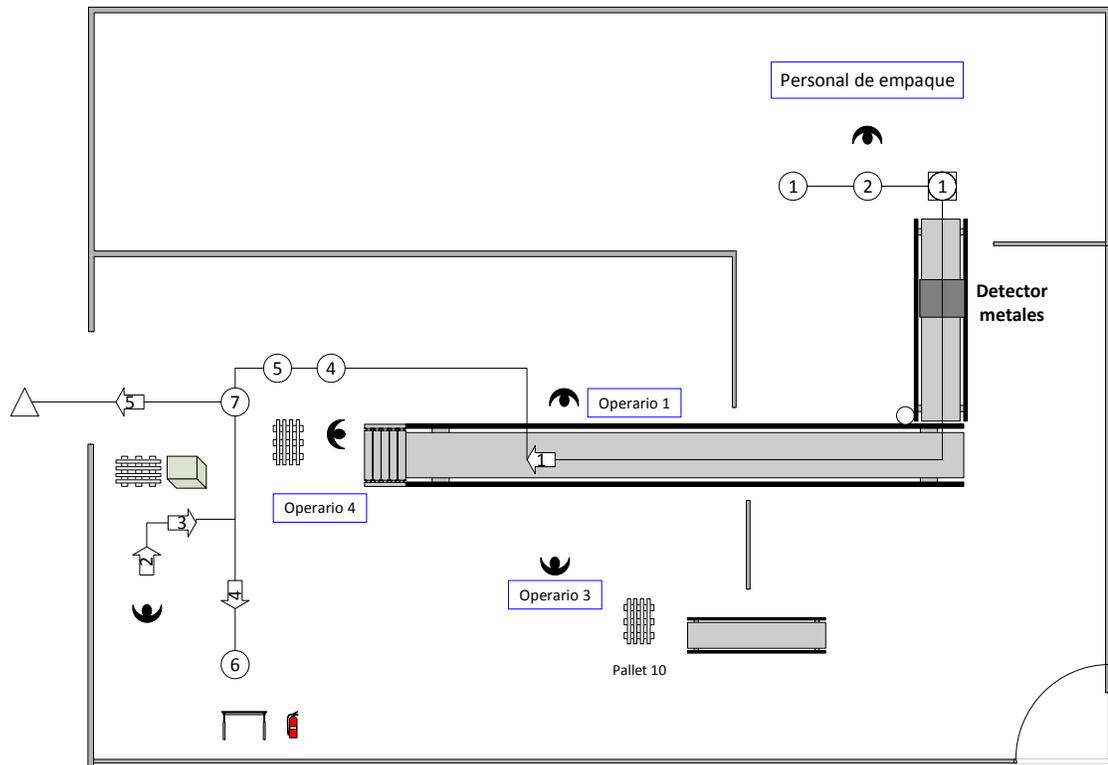
- Daño al producto al golpearlo contra alguna *pallet*
 - Esto se produce en el momento del traslado de las *pallets* ya terminadas, en ocasiones el espacio no es el adecuado y las esquinas de otras *pallet* que se encuentran en el punto de almacenamiento de *pallet* y cartón dañan el fleje de la *pallet* que se está transportando y esto puede provocar que astillas ingresen dentro del producto.

- Para evitar lo anteriormente mencionado se recomienda establecer con claridad los puntos permitidos para ubicar las *pallet* en uso y así no obstruir el paso a los operarios que trasladan el producto.

4.1.2. Diagrama de recorrido del proceso

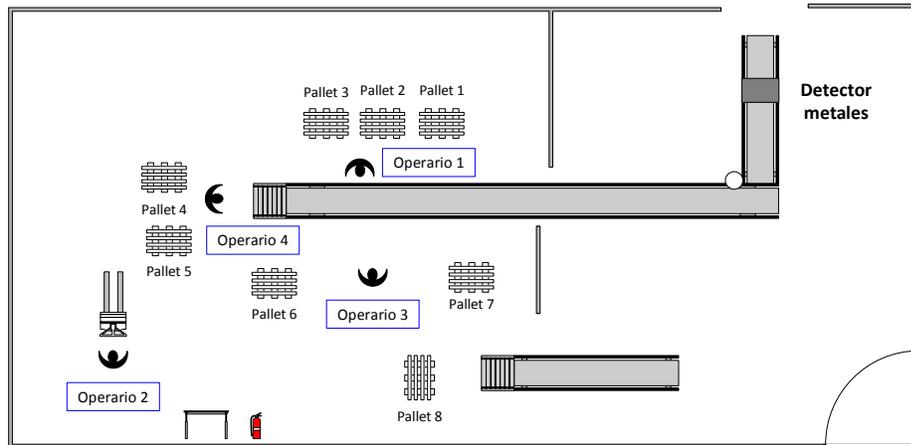
Se muestra el flujo del proceso a lo largo de la línea de producción, para dar a conocer el recorrido del producto en el área.

Figura 34. Diagrama de recorrido del proceso actual



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

Figura 36. **Ubicación actual de operarios del área**

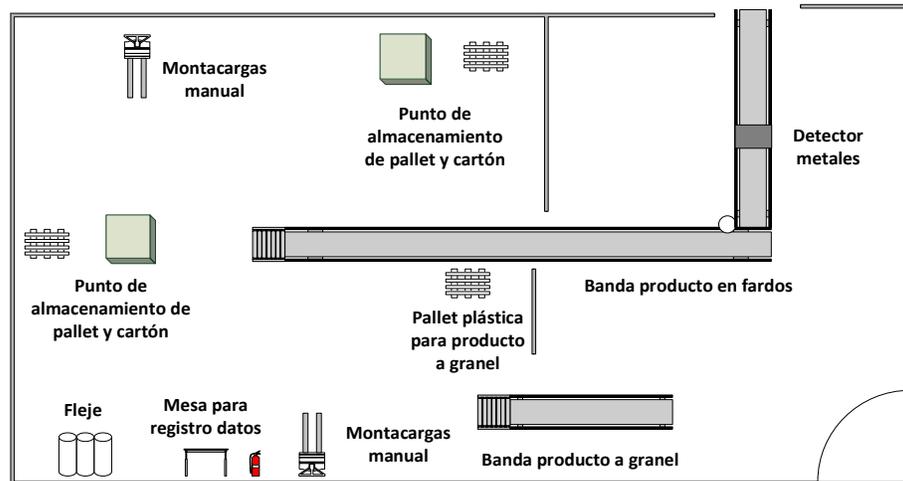


Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

4.1.5. **Ubicación de herramientas y equipo**

En esta parte se presenta un esquema de cómo están ubicadas actualmente las herramientas y equipos en el área de proceso.

Figura 37. **Diagrama de ubicación de herramientas y equipo**



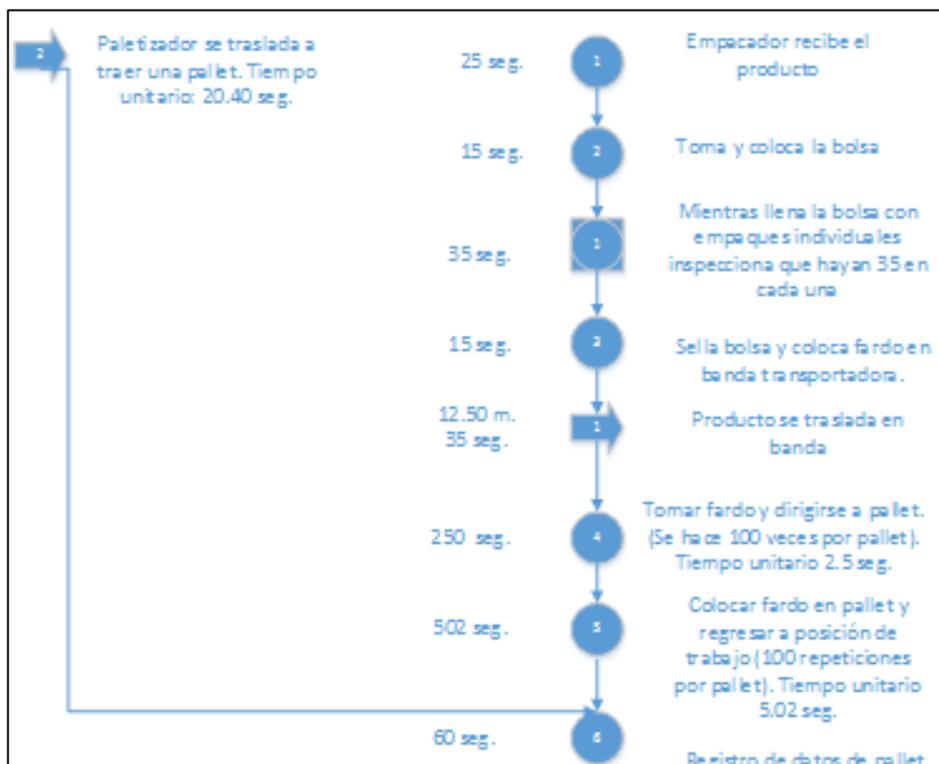
Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

4.2. Propuesta de distribución

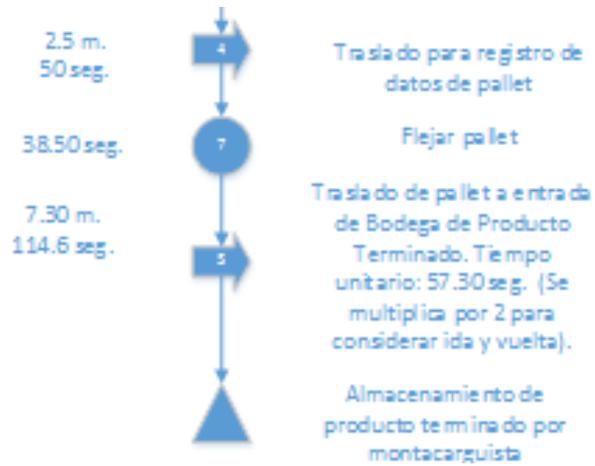
A continuación se muestra la propuesta de diagrama de flujo de operaciones con la mejora en operaciones del método de trabajo propuesto en el capítulo 3.

Figura 38. Diagrama de flujo de operaciones propuesto

Nombre tarea: empaque y paletizado	Página: 1 de 2
Área: producción	Fecha: 24/01/2016
Realizado por: Brandon Estuardo Monroy Bustamante	Revisado por: Ing. Julio Baeza



Continuación de la figura 38.



Símbolo	Nombre	Número	Tiempo	Distancia
	Operación	7	905,50 s	
	Combinada	1	35,00 s	
	Transporte	4	225,40 s	24,30 m.

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

Resumen:

Tiempo total de operación: 1 165,90 segundos.

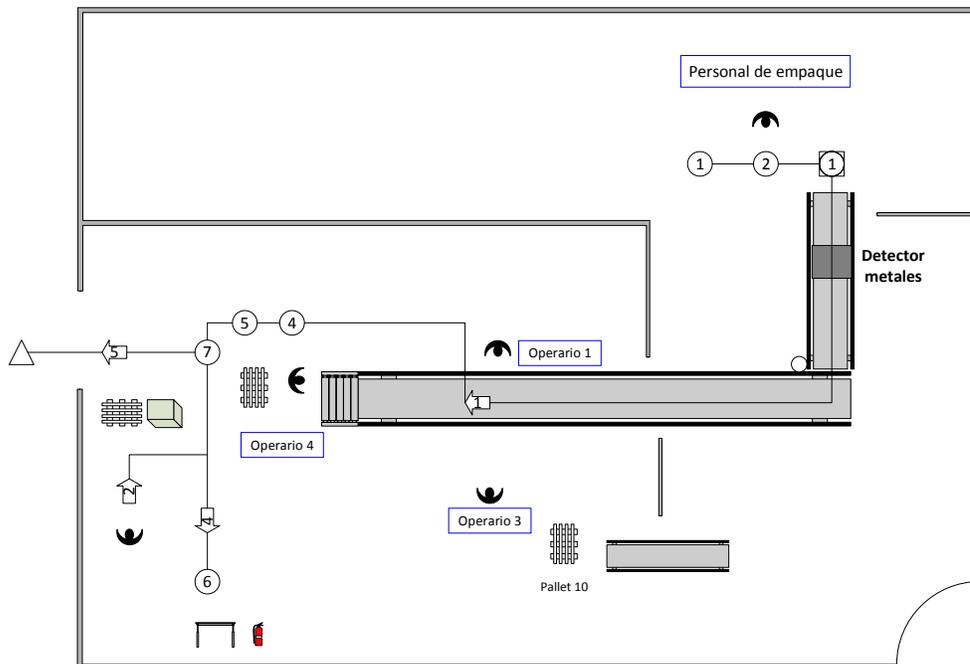
Conversión a minutos: 19,43 minutos.

Conversión a horas: 0,32 horas.

4.2.1. Diagrama de recorrido del proceso propuesto

Se muestra la forma propuesta para que el flujo del proceso sea óptimo y con ello se reduzcan tiempos y movimientos innecesarios.

Figura 39. Diagrama de recorrido propuesto

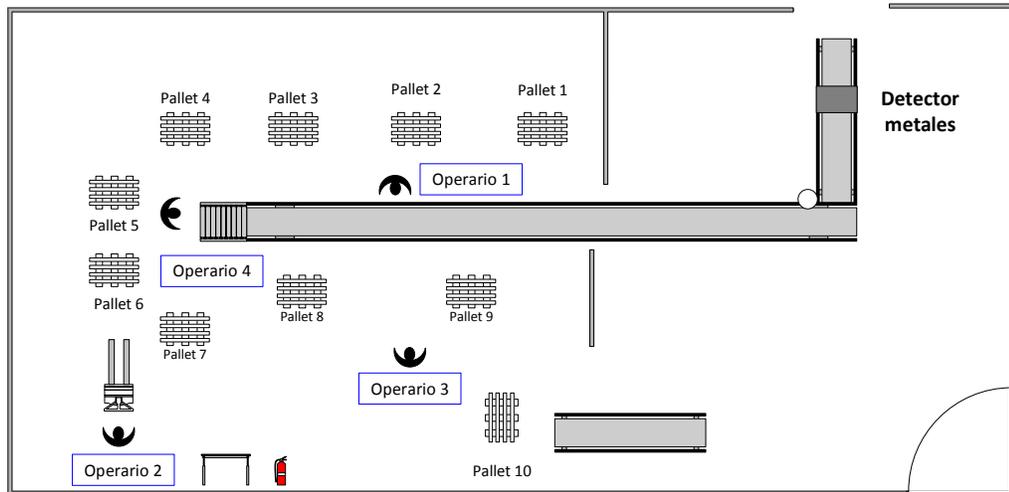


Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

4.2.2. Distribución propuesta de operarios

Se da a conocer la propuesta de distribución de los operarios a lo largo de la línea productiva para que las distancias recorridas sean mínimas.

Figura 40. **Propuesta de distribución de los operarios**

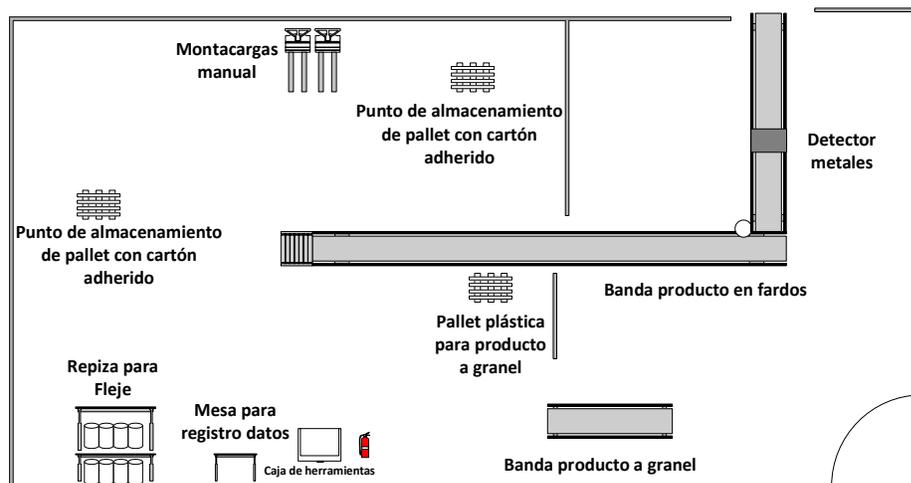


Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

4.2.3. **Ubicación del producto y herramientas**

Se da a conocer la propuesta de ubicación de herramientas, para que estén lo más cercano posible a los operarios y así mejore el flujo del proceso.

Figura 41. **Propuesta de ubicación de herramientas**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

4.3. Análisis de costos de implementación

Obsérvese la tabla con la descripción de los costos.

Tabla L. Costos de propuestas

Propuesta	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo
Engrapadora para pared	Engrapadora para pared modelo R-153E, metálica	1	Q. 390,00	Q. 390,00
Grapas	Grapas número 53 de 8 milímetros	1080	Q. 21,00	Q. 21,00
Impresión formatos de requisición	Se imprimirá en hojas tamaño carta, se imprimirá para todo 12 por cada turno, una por mes.	36	Q. 1,00	Q. 36,00
Banda transportadora	Banda antiderrapante para transporte de producto terminado, material de Conveyor de 22,00 mts de largo x 0,54 mts (21 1/2") de ancho unida con grapa de acero inoxidable	1	Q. 10 603,20	Q. 10 603,20
Reparación de suelo	Reparación de porción de suelo de las siguientes dimensiones: 3,66 m. X 2,23 m. Se necesita:	1 metro arena de río = Q. 65,00 1 metro pedrín = Q. 170,00 4 sacos de cemento = Q. 300,00	Q. 535,00	Q. 535,00
Caja de herramientas	Caja para guardar herramientas marca Stanley	1	Q. 350,00	Q. 350,00
Impresión afiches	Se imprimirá en hojas tamaño carta de 120 gramos de grosor, a color.	2	Q. 1,50	Q. 3,00

Continuación, tabla L.

Cinturón lumbar	Cinturón de fuerza talla M	1	Q. 129,00	Q. 129,00
			Total	11 982,20

Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Word 2013.

Tabla LI. **Costos que se evitarían por accidente o lesión de un trabajador**

Costo	Descripción	Costo
COSTOS DIRECTOS		
Salario extra personal reemplazo	Se debería reemplazar la persona lesionada mientras este en tratamiento médico.	Q. 5 000,00
Ambulancia	Costo por traslado del lesionado a centro asistencial	Q. 300,00
Pago al trabajador suspendido	El patrono debe pagar 1/3 del salario diario del trabajador suspendido, según Artículo 54 del Acuerdo 468 de Junta Directiva del IGSS.	Q.1666,67
Gastos médicos y medicamentos	En caso de que la empresa provea al empleado de medicamentos para su recuperación y se le brinde atención médica en las clínicas de la empresa	Q. 3 100,00
Precio por detención de producción	Por accidente grave durante una hora. (Valor aproximado)	Q.6 500,00
Gastos administrativos	Papelería y contratación de trabajador temporal	Q. 350,00
Costo por tiempo extra	Para compensar el tiempo perdido por paro de labores durante una hora. Cada trabajador gana aproximadamente Q. 31,25 por hora extra	Q. 125,00

Continuación, tabla LI

COSTOS INDIRECTOS		
Porcenta- je de salario pagado por el IGSS	El IGSS paga dos terceras partes del salario diario del lesionado según Artículo 54 del Acuerdo 468 de Junta Directiva del IGSS.	Q. 3 333,33
	Total	Q. 20 375,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

4.3.1. Análisis financiero

En esta parte se realiza un análisis para demostrar si es conveniente invertir en la propuesta o en caso contrario, no hacerlo.

4.3.1.1. Valor presente neto del proyecto

En base a los datos obtenidos por la herramienta electrónica Microsoft Excel 2013, se procede a calcular el valor presente neto del proyecto.

Tomando en consideración que el proyecto no generará ingresos, se toma como base los costos que se pueden evitar al aplicar las propuestas dadas, estos costos están estrechamente relacionados con costos por accidentes laborales o por lesiones que sufran los trabajadores por ergonomía inadecuada en sus jornadas de trabajo, por lo cual son costos que se ahorra la empresa.

Tabla LII. **Costos por proyecto frente a costos evitados por implementación de proyecto**

Costos del proyecto	Costos a evitar con implementación de proyecto
Q. 11 982,20	Q. 20 375,00

Fuente: elaboración propia.

Tasa de interés utilizada = 9,02 %

Se utilizó la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) para la evaluación del proyecto, para tomar en cuenta la inflación y además el porcentaje de beneficio que se desea alcanzar al invertir.

$$\text{TMAR} = \% \text{ de inflación} + \text{Premio al riesgo} + \% \text{ utilidad requerido}$$

$$\text{TMAR} = 4,00 \% + 4,00 \% * 5,00 \% + 5,00 \% = 9,02 \%$$

$$\text{VPN} = \text{Q. } 752,24$$

Dado que el valor presente neto es positivo, se puede notar que el proyecto es viable, no porque vaya a generar aumento en los ingresos de la empresa, sino porque evitará que se tengan repercusiones en gastos innecesarios.

4.3.1.2. Tasa interna de retorno del proyecto

La valuación para obtener la tasa interna de retorno del proyecto se obtuvo haciendo uso de la herramienta electrónica Microsoft Excel 2013.

$$\text{TIR} = 11,00 \%$$

4.3.1.3. Análisis beneficio/costo

Para obtener un estimado del beneficio costo que trae por consecuente el proyecto se procede a calcular con la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

En el presente análisis los beneficios serán los costos en los que se evitará incurrir al aplicar las propuestas dadas y los costos serán los necesarios para la implementación del nuevo método.

$$\frac{B}{C} = \frac{Q. 20\,375,00}{Q. 11\,982,20} = 1,70$$

- Tomando en cuenta que el valor de $B/C > 1$, esto quiere decir que el proyecto es viable de realizar. En este caso no porque vaya a aumentar los ingresos económicos para la empresa, sino desde el punto de vista que evitará que la empresa tenga gastos innecesarios por accidentes de trabajo o por lesiones de sus empleados del área.

5. ESTUDIO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA PROCESO PRODUCTIVO

5.1. Matriz de riesgos para línea

El levantamiento de datos e identificación de peligros en las áreas en estudio es realizado por separado con la finalidad de que se puedan generar capacitaciones específicas para ambas áreas y mitigar por separado los riesgos propios de la actividad.

5.1.1. Identificación de peligros

En esta etapa se identifican los peligros probables para luego verificar qué tanta probabilidad y severidad representarían al suceder para luego proponer rumbos de acción.

Tabla LIII. Matriz de riesgos para área de empaque

Actividad/Área	Peligro	Tipo	Sub-tipo	Consecuencia	Probabilidad	Severidad	Estimación del riesgo	Prioridad
Área de empaque	Físico	Temperaturas extremas	Altas	Enfermedades producidas por calor	Media	Ligeramente dañino	Riesgo tolerable	C
Área de empaque	Ergonómicos	Movimientos repetitivos		Lesiones osteomusculares	Alta	Ligeramente dañino	Riesgo moderado	B

Continuación tabla LIII.

Actividad/Área	Peligro	Tipo	Sub-tipo	Consecuencia	Probabilidad	Severidad	Estimación del riesgo	Prioridad
Área empaque	Mecánico	Traumatismos	Aplastamientos	Politraumatismos	Baja	Dañino	Riesgo tolerable	C
Área de empaque	Ergonómicos	Disconfort ergonómico		Fatiga/estrés	Alta	Ligeramente dañino	Riesgo moderado	B
Área de empaque	Sicosociales	Sobrecarga de trabajo	Cuantitativa	Estrés	Media	Dañino	Riesgo moderado	B

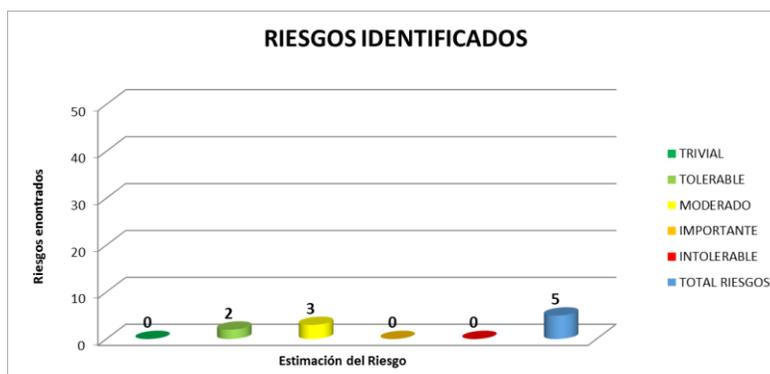
Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla LIV. **Tabulación riesgos para área de empaque**

Estimación de riesgo	Trivial	Tolerable	Moderado	Importante	Intolerable	Total riesgos
Total riesgos	0	2	3	0	0	5

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Figura 42. **Gráfico resultados matriz de riesgos para área de empaque**



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Excel 2013.

Tabla LV. **Matriz de riesgos para área de paletizado**

Actividad/Área	Peligro	Tipo	Sub-tipo	Consecuencia	Probabilidad	Severidad	Estimación del riesgo	Prioridad
Área de paletizado	Físico	Temperaturas extremas	Altas	Enfermedades producidas por calor	Media	Ligeramente dañino	Riesgo tolerable	C
Área de paletizado	Ergonómicos	Movimiento repetitivo		Lesiones osteomusculares	Alta	Ligeramente dañino	Riesgo moderado	B
Área de paletizado	Ergonómicos	Disconfort ergonómico		Fatiga/estrés	Alta	Ligeramente dañino	Riesgo moderado	B
Área de paletizado	Ergonómicos	Manipulación de cargas		Lesiones osteomusculares	Alta	Dañino	Riesgo importante	B
Área de paletizado	Mecánicos	Traumatismos	Aplastamientos	Politraumatismos	Baja	Dañino	Riesgo tolerable	C
Área de paletizado	Mecánicos	Atrapamientos	Aplastamiento	Politraumatismos	Baja	Dañino	Riesgo Tolerable	C
Área de paletizado	Mecánicos	Caídas	A nivel	Politraumatismos	Baja	Ligeramente dañino	Riesgo trivial	C

Continuación tabla LV.

Actividad/Área	Peligro	Tipo	Sub-tipo	Consecuencia	Probabilidad	Severidad	Estimación del riesgo	Prioridad
Área de paletizado	Vehiculares	Atropellamientos		Politraumatismos/muerte	Media	Extremadamente dañino	Riesgo importante	A
Área de paletizado	Psicosociales	Sobrecarga de trabajo	Cuantitativa	Estrés	Media	Dañino	Riesgo moderado	B

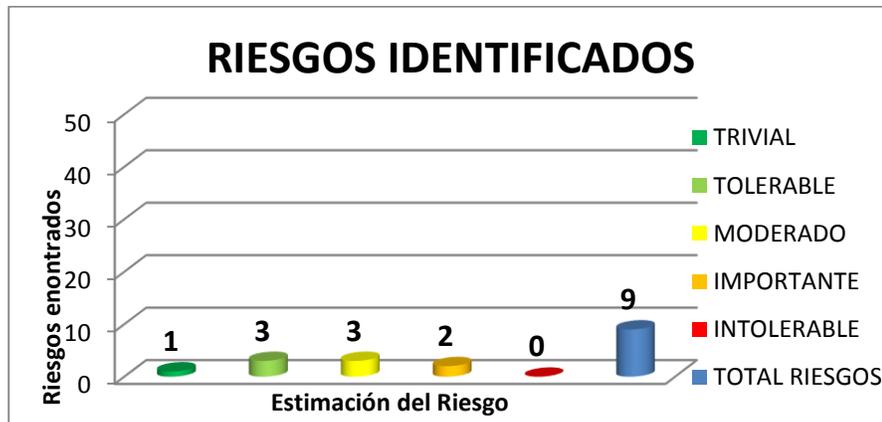
Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Tabla LVI. **Tabulación riesgos para área de paletizado**

Estimación de riesgo	Trivial	Tolerable	Moderado	Importante	Intolerable	Total riesgos
Total riesgos	1	3	3	2	0	9

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Figura 43. **Gráfico resultados matriz de riesgos para área de paletizado**



Fuente: elaboración propia según estudio de campo

5.1.2. Análisis de riesgos

- Análisis para área de empaque

Con los datos recolectados durante la evaluación del área se pueden identificar un total de cinco riesgos, los cuales se dividen en dos clasificaciones de riesgos, 2 del tipo tolerable y 3 del tipo moderado.

Para tomar planes de acción se deben categorizar y priorizar de acuerdo con riesgo más significativo y que se pueda buscar mitigar con los recursos disponibles o con la mínima inversión.

Los riesgos del tipo tolerable identificados están en la clasificación siguiente: un peligro físico, de subtipo temperaturas altas y otro clasificado como peligro mecánico de subtipo traumatismo.

Los riesgos del tipo moderado encontrados están en la clasificación siguiente: dos del tipo ergonómico, de subtipo movimientos repetitivos y discomfort ergonómico respectivamente.

- Descripción de los riesgos encontrados
 - Riesgos físicos: las temperaturas altas están generadas por la falta de ventilación en el área y, además, porque dentro de la planta de producción están ubicadas máquinas que emanan calor.
 - Riesgos ergonómicos: en primer lugar se encuentran los riesgos provocados por movimientos repetitivos, estos están dados por la misma naturaleza de la operación.

- Dado que para el empaque de los fardos de producto terminado se realizan siempre los mismos movimientos siguiendo una secuencia de operaciones.
 - En segundo lugar existe riesgo de discomfort ergonómico ya que los operarios del área pasan la totalidad de su jornada laboral de pie.
 - Mecánicos: los aplastamientos identificados pueden ser provocados por la caída de los fardos sobre los pies de los operarios.
 - Sicosociales: en temporada de demanda alta existe riesgo de sobrecarga de trabajo y esto puede ser causante de estrés para los operarios del área.
- Análisis para área de paletizado

Según los resultados obtenidos luego de la evaluación de riesgos fueron identificados un total de 9 riesgos, los que se dividieron en la siguiente clasificación: uno del tipo trivial, tres del tipo tolerable y moderado respectivamente, dos del tipo importante.

- Descripción de los riesgos encontrados
 - Físicos: las altas temperaturas se presentan en el área por la falta de ventilación y el aislamiento que existe con las demás áreas productivas ya que si se ventila el área se afecta y contamina el área de recepción de producto a granel.
 - Ergonómicos: el primero que se presenta en el área es el riesgo propio de los movimientos repetitivos.

- Dado que por la naturaleza propia de la operación los movimientos que se realizan a lo largo de la jornada de trabajo son siempre los mismos, además de que los músculos que se utilizan son siempre los mismos.
- El segundo riesgo que se identifica en el área es el producido por discomfort ergonómico. Está presente ya que los operarios pasan la totalidad de la jornada laboral de pie, por lo que se puede producir molestias musculares y fatiga. El tercer riesgo identificado está presente por la continua manipulación de cargas, en el momento del traslado y acomodo de fardos, así como para el traslado de *pallets* terminadas.
- Mecánicos: el riesgo de aplastamiento puede estar presente en dos escenarios distintos, el primero es en caso de que al momento de la preparación de la *pallet*, el operario deje caer sobre sí mismo la *pallet* y genere un aplastamiento en sus pies, el segundo escenario es respecto de cómo tienen ubicado un martillo por debajo de la banda transportadora. La vibración propia del movimiento de la banda sobre la estructura metálica puede provocar la caída del martillo sobre los pies de alguno de los operarios. El siguiente riesgo identificado es atrapamientos producidos por la banda transportadora en la mano de alguno de los operarios del área. Además, se identifica un riesgo de caídas a nivel debido a los tubos para fleje y las *pallet* ubicadas en el piso del área, así como de caídas a nivel provocadas por agujeros presentes en el piso.

- Vehicular: existe riesgo de atropellamiento por montacargas, ya que los montacargas son los encargados de llevar las herramientas necesarias para la preparación de las *pallet* y los almacenamientos donde colocan estas herramientas están a cercanías de donde se ubican los operarios.
- Sicosociales: en tiempo de demanda alta existe riesgo de sobrecarga de trabajo, lo que provoca estrés en los operarios del área.

5.2. Propuesta para minimizar riesgos

- Propuesta 1: para minimizar los riesgos ergonómicos

Para evitar lesiones osteomusculares producidas por movimientos repetitivos y por discomfort ergonómico se proponen las siguientes dos alternativas:

- Aplicar el método propuesto en el capítulo 3 en lo referente a rotación de roles y posiciones de trabajo durante la jornada laboral.
- Pausas activas de dos minutos con una frecuencia de una hora en las cuales se realizarán las siguientes actividades recomendadas por la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña en el programa de pausas activas y de bienestar ocupacional para los empleados.

- Ejercicio para cuello
 - ✓ Con la ayuda de la mano lleve la cabeza hacia un lado como si tocara el hombro con la oreja hasta sentir una leve tensión. Sostenga durante 15 segundos y realícelo hacia el otro lado.
- Ejercicios para los hombros
 - ✓ Lleve los brazos hacia atrás, por la espalda baja y entrelace los dedos e intente subir los dedos sin soltar los dedos. Sostenga esta posición durante 15 segundos.
- Ejercicios para los brazos
 - ✓ Con la espalda recta, cruce los brazos por detrás de la cabeza e intente llevarlos hacia arriba. Sostenga esta posición durante 15 segundos.
- Ejercicios para las manos
 - ✓ Estire el brazo hacia el frente y abra la mano como si estuviera haciendo la señal de pare, y con la ayuda de la otra mano leve hacia atrás todos los dedos durante 15 segundos.
- Ejercicios para las piernas
 - ✓ Levante la rodilla hasta donde le sea posible y sostenga esta posición durante 15 segundos. Mantenga recta la espalda y la pierna de apoyo.
- Ejercicios para la espalda
 - ✓ Con la espalda recta flexione las rodillas, lleva los brazos hacia al frente, sostenga durante 15 segundos y luego descansa.

- Propuesta 2: para mitigar riesgos mecánicos

Para evitar los riesgos mecánicos se propone ubicar el martillo que actualmente está posicionado por debajo de la estructura metálica de la banda transportadora de fardos en una caja de herramientas por debajo de la repisa donde actualmente se realiza el registro de datos. Esto con el fin de dar una sensación de mayor orden y mitigar los riesgos de que dicho martillo pueda caer y generar una lesión en los pies de los operarios.

- Propuesta 3: para mitigar riesgos vehiculares

Para mitigar los riesgos vehiculares en el área se propone pintar encaminamientos para señalar las rutas en las cuales tiene permitido trasladarse los montacargas dentro del área para así evitar que pasen cerca de los operarios y sufran algún tipo de lesión por atropellamiento, ya que este riesgo puede ser de gravedad e incluso provocar la muerte.

- Propuesta 4: para mitigar riesgos sicosociales

Para mitigar los riesgos psicosociales por sobrecarga de trabajo se propone aplicar el modelo de requisición de personal a cargo del líder del turno para con ello disponer del personal necesario en el momento justo y con ello evitar que se produzca estrés en los trabajadores producido por sobrecarga de trabajo.

5.2.1. Costo de propuesta

A continuación se presenta una tabla con el costo que tendrá la aplicación de los mecanismos de seguridad industrial.

Tabla LVII. **Costo de propuestas de seguridad industrial**

Propuesta	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo
Caja de herramientas	Caja para guardar herramientas marca Stanley	1	Q. 350,00	Q. 350,00
Impresión afiches	Se imprimirá en hojas tamaño carta de 120 gramos de grosor, a color	2	Q. 1,50	Q. 3,00
Cinturón lumbar	Cinturón de fuerza talla M	1	Q. 129,00	Q. 129,00
			Total	Q. 482,00

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

Los costos de la tabla LVI ya están incluidos en la tabla XLIX en la que se presenta el costo total de las propuestas, con el fin de separar los costos de propuestas específicas de seguridad industrial se presentan nuevamente.

5.2.2. Beneficios de implementación

Los beneficios obtenidos con la implementación de las propuestas en materia de seguridad son los siguientes:

- Con la rotación de roles a lo largo de la jornada de trabajo se minimiza la monotonía en las labores y hay mejor distribución de la carga de trabajo.
- Con las pausas activas se relajan los músculos de los operarios y disminuye el riesgo de sufrir lesiones osteomusculares por trabajos repetitivos y discomfort ergonómico.
- El beneficio obtenido de colocar el martillo utilizado en el área en una caja de herramientas

5.2.3. Tiempo y especificaciones de implementación

Para la implementación de la propuesta uno se debe consultar el capítulo tres en lo referente a estandarización de roles de los operarios y las rotaciones entre los operarios se deben llevar a cabo cada hora. En el caso de la implementación de pausas activas se propone colocar la siguiente tabla informativa en la que se presenta la forma en la que deben llevar a cabo las pausas activas, debe estar colocado en la parte superior de la repisa en la que se realiza el registro de los datos. Hay que tomar en cuenta que el operario que realizará las pausas activas será quien esté en la posición del operario dos, según la propuesta de ubicación de los operarios presentada en el capítulo tres.

Figura 44. Programa de pausas activas área paletizado

Programa de pausas activas

<p>1  Con la ayuda de la mano lleve la cabeza hacia un lado como si tocara el hombro con la oreja hasta sentir una leve tensión. Sostenga durante 15 segundos y realicelo hacia el otro lado.</p> <p>2  Lleve los brazos hacia atrás, por la espalda baja y entrelace los dedos e intente subir los dedos sin soltar los dedos. Sostenga esta posición durante 15 segundos.</p> <p>3  Con la espalda recta, cruce los brazos por detrás de la cabeza e intente llevarlos hacia arriba. Sostenga esta posición durante 15 segundos.</p>	<p>4  Estire el brazo hacia el frente y abra la mano como si estuviera haciendo la señal de pare, y con la ayuda de la otra mano leve hacia atrás todos los dedos durante 15 segundos.</p> <p>5  Levante la rodilla hasta donde le sea posible y sostenga esta posición durante 15 segundos. Mantenga recta la espalda y la pierna de apoyo.</p> <p>6  Con la espalda recta flexione las rodillas, lleva los brazos hacia al frente, sostenga durante 15 segundos y luego descansa.</p>
--	---

Fuente: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

<https://ufpso.edu.co/ftp/doc/otrospro/gh/L-GH-DRH-002B.pdf>. Consulta: 25 de febrero 2017

Se propone que las pausas activas se realicen cada hora de manera alterna entre los operarios. En el momento en que el operario rote hacia la posición del operario 2, antes de iniciar con la labor propuesta en la estandarización de roles, debe cumplir con realizar la pausa activa para relajación muscular.

Para la implementación de la propuesta 2 se necesita comprar una caja de herramientas para guardar el martillo y otras herramientas pequeñas para con ello dar un lugar específico para resguardar las herramientas.

Para la implementación de la propuesta 3 se deberá comprar pintura reflectiva para señalar el paso en el cual tendrá permitido transitar dentro del área. Para la implementación de la propuesta 4 se deberá cumplir con la propuesta de requisición mensual de personal subcontratado dado a conocer en el capítulo 3.

5.3. Manejo de desechos

El producto final puede ser catalogado como desecho en dos escenarios distintos de acuerdo con los siguientes criterios:

El primer escenario y que es poco común, se presenta en el momento en que la humedad del producto no es la adecuada, ya que el producto luego de realizarse la mezcla entre harina y agua, pasa por un secador industrial que baja la humedad hasta un 5 % aproximadamente.

Si la mezcla al salir del secador es mayor que la predeterminada, tiene excesiva fluidez en los moldes y causa problemas al darle forma a la pasta. En

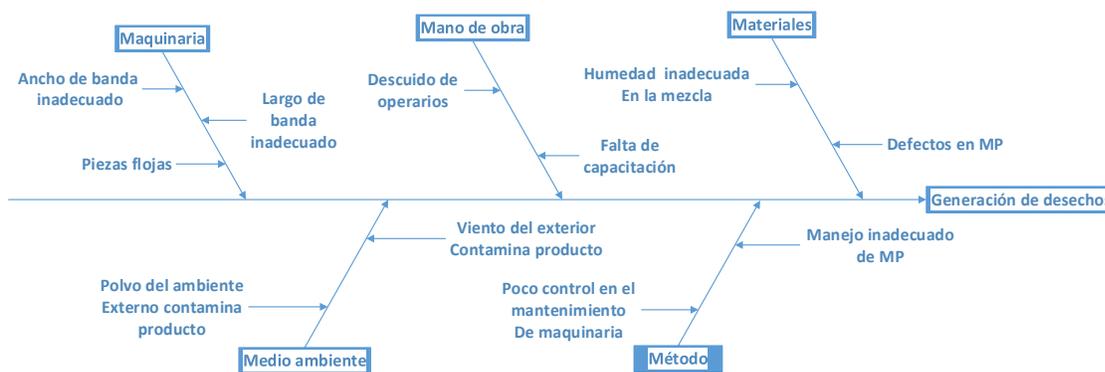
caso contrario, al ser menor del 5 % de humedad se presenta la porosidad y resequeidad en el producto terminado.

El segundo escenario es en el momento en que se presenta un producto defectuoso que, en su gran mayoría, está dado por piezas de metal incrustadas dentro de los paquetes individuales o en ciertas ocasiones dentro de los fardos de producto. El producto es pasado por un detector de metales y en caso de cumplirse lo anteriormente mencionado, en el detector se activa una alarma indicando que hay piezas metálicas presentes en el producto y de manera automática el detector de metales separa el producto detectado con problemas.

5.3.1. Diagrama Ishikawa

Se presenta un diagrama para identificar los puntos en los que se puede evitar la generación de desechos.

Figura 45. Diagrama Ishikawa generación de desechos



Fuente: elaboración propia con uso de Microsoft Visio 2013.

5.3.2. Procedimiento de registro de datos del producto

Si se presenta el caso de una detección de metal el procedimiento que sigue es el siguiente:

- El detector de metales activará una alarma.
- El brazo mecánico adjunto al detector de metales separa el producto que fue detectado con metal.
- El operario encargado del registro de datos, se acerca al área en donde se ubica el detector de metales.
- El operario presiona el botón que desactiva la alarma emitida por el detector de metales.
- El operario toma el fardo separado con anterioridad y vuelve a colocarlo en la banda para verificar que sea nuevamente detectado (esta operación la realiza en tres ocasiones).
- Luego de verificar que efectivamente el fardo fue detectado con metal, lo separa en una mesa para que luego el personal de control de calidad haga la revisión correspondiente.
- El operario de la línea revisa el número de lote, hora y tipo de producto del fardo defectuoso.
- El operario registra los datos en el libro para reportes del detector de metales.
- El personal designado de control de calidad llega al área donde fue colocado el fardo detectado con metal y procede a abrir el fardo.
- El personal de control de calidad procede a pasar cada paquete individual por la banda transportadora.
- Si en alguno de los paquetes individuales es detectado el metal, el personal de calidad coloca nuevamente el paquete para corroborar y

luego lo separa del resto, repite el proceso con cada uno de los paquetes del fardo.

- Cuando ya tiene los paquetes detectados coloca los paquetes en buen estado dentro del empaque del fardo y procede a llevarse los paquetes detectados hacia el laboratorio para ser evaluados.
- Luego, se procede a completar el fardo con paquetes individuales en buen estado.

Si se presenta el caso de que la humedad en el producto no es la adecuada procede lo siguiente:

- Las revisiones del producto son llevadas a cabo por el personal de control de calidad.
- Toman muestras del producto de acuerdo con la programación.
- Llevan la muestra al laboratorio para ser evaluada y si en caso no cumple con los estándares mínimos de calidad ordenan el paro de la línea que tiene problemas hasta que se soluciona el problema.
- Luego se ordena que se separen los fardos del lote que fue catalogado como defectuoso.
- El producto que es catalogado como defectuoso por humedad inadecuada es molido para, posteriormente, venderse como concentrado para animales.

5.3.3. Procedimiento del manejo de desechos

Si se produce desechos por presencia de metales procede lo siguiente:

- Los paquetes que fueron detectados con metal son llevados al laboratorio para su evaluación y detectar el metal que está presente dentro del paquete.
- Luego de detectar el metal dentro de los fardos se procede según las dos situaciones siguientes.
 - Las piezas de metal son lo suficientemente grandes para poder ser retiradas en su totalidad.
 - Las piezas de metal están incrustadas en el producto y no se puede retirar en su totalidad o no se cuenta con la certeza suficiente de que no afecte la salud.
- Si se cumple la primera situación lo que procede es retirar las piezas de metal y se realiza una segunda evaluación con el fin de garantizar que el producto no presenta riesgo a la salud.
- Luego se empaca y es vendido es molido para ser vendido como concentrado para animales.
- Si se presenta la segunda situación el producto es descartado.

Si se produce desechos por humedad inadecuada lo que procede es lo siguiente:

- Realizar evaluaciones de humedad a la muestra de producto.
- Comparar la humedad teórica con la humedad específica.
- Apartar el producto con porcentaje de humedad inadecuada.
- Enviar a moler el producto para venderlo como concentrado para animales.

5.4. Capacitación

Se presentarán los peligros identificados en cada puesto de trabajo para alertar a los operarios.

5.4.1. Peligros identificados en puesto de trabajo

Se da a conocer un resumen de los peligros identificados para mostrarlo a los operarios y que estén conscientes de las consecuencias probables sino siguen instrucciones.

Tabla LVIII. Peligros identificados en el área

Peligro	Momento en que se presenta	Consecuencias
Movimientos repetitivos	Durante toda la jornada de trabajo.	Lesiones musculoesqueléticas
Disconfort ergonómico	Durante toda la jornada de trabajo.	Fatiga, lesiones musculoesqueléticas
Aplastamientos	En el traslado de pallets y por caída de martillo en pies.	Heridas, lesiones.
Vehicular	En el traslado de montacargas dentro del área.	Lesiones musculoesqueléticas, muerte.
Sicosociales	Sobrecarga de trabajo en el momento de tasa de llegada alta.	Estrés.

Fuente: elaboración propia según estudio de campo.

5.4.2. Medidas de mitigación propuestas

- Medida de mitigación para movimientos repetitivos y disconfort ergonómico.

Figura 46. **Programa de pausas activas área paletizado para implementar**

Programa de pausas activas

<p>1  Con la ayuda de la mano lleve la cabeza hacia un lado como si tocara el hombro con la oreja hasta sentir una leve tensión. Sostenga durante 15 segundos y realícelo hacia el otro lado.</p> <p>2  Lleve los brazos hacia atrás, por la espalda baja y entrelace los dedos e intente subir los dedos sin soltar los dedos. Sostenga esta posición durante 15 segundos.</p> <p>3  Con la espalda recta, cruce los brazos por detrás de la cabeza e intente llevarlos hacia arriba. Sostenga esta posición durante 15 segundos.</p>	<p>4  Estire el brazo hacia el frente y abra la mano como si estuviera haciendo la señal de pare, y con la ayuda de la otra mano lleve hacia atrás todos los dedos durante 15 segundos.</p> <p>5  Levante la rodilla hasta donde le sea posible y sostenga esta posición durante 15 segundos. Mantenga recta la espalda y la pierna de apoyo.</p> <p>6  Con la espalda recta flexione las rodillas, lleva los brazos hacia al frente, sostenga durante 15 segundos y luego descansa.</p>
---	--

Fuente: Fuente: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

<https://ufpso.edu.co/ftp/doc/otrospro/gh/L-GH-DRH-002B.pdf>. Consulta: 25 de febrero 2017.

El cartel informativo estará adherido en la pared donde se ubica la mesa de registro de datos, cada ejercicio de pausa activa tiene una duración de 15 segundos y se debe realizar en el orden especificado. Ya que cada ejercicio tiene una finalidad específica, es de suma importancia que realicen las pausas activas para garantizar que se libere el estrés articular y muscular provocado por los movimientos repetitivos llevados a cabo en la labor.

El ejercicio del numeral 1 es adecuado para la relajación muscular del cuello, es útil para disminuir la tensión provocada por la carga de trabajo y disminuye el riesgo de lesiones osteomusculares provocadas por movimientos repetitivos.

El ejercicio del numeral 2 tiene como finalidad el relajar los músculos de los hombros que están expuestos a tensión y fatiga por el hecho de la manipulación regular de cargas. Con esto se produce una sensación de alivio en la zona de los hombros y relajación muscular.

El ejercicio del numeral 3 busca con esta posición el estirar los músculos de los brazos, para tener un cambio de postura y liberar la tensión muscular.

El ejercicio del numeral 4 busca realizar un estiramiento en los músculos y tendones de la palma de la mano, reduciendo la tensión provocada por el agarre de los fardos al colocarlos en sus respectivas *pallets*.

El ejercicio del numeral 5 es útil para prevenir los riesgos existentes por el hecho de permanecer de pie durante largos períodos de tiempo, relaja los músculos de las piernas y ayuda a la mejor circulación sanguínea.

El ejercicio del numeral 6 permite un estiramiento de los músculos de la espalda alta y espalda baja, favorece el cambio de postura y ayuda a liberar el estrés rezagado provocado por la manipulación de cargas.

- Medida de mitigación para riesgo de aplastamiento

Se propone colocar una caja plástica especialmente para guardar herramientas en la parte inferior de la mesa de registro de datos, esto con el fin de mantener un mejor orden dentro del área y además para guardar el martillo que actualmente se resguarda en la estructura metálica por debajo de la banda transportadora de fardos.

Esta medida se toma porque el martillo puede caer en cualquier momento sobre los pies de algún operario ya que cuando se activa el motor y las cadenas que hacen actuar a la banda transportadora se produce una vibración que lo puede botar.

- Medida de mitigación para riesgo de atropellamiento

Señalizar la ruta por la que tiene permitido el montacargas conducirse con el fin de evitar que pase alejado de la posición de los operarios. A continuación, se muestran las responsabilidades que tendrán a cargo tanto los operarios del área como el montacarguista.

- Responsabilidades de los operarios
 - Respetar el camino trazado para uso exclusivo del montacargas.
 - No colocar pallet en el área señalada para paso del montacargas.
 - Estar al pendiente cuando el montacargas se aproxime al área.
 - No dejar tubos de fleje que obstruyan el paso del montacargas.
 - Responsabilidades del montacarguista
 - Hacer sonar la bocina cuando esté por aproximarse al área.
 - Respetar el límite de velocidad establecido para transitar en el área.
 - Utilizar el camino marcado exclusivamente para transitar con el montacargas.
- Medida de mitigación para riesgo sicosocial

Se propuso utilizar el formato de requisición de personal, con el cual a inicio de mes, el líder de cada turno debe verificar según la programación de la producción, si solicita los días en los que necesitará personal subcontratado para desarrollar las labores habituales con normalidad. Estos días en específico es cuando la tasa de llegada es alta, es decir, de 21 fardos por minuto en adelante.

Esto es para mitigar el estrés que provoca en los trabajadores al sentirse sobrecargados de trabajo y, además, para evitar molestias por parte de los trabajadores del área por los retrasos en la incorporación del personal necesario.

5.4.3. Responsabilidad del operario

De acuerdo con las propuestas mencionadas con anterioridad es de suma importancia establecer las responsabilidades que recaen en el operario para aplicar las propuestas y con ello garantizar la eficiencia de aplicación.

- Utilizar el equipo de protección personal necesario.
- Acatar las normas de seguridad de la empresa.
- Acatar las órdenes de su jefe inmediato superior.
- Realizar las pausas activas de acuerdo con lo propuesto y en los tiempos específicos.
- Colocar las herramientas en la caja especificada.
- Mantener la caja de herramientas en el lugar predeterminado.
- No obstruir por ninguna razón el paso señalizado para uso exclusivo del montacargas.
- Hacer buen uso del formato de requisición de personal.

5.4.4. Responsabilidades del jefe inmediato

Además de las atribuciones de autoridad con las que cuenta el jefe inmediato superior del área, también se debe cumplir con responsabilidades, para la implementación de las propuestas en materia de seguridad anteriormente propuestas.

- Verificar que los carteles de pausas activas estén en el lugar predeterminado.
- Revisar y analizar las requisiciones de personal que sean hechas por el líder de turno.
- Aprobar o reprobar las requisiciones de personal.
- En caso de reprobación de la requisición, debe explicar el motivo por el cual la requisición no fue aprobada.
- Dar a conocer a los conductores de montacargas el lugar predeterminado para que transiten.

CONCLUSIONES

1. Las principales diferencias detectadas entre los métodos de trabajo utilizados por los distintos turnos del área son: la forma de preparación de *pallets*. En el que el turno II se ahorra un movimiento al transportar en forma simultánea el cartón y la *pallet*, mientras los otros dos turnos lo hacen de forma separada. Otra diferencia es la forma en que distribuyen los tubos de fleje, en el caso de los operarios del turno I, colocan un tubo de fleje a la par de cada *pallet* en proceso de completarse, mientras el turno II y III, respectivamente, utilizan el mismo tubo de fleje para todas las *pallets*. Por último, una de las diferencias detectadas que mayor relevancia tiene es la frecuencia de rotación de los operarios, en el caso del turno II y III acostumbran realizar la rotación cada hora, mientras el turno I lo hace con una frecuencia de cada hora y media.
2. El número óptimo de operarios que se necesita en el área de paletizado es de tres para temporada de tasa de llegada baja para tener un porcentaje de utilización de los operarios del 61,97 % aprovechando la holgura para la aplicación de pausas activas y el registro de datos. Para lo anterior se toma en cuenta que solo habrá un fardo en espera de ser atendido y cuatro para temporada de tasa de llegada alta, porque si solo se cuenta con tres operarios en este momento el porcentaje de utilización sería de 100,01 %, lo que evidencia una clara sobrecarga de trabajo. Por otro lado, al tener a disposición los cuatro operarios propuestos se consigue un porcentaje de utilización de los operarios del 75,11 %.

Hay que dar una holgura con el fin de que se cuente con la capacidad adecuada para responder ante la necesidad de atención del producto que llega y que en el momento de que sea la hora de desayuno o almuerzo el grupo de operarios no quede descompensado porque se tendría un total de tres fardos sin atender por cada ciclo de trabajo. Hay que hacer notar que esta disposición no sobrepasa la capacidad de espera en la banda transportadora que, teóricamente, es de seis fardos, según el comportamiento presentado en las tablas XXV y XXVI luego de la aplicación de la teoría de colas.

3. Las principales causas de fatiga en los operarios son los movimientos repetitivos, el manejo continuo de cargas, la permanencia de pie durante la totalidad de la jornada, la temperatura del área de trabajo y el traslado de *pallet* con montacargas manual. Para mitigar las causas de fatiga de los trabajadores se propone la aplicación de pausas activas durante la jornada de trabajo para relajar los músculos que son usados frecuentemente para el manejo de cargas y para realizar movimientos repetitivos. Además, la estandarización de los roles de trabajo de cada uno de los operarios para distribuir equitativamente la carga de trabajo.
4. El espacio físico asignado para el área de paletizado es el adecuado, el problema se presenta en la distribución y en la longitud de la banda transportadora con la que se cuenta, en el caso de la distribución, ya que la forma en que se ubican los operarios no está estandarizada y por parte de la longitud de la banda transportadora es demasiado corta. Esto limita la capacidad de colocar *pallets* de forma simultánea alrededor y provoca que en temporada de tasa de llegada alta los operarios tengan que transportar los fardos a distancias mayores.

Lo anteriormente mencionado provoca fatiga y pérdida de tiempo, por lo que se propone ampliar el largo de la banda en 1,50 metros, lo que permitirá un aumento en 29 % de capacidad de alojamiento de *pallets* simultáneamente.

5. Los riesgos de mayor relevancia a los cuales están expuestos los colaboradores del área son: riesgos ergonómicos provocados por movimientos repetitivos y por estar la totalidad de la jornada de pie, riesgo mecánico por aplastamiento debido a un objeto, también se presenta riesgo vehicular en el momento en que el montacargas transita por el área. Por último, riesgo sicosocial por sobrecarga de trabajo si no se equilibran las cargas. La forma en que se manejan los desechos dentro de la empresa inicia por pasar por control de calidad para luego, si el producto no puede ser vendido como producto terminado, se procede a enviar a moler para vender los desechos o producto de baja calidad como concentrado para animales.

RECOMENDACIONES

1. Comunicar a los operarios de los distintos turnos del área el nuevo método de trabajo, para dar a conocer la forma estandarizada en que se ejecutarán las labores para que todos tengan el conocimiento de cómo se realizará el método de trabajo propuesto.
2. En lo posible, en temporada de tasa de llegada alta es importante que el operario subcontratado que se agregue al equipo de trabajo sea el mismo, para evitar que los operarios pierdan tiempo en enseñarle cómo hacer el trabajo.
3. Para evitar que los operarios consideren innecesario realizar las pausas activas durante sus jornadas de trabajo, es conveniente sensibilizarlos, dándoles a conocer los beneficios para ellos, así como lo importante que es actualizar los ejercicios cada tres meses, dando la oportunidad para que los operarios propongan ejercicios y puedan sentirse motivados.
4. Inspeccionar de forma visual, una vez a la semana, que los operarios están haciendo buen uso del espacio disponible y que, además, las herramientas estén colocadas en su lugar respectivo.
5. Convocar a la ingeniera encargada del área de seguridad y salud ocupacional a una reunión para dar a conocer los riesgos identificados, para que puedan tomar las consideraciones pertinentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRUELLES RUIZ, José Agustín. Ingeniería industrial, métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2013. 830 p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 330 p.
3. Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico*. 2a ed. España: INVASSAT, 2013. 176 p.
4. KANAWATY, George. *Introducción al estudio del trabajo*. 4ª ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1996. 200 p.
5. MEYERS, Fred E. *Estudios de tiempos y movimientos*. México: Pearson Education, 2000. 334 p.
6. NOORI HAMID, Radford Russell. *Administración de operaciones y producción*. México: McGraw Hill, 1997. 648 p.
7. RETANA BLANCO, Brenda. Ingeniería de procesos de fabricación. [en línea]<<http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/i>

ingenieria-de-procesos-de-fabricacion/ingenieria-de-metodos/unidad-2-ocw> [Consulta: 20 de agosto de 2016.]

8. SALAZAR LÓPEZ, Bryan. *Herramientas para el ingeniero industrial*. [en línea] <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>> [Consulta: 20 de agosto de 2016].

APÉNDICES

Apéndice 1. Documentación para recolección de datos

Toma de tiempos tasa de llegada de fardos por minuto y número de fardos paletizados por operario

Toma de datos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tasa llegada									
Tasa de servicio									

Toma de datos	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tasa llegada									
Tasa de servicio									

Líneas en funcionamiento

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Documentación para registrar variedad de productos producidos

Variedad de productos elaborados

Tipo de producto	Presentación

Cantidad de productos por tarima según tipo de producto

Tipo de producto	Cantidad de producto por pallet
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de molestias musculo esqueléticas

ZONA CORPORAL		¿Durante el último año, ha tenido en el trabajo frecuentemente dolor, molestias o incomodidad en músculos, huesos o articulaciones? No deberán considerarse las molestias debidas a accidentes producidos fuera del trabajo.
1. Cuello	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
2. Hombros y brazos	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
3. Antebrazos-muñecas-manos	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
4. Zona dorsal-lumbar de la espalda	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
5. Caderas-nalgas-muslos	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
6. Rodillas	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
7. Piernas-pies	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	

Fuente: Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico (INVASSAT-ERGO)*. p. 31.

Anexo 2. Cuestionario de evaluación de tareas repetitivas

CUESTIONARIO	Sí / No
La tarea se caracteriza por ciclos de trabajo (caso que la respuesta sea afirmativa, deberá seguirse con el cuestionario u si alguna respuesta es afirmativa se procederá a la evaluación mediante una técnica de nivel II)	
Se realiza fuerza significativa (criterio de norma UNE-EN-1005-3)	
Se adoptan posturas con brazo superan los 20° de flexión	
La postura adoptada con el codo supera los 60 grados de flexión.	
La postura adoptada con la muñeca supera los 45° de flexión o extensión	
El agarre es superior a 1/3 del ciclo	
El tiempo de ciclo es inferior a 30 segundos.	
Las mismas clases de acción técnica se repiten durante más de un 50% del tiempo de ciclo.	
La frecuencia de acciones técnicas para cada miembro superior es mayor de 40 por minuto.	
Presencia de algún factor adicional (Vibraciones mano/brazo, golpes, compresión localizada sobre estructuras anatómicas por herramientas, exposición al frío, empleo de guantes inadecuados.	

Fuente: Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico (INVASSAT-ERGO)*. p. 35.

Anexo 3. **Cuestionario de evaluación de transporte de cargas**

CUESTIONARIO	SI / NO
Se transportan cargas mayores de 25 kg	
Se transportan cargas a una frecuencia superior a 15/minuto	
Se transportan cargas a 20 m, transportando más de 15 kg por minuto.	
Se transportan cargas a 10 m, transportando más de 30 kg por minuto.	
Se transportan cargas a 4 m, transportando más de 60 kg por minuto	
Se transportan cargas a 2 m, transportando más de 75 kg por minuto	
Se transportan cargas a 1 m, transportando más de 120 kg por minuto	

Fuente: Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico (INVASSAT-ERGO)*. p. 37.

Anexo 4. **Valores permisibles de manipulación de carga según edad y género**

Varones de 16 a menos de 18 años	15 kilogramos
Varones de 18 a 21 años	20 kilogramos
Mujeres de 16 a menos de 18 años	10 kilogramos
Mujeres de 18 a 21 años	15 kilogramos
Varones adultos	55 kilogramos

Fuente: Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala. Acuerdo Gubernativo 33-2016.
Guatemala: 2016. p. 26