

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL



ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y
CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA
DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA
EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO
DE MORALES, IZABAL

JUAN MANUEL BRINGUEZ MARTÍNEZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y
CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA
DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA
EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO
DE MORALES, IZABAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JUAN MANUEL BRINGUEZ MARTÍNEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUEMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**RECTOR
M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Representante de Profesores:	Mtro. Helmuth César Catalán Juárez
Representante de Profesores:	Mtro. José Emerio Guevara Auxume
Representante de Graduados:	Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán
Representante de Estudiantes:	A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos
Representante de Estudiantes:	Br. Juan Carlos Lemus López
Secretaria:	Licda. Yessica Azucena Oliva Monroy

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Mtro. Carlos Leonel Cerna Ramírez
Coordinador de Carrera:	Mtro. Rolando Darío Chávez Valverth

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	Mtro. Rolando Darío Chávez Valverth
Coordinador de EPS:	Ing. Milton Adalberto Alas Loaiza
Secretario:	Mtro. Carlos Enrique Monroy

TERNA EVALUADORA

Ing. Luis Francisco Cerón Morales
Ing. Luis Alberto Saavedra Vargas
Mtro. Carlos Enrique Monroy



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



MAAL.02.22

Chiquimula, 04 de abril de 2022.

Maestro en Ciencias

Rolando Darío Chávez Valverth

Coordinador de las Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC

Respetado M.Sc. Chávez Valverth:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones al trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL"**, presentado por el estudiante **Juan Manuel Bringuez Martínez**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Milton Adalberto Alas Loaiza
Asesor - Revisor

c.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSII.05.2022

Chiquimula, 15 de julio de 2022.

Maestro en Ciencias

Rolando Darío Chávez Valverth

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI-USAC

Respetado Ing. Chávez Valverth:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL"**, elaborado por el estudiante **Juan Manuel Bringuez Martínez**.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Juan Manuel Bringuez Martínez, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Milton Alas Loaiza.

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Industrial

c.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.15.22

Chiquimula, 10 de noviembre de 2022.

Maestro en Ciencias

Rolando Darío Chávez Valverth

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI-USAC

Respetado M.Sc. Chávez Valverth:

El propósito de la presente es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado: **"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL"**; elaborado por el estudiante **Juan Manuel Bringuez Martínez**.

El informe cumple con los requisitos exigidos por la carrera de Ingeniería Industrial, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


M.Sc. Julio César Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

c.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ACCII.01-2023

Chiquimula, 17 de febrero de 2023.

Licenciado

Merlin Wilfrido Osorio López

Director

CUNORI - USAC

Respetable Lic. Osorio López:

El coordinador de las carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con base a los avales de aprobación respectivos sobre el informe final del trabajo de graduación titulado: **“ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL”**, que para optar al título de Ingeniero Industrial en el grado académico de Licenciado presenta el estudiante **Juan Manuel Bringuez Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Jorge Antonio López Cordón
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC



c.c. archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **JUAN MANUEL BRINGUEZ MARTÍNEZ** titulado **“ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE VENTILACIÓN Y CÁLCULO FINANCIERO PARA UNA PROPUESTA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ‘ÁREA DE CONVERSIÓN PARA LA EMPRESA CORRUGADORA GUATEMALA S.A., DEL MUNICIPIO DE MORALES, IZABAL”**, trabajo que cuenta con el aval de su Asesor-Revisor y del Coordinador de la carrera de Ingeniería Industrial. Por tanto, la Dirección del CUNORI, con base en las facultades que le otorgan las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria, **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintinueve de julio de dos mil veintitrés.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Lic. Zoot. Merlin Wilfredo Osorio López

DIRECTOR
CUNORI – USAC

ACTO QUE DEDICO

- A Dios:** Quien me brinda entendimiento y sabiduría en todo momento, sanando mis heridas y estando siempre a mi lado.
- A mis padres:** Gerson Obed Bringuez y Eugenia Maribel Martínez, por el amor y apoyo en cada momento, los cuales me permitieron alcanzar mis metas.
- A mis hermanos:** A Gerson Oswaldo Bringuez y Keven Jossué Bringuez, que me alentaban a salir siempre adelante.
- A Familia Zeceña Orellana:** Ramiro Zeceña y Milena Orellana, quienes me brindaron un ambiente de hogar y fueron como unos segundos padres para mí.

AGRADECIMIENTOS

A Corrugadora Guatemala: Por haberme abierto sus puertas y confianza en mí, para poder realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

A Ing. Aldo Carrera: Quien me permitió aprender nuevos conocimientos de otros departamentos de una planta industrial y enseñarme los procesos.

A Lic. Adolfo Rosales: Por su apoyo en todo momento y enseñarme nuevos conocimientos a lo largo de este proceso.

A mis amigos: Con los cuales compartí grandes experiencias a lo largo de mi carrera universitaria y me ayudaron en momentos difíciles.

A Luz de María José Castillo Flores: Quien me brindó su apoyo incondicional y me escuchó en todo momento.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Ingeniería del empaque	1
1.1.1 Estructura de la caja	1
1.1.2 Flautas	2
1.1.3 Adhesivo	4
1.1.4 Aseguramiento de calidad	5
1.2 Proceso de conversión de cartón corrugado	7
1.3 Ventilación industrial	10
1.3.1 Objetivos principales de la ventilación	10
1.3.2 Tipos de ventilación	11
1.4 Renovaciones requeridas	15
1.5 Fuentes y agentes contaminantes	16
1.5.1 Riesgos por temperatura	17

2.	GENERALIDADES DE LA CORRUGADORA	21
2.1	Aspectos generales de la compañía	21
2.2	Ubicación	22
2.3	Planeación estratégica	23
2.3.1	Visión	23
2.3.2	Misión	24
2.3.3	Objetivos	25
2.3.4	Política de calidad	26
2.4	Estructura organizacional	26
2.4.1	Área administrativa de conversión	28
3.	DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA	31
3.1	Características del proceso de conversión	31
3.2	Descripción del proceso productivo	32
3.2.1	Máquinas convertidoras y el personal	33
3.2.2	Diagrama Ishikawa	36
3.2.3	Análisis de operaciones en la convertidora Ward 1	38
3.2.4	Análisis de operaciones en la convertidora Eterna	41
3.2.5	Análisis de operaciones en la convertidora Koppers 2, Koppers 4, Koppers 5, Martin 9 y Ward 12	44
3.2.6	Análisis de operaciones en la convertidora Koppers 6	47
3.2.7	Análisis de operaciones en la convertidora Ward 8	50
3.2.8	Análisis de operaciones en la convertidora Ward 10	53

3.2.9	Análisis de operaciones en la convertidora Saturno 11	56
3.2.10	Análisis de operaciones en la convertidora Ward 13 y Ward 14	59
3.2.11	Análisis de operaciones en la convertidora JS15 Machine	62
3.3	Análisis de las condiciones de ventilación actuales	65
3.3.1	Infraestructura	65
3.3.2	Descripción del sistema de ventilación actual	70
3.3.3	Agentes contaminantes	76
4.	PROPUESTA DEL DISEÑO PARA MEJORA EN CONDICIONES DE TEMPERATURA	79
4.1	Diseño del sistema de ventilación propuesto	79
4.1.1	Tipo de ventilación	79
4.1.2	Descripción del equipo de ventilación	82
4.1.3	Determinación del caudal de aire a extraer	88
4.1.4	Cálculo del número de extractores	91
4.1.5	Evaluación de costos	95
5.	PLAN DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN	101
5.1	Alcance	101
5.2	Objetivos	101
5.3	Programa de instalación del sistema de ventilación	102
5.3.1	Procedimiento adecuado de planificación e instalación	102

5.3.2	Control de operaciones del sistema de ventilación	106
5.3.3	Cronograma de instalación	107
5.4	Programa de control de mantenimiento preventivo y correctivo	109
5.4.1	Inspección para la conservación de equipo	109
5.4.2	Inspección para la prevención de problemas de otros factores	110
5.4.3	Periodicidad de mantenimiento	112
5.4.4	Reserva en inventario	113
CONCLUSIONES		115
RECOMENDACIONES		117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		119
ANEXOS		121
APÉNDICES		127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Estructura de una lámina corrugada	1
2. Tipos de calibres de flautas	3
3. Esquema del método de impresión flexográfica	8
4. Esquema del sistema de troquelado	9
5. Ubicación de Corrugadora Guatemala	23
6. Organigrama vertical Corrugadora Guatemala	27
7. Organigrama vertical del área de producción	28
8. Diagrama Ishikawa	37
9. Proceso SetUp en la Ward 1	39
10. Proceso de conversión en la Ward 1	40
11. Proceso SetUp en la Eterna	42
12. Proceso de conversión en la Eterna	43
13. Proceso SetUp en la Koppers 2, 4 y 5, Martin 9 y Ward 12	45
14. Proceso de conversión en la Koppers 2, 4 y 5, Martin 9 y Ward 12	46
15. Proceso de SetUp en la Koppers 6	48

16. Proceso de conversión en la Koppers 6	49
17. Proceso de SetUp en la Ward 8	51
18. Proceso de conversión en la Ward 8	52
19. Proceso de SetUp en la Ward 10	54
20. Proceso de conversión en la Ward 10	55
21. Proceso de SetUp en la Saturno 11	57
22. Proceso de conversión en la Saturno 11	58
23. Proceso de SetUp en la Ward 13 y Ward 14	60
24. Proceso de conversión en la Ward 13 y Ward 14	61
25. Proceso SetUp en la JS15 Machine	63
26. Proceso de conversión en la JS15 Machine	64
27. Infraestructura	65
28. Distribución de planta	69
29. Sistema de ventilación actual del área de conversión	70
30. Esquema del funcionamiento de ventilación actual	71
31. Entradas de aire en el área de conversión	72
32. Gráfico del registró de temperatura	74
33. Registro de temperatura con termómetro	74

34. Gráfico del registró de velocidad del viento	75
35. Generación de calor de maquinarias	77
36. Generación de calor de la materia prima	77
37. Funcionamiento de un extractor eólico	82
38. Esquema de un extractor eólico	83
39. Extractor AlumChumex	86
40. Esquema de la infraestructura	88
41. Distribución de los extractores eólicos	94
42. Perforación en la cubierta	104
43. Aplicación de sellador	105
44. Extractor eólico vista superior	106

TABLAS

1. Renovaciones de aire según la naturaleza de los recintos	15
2. Efectos de los riesgos de temperatura	19
3. Visión de la compañía	24
4. Misión de la compañía	24
5. Objetivos de la compañía	25
6. Políticas de calidad de la compañía	26

7. Objetivos del área de conversión	29
8. Responsabilidades del personal del área de conversión	35
9. Características de la nave industrial	66
10. Balance del personal del área de conversión	67
11. Distribución de maquinaria en el área de conversión	68
12. Entradas de aire en el área de conversión	72
13. Registro de temperatura	73
14. Registro de la velocidad del viento	75
15. Registro de generación de calor de maquinaria y equipos	76
16. Medición de ruido en el área de conversión	78
17. Parámetros para el área de conversión	80
18. Características técnicas de un extractor eólico	84
19. Características técnicas específicas	87
20. Datos generales del área de conversión	88
21. Coeficiente según dirección de viento	90
22. Velocidad promedio de entrada del viento	90
24. Datos generales para capacidad de extracción	91
25. Costo de adquisición	96
26. Costo de transporte e importación	97

27. Costo de instalación	98
28. Costo de mantenimiento	99
29. Otros costos	99
30. Inversión financiera	100
31. Cronograma de instalación	108
32. Cronograma de periodicidad de mantenimiento	113

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$ MXN	Pesos mexicanos
Q	Quetzal guatemalteco
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
A	Altura promedio
G	Gradiente o diferencial térmico
Q	Caudal del aire
N	Número de renovaciones por hora
T	Temperatura promedio
V	Volumen del recinto
SSO	Salud y seguridad ocupacional
a	Ancho
c	Coeficiente de dirección de viento
l	Largo
v	Velocidad del viento
<i>In</i>	Pulgadas
dB	Decibeles
HR	Humedad relativa

GLOSARIO

Anemómetro	Instrumento utilizado para medir la velocidad del viento (fuerza del viento).
Bultos	Se le denomina así, a los fardos de cajas que van flejados.
Conveyor	También conocido como faja transportadora, compuesto de diversos carriles sirven para mover objetos de un lugar a otro.
COGUSA	Corrugadora Guatemala S.A.
Efecto chimenea	Es el cambio de la densidad del aire dentro de un recinto respecto a la del exterior, produciendo un movimiento ascendente por convección natural.
Empaque de cartón	Consiste en la combinación de diversos tipos de papeles de bajo gramaje y adhesivos; se utiliza principalmente para almacenar, empaquetar y transportar diferentes tipos de productos.
Extractor	Aparato con aspas o paletas giratorias que sirven para extraer el aire de un recinto.

Master	Es un código que indica las diversas especificaciones del empaque y a que cliente pertenece.
Pirómetro	Instrumento diseñado para medir temperaturas a distancia de cualquier tipo de superficie sin estar en contacto o con contacto.
PNC	Planchas no conformes.
<i>Prefeeder</i>	Es una máquina pre-alimentadora para mejorar la productividad de las líneas de cajas.
<i>SetUp</i>	Se refiere al conjunto de actividades involucradas en intercambios de órdenes de producción que necesitan ajustes y sustitución de materiales u otros dispositivos en equipos compartidos.
<i>Stacker</i>	Es un apilador automático de alta seguridad, durabilidad y alto rendimiento.
TAPPI	<i>Technical Association of the Pulp and Paper Industries</i> , es el nombre de la asociación que regula y brinda las pautas en materia de calidad para los materiales de empaque de papel y cartón.

RESUMEN

En una empresa industrial la productividad se puede ver afectada por su entorno laboral, principalmente por las malas condiciones ambientales dentro del recinto, los cuales ocasionan un bajo rendimiento en los diferentes procesos productivos y pueden generar ciertas lesiones o enfermedades crónicas al personal por el estrés térmico, golpes de calor o al estar en contacto con los diversos agentes contaminantes. Por tal razón, se da la necesidad de identificar los agentes contaminantes presentes, evaluar las condiciones ambientales y sus parámetros de ventilación para establecer un diseño óptimo de un sistema de ventilación que garantiza la renovación de aire de manera continua.

Con el uso de las herramientas que brinda la ingeniería es fácil realizar un estudio de ventilación industrial, donde es necesario evaluar las diferentes condiciones de temperatura interna y externa, la velocidad del viento, el calor generado por las maquinarias y materias primas. Esto nos permite establecer la propuesta de un nuevo sistema de ventilación por extracción con el uso de extractores eólicos en un recinto con un volumen de gran proporción. Por último, determinar un plan de implantación y mantenimiento al sistema de ventilación por extracción para brindar un funcionamiento óptimo de larga duración, con los diferentes procedimientos para una correcta instalación, así también, un control de mantenimiento preventivo y correctivo que aseguran su mejora continua.

INTRODUCCIÓN

En un área de producción de una empresa existen diferentes agentes contaminantes, ruidos y fuentes de calor generados principalmente por el uso de las diferentes maquinarias, los cuales pueden afectar el bienestar del recurso humano con el paso del tiempo por dichas condiciones laborales. Las instalaciones del área de producción son muy amplias, pero carecen de un sistema de ventilación eficaz y otras variables en el puesto de trabajo, que tendrán como efecto un ambiente cálido. Por esta razón, el diseño de un nuevo sistema ventilación es de gran importancia, para obtener un área de trabajo con las condiciones ambientales y laborales idóneas.

Este problema persiste a pesar que se han implementado ventiladores industriales en distintos puntos de la planta, pero no se ha logrado obtener un ambiente fresco, debido a que no se cuenta con un sistema de ventilación óptimo que permita la extracción del aire del recinto para la renovación del ambiente. Además, las distintas máquinas industriales del área de conversión y la materia prima siempre seguirán generando calor y ruido. Por lo tanto, el proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de ventilación que permita la renovación del aire.

En el diseño de la ventilación se analizarán diversos aspectos a considerar por la infraestructura; como el tipo de actividad de la planta y la temperatura ambiente, principalmente la cantidad de aire a extraer. Por ello se realiza una investigación para analizar detalladamente los diversos temas a tratar con la ayuda de las diferentes herramientas de la ingeniería, con personal de la planta y material de diversas fuentes. Como resultado del proyecto, es el diseño de un

sistema de ventilación por extracción que permita la renovación de aire en el recinto y su respectiva inversión financiera. Considerando también, la fase de planificación de la implementación y mantenimiento del sistema de ventilación.

En el desarrollo del proyecto de un nuevo sistema de ventilación industrial en el área de conversión, el primer capítulo se explica de forma teórica los términos relacionados sobre la ventilación, con el fin de establecer una mayor comprensión sobre lo que se desea diseñar. En el siguiente capítulo, se menciona las generalidades de la empresa Corrugadora Guatemala S.A, lugar donde se desarrolló el proyecto. En el capítulo tercero, se hace el diagnóstico respectivo mediante el uso de diferentes herramientas de la ingeniería sobre los procesos productivos más importantes que se realizan en el área de conversión y posteriormente se evalúan las condiciones ambientales.

Seguido, en el cuarto capítulo, se detallan los diferentes estudios necesarios como parámetros del tipo de ventilación, funcionamiento del equipo seleccionado y sus principales ventajas, determinar la cantidad necesaria de caudal a extraer, el cálculo necesario del equipo a instalar y su respectivo análisis de costos. Finalmente, en el último capítulo se da seguimiento al diseño del sistema de ventilación, con un plan de instalación sobre los diferentes procedimientos que se deben realizar y aspectos a considerar en el mantenimiento del equipo de ventilación.

OBJETIVOS

General

Proponer una mejora en las condiciones de temperatura interna del área de conversión de Corrugadora Guatemala.

Específicos

1. Analizar las características de la infraestructura y las actividades productivas que se desarrollan en el área de conversión.
2. Evaluar las condiciones de temperatura y velocidad del viento para los parámetros de ventilación en el área de conversión.
3. Diseñar un sistema de ventilación que garantiza la renovación de aire de manera continua.
4. Determinar la inversión financiera del nuevo sistema de ventilación.
5. Establecer un plan para la instalación y mantenimiento para el sistema de ventilación.

1. MARCO TEÓRICO

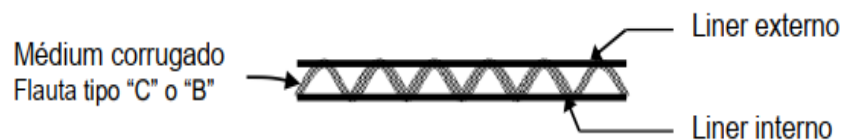
1.1 Ingeniería del empaque

Un empaque de cartón corrugado se compone de distintas láminas de papel que están hechas de fibras de celulosa, cuyo origen proviene de la madera de los árboles, a este tipo de papel se le conoce como papel virgen y otras láminas de cartón corrugado pueden ser de origen de fibras de papel reciclado, que hoy en día proporciona alrededor de un tercio de la materia prima para la industria del papel corrugado (Fibre Box Association, 2005, p. 1.2). La función principal del cartón corrugado es; proteger, preservar y permitir el transporte de toda materia prima, garantizando la inocuidad si el producto es alimenticio; además de ser su carta de presentación.

1.1.1 Estructura de la caja

El cartón corrugado consiste en una combinación de dos componentes principales; una gruesa lamina exterior, al cual se le llama “liner”, y una lámina ondulada que se le llama flauta o “médium”. La ondulada va pegada al liner mediante la aplicación de un adhesivo a base de almidón, presión y calor por vapor.

Figura 1. Estructura de una lámina corrugada



Fuente: Secretaría de Desarrollo Social. 2010. p. 1.

El papel liner se utiliza como cubierta interior y exterior de una caja de cartón corrugado, esta lámina lisa se produce de la materia prima de las maderas blandas, las cuales tienen las fibras más largas y producen un tipo de papel de cartón resistente. El papel médium se elabora de la materia prima de las maderas duras, debido a que sus fibras tienden a ser más cortas y rígidas que las fibras de madera blanda. Una característica especial del papel médium es, que una gran cantidad de su materia prima puede estar hecha de papel reciclado (Fibre Box Association, 2005, p. 1.3). Existen diferentes tipos de cartón corrugado, pero los más importantes son: la pared simple y la doble pared.

La pared simple consiste en dos láminas de papel liner que van adheridas a las dos superficies de una lámina ondulada, que es el médium. Este tipo de cartón corrugado es el más usado en la industria del papel corrugado. Mientras que la doble pared consiste en tres láminas de papel liner que van adheridas a dos láminas médium, este papel ondulado va pegado entre medio de los 3 papeles liner. El cartón corrugado de doble pared posee muchas características, las cuales destacan su alta resistencia. Así pues, es muy usado en la exportación de productos alimenticios y de diversos artículos pesados.

1.1.2 Flautas

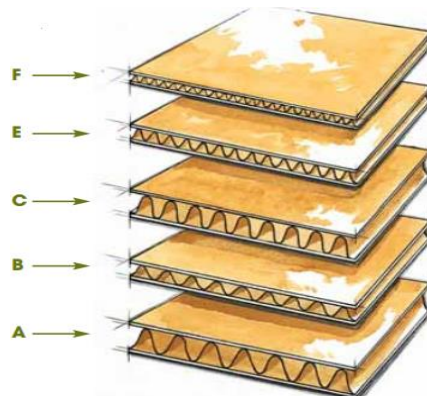
Las flautas o médium tienen la forma de arcos ondulados que van pegados al liner y su objetivo principal es hacer un tipo de columnas rígidas, las cuales son capaces de aportar una gran resistencia a la compresión de la caja y cuando es sometida a grandes presiones, este actúa como un cojín para proteger el contenido del empaque (Fibre Box Association, 2005, p. 3.3). Además, los espacios que deja las flautas sirven como aislantes, esto proporciona cierta protección al producto contra cambios repentinos de temperatura. Un aspecto a

considerar del médium, son sus calibres de las láminas corrugadas.

El calibre de las flautas se determina por el número y el tamaño de arcos por piel lineal que contiene las láminas de cartón corrugado. Por lo tanto, el calibre de las flautas puede ser:

- Flauta A, es el tipo de calibre más ancho y tiene alrededor de 33 arcos por pie, su altura de arco es de 0.184 in.
- Flauta C, es considerablemente más delgada que la flauta A, y tiene alrededor de 39 arcos por pie y su altura es de 0.142 in.
- Flauta B, a diferencia de la flauta C, este tipo de flauta posee menor calibre y tiene alrededor de 47 arcos por pie y su altura es de 0.097 in.
- Flauta E y F, este tipo de calibres son conocidas como flautas microcorrugadas y tiene alrededor de 90 y 96 arcos por pie, y alturas de 0.062 y 0.045 in respectivamente.

Figura 2. **Tipos de calibres de flautas**



Fuente: Fibre Box Association. 2005.

El tamaño de las flautas determinan qué tan resistentes son, es decir, entre más grandes el tamaño de las flautas, poseen mayor resistencia a la compresión vertical y amortiguación, mientras que las flautas microcorrugadas brindan un armado estructural especial pero de menor resistencia, este tipo de flautas se utiliza como empaques para los mercados minoristas. En Corrugadora Guatemala, se producen empaques de cartón corrugado con las flautas B, C y E, además de poder hacer combinaciones para doble pared con flautas como BC y BE.

1.1.3 Adhesivo

En la industria del papel corrugado el adhesivo más utilizado para unir el médium con los papeles liner, es un adhesivo a base de almidón de maíz. El cual posee ciertas características especiales las cuales brinda una resistencia a la humedad gracias a las resinas y los componentes químicos que lleva, además su forma de pegado es muy rápida y duradera con los papeles por el ritmo apropiado de fabricación (Fibre Box Association, 2005, p. 3.4). El proceso de elaboración de este adhesivo deber ser muy exacto en las medidas de las cantidades de ingredientes que lleva, como lo es el almidón, el bórax, la soda cáustica, el agua, entre otros.

Para obtener un adhesivo de alta calidad es necesario que tenga los parámetros ideales de viscosidad y punto de gelatina. La viscosidad controla la capacidad de agarre y transferencia del adhesivo, los cuales deben ser capaces de administrar en todo lo largo y ancho de las láminas que van a altas velocidades, el instrumento para medir la viscosidad se llama copa *Love*. La temperatura del adhesivo influye demasiado y este determina el punto de gelatina, lo que significa a qué temperatura este adhesivo logra pegado.

1.1.4 Aseguramiento de calidad

Corrugadora Guatemala es reconocida por sus empaques de alta calidad, cumpliendo con los diversos requerimientos que pide el cliente y por su alta resistencia, por lo cual la mayoría de los empaques que se realizan, son con fines de exportación de productos como banano, piña, entre otras frutas y verduras. Los empaques de Corrugadora Guatemala pasan por el laboratorio de aseguramiento de calidad en donde son sometidas a varias pruebas avaladas por las normas TAPPI, las cuales están certificadas por la ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares). Por lo tanto, en Corrugadora Guatemala se hacen pruebas antes del proceso de corrugación y después del proceso de conversión, donde se obtiene el producto final.

Para Anderson (2018), las pruebas más importantes que se realizan en el laboratorio de aseguramiento de calidad son:

- Calibre (TAPPI T 411 om-97): el objetivo de esta prueba es verificar que el proceso de corrugación está produciendo láminas con un calibre aproximado al teórico especificando con sus tolerancias, para esto se toma en cuenta los calibres de los papeles liner y médium, además de la altura de las flautas correspondientes de los rodillos corrugadores.
- Pin Adhesion (TAPPI T 821 om-96): el objetivo de esta prueba es encontrar la cantidad de fuerza necesaria por unidad de longitud para separar los papeles liner de las flautas de una muestra rectangular de corrugado.

- Prueba Edge Crush Test (ECT) (TAPPI T 839 pm-95): el objetivo de esta prueba es determinar el valor de la resistencia a una fuerza aplicada paralelamente a la flauta en una muestra de cartón corrugado de 2 X 2 pulgadas.
- Prueba Flat Crush (TAPPI T 825 om-96): el objetivo de esta prueba es evaluar la resistencia de las flautas del cartón corrugado, a una fuerza perpendicular a la superficie de este. Esta prueba debe realizar solamente para cartón en pared sencilla (flauta B y C).
- Prueba Ring Crush (TAPPI T 818 cm-97): el objetivo de esta prueba es verificar la resistencia a la compresión de los bordes del cartón.
- Prueba de compresión de cajas (BCT) (TAPPI T 804 om-81): evaluará la fuerza de falla de una caja de cartón en la mesa de compresión.
- Mullen Test (TAPPI T 403 om-97): medir la resistencia de ruptura del papel por estallido.
- Prueba COBB (TAPPI T 441 om-84): determinar la cantidad de agua que es absorbida por una muestra de papel liner en un tiempo específico bajo condiciones estandarizadas.
- Peso básico (TAPPI T 410 om-88): verificar que el peso básico de los papeles recibidos corresponde a las especificaciones indicadas por el proveedor.
- Prueba STFI (TAPPI T 826 pm-92): el objetivo de esta prueba es verificar la resistencia del papel en dirección de la máquina.

Otras pruebas que se realizan, son: verificar el contenido de humedad del papel, la prueba de Gurley o porosidad, la evaluación de dimensiones del empaque y sus cortes, e inspeccionar la tonalidad de colores con la cartilla de colores GCM I X edición. Además, en el laboratorio de aseguramiento de calidad debe cumplir con ciertos requerimientos para poder realizar las diferentes pruebas. Las condiciones del ambiente del laboratorio de calidad deben ser de 23°C y 50% HR con tolerancia de +/- 2°C y 5% de HR.

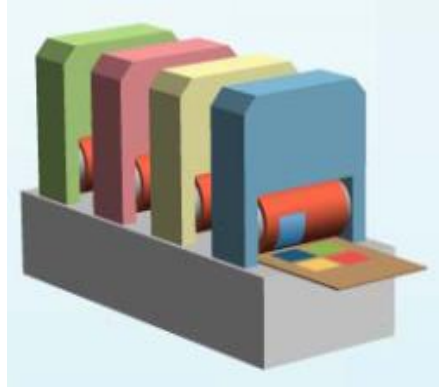
1.2 Proceso de conversión de cartón corrugado

Las láminas corrugadas nacen del proceso de corrugación y terminan en el proceso de conversión, en donde dicha lámina se convierte en el producto final que puede ser, una caja, ya sea troquelada, regular, telescópica, bins, entre otras. En esta área de producción, el cartón corrugado adquiere fuerza adicional en las cajas por medio de los dobleces, uniones y perforaciones particulares que se aplican en lugares convenientes de sus respectivos diseños estructurales. El proceso de conversión consiste en un conjunto de pequeños procedimientos que pueden ser simultáneos o no; para que una lámina corrugada pueda ser transformada, las funciones de una máquina de conversión son:

- Alimentación: es un proceso que consiste en la succión de las láminas corrugadas por el uso de unos rodillos o pinzas, que introducen las láminas hacía el interior de una máquina de conversión.
- Flexografía: es un método de impresión directa y es la más utilizada en la industria del cartón corrugado, el cual consiste en el uso de una plancha de caucho o fotopolímero, en el que dicha plancha está montada en un rodillo portasellos, donde recoge la tinta y la transfiere

por contacto a otro rodillo llamado, *anilox*.

Figura 3. **Esquema del método de impresión flexográfica**

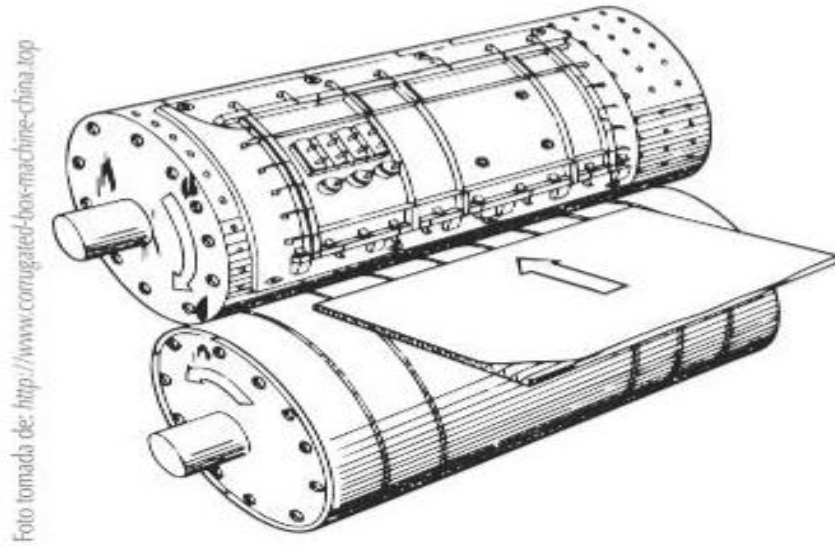


Fuente: CYECSA. s.f. p. 3.

- Slots: son los cortes que se realizan a una lámina corrugada a través del uso de cuchillas ajustadas según las especificaciones que establece el cliente.
- Sisado: es un proceso de presión a una lámina corrugada por el uso de anillos. La sisa permite al empaque o caja de cartón corrugado doblarse y tomar la forma en su armado estructural.
- Troquelado: es un proceso de perforaciones o hendidura los cuales pueden ser de distintas formas y tamaños, estos están compuestos de un marco de madera con diversas cuchillas y de hules que permite desprender las secciones cortas de la lámina corrugada. Los troqueles pueden ser de distintos tamaños, pero existen dos tipos de troquelados; el troquelado plano, consta de una base plana de madera y su funcionamiento son por movimientos arriba y hacia abajo para hacer las perforaciones, mientras que el troquelado rotativo consta de

una base cilíndrica de madera y su funcionamiento son por movimientos circulares, siendo estos de mayor productividad.

Figura 4. **Esquema del sistema de troquelado**



Fuente: Briceño Obando, C. 2020. p. 13.

- Barnices y recubrimientos: son aplicaciones de líquidos al cartón corrugado para obtener una característica especial de brillo o protección de agentes externos, como la humedad y el frío; por ejemplo, el recubrimiento 40H.
- Pegado: consiste en la aplicación de un adhesivo especial en la sección de la solapa de un empaque o caja de cartón corrugado, este puede ser pegado manual o pegado con aplicación de adhesivo en una sección de una máquina de conversión llamada *folder-gluer*. El adhesivo más utilizado en el pegado en la industria del cartón corrugado es la goma marca FP6060.

- Engrapado: consiste en un método de cierre con grapas para cajas de cartón corrugado, esto para una mayor resistencia.

1.3 Ventilación industrial

En el diseño de un ambiente de trabajo, la ventilación industrial es de suma importancia para garantizar la renovación de aire de manera continua y evitar el estrés térmico, que ocasiona los bajos rendimientos físicos y mentales, los cuales terminan afectando la productividad en la empresa y causando enfermedades al personal laboral. La ventilación industrial consiste en renovar las condiciones del aire que, con el paso del tiempo, el uso de la maquinaria o equipo, el esfuerzo laboral por parte del personal y las diversas actividades que se realizan en el local han alterado la calidad del aire por el desprendimiento de calor por parte de la maquinaria o el personal, la liberación o formación de olores o vapores, entre muchos más agentes que afectan la calidad del aire (Echeverri Londoño, 2020, p. 17).

1.3.1 Objetivos principales de la ventilación

El funcionamiento correcto de un sistema de ventilación en un local es un método eficaz para combatir los diferentes agentes contaminantes que se producen en los procesos industriales, pero la ventilación cumple con diversos objetivos principales, los cuales son:

- Mantener la calidad y salubridad del aire.
- Controlar la humedad y el movimiento del aire en el local.
- Contribuir en el rendimiento y bienestar físico del personal.

- Disminuir la concentración gases tóxicos o partículas contaminantes generadas por las actividades que se realizan en el local.
- Garantizar las condiciones de confort y el acondicionamiento térmico.

La importancia de los objetivos de la ventilación en un lugar donde se desarrolla un proceso industrial o un trabajo de oficina, son para cumplir con los siguientes requisitos:

- El contenido de oxígeno no debe ser inferior al 19% ni mayor al 23.5% en volumen (el aire natural cuenta con un 21% de volumen de oxígeno).
- Cumplir con el reglamento de salud y seguridad ocupacional del Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas en el Acuerdo Gubernativo 33-2016, establecido por el MINTRAB, y el reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, establecido por el IGSS.
- Las concentraciones de los contaminantes deben ser inferiores a los límites permisibles establecidos por la OSHA.

1.3.2 Tipos de ventilación

a. Ventilación general

La ventilación general, también se le conoce como ventilación por dilución, la cual consiste en el ingreso de aire limpio sin contaminar en el recinto para que esta corriente se diluya con el viento ya contaminado, y logre sacarlo para cumplir

el objetivo de la renovación y tener un mayor control de un ambiente sano (Echeverri Londoño, 2020, p. 19). Es decir, este tipo de ventilación permite que el aire nuevo entre al recinto a través de un punto de entrada, y fluya para que se propague y se mezcle con el ya contaminado, para que este termine saliendo en un punto específico de salida.

El objetivo de la ventilación general es, mantener las condiciones de confort en el recinto, con una mejor calidad del aire, acondicionar la temperatura excesiva y la humedad. Este tipo de ventilación se utiliza principalmente en los recintos en donde existen una gran variedad de fuentes y agentes contaminantes, las cuales están muy dispersas (Echeverri Londoño, 2020, p. 19). El problema de la ventilación general es que está limitada por la cantidad de toxicidad o contaminantes, es decir si la cantidad de aire contaminado es mayor que la brisa que entra al recinto el resultado es indeseado, debido que este se esparce por todo el recinto antes de ser expulsado en el punto específico de salida.

- **Principios de la ventilación general**

La ventilación general puede ser de forma natural o mecánica. La ventilación natural consiste en la circulación del aire que se produce el diferencial de temperatura y presiones, y funciona con la ayuda de diversas aberturas, como: puertas, ventanas, entre otras. En la ventilación mecánica, el aire de un recinto puede ser extraído o inyectado por la utilización de ventiladores. En el proceso de instalación de un sistema de ventilación general es necesario considerar ciertos principios, los cuales son:

- Calcular el caudal de aire necesario.
- Compensar las salidas de aire con las correspondientes entradas de aire.
- Evitar las zonas de mala ventilación para la corriente de aire.
- Los contaminantes del recinto deben ser de baja toxicidad, de rápida dispersión y en pequeñas emisiones.
- Introducir la mayor cantidad de aire nuevo por las zonas contaminadas.
- Evitar el cruce de corrientes que afecta la circulación del aire.
- Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el recinto.
- Dependiendo del tipo de actividad, utilizar extracción mecánica y entrada natural.
- Situar lo más cerca posible, los puntos de extracción cerca de las zonas contaminadas.

b. Ventilación exhaustiva local

La ventilación exhaustiva local o ventilación por extracción localizada tiene la función de captar el aire contaminado en el mismo sitio donde se origina, con el fin de evitar o disminuir que estos contaminantes se esparzan en el recinto. Este tipo de ventilación tiene la ventaja que remueve los contaminantes sin la necesidad de diluirlos, es decir que requiere menos cantidad de aire para cumplir su función primordial, además, que la cantidad de toxicidad o contaminantes no presenta ningún problema para su funcionamiento (Echeverri Londoño, 2020, p. 29). El sistema de ventilación exhaustiva local se compone de los elementos:

- Campana o sistema de captación.

- Sistema de conductos.
- El equipo de control.
- El ventilador.
- La chimenea.

El funcionamiento de este sistema de ventilación consiste en que la campana o canal de captación atrae el aire contaminado y trasladarlo al conjunto de conductos para llevar el aire contaminado con el equipo de control. Este ventilador tiene el objetivo de proporcionar la energía para transportar estos contaminantes y la chimenea tiene la función de sacar las impurezas no removidas y evitar que vuelvan a introducirse en el recinto.

Una desventaja del sistema de ventilación es que presenta cierta complejidad al momento de diseñar a comparación del sistema de ventilación general, es decir requiere un mayor proceso de cálculo para determinar que las campanas tengan una forma apropiada y su ubicación para tener una captación eficiente de los contaminantes, además que el ventilador y el sistema de conductos deben diseñarse para poder extraer el caudal de aire necesario (Echeverri Londoño, 2020, p. 29). Por lo tanto, para diseñar de forma correcta este sistema de ventilación, es necesario:

- Identificar las fuentes y agentes contaminantes.
- Seleccionar la campana conveniente para capturar los contaminantes.
- Establecer una succión capaz de capturar y transportar el aire contaminado.

1.4 Renovaciones requeridas

Las renovaciones de aire requeridas son de vital importancia en el proceso de un diseño de ventilación, debido a que contribuye en el cálculo del caudal de aire a extraer en función de las renovaciones por hora, lo cual dependerá del tipo de actividad que se realiza en el recinto y asegurará la eliminación de los contaminantes presentes del recinto.

Tabla 1. Renovaciones de aire según la naturaleza de los recintos

Actividad que desarrolla	Renovaciones de aire por hora
Bancos	3 – 4
Bares y tabernas	8 – 12
Cafeterías y comidas rápidas	15 – 18
Catedrales	0.5
Cines	10 – 15
Cocinas domésticas	10 – 15
Cocinas industriales	15 – 20
Cuartos de baño	13 – 15
Discotecas	10 – 12
Escuelas, aulas	2 – 3
Estacionamientos subterráneos	6 – 8
Fábricas en general	5 – 10
Fundiciones	20 – 30
Granjas avícolas	6 – 10
Hospitales	6 – 8
Iglesias modernas	1 – 2
Laboratorios	6 – 12
Lavanderías	20 – 30
Oficinas generales	5 – 6
Panaderías	25 – 35
Restaurantes grandes	5 – 6
Restaurantes medianos	8 – 10
Sala de calderas	20 – 30
Sala de juntas	5 – 8
Talleres con maquinaria	6 – 10
Talleres de pintura	40 – 60
Teatros	10 – 12
Tintorerías	20 – 30

Fuente: Echeverri Londoño. 2020. p. 25.

En el proceso del cálculo del caudal de aire necesario a extraer siempre se debe considerar el tipo de actividad que se realiza en el recinto, debido que es más difícil establecerlo con base al número de ocupantes, el cual puede variar demasiado. Para establecer esta operación, se debe determinar primero el volumen del recinto (V) en m^3 con la multiplicación del largo (l) por el ancho (a) y por el alto (A) (Echeverri Londoño, 2020, p. 26).

$$V = l * a * A$$

Después calcular el caudal del aire (Q) en m^3/h , con la multiplicación del volumen del recinto por el número de renovación por hora (N), según el tipo de actividad que se desarrolla en el recinto (Echeverri Londoño, 2020, p. 26).

$$Q = V * N$$

Al momento de establecer el número de renovaciones por hora, debe considerarse que sea lo suficiente para cumplir con el objetivo de evacuar los contaminantes o malos olores, controlar la humedad y el calor, entre otros; que están presenta en el recinto.

1.5 Fuentes y agentes contaminantes

En un sistema de ventilación industrial se considera como una fuente de contaminación todo cuerpo o equipo que afecte de forma directa o indirecta el estado de confort en un ambiente laboral, generando diversos agentes contaminantes que afectan en el desarrollo productivo de un proceso industrial y estas pueden variar dependiendo el tipo de actividad que se realice en la industria. Las fuentes de contaminación más comunes en una planta son por el uso de maquinaria y equipo, montacargas, calderas, hornos y chimeneas, ciertas

actividades humanas, entre otras.

Las fuentes de contaminación son las principales causantes de los agentes contaminantes, como: gases tóxicos, el ruido industrial, la generación de calor, que afectan el rendimiento y la salud de los trabajadores.

1.5.1 Riesgos por temperatura

En un sistema de ventilación, la temperatura resulta ser un factor de riesgo que puede afectar el funcionamiento fisiológico del organismo de todos los trabajadores, dependiendo de los niveles de calor o de frío que se presenta en un puesto de trabajo, debido que el cuerpo de un ser humano no puede mantener constante la temperatura interna del cuerpo, si los niveles de exposición al frío o calor son muy prologados (Mancera Fernández et al., 2012, p. 204). La temperatura en el ambiente repercute en el organismo humano en mayor o menor grado dependiendo si es el nivel de la temperatura puede o no estabilizarse manteniendo el intervalo de temperatura corporal normal.

a. Causas

Los niveles altos o bajos de temperatura en un ambiente laboral dependerán de ciertos factores que están presentes dentro de la industria por el tipo de actividad que se desarrolla, como las condiciones climáticas externas, entre otras. Las principales causas de los cambios drásticos de los niveles temperatura son:

- Falta de aislamientos térmicos en hornos, calderas y, en general, en cualquier equipo generador de calor.
- Procesos de fundición, secado, fabricación de plásticos o papel, tratamientos térmicos, fabricación de vidrio, procesos con hornos.
- Temperatura ambiental alta o baja de acuerdo con la ubicación geográfica, época del año y hora del día.
- Sistemas de ventilación inadecuados.
- Dentro de los sistemas de inyección y extracción de aire, ubicación inadecuada de termostatos.
- Ingreso a cuartos fríos
- Sistemas de ventilación cuyo ingreso de aire fresco se presenta a una temperatura baja.

b. Efectos

Existen diversos efectos que pueden alterar la salud del organismo de un ser humano, causado principalmente por los riesgos de temperatura, debido a la prolongada exposición en ambientes calurosos o fríos. Los principales efectos de los riesgos de la temperatura son:

Tabla 2. **Efectos de los riesgos de temperatura**

Riesgos de temperatura	
Ambientes calientes	• Vasodilatación sanguínea. • Activación de las glándulas sudoríparas. • Aumento de la circulación sanguínea periférica. • Hipertermia: ✓ Trastornos psiconeuroticos. ✓ Calambres. ✓ Deficiencia circulatoria. ✓ Deshidratación. ✓ Pérdida de electrolitos. ✓ Golpe de calor (hiperpirexia).
Ambientes fríos	• Hipotermia: ✓ Vasoconstricción. ✓ Desactivación de las glándulas sudoríparas. ✓ Disminución de la circulación sanguínea periférica. ✓ Disminución del área de la superficie de transferencia. ✓ Autofagia de las grasas almacenadas. ✓ Disminución de la destreza manual. ✓ Congelación de las partes terminales del cuerpo: orejas, nariz, pies, manos.

Fuente: Mancera Fernández et al. 2012. p. 208.

2. GENERALIDADES DE LA CORRUGADORA

2.1 Aspectos generales de la compañía

La compañía industrial Corrugadora Guatemala S.A., es una planta industrial dedicada a la fabricación de distintos productos y empaques a base de papel, especialmente en el diseño y producción de cajas de cartón corrugado para el empaque de los principales productos de exportación de diversas empresas a nivel centroamericano, tales como: banano, piña, melón, y otras frutas y vegetales, lo cual representa su mayor demanda. Además de fabricar cajas de cartón corrugado para productos de alimentos agrícolas, también tiene una gran participación en la fabricación de empaques de diversos productos a nivel comercial en Guatemala.

Corrugadora Guatemala S.A., entró en operaciones en el año de 1,968 y está ubicada en el Barrio Las Flores, Morales, Izabal. Actualmente la planta industrial cuenta con más de 50 años de experiencia en el diseño y producción de cartón corrugado, y sus principales productos son; las cajas troqueladas, telescópicas y regulares, bines, divisores y esquineros, además cuenta con maquinaria para el preprocesamiento de residuos de cartón; este desecho es enviado a la empresa hermana Industria Panameña de Papel, para completar el proceso de reciclaje.

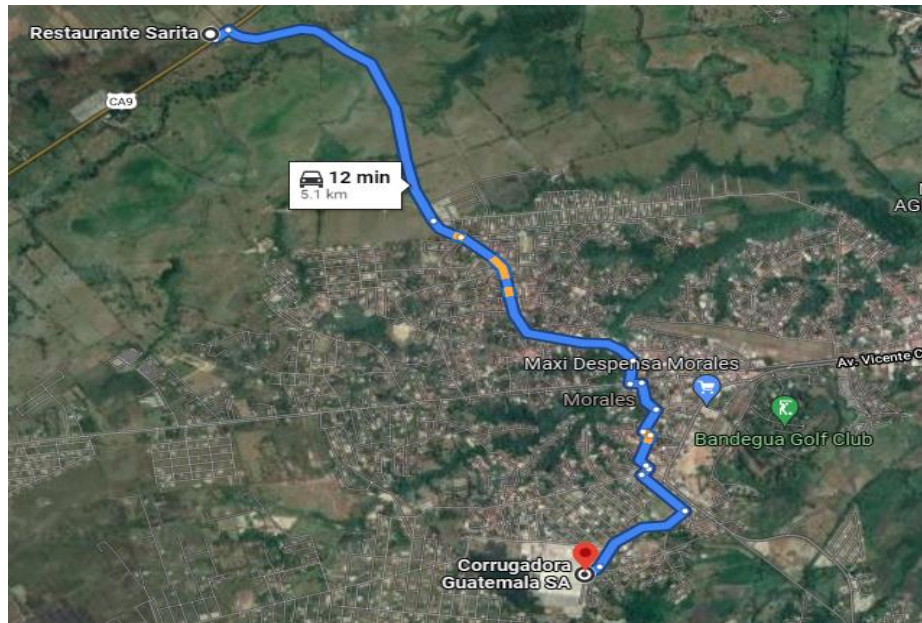
Corrugadora Guatemala S.A., en la actualidad cuenta con una población de 947 empleados, y es la planta industrial más grande del Grupo Empresas Galindo abarcando más de 50,000 m²; tanto en Guatemala como a nivel de Centroamericano es reconocida por su excelente calidad de empaque por lo cual

está certificada por la Norma ISO 9001:2015 que indica que cumple con los diversos requisitos para un excelente sistema de gestión de calidad y que el cartón corrugado cumple con las diversas pruebas de laboratorio bajo condiciones TAPPI; además, cuenta con la certificación del Sistema de Inocuidad de los Alimentos FSSC 22000, lo que representa una buena gestión de la inocuidad del empaque de alimentos.

2.2 Ubicación

Compañía industrial Corrugadora Guatemala S.A, se encuentra ubicada en el Barrio Las Flores, en el municipio de Morales, departamento de Izabal y está a una distancia de 248 km de la Ciudad de Guatemala y a 62 km de la cabecera departamental; en su territorio se interceptan las carreteras CA-9 o ruta del atlántico y la CA-13 o carretera hacia Petén. Cuenta con una extensión territorial de 1,296 km², lo cual lo ubica como el segundo municipio más pequeño del departamento de Izabal. Posee un clima monzónico, y la temperatura media es de 26.4°C, y la máxima media es de 30.7°C.

Figura 5. **Ubicación de Corrugadora Guatemala**



Fuente: Google. s.f.

2.3 Planeación estratégica

2.3.1 Visión

El principal enfoque de la empresa consiste en, ser una empresa líder en la fabricación de empaques de cartón corrugado para los distintos mercados agrícolas, industriales y comercial; garantizando un servicio óptimo al cliente, cumpliendo con los diversos requerimientos y especificaciones.

Tabla 3. **Visión de la compañía**

Visión
Ser una compañía, líder y pionero a nivel nacional e internacional, fabricante insuperable en empaques de cartón corrugado, suministrando así productos con alto estándar de calidad, manteniendo una filosofía de servicio al cliente ágil y de compromiso total, brindando precios con el justo balance entre esta calidad, este servicio y la economía que buscan nuestros clientes.

Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 3.

2.3.2 Misión

En Corrugadora Guatemala se tiene como objetivo elaborar empaques de cartón corrugado de forma eficiente y de alto grado de resistencia, cumpliendo con las condiciones de prueba TAPPI. Además, de satisfacer con los estándares del sistema de gestión de calidad de la ISO 9001:2015 y del sistema de inocuidad de los alimentos FSSC 22000.

Tabla 4. **Misión de la compañía**

Misión
Ser los líderes regionales en la industria del cartón corrugado optimizando el manejo de sus productos con empaques corrugados más eficientes, resistentes y presentables, ofreciendo nuestros excelentes servicios a compañías a nivel regional de alto prestigio.

Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 3.

2.3.3 Objetivos

Los diversos departamentos de Corrugadora Guatemala velan por el cumplimiento de los diversos requerimientos que el cliente solicita con respecto a las medidas del empaque, pruebas de resistencia y principalmente la entrega del producto final en la fecha acordada, obteniendo el menor porcentaje de desperdicio de materia prima.

Tabla 5. **Objetivos de la compañía**

Objetivos empresariales
• Garantizar la producción de acuerdo a los requerimientos de los clientes en un 99%. • Garantizar para las diferentes órdenes de producción el cumplimiento de las especificaciones físicas y de resistencia en un 99%. • Cumplir con el mínimo de un 85% de órdenes de producción entregadas a los clientes según fecha confirmada de compromiso. • Mantener el desperdicio imputable al proceso en un porcentaje máximo del 4% para el mercado agrícola y para el mercado comercial para los meses de noviembre al mes de abril de un 8.5% y para los meses de mayo a octubre del 10%. • Asegurar anualmente que el personal operativo que ocupa los puestos clave del proceso certifique ser competente en el puesto de trabajo, en un mínimo del 90%.

Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 4.

2.3.4 Política de calidad

Para hacer entrega de un empaque de cartón corrugado para los diferentes tipos de mercado, la empresa se compromete elaborar empaques de alta calidad e inocuidad, velando por los requerimientos del cliente y la salud y seguridad ocupacional para todos los trabajadores que conforman la empresa.

Tabla 6. **Políticas de calidad de la compañía**

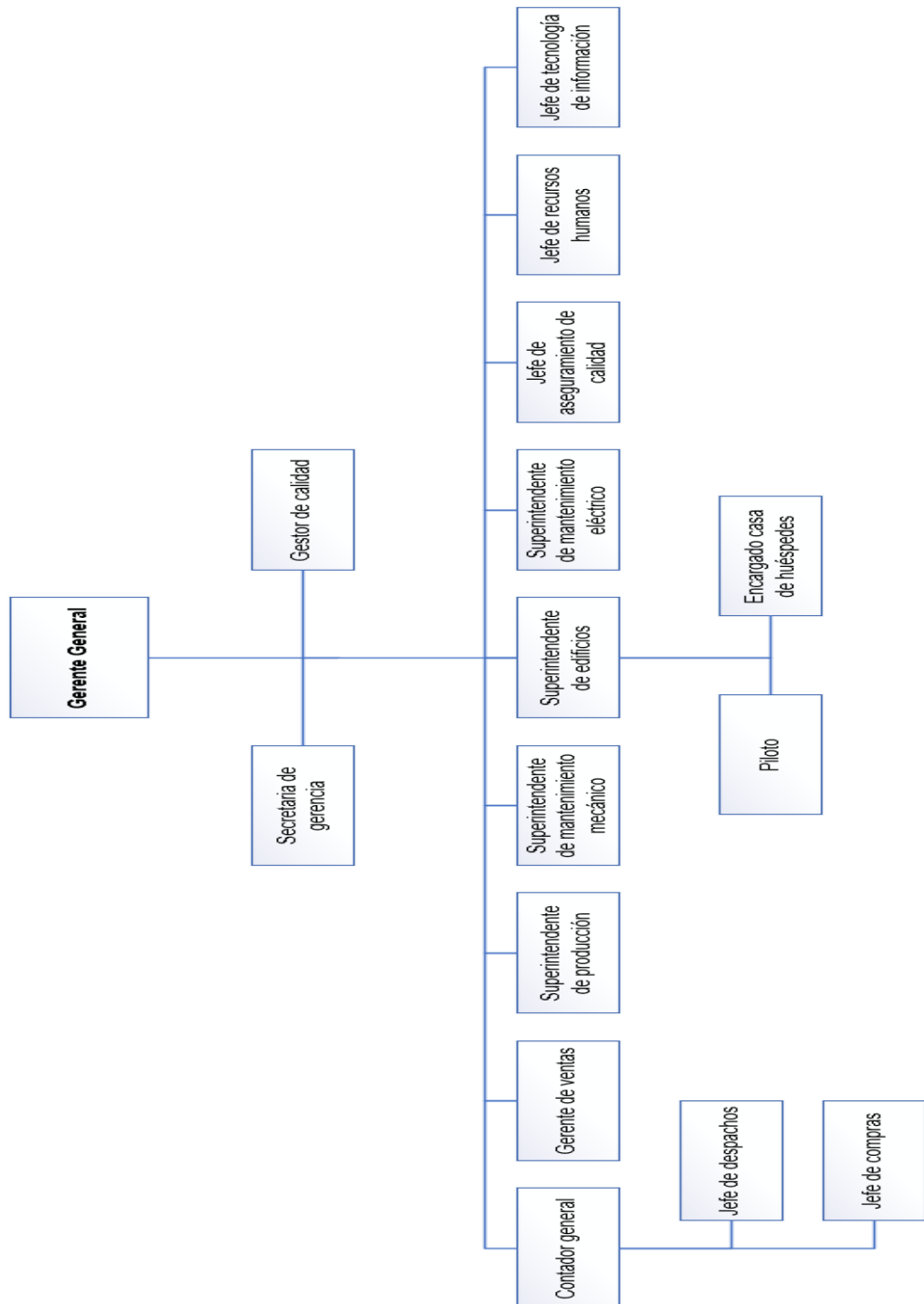
Políticas de calidad
Corrugadora Guatemala, S.A. es una empresa dedicada a proveer empaques de cartón corrugado a los mercados agrícola, industrial y comercial, en cumplimiento con las obligaciones y responsabilidades con todas las partes interesadas y con los requisitos en cuanto a calidad, inocuidad y seguridad y salud en el trabajo, incluidos los legales y reglamentarios, con personal comprometido, capacitado y enfocado en proporcionar las condiciones de trabajo seguras y saludables para la prevención de lesiones y deterioro de la salud relacionada con el trabajo, buscando el mejoramiento continuo de nuestro sistema de gestión.

Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 5.

2.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional de Corrugadora Guatemala presenta un modelo de organigrama vertical, en el cual se representan los diferentes puestos o departamentos de trabajo de arriba hacia abajo. En la siguiente figura se visualizan los diferentes departamentos que conforman la planta industrial, donde el jefe inmediato, el gerente general, es el que encabeza.

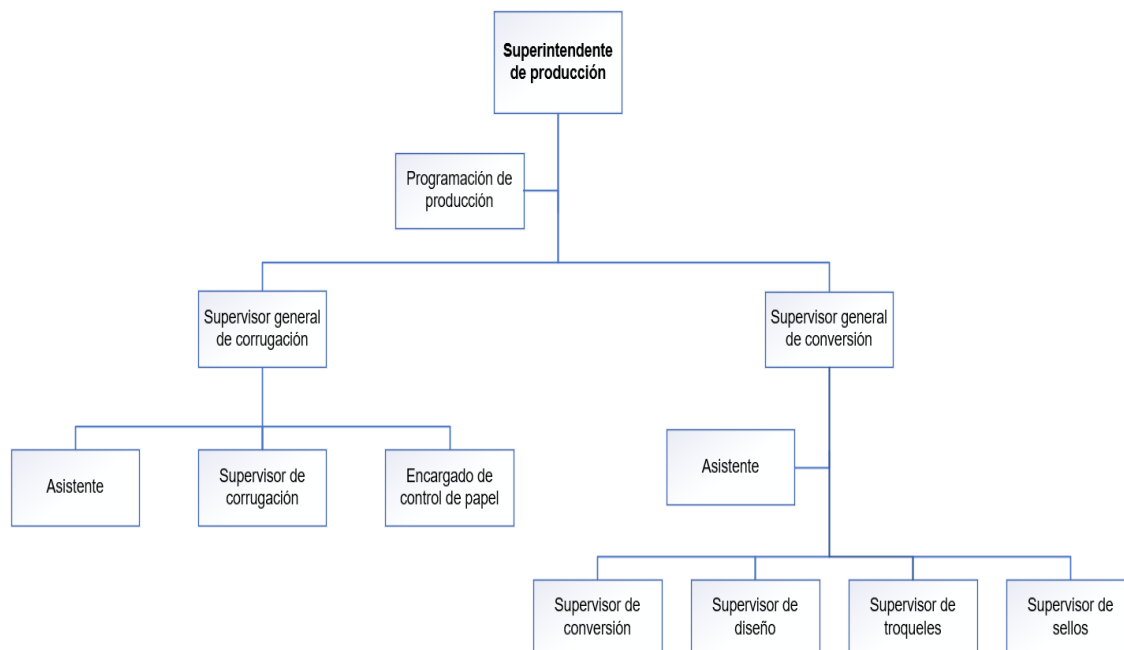
Figura 6. Organigrama vertical Corrugadora Guatemala



Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 6.

Una de las áreas más importantes de Corrugadora Guatemala, es todo el departamento de producción, su encargado es el superintendente de producción, que tiene como objetivo velar por el cumplimiento de las ordenes programadas. Tiene a su disposición a 2 asistentes (supervisores generales de corrugación y de conversión), los cuales tienen la responsabilidad de apoyar en el área de manufactura y de notificar cualquier inconveniente que pueda surgir en el área de corrugación o conversión.

Figura 7. **Organigrama vertical del área de producción**



Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 7.

2.4.1 Área administrativa de conversión

El encargado del área de conversión es el supervisor general de conversión, el cual tiene la función principal de analizar y programar una orden completa de láminas corrugadas del área de corrugación a una máquina de conversión, inspeccionando las características del master de producción, los acabados, las

fechas de entrega y determina el recorrido de la orden para establecer un proceso continuo. El supervisor general de conversión deberá estar siempre pendiente ante todo nuevo requerimiento de los clientes e informar los nuevos cambios o diseños a los supervisores de: diseño, troqueles, sellos y conversión (Corrugadora Guatemala, 2018, p. 23). Además, deberá velar por el cumplimiento de los siguientes objetivos:

Tabla 7. **Objetivos del área de conversión**

Objetivos de producción
Objetivo general: - Realizar la conversión de láminas de manera eficiente, evitando tiempos perdidos en impresión por defectos de colocación de medidas, sellos y troqueles y así cumplir con las especificaciones que el cliente solicita en cuanto a impresión y medidas de su producto. Objetivos medibles: - Lograr con los índices por millar de metros cuadrados convertidos establecidos en los periodos determinados. - No exceder el 35% de <i>down-time</i> (tiempo muerto) en el área de conversión bananera. - Realizar la limpieza y sanear de los equipos de conversión antes de cada inicio de producción de empaque para alimentos en un 95%.

Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 25.

3. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA

3.1 Características del proceso de conversión

Para llevar a cabo el proceso de conversión de las láminas corrugadas al producto final que es un empaque de alta calidad, se debe analizar diferentes características de la orden de producción, a lo que detalla para qué cliente se está trabajando, sus especificaciones y requerimientos del empaque. El supervisor general de conversión analiza la orden de producción enfocándose en cinco aspectos muy importante: el master de producción, el acabado, el recorrido de la orden, la cantidad solicitada y la fecha de entrega, estos le ayudarán en la programación de la orden.

- **Análisis de master de producción:** se compone de diferentes aspectos que determinan el número de orden de producción, el cliente, tipo de caja y para qué mercado se está produciendo. Además, detalla las diferentes dimensiones del empaque, el tipo de calibre de la flauta, el master, si el empaque es para alimentos o no, entre otros.
- **Acabado:** se analiza los diferentes colores que lleva el empaque, siendo la cantidad máxima cuatro colores. También indica el tipo de cierre, la cantidad de componentes de la orden y la cantidad de componentes por bultos. Un aspecto muy importante por considerar es la cantidad de componentes, debido a que el total de componentes debe asemejarse a la cantidad solicitada, si en la orden de producción la cantidad de componentes es menor a la cantidad solicitada, significa

que es una orden combinada.

- Recorrido de la orden: indica qué tipo de proceso se va a realizar, si se va troquelar o no, si es con un troquel rotativo o plano. Determinar las opciones de máquinas convertidoras que puede realizar el proceso, entre otros agregados como paletizado o empaquetado de nailon.
- Cantidad solicitada y fecha de entrega: especifica la cantidad de unidades totales ideales a despachar y la fecha de recepción. Un aspecto muy importante para considerar es que la orden de entrega de producción debe estar como mínimo tres días antes de la fecha de establecida con el cliente.

Terminado el proceso de conversión, se debe llenar el reporte de producción, donde se especifica la máquina convertidora que se utilizó, el nombre de operador, fecha de producción y el total de componentes producidos. Después el reporte pasa por el área de programación donde inspeccionan la orden y los cambios que se realizaron, se envía la información a contabilidad, para el control de papel y logística.

3.2 Descripción del proceso productivo

En el área de conversión de Corrugadora Guatemala se establece un análisis de los diferentes tipos de maquinarias industriales para la fabricación de empaques y sus principales agentes contaminantes generados por dichas maquinarias. Asimismo, establecer un diagrama de causa-efecto sobre las malas

condiciones ambientales, y desarrollar un diagrama de operaciones para los dos procesos más importantes por las máquinas convertidoras.

3.2.1 Máquinas convertidoras y el personal

Corrugadora Guatemala S.A., posee distintos tipos de máquinas convertidoras, que cumplen con diferentes propósitos, adecuándose a las especificaciones y medidas de las cajas a producir. Actualmente se cuenta con quince máquinas convertidoras en funcionamiento continuo que pueden realizar diferentes procesos, como: troquelado, impresión y/o pegado. Los tipos de máquinas que se cuentan en la empresa son:

- Troqueladora

La troqueladora tiene un solo objetivo, que es, hacer cajas troqueladas con diseños de ranuras, cortes angulares, circulares, y más. Además de realizar líneas de perforación y orificios de ventilación. Existen dos tipos de troqueles para dicho tipo de máquina, y estos pueden ser, troquel rotativo o plano. Las máquinas troqueladoras que se cuentan en Corrugadora Guatemala son, la Ward 1 y la Eterna.

- Imprenta

La imprenta o también conocida como *printer-slotter*, es una máquina que tiene como objetivo realizar troquelado, cortes e impresión, tanto de texto como gráficos. Esta máquina imprime con tintas a base de agua, luego hace los cortes, las sisas y el troquelado si fuera necesario. Existen diferentes tamaños de imprentas, dependiendo del eje del troquel para adaptarse a diferentes tamaños de empaques. Las imprentas que se cuentan en Corrugadora Guatemala son la

Ward 8, Ward 10 y la Koppers 6.

- Plegadora-encoladora flexográfica

También conocida como *Flexo Folder-Gluer*, es una máquina que al igual que la imprenta puede imprimir con tintas a base de agua y realizar diferentes cortes, pero con la capacidad de aplicar pegamento en las solapas, cerrar la caja, agruparlos y apilarlos con un *counter-ejector*. Esta funciona más rápido que la imprenta, por lo tanto, se utiliza en los procesos de producción de grandes cantidades de cajas y puede tener diferentes tamaños de troquel para adaptarse a los diferentes tamaños de cajas. Las plegadoras-encoladoras flexográficas que se cuentan en Corrugadora Guatemala son: la Koppers 2, Koppers 4, Koppers 5, Martin 9, Saturno 11, Ward 12, Ward 13, Ward 14 y JS15 Machine. (Fibre Box Association, 2005, p. 1.7 - 1.8).

En el área de conversión laboran más de 276 personas distribuidas en 3 turnos diferentes y en distintos puestos de trabajo, que se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 8. **Responsabilidades del personal del área de conversión**

Descripción del puesto de trabajo	
Operador de máquina	Deben controlar que los ayudantes de máquina, amarradores y estibadores manipulen adecuadamente el producto.
Ayudante de operador de máquinas	Su responsabilidad es manipular adecuada e higiénicamente las láminas de cartón corrugado que se están procesando en su área de trabajo.
Alimentadores	Su responsabilidad es verificar que las láminas que se encuentren en buen estado y libre de cualquier contaminante, así mismo deberán eliminar las primeras dos láminas de la parte inferior y superior de cada tarima.
Amarradores	Su responsabilidad es manipular adecuadamente e higiénicamente los empaques de cartón corrugado que están siendo procesadas en las máquinas.
Estibadores	Su responsabilidad es estibar y colocar láminas de cartón cubriendo totalmente la tarima para estibar adecuada e higiénicamente los empaques de cartón corrugado, así mismo deberá colocar laminas al final de la última “estiba” para que no exista contacto con la tarima que se coloca encima al momento del almacenamiento de producto terminado
Supervisor de producción	Verifican que el personal que manipula los empaques de cartón corrugado lo realizan de una manera adecuada, con higiene, utilizando su equipo de protección personal, las manos limpias, para evitar la contaminación del producto.

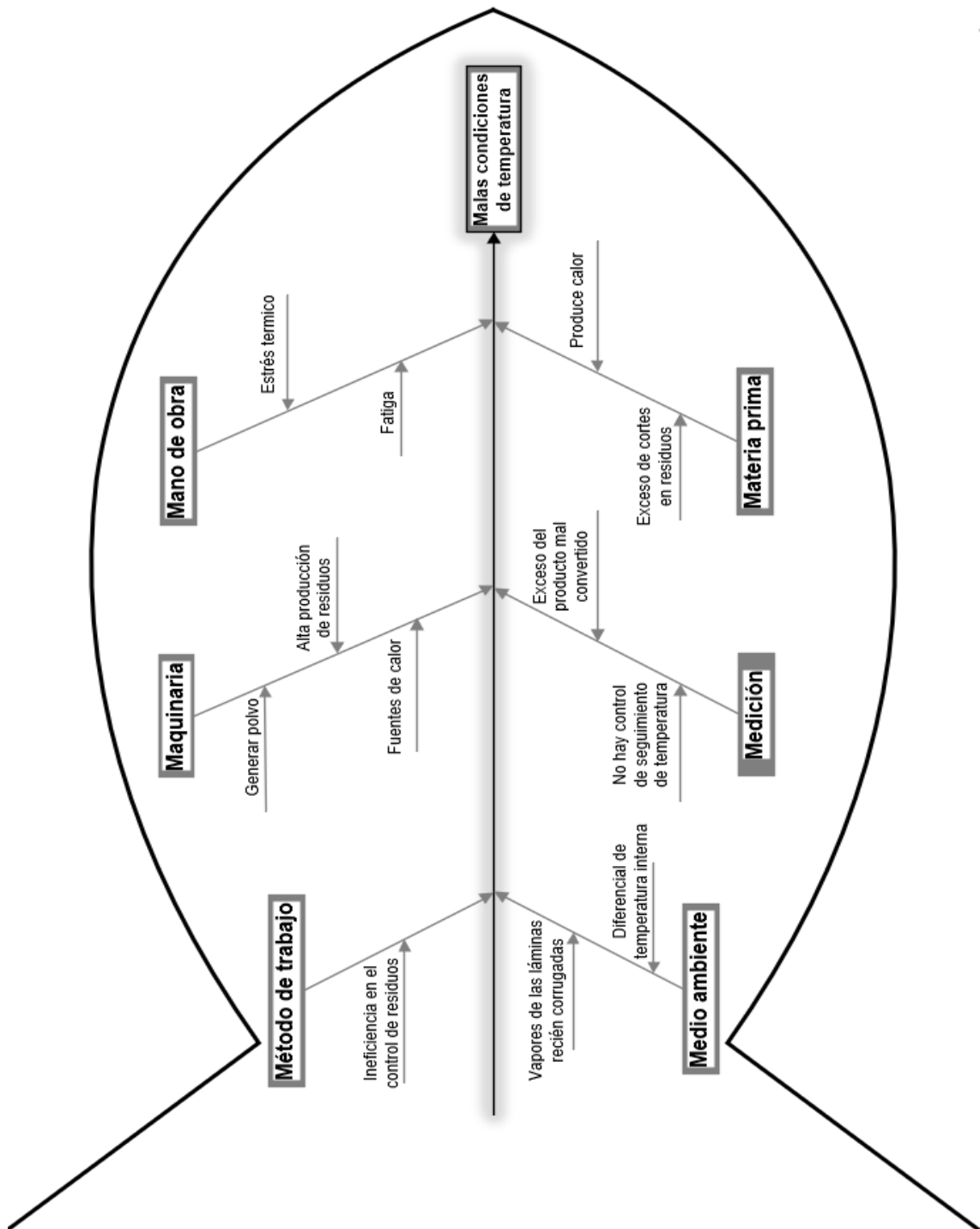
Fuente: Corrugadora Guatemala. 2018. p. 46.

3.2.2 Diagrama Ishikawa

En el área de conversión, las malas condiciones ambientales y ocupacionales se deben a varios factores presentes en el recinto que son grandes fuentes de calor que aumentan la temperatura interna, que pueden afectar la salud de los trabajadores y reducir la productividad por el estrés térmico. La identificación de las principales causas del problema, permitirían establecer un control y seguimiento a las diversas condiciones ambientales internas y externas, de igual forma determinar los agentes contaminantes presentes.

Todas las máquinas presentes en el área de conversión son de gran impacto en las condiciones ambientales y ocupacionales, por ser las principales fuentes de calor y la generación de agentes contaminantes, como el polvo y vapores de las láminas recién corrugadas. El siguiente diagrama Ishikawa analiza el impacto del uso de las maquinarias:

Figura 8. Diagrama Ishikawa



3.2.3 Análisis de operaciones en la convertidora Ward 1

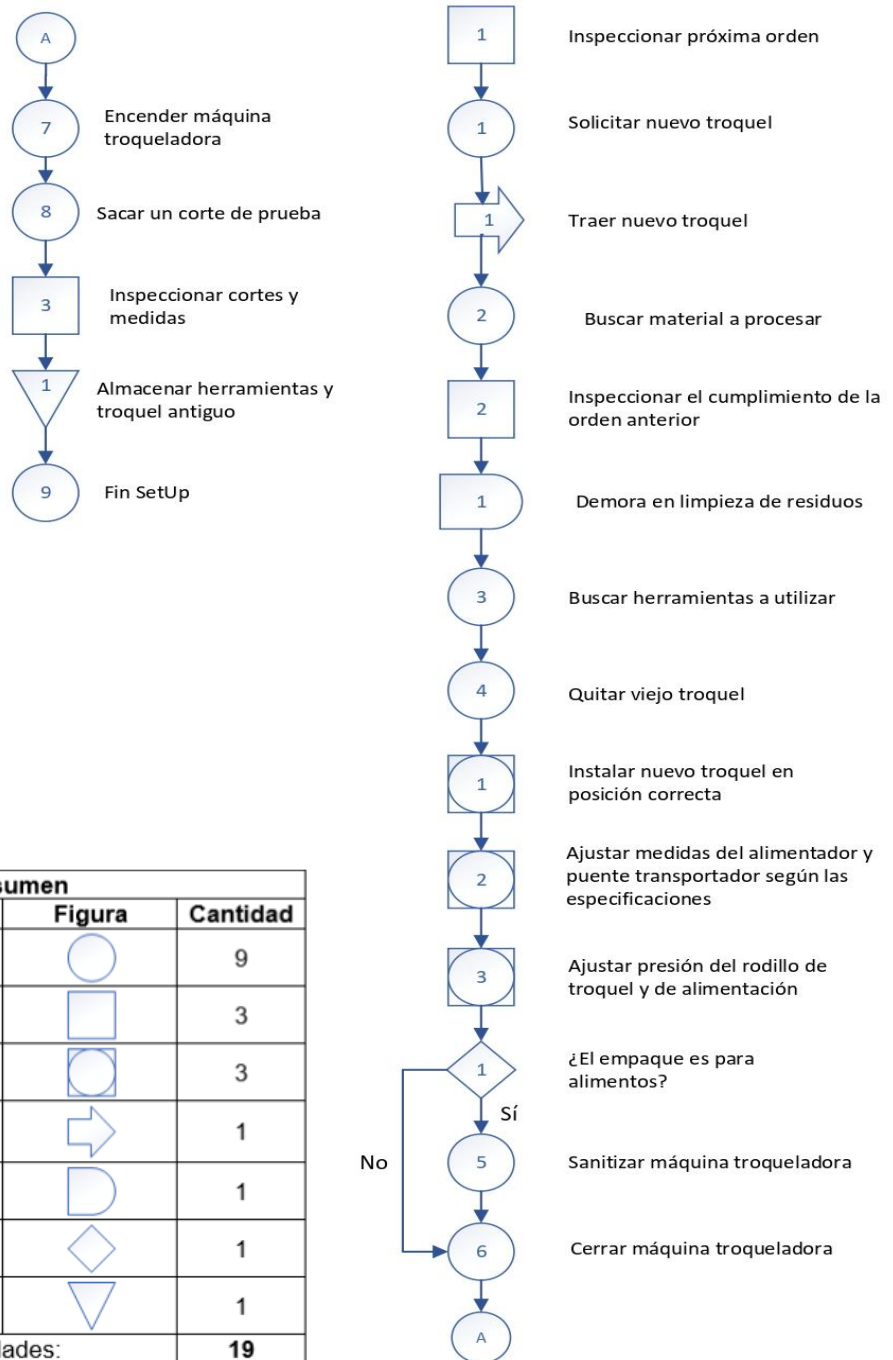
La máquina convertidora Ward No.1, es una troqueladora especial para cajas troqueladas y, es muy utilizada para las temporadas meloneras y para elaborar estibas. Esta máquina convertidora cuenta únicamente con una sección de alimentación, la sección de troquelado y un puente transportador. La principal característica de la Ward No.1, es que utiliza un troquel rotativo y la medida del rodillo es de 66 pulgadas de diámetro.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Ward No.1, se realizan los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material para obtener el resultado deseado, que es, un empaque o una caja de cartón corrugado, en donde únicamente se analiza si requiere sanitizar, si la orden a trabajar es para alimentos o no. En esta máquina laboran 3 personas por cada turno que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante y alimentador.

Figura 9. **Proceso SetUp en la Ward 1**

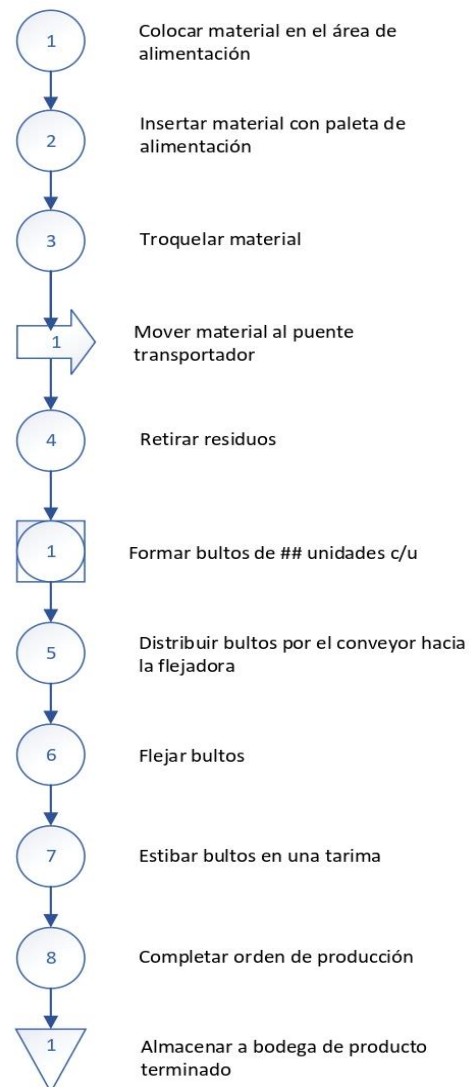
Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez Fecha: 14/10/2021 Empresa: COGUSA
 Proceso: Preparación de orden en la Ward 1 Hoja: 1 de 1 Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación		9
Inspección		3
Operación combinada		3
Transporte		1
Demora		1
Toma de decisión		1
Almacenamiento		1
Total de actividades:		19

Figura 10. **Proceso de conversión en la Ward 1**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Ward 1	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación		8
Transporte		1
Operación combinada		1
Almacenamiento		1
Total		11

3.2.4 Análisis de operaciones en la convertidora Eterna

La máquina convertidora Eterna o Eterna PE 1620SA, es una troqueladora para todo empaque que requiera solamente cortes y es muy utilizada para los empaques de mercado nacional. Cuenta únicamente con una sección de alimentación, la sección de troquelado, área de pelado y un carril elevador. La principal característica de la Eterna, es que utiliza un troquel plano, su ventaja principal es que puede troquelar empaques de diferentes tamaños y en varias cantidades en una sola lámina corrugada. La sección de troquel tiene una medida máxima de 60 x 36 pulgadas.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Eterna, se realizan los procesos de cambio de orden y de transformación de material para obtener el resultado deseado que es un empaque cartón corrugado, en donde únicamente se analiza si la máquina requiere sanitizar y/o flejado los bultos. En esta máquina troqueladora, laboran 7 personas por cada turno que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante, alimentador, amarradores y estibadores.

Figura 11. Proceso SetUp en la Eterna

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Preparación de orden en la Eterna	Hoja: 1 de 1	Método: Actual

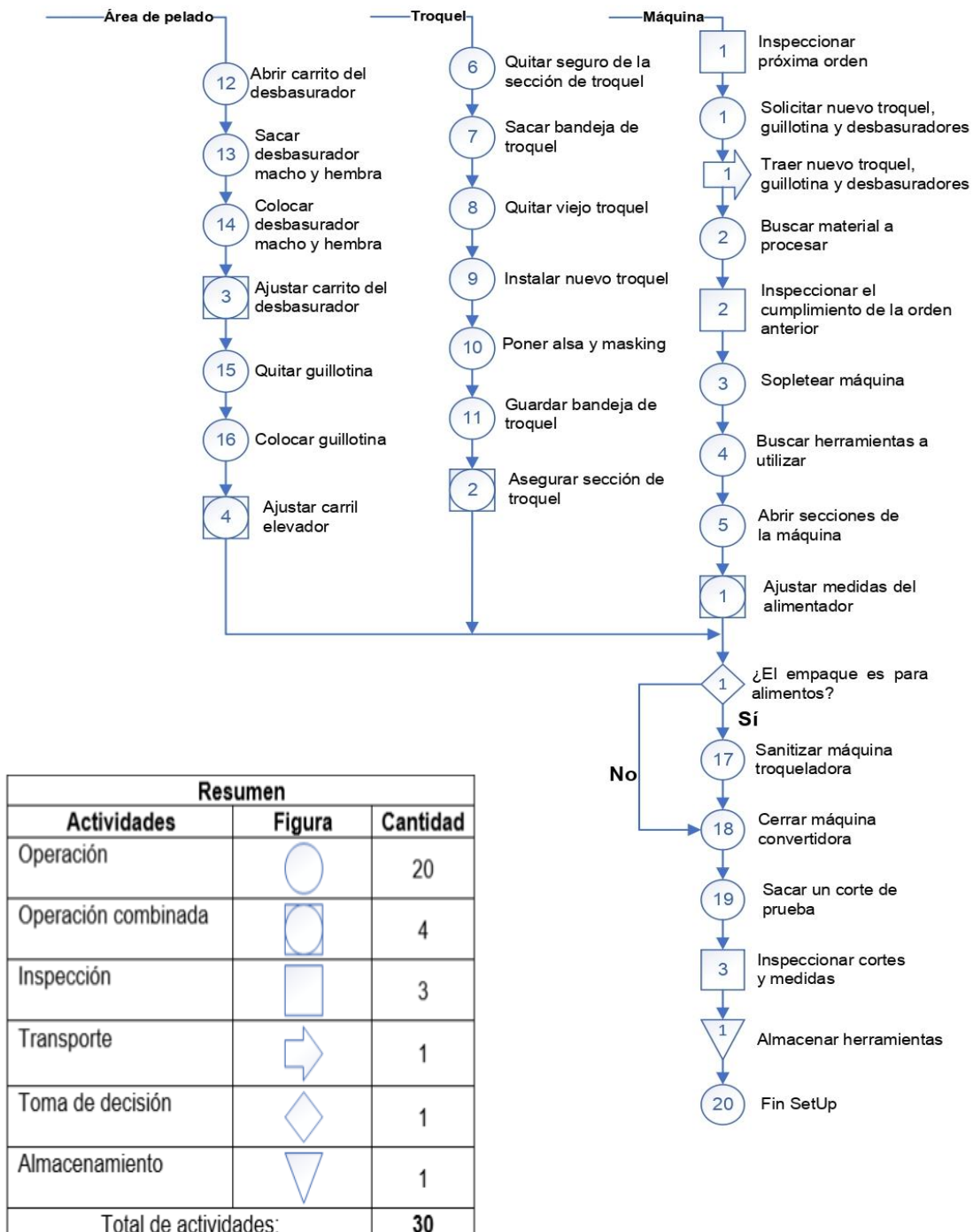
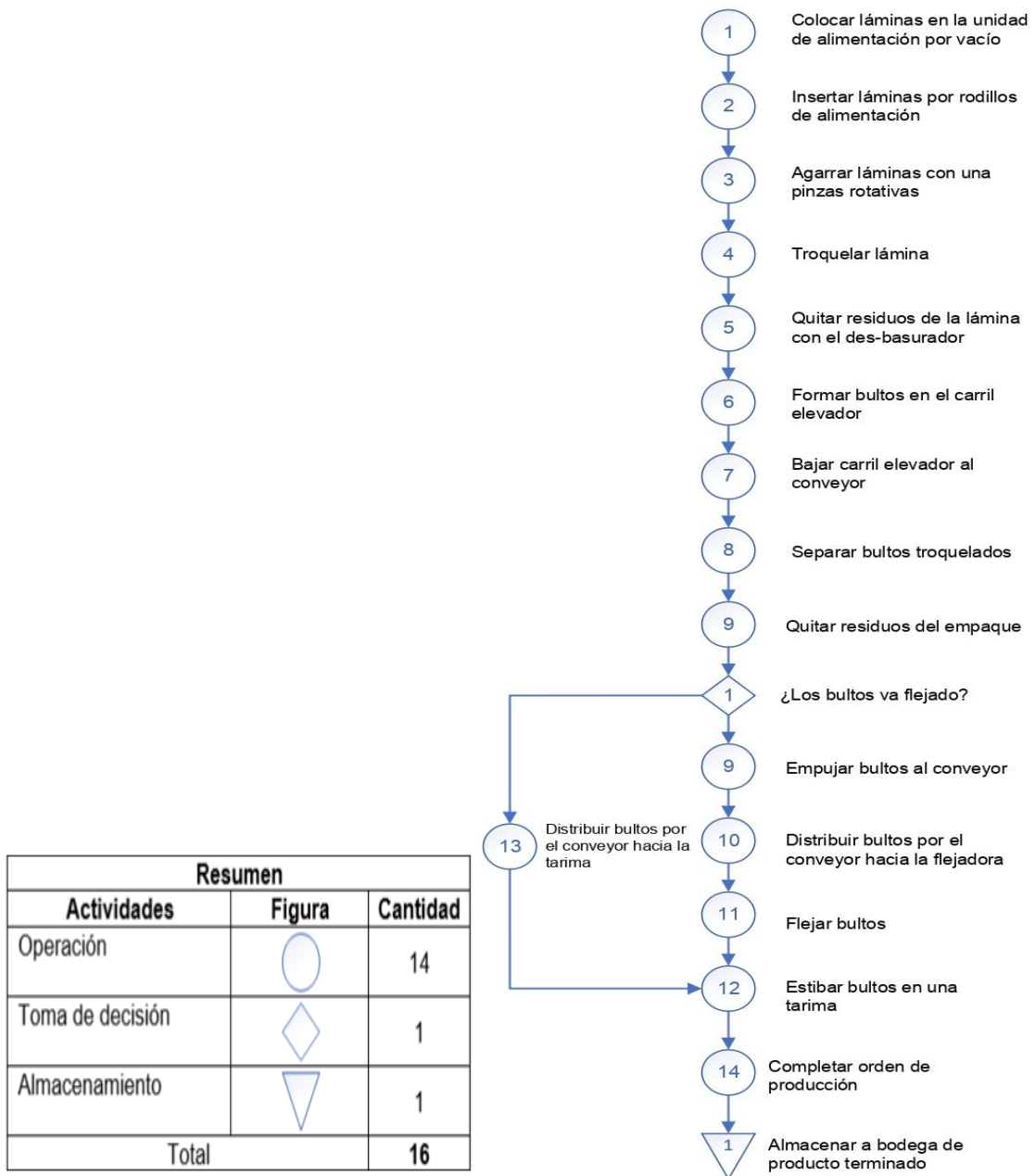


Figura 12. **Proceso de conversión en la Eterna**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Eterna	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



3.2.5 Análisis de operaciones en la convertidora Koppers 2, Koppers 4, Koppers 5, Martin 9 y Ward 12

Las máquinas convertidoras Koppers 2, Koppers 4, Koppers 5, Martin 9 y Ward 12, son máquinas Flexo *Folder-Gluer* o también conocidas como plegadoras-encoladoras flexográficas, estas convertidoras son muy utilizadas para producir cajas regulares y troqueladas que requiera una impresión, troquelado y/o pegado; para los distintos mercados, tanto nacional como agrícola. Estas máquinas cuentan con ciertas similitudes, como secciones de: alimentación, tintas y sellos, cuchillas, troquelado rotativo, un *folder-gluer* y un *counter-eyector*.

Las únicas diferencias de estas máquinas son las medidas del diámetro del troquel, el rodillo de la Koppers 2 y Koppers 4 de 50 pulgadas, la Koppers 5, la Martin 9 y la Ward 12 que son de 35, 38 y 37.5 pulgadas de diámetro respectivamente.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En las máquinas convertidoras Koppers 2, Koppers 4, Koppers 5, Martin 9 y Ward 12, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material para obtener el resultado deseado que es un empaque cartón corrugado, son similares. En estas máquinas laboran 6 personas por cada turno en la Koppers 2 y Koppers 5, 7 personas en la Martin 9 y Ward 12, y 8 personas en la Koppers 4, los cuales desarrollan el puesto de trabajo de operadores, ayudantes, alimentadores, amarradores y estibadores.

Figura 13. Proceso SetUp en la Koppers 2, 4 y 5, Martin 9 y Ward 12

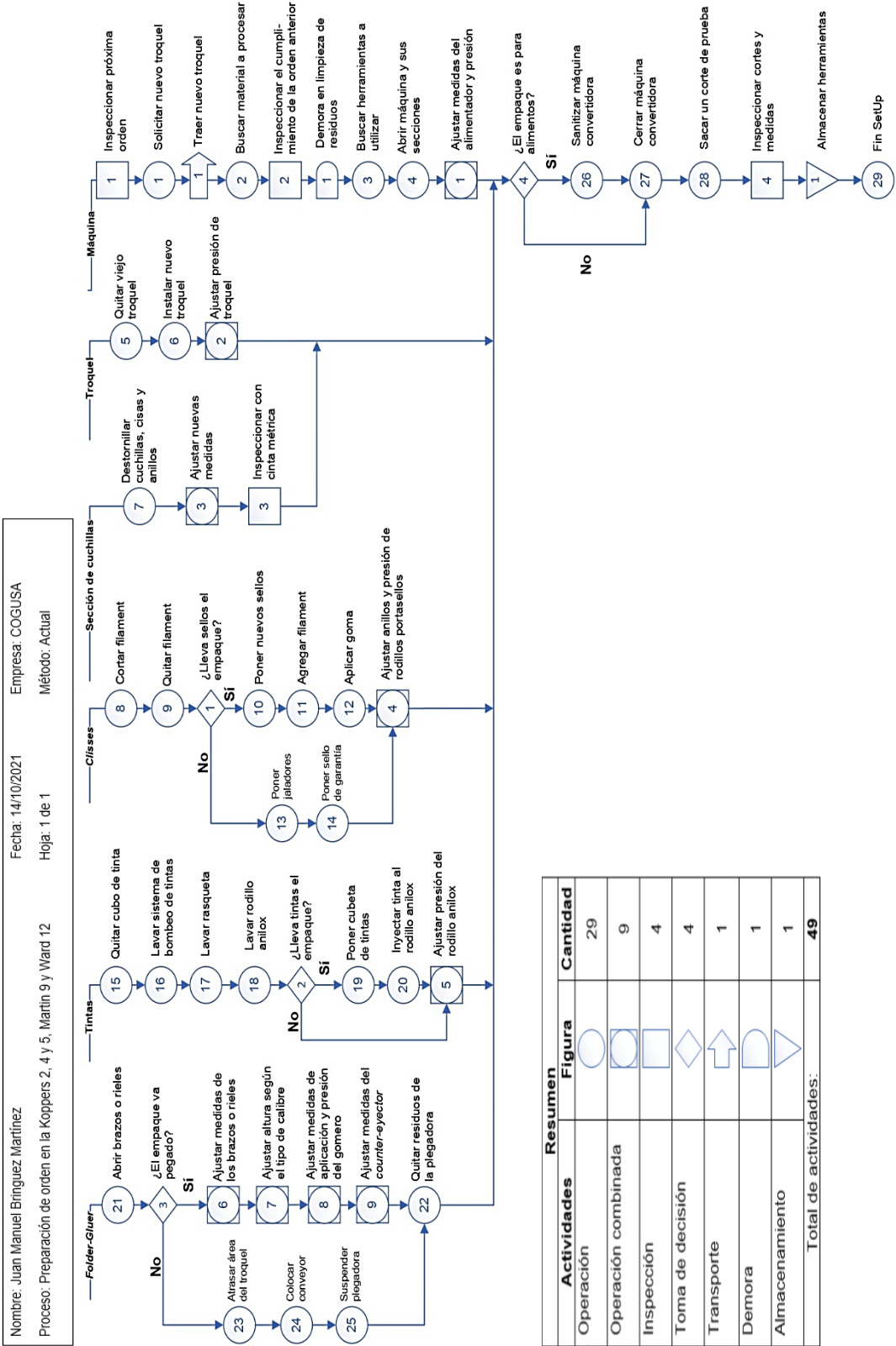
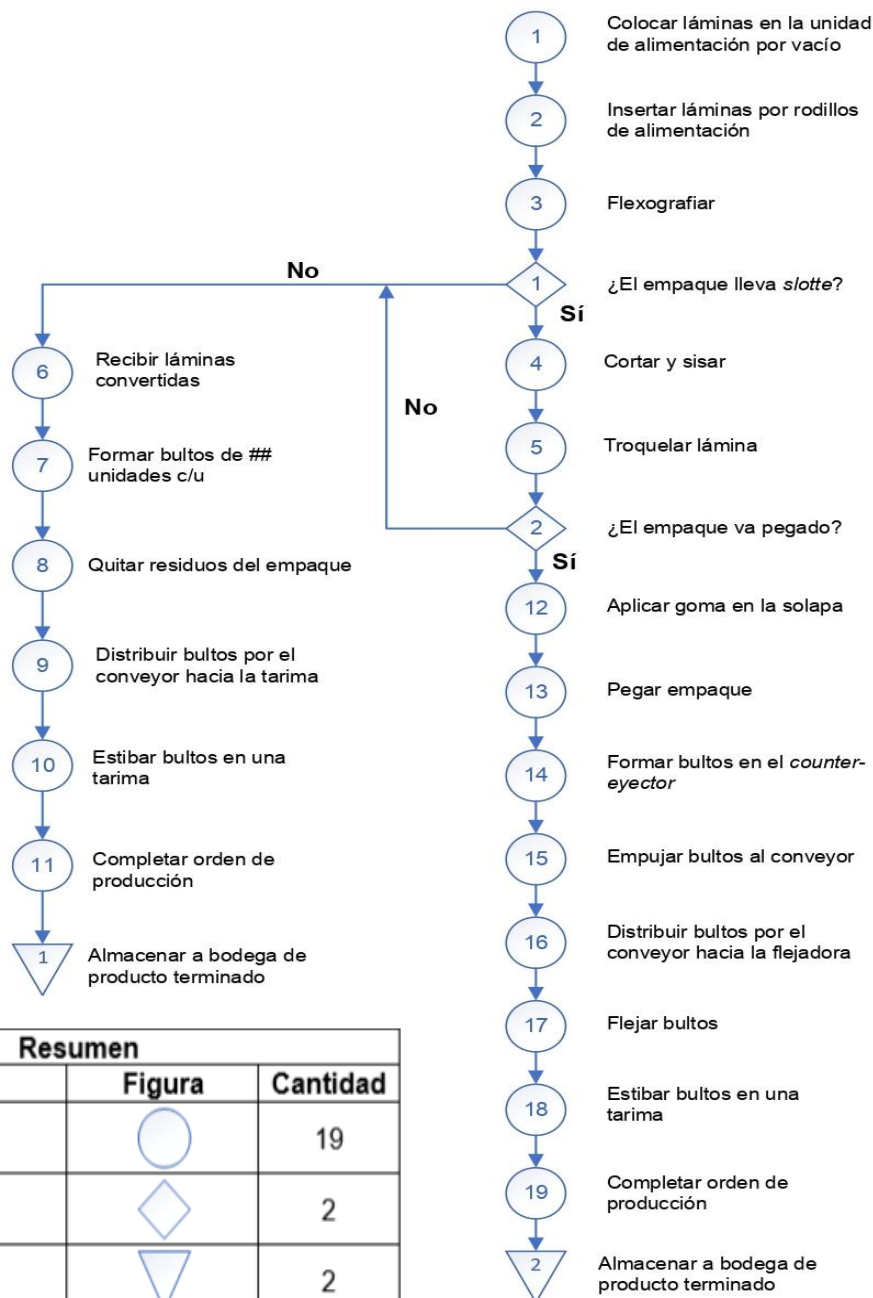


Figura 14. **Proceso de conversión en la Koppers 2, 4 y 5, Martin 9 y Ward 12**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Koppers 2, 4 y 5, Martin 9 y Ward 12	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación	○	19
Toma de decisión	◇	2
Almacenamiento	▽	2
Total		23

3.2.6 Análisis de operaciones en la convertidora Koppers 6

La máquina convertidora Koppers 6 es una máquina *printer-slotter*, para elaborar cajas troqueladas que requiera simplemente de una impresión y/o troquelado, especialmente para el mercado nacional donde predomina los empaques o cajas para distintos productos de alimentos. Está compuesta con una sección de: alimentación, tintas y sellos, cuchillas, troquelado rotativo y un *folder*. El rodillo de troquel de la Koppers 6 es de 35 pulgadas de diámetro.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Koppers 6, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material son casi similares a comparación de algunas máquinas Flexo *Folder-Gluer*, la gran diferencia se debe a que no realiza el proceso de pegado. En esta laboran 6 personas por cada turno que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante, alimentador, amarrador y estibadores.

Figura 15. Proceso de SetUp en la Koppers

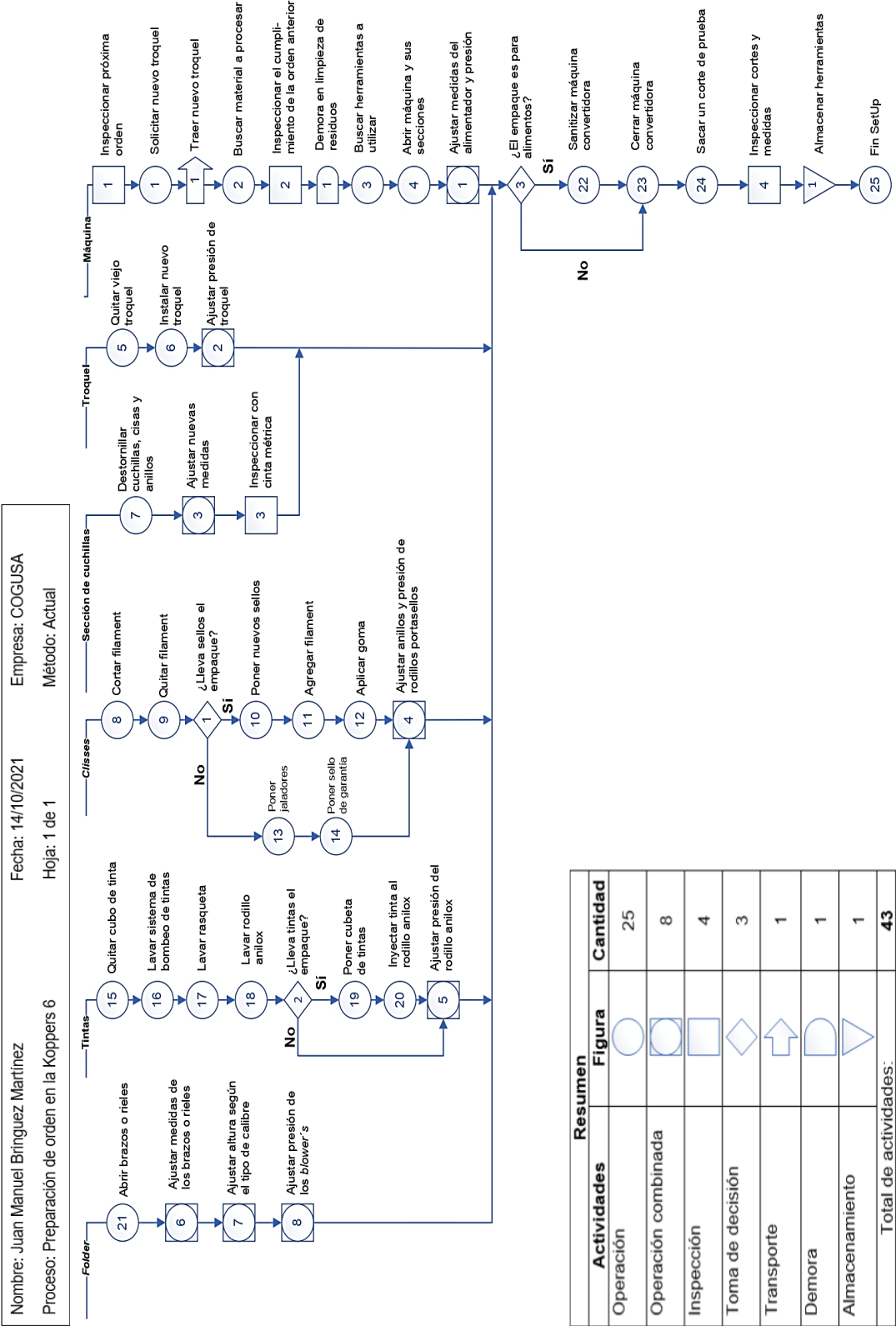
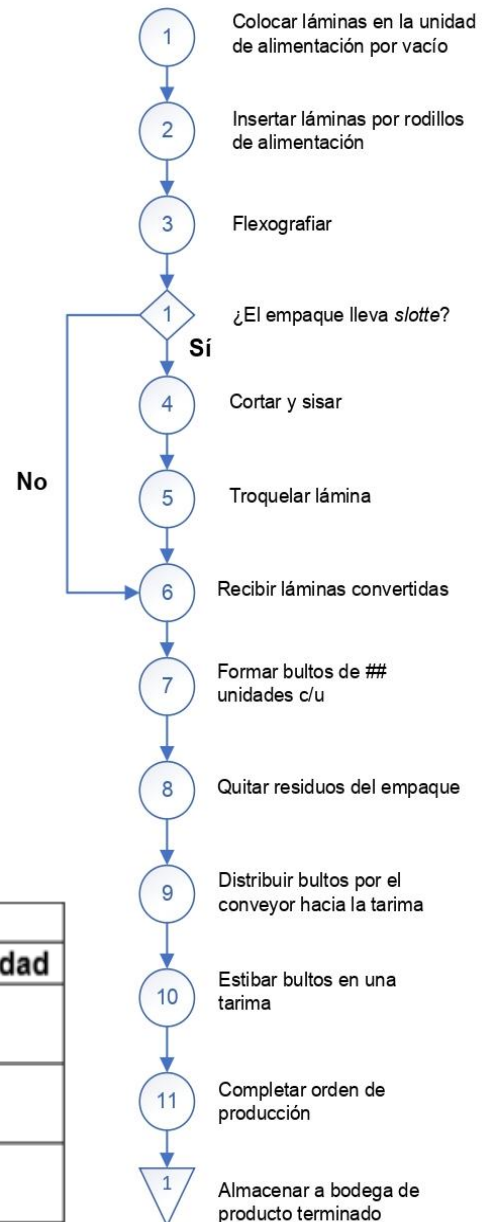


Figura 16. **Proceso de conversión en la Koppers 6**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Koppers 6	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación		11
Toma de decisión		1
Almacenamiento		1
Total		13

3.2.7 Análisis de operaciones en la convertidora Ward 8

La convertidora Ward 8 es una máquina *printer-slotter*, para elaborar cajas regulares, cajas troqueladas y charolas normales, que requiera simplemente de una impresión y/o troquelado, para los distintos mercados tanto nacional como agrícola. Está compuesta con una sección de: alimentación, tintas y sellos, troquelado rotativo y un *stacker*. El rodillo de troquel de la Ward 8 es de 66 pulgadas de diámetro y tiene la característica que el troquel posee las cuchillas y sisas.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Ward 8, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material son casi similar a la Koppers 6, la diferencia se debe al *stacker* y por la característica especial del troquelado que sustituye a la sección de cuchillas. En ella laboran 9 personas por cada turno, que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante, alimentador, amarradores y estibadores.

Figura 17. Proceso de SetUp en la Ward 8

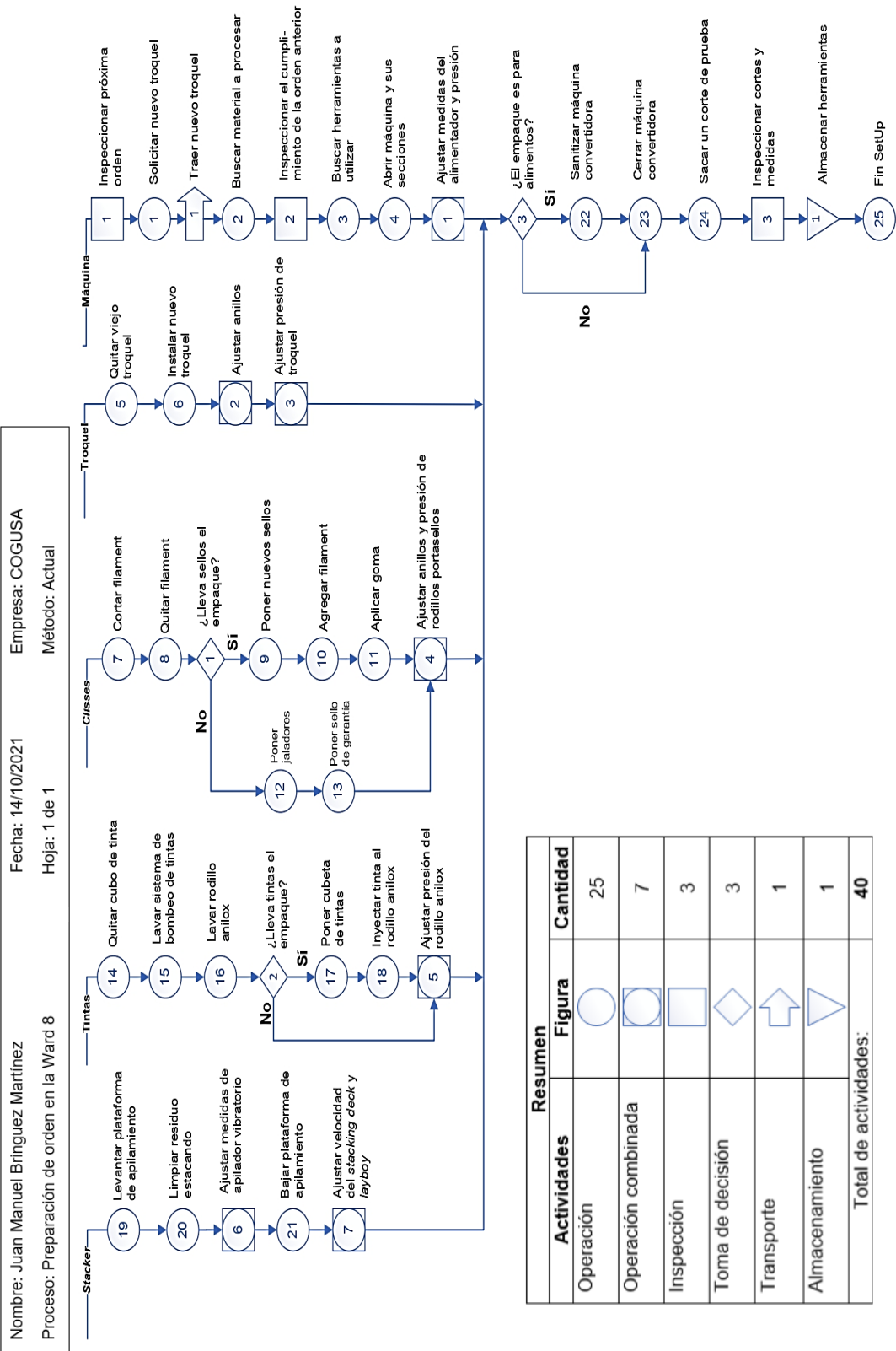
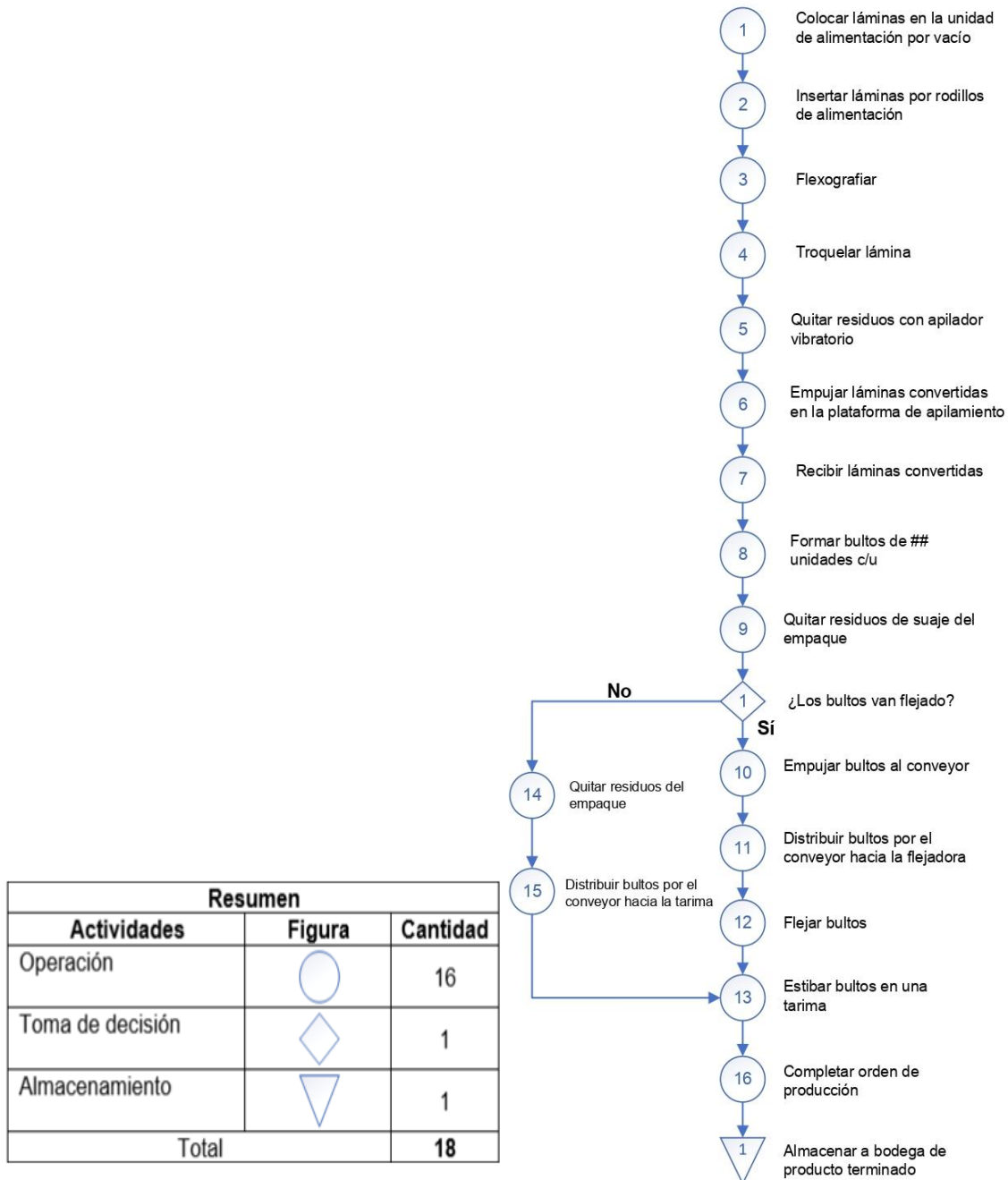


Figura 18. Proceso de conversión en la Ward 8

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Ward 8	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación	○	16
Toma de decisión	◇	1
Almacenamiento	▽	1
Total		18

3.2.8 Análisis de operaciones en la convertidora Ward 10

La máquina convertidora Koppers No.10 es una *printer-slotter*, sirve para elaborar cajas regulares, cajas troqueladas y charolas normales, que requiera simplemente de una impresión y/o troquelado, para los distintos mercados tanto nacional como agrícola. Esta máquina está compuesta con un *prefeeder*, una sección de: alimentación, tintas y sellos, cuchillas, troquelado rotativo y un *stacker*. El rodillo de troquel de la Ward 10 es de 66 pulgadas de diámetro y tiene la característica que el troquel realiza cortes y sisas.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Ward No.10, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material es igual a la máquina Ward 8 en ciertas características, pero la diferencia se debe a que la Ward 10 posee un *prefeeder* que se utiliza dependiendo el tipo de orden y la cantidad de láminas a convertir de empaques de mercado agrícola. Además, que el *stacker* de esta máquina convertidora es más avanzada con un sistema de acumulación y de descarga de las láminas convertidas. En ella laboran 11 personas por cada turno, que desarrollan el puesto de trabajo de operadores, ayudante, alimentadores, amarradores y estibadores.

Figura 19. Proceso de SetUp en la Ward 10

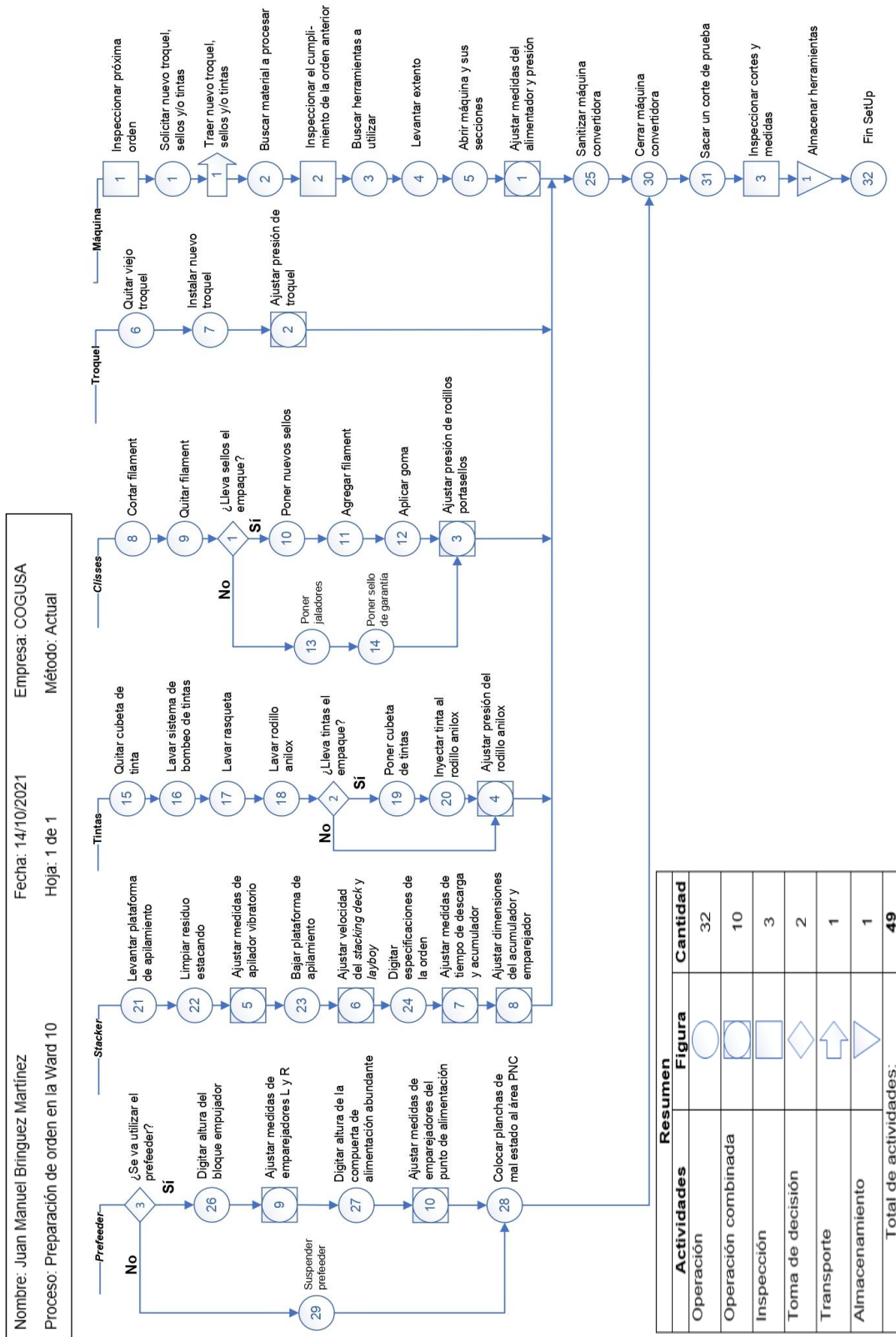
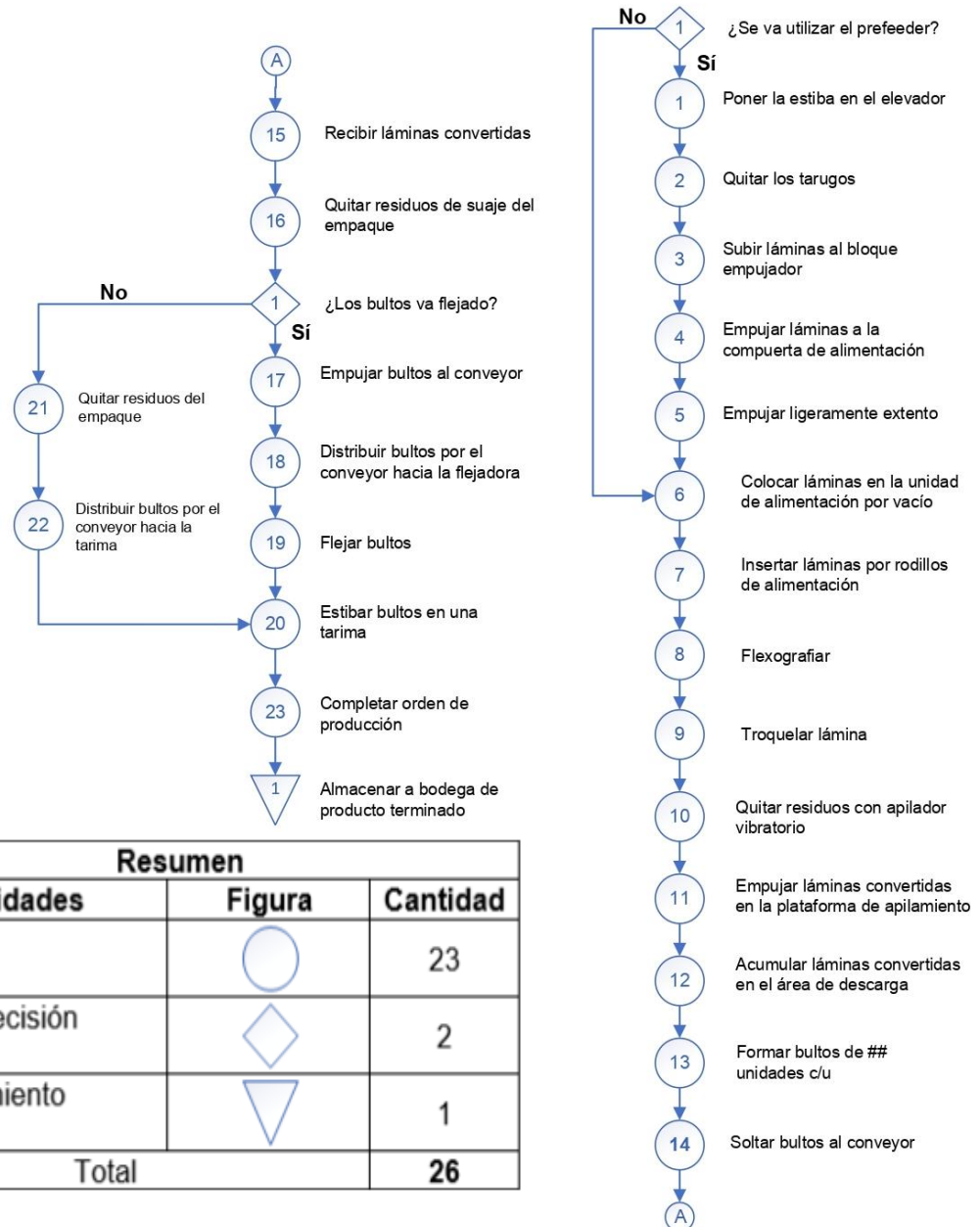


Figura 20. **Proceso de conversión en la Ward 10**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Ward 10	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



3.2.9 Análisis de operaciones en la convertidora Saturno 11

La convertidora Saturno No.11 es una máquina *Flexo Folder-Gluer* para el mercado agrícola de banano, el cual se dedica únicamente para elaborar la tapa de una caja de cartón para su exportación, que requiera simplemente de una impresión, troquelado y pegado. Esta máquina está compuesta con un *prefeeder*, una sección de: alimentación, tintas y sellos, cuchillas, troquelado rotativo, un *folder-gluer* y un *counter-ejector* conectado con un *conveyor* con un *bundle breaker* y una paletizadora de carga. El rodillo de troquel de la Saturno 11 es de 50 pulgadas de diámetro.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora Saturno 11, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material, son muy distintos a comparación de las otras máquinas convertidoras bananeras debido a la sección de cuchillas, el funcionamiento de *prefeeder* y tiene una característica única que el troquelado se realiza en la parte de atrás y la impresión en la parte de adelante de las láminas corrugadas. En esta máquina laboran 5 personas por cada turno, que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante, alimentador, amarrador y estibador.

Figura 21. Proceso de SetUp en la Saturno 11

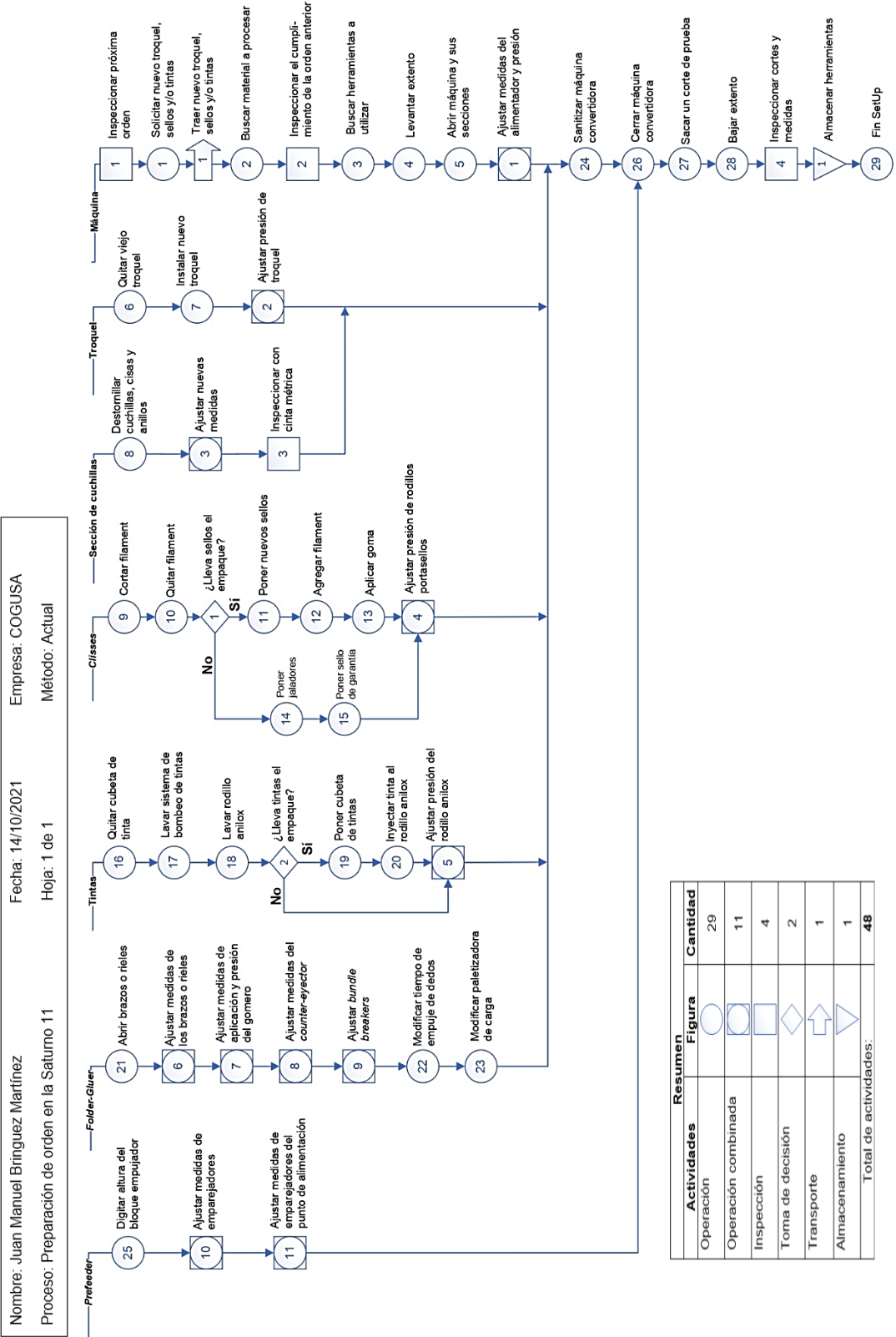
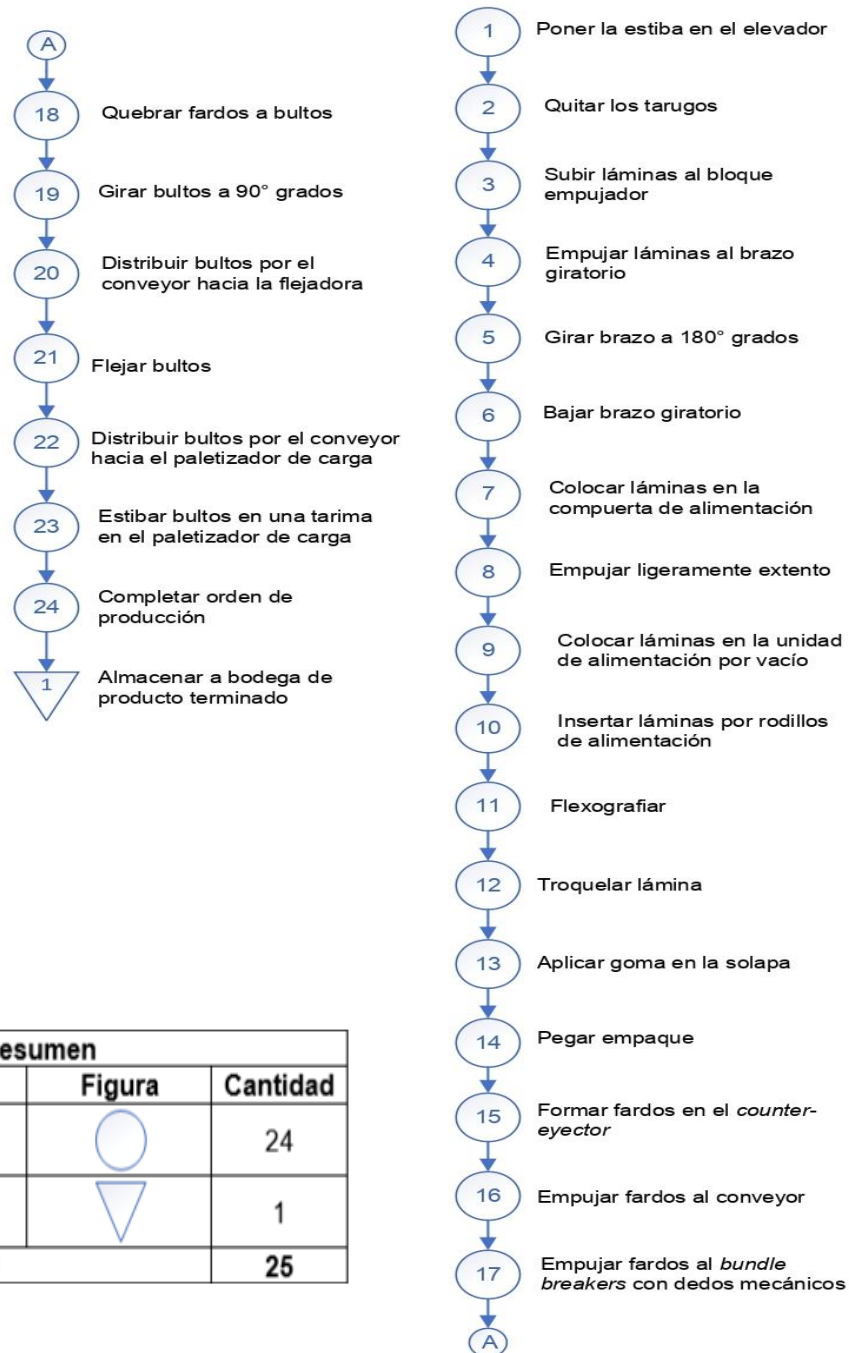


Figura 22. **Proceso de conversión en la Saturno 11**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Saturno 11	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación		24
Almacenamiento		1
Total		25

3.2.10 Análisis de operaciones en la convertidora Ward 13 y Ward 14

Las convertidoras Ward 13 y Ward 14 son máquinas *Flexo Folder-Gluer* y sirven únicamente para el mercado agrícola de banano, la Ward 13 se utiliza solamente para elaborar el fondo, mientras que la Ward 14 para elaborar fondo, tapa y bandeja de una caja de cartón corrugado para la exportación de banano, que requiera simplemente de una impresión, troquelado y pegado. Se compone de un *prefeeder*, una sección de: alimentación, tintas y sellos, troquelado rotativo, un *folder-gluer* y un *counter-ejector* conectado con un *conveyor* con un *bundle breaker* y una paletizadora de carga. El rodillo de troquel de la Ward 13 y Ward 14 es de 66 pulgadas de diámetro y tiene la característica que el troquel realiza cortes y sisas.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En las máquinas convertidoras Ward 13 y Ward 14, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material para obtener el resultado deseado que es un empaque cartón corrugado, son similares. Estas son las que más trabajan en un tiempo productivo en Corrugadora Guatemala donde al día se convierten cientos de miles de cajas de banano de excelente calidad. En esta máquina troqueladora laboran 5 personas por cada turno, que desarrollan el puesto de trabajo de operador, ayudante, alimentador, amarrador y estibador.

Figura 23. Proceso de SetUp en la Ward 13 y Ward 14

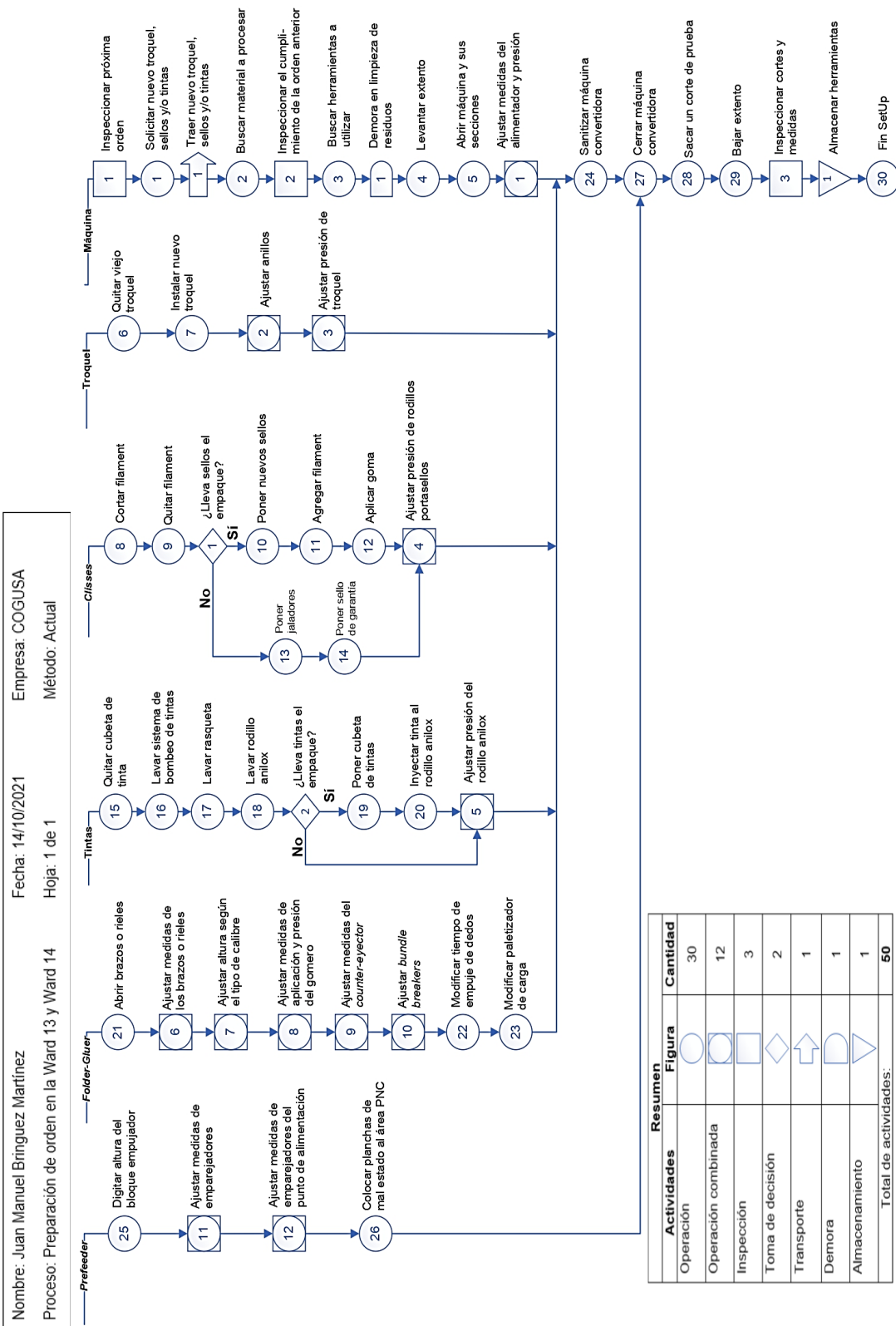
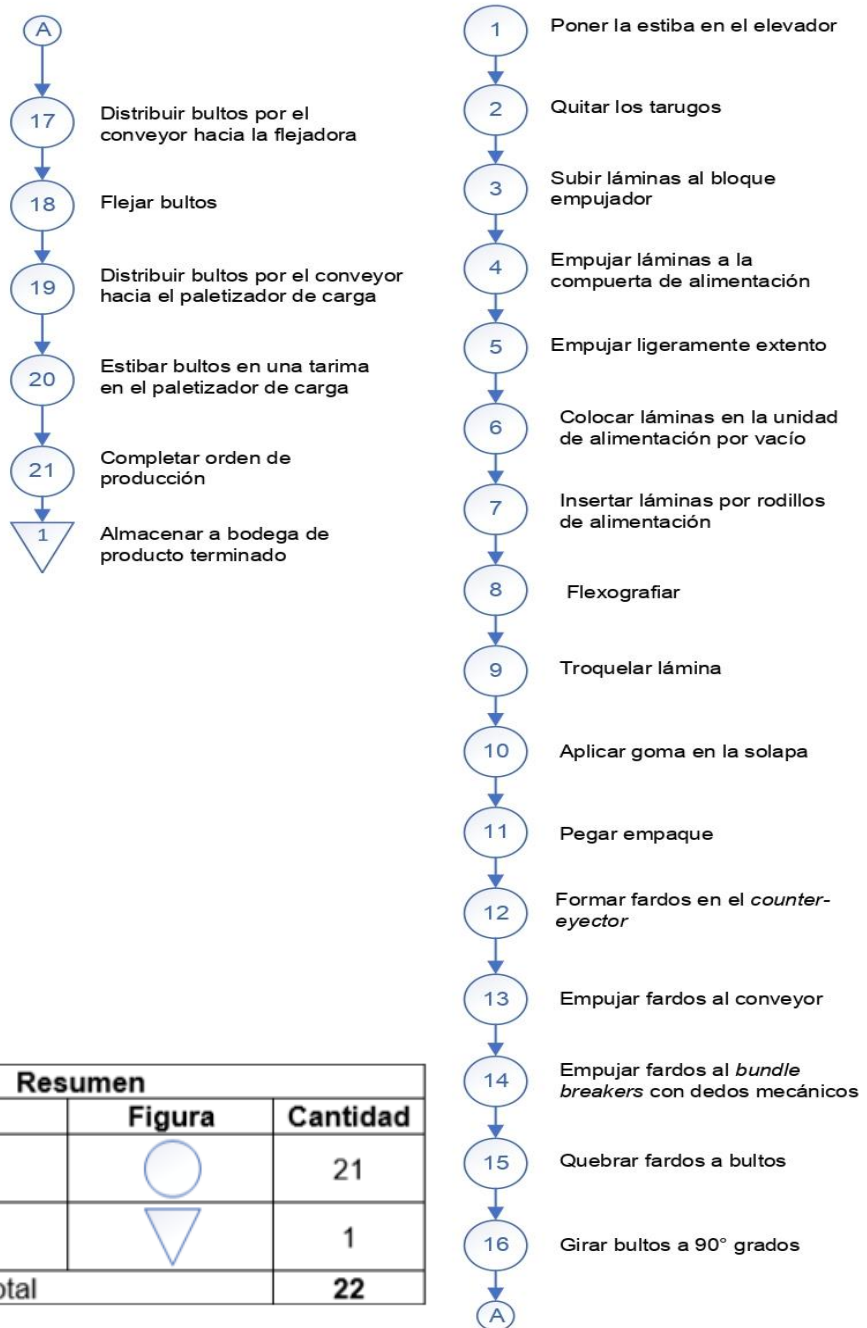


Figura 24. Proceso de conversión en la Ward 13 y Ward 14

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la Ward 13 y Ward 14	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación		21
Almacenamiento		1
Total		22

3.2.11 Análisis de operaciones en la convertidora JS15 Machine

La máquina convertidora JS15 Machine es una Flexo *Folder-Gluer* muy utilizadas para producir cajas regulares y troqueladas que requiera una impresión, troquelado y/o pegado; para mercado nacional, está compuesta con una sección de: alimentación, tintas y sellos, cuchillas, troquelado rotativo, un *folder-gluer* y un *counter-ejector* conectado con un *conveyor* con una paletizadora de carga. El rodillo de troquel de la JS15 Machine es de 39.5 pulgadas de diámetro.

a. Diagrama de operaciones de procesos

En la máquina convertidora JS15 Machine, los procesos de cambio de orden y los procesos de transformación de material, son muy distintos a comparación de todas las máquinas con las que cuenta Corrugadora Guatemala y es la más sofisticada, debido que posee un panel de control que al ingresar el número de orden optimiza ciertas operaciones que ajustan las medidas y presiones, asimismo, tiene la ventaja que permite guardar los nuevos ajustes en el empaque o caja de cartón. En esta máquina laboran 7 personas por cada turno que desarrollan el puesto de trabajo de operadores, ayudante, alimentadores, amarradores y estibadores.

Figura 25. **Proceso SetUp en la JS15 Machine**

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Preparación de orden en la JS15 Machine	Hoja: 1 de 1	Método: Actual

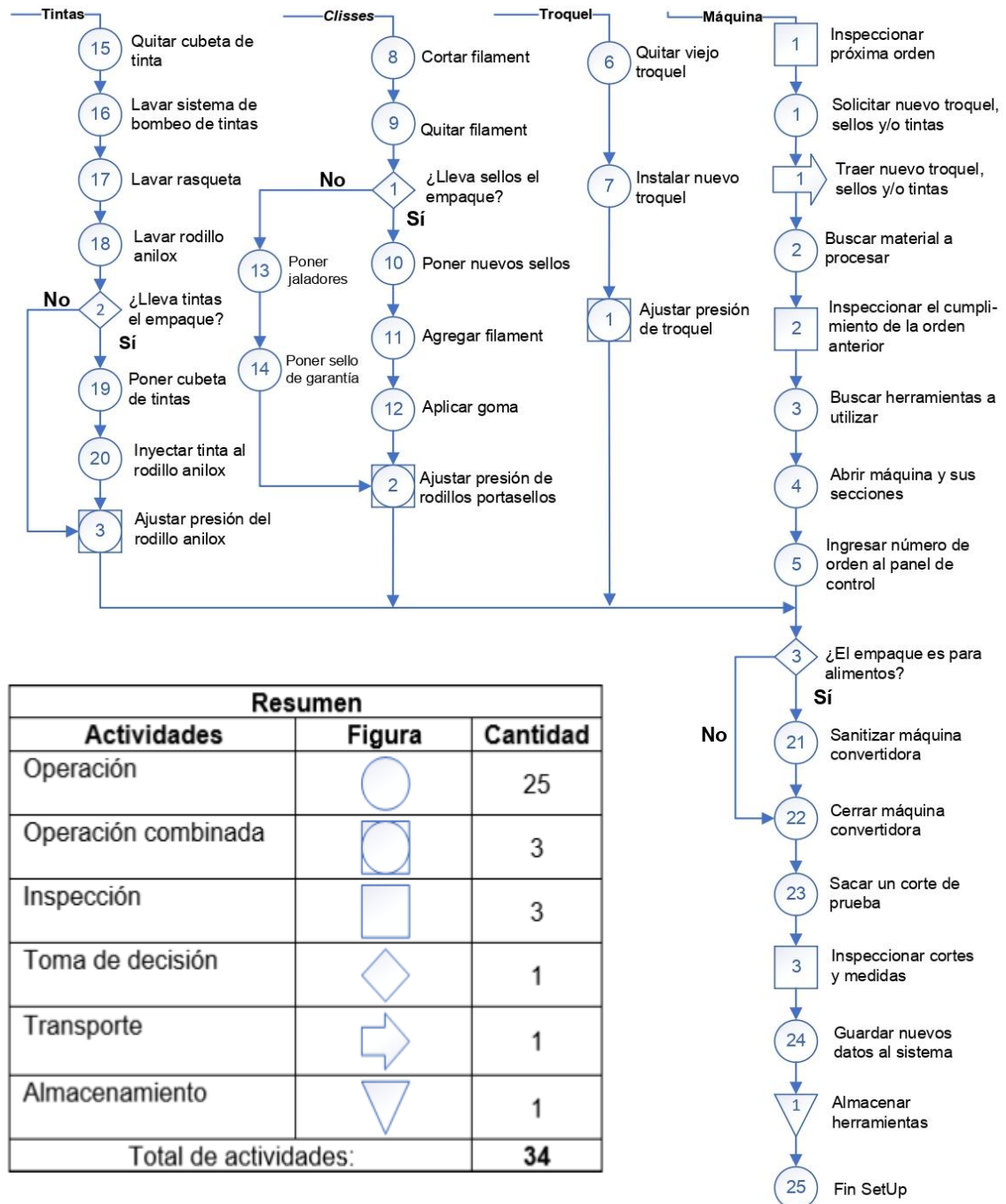
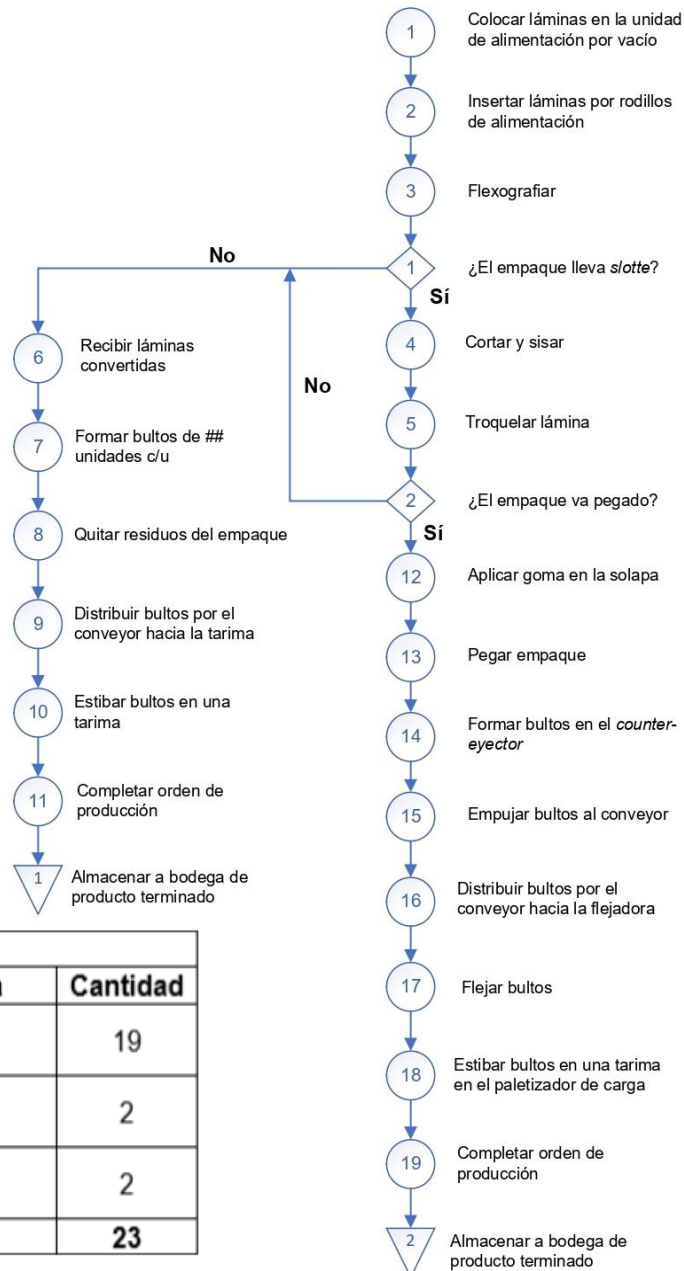


Figura 26. Proceso de conversión en la JS15 Machine

Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Fecha: 14/10/2021	Empresa: COGUSA
Proceso: Transformación de material en la JS15 Machine	Hoja: 1 de 1	Método: Actual



Resumen		
Actividades	Figura	Cantidad
Operación	○	19
Toma de decisión	◇	2
Almacenamiento	▽	2
Total		23

3.3 Análisis de las condiciones de ventilación actuales

3.3.1 Infraestructura

La infraestructura en Corrugadora Guatemala es de segunda categoría, una combinación de una estructura metálica y una de hormigón, que sirve como base con un techo industrial tipo linterna o sobre-techo con láminas Aluzinc calibre 24. Dicha infraestructura es muy utilizada en el ámbito industrial por ser de menor costo en la construcción, cuenta con una iluminación tipo LED y el piso es de concreto armado recubierto con una pintura antideslizante. Actualmente el área de conversión ocupa dos módulos con medidas de 35 m de ancho por 190 m de largo cada uno, donde al mismo tiempo comparte espacio con la bodega de producto final.

Figura 27. Infraestructura



Tabla 9. **Características de la nave industrial**

Características	
Categoría del edificio	Segunda categoría: estructura industrial conformada por la combinación predominante de acero estructural y uso de concreto armado en menor cantidad.
Tipo de techo	Techo industrial tipo linterna con láminas Aluzinc calibre 24, consiste en la combinación de un techo tipo dos aguas y una abertura de forma de linterna o campana en la parte superior.
Iluminación industrial	Lámparas industriales de campanas LED UFO 60W 7200lm.
Paredes	La cubierta exterior hecho de lámina de zinc.
Piso	Hecho de concreto armado cubiertas de pintura antideslizante SharkGrip.

La cantidad de personal que laboran dentro de la infraestructura del área de conversión es de un total de 276, lo cual están distribuidos en las diferentes máquinas convertidoras. Un aspecto muy importante a considerar en Corrugadora Guatemala, es que se trabaja las 24 horas del día. Por lo tanto, existen 3 turnos de trabajo rotativos y el balance del personal por maquinaria es el siguiente:

Tabla 10. **Balance del personal del área de conversión**

No.	MÁQUINA	Turno No.1	Turno No.2	Turno No.3
1	WARD 1	3	3	3
2	ETERNA	7	7	7
3	KOPPERS 2	6	6	6
4	KOPPERS 4	8	8	8
5	KOPPERS 5	6	6	6
6	KOPPERS 6	6	6	6
7	WARD 8	9	9	9
8	MARTIN 9	7	7	7
9	WARD 10	11	11	11
10	SATURNO 11	5	5	5
11	WARD 12	7	7	7
12	WARD 13	5	5	5
13	WARD 14	5	5	5
14	JS 15	7	7	7
Total por turno		92	92	92
BALANCE DEL PERSONAL		276		

a. Distribución de planta en el área de conversión

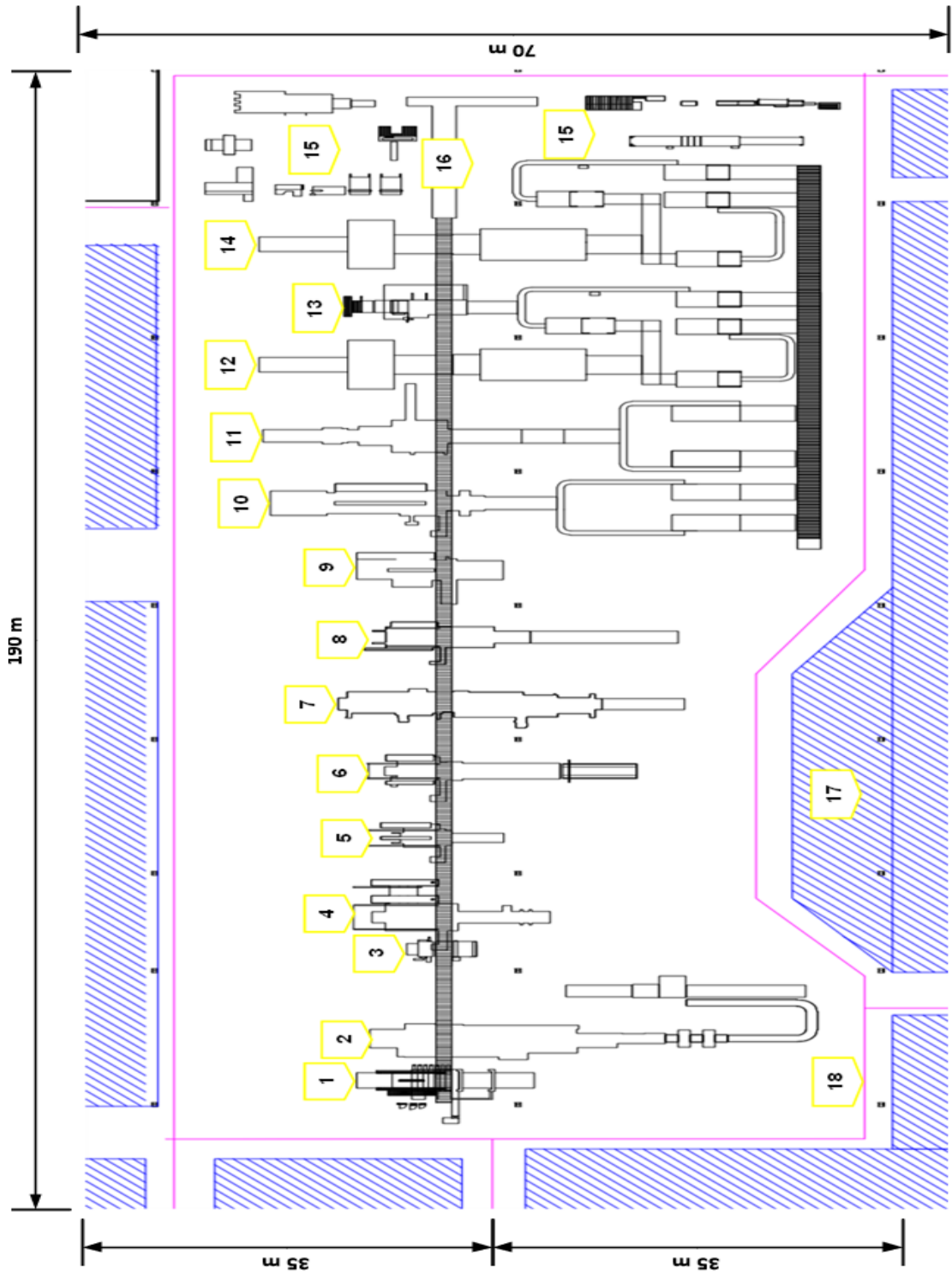
La maquinaria del área de conversión ocupa la mitad de dos módulos con el objetivo que una vez saliendo el producto convertido y entarimado, seguir un proceso almacenamiento continuo hacia la bodega de producto terminado, además de visualizar el puente transportador de los residuos a la máquina empacadora “*Baling*” y el área de trabajos varios, donde realizan distintos trabajos, como: particiones, engrapados, pegado y esquineros. El área de conversión se distribuye según la siguiente enumeración:

Tabla 11. **Distribución de maquinaria en el área de conversión**

Distribución de maquinaria	
1. Koppers 4	10. Ward 10
2. JS 15 Machine	11. Saturno 11
3. Martin 9	12. Ward 13
4. Ward 1	13. Eterna
5. Koppers 6	14. Ward 14
6. Koppers 2	15. Trabajo varios
7. Ward 12	16. Empacadora " <i>Baling</i> "
8. Koppers 5	17. Bodega de producto final
9. Ward 8	18. Camino peatonal

En el área de conversión, el puesto de trabajo está seccionado por líneas por cada máquina convertidora; para establecer límites en donde pueden estar desplazados los trabajadores, la ruta de los montacargas y un área específica para ciertos materiales que se utilizan en el proceso de conversión. El área varía dependiendo el tipo de máquina convertidora, pero el promedio es de 12 x 35 m. Como se puede observar en la figura 28, se visualiza que la empacadora posee una banda transportadora por toda el área de conversión, y su función es llevar los residuos generados por las máquinas. Además, la señalización del camino peatonal es exclusivo para los trabajadores para evitar accidentes en la ruta de recorrido de los montacargas que mueven las láminas corrugadas.

Figura 28. Distribución de planta



3.3.2 Descripción del sistema de ventilación actual

El sistema actual consta de cuatro ventiladores industriales, *Powerfoil X3.0* de la marca BIG ASS FANS y varios de pedestal en el puesto de trabajo, como únicos para ventilar. Estos están instalados en uno de los dos lados del techo de los diferentes módulos que cubre el área de conversión, con el fin de aprovechar las entradas de aire natural. El sistema para extraer el aire caliente es el diseño del módulo con el techo industrial tipo linterna o sobre-techo, en el cual sus aberturas funcionan como puntos de escape para el aire caliente generado por las distintas fuentes de calor que haya en el área de conversión.

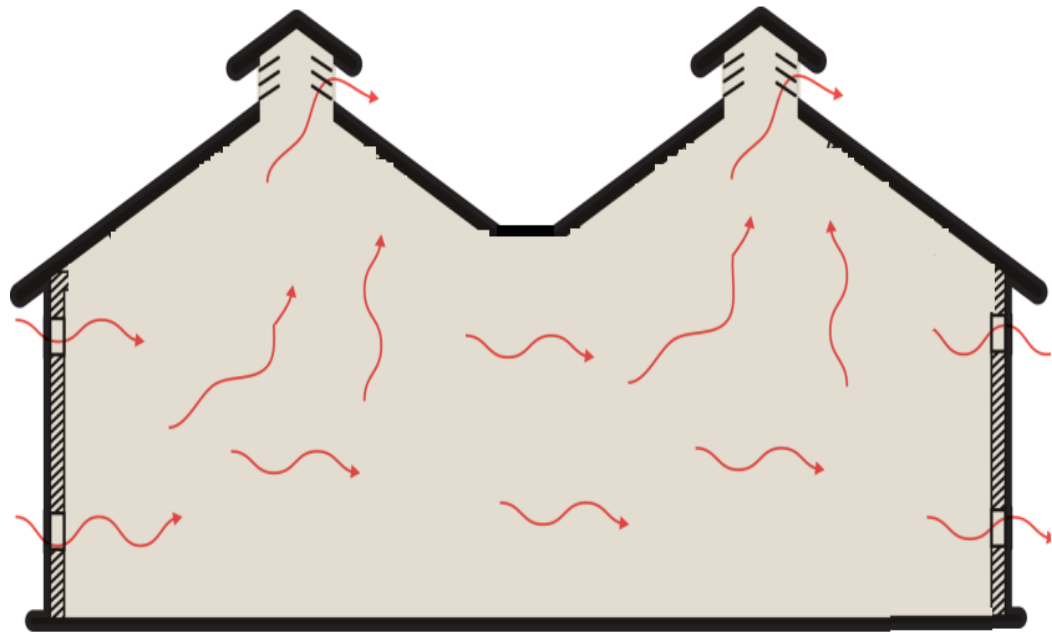
Figura 29. **Sistema de ventilación actual del área de conversión**



El diseño de la estructura de los módulos permite la salida de aire caliente por sus pequeñas aberturas en el techo, pero este sistema de ventilación presenta un pequeño problema, de modo que no expulsa en su totalidad el aire caliente dentro del recinto, y esto es debido a que el diseño no considera el ambiente exterior. El aire caliente tiene una característica muy importante que lo diferencia

del aire frío, la densidad. El aire caliente es menos denso, por lo tanto, este suele subir a las partes altas de toda estructura, mientras que el aire frío, por ser más denso, suele estar en las partes más bajas.

Figura 30. **Esquema del funcionamiento de ventilación actual**



La dirección y velocidad del aire fresco del exterior actúa de una forma negativa en estos sistemas de extracción estáticos, esto es debido a que la presión que este viento ejerce en los puntos de aberturas, bloquea la salida de la brisa caliente e impide el funcionamiento del denominado efecto chimenea. En un principio el diseño de los módulos, además de las aberturas en sus techos, también se elaboró distintos puntos de entrada y salida de aire. Pero por la nueva certificación FSSC 22000 de sistema de gestión de inocuidad de alimentos, la empresa tuvo que tomar la decisión de cerrar dichos puntos de ventilación, e implementar los ventiladores para combatir las altas temperaturas.

Debido a todas las modificaciones en la infraestructura de Corrugadora Guatemala, actualmente las entradas de masa de aire o el área de paso son las siguientes:

Tabla 12. Entradas de aire en el área de conversión

Área de paso			
Aberturas	Medidas (m)	Cantidad	Área (m ²)
Ventana inferior	190 x 1	1	190
Ventana superior	190 x 1.5	1	285
Zona de carga	2.81 x 3	27	227.61
Zona de descarga #01	4 x 3.90	1	15.6
Zona de descarga #02	4.10 x 3	1	12.3
Área de paso total:			730.51

En las zonas de carga y descargas cuentan con cortinas metálicas tipo malla, lo que permite la entrada de aire natural al recinto. Estas zonas permanecen abiertas únicamente al momento de cumplir sus funciones establecidas de cargar el producto terminado y descargar materia prima o repuestos de maquinarias.

Figura 31. Entradas de aire en el área de conversión



a. Evaluación de condiciones interiores y exteriores

La evaluación de las condiciones interiores y exteriores de una infraestructura determina mucho la incidencia del problema y permite establecer una mejor solución con relación a las diferentes condiciones climáticas. La temperatura interna del área de conversión a comparación de la temperatura externa presenta un gran diferencial, lo que indica la sensación de calor del puesto de trabajo. La tabla 13 muestra las diferentes temperaturas registradas con el uso de un termómetro y una hoja de control de temperatura en un lapso de dos meses y medio en toda el área de conversión. Ver Apéndices 1 y 2.

Tabla 13. Registro de temperatura

Hora	Temperatura exterior °C	Temperatura interior °C	Diferencial de temperatura °C
10:00 am	29.3	32.4	3.2
11:00 am	30.6	33.9	3.3
12:00 pm	31.4	35.1	3.7
13:00 pm	32.4	36.0	3.6
14:00 pm	33.1	36.6	3.4
15:00 pm	32.9	35.9	3.0
16:00 pm	31.8	35.2	3.5
Diferencial de temperatura promedio			3.4

La siguiente gráfica ilustra el cambio de temperatura interna y externa en grados centígrados con relación a los horarios del transcurso del día de mayor sensación de calor.

Figura 32. Gráfico del registro de temperatura

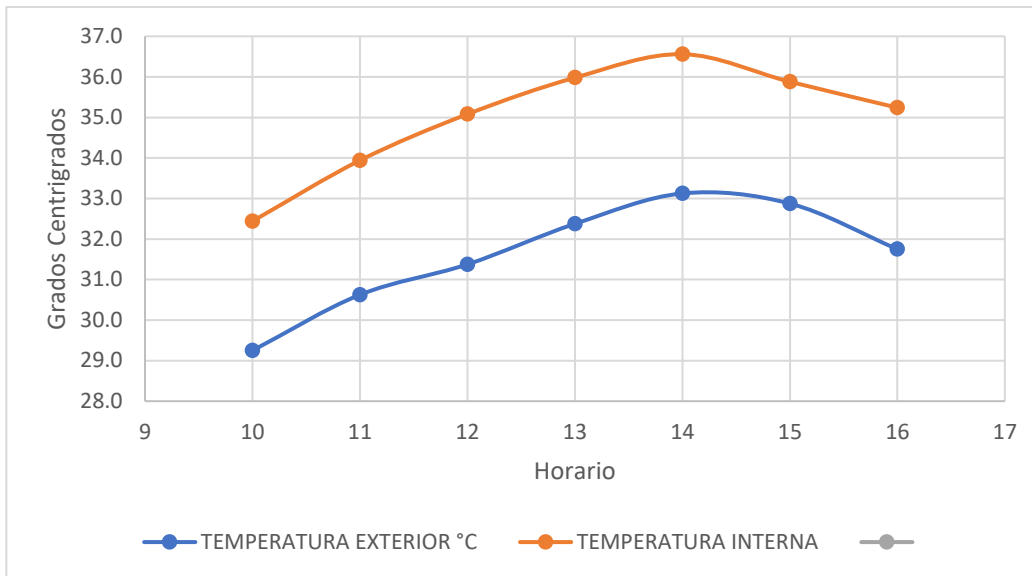


Figura 33. Registro de temperatura con termómetro



La velocidad del viento es una condición muy importante en todo sistema de ventilación por dilución, debido a que la intensidad y la dirección de viento permite establecer un mejor posicionamiento para las entradas o áreas de paso de aire fresco y el funcionamiento de equipos de ventilación que usa su energía.

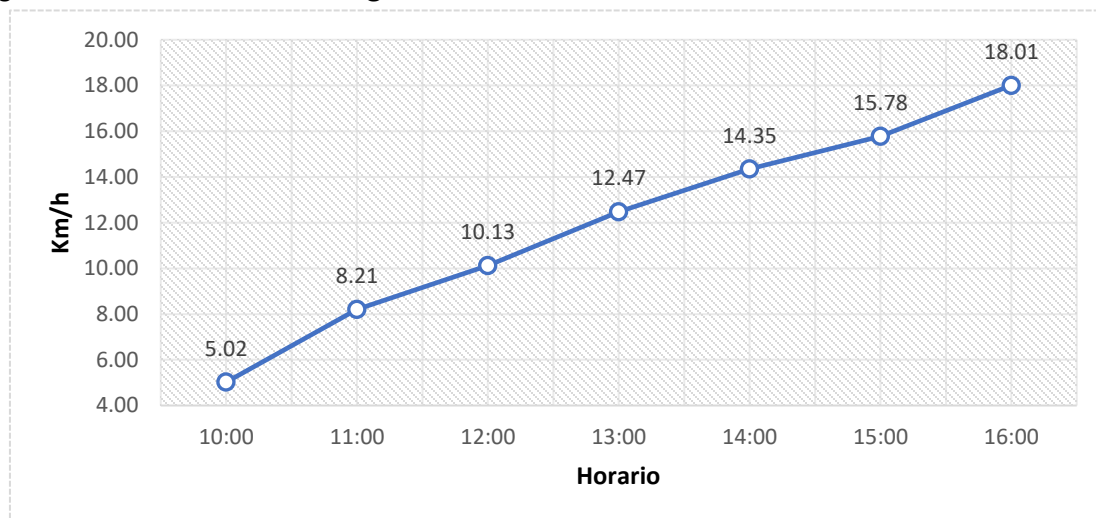
En Corrugadora Guatemala, la dirección del viento se presenta en dos direcciones: Noreste y Suroeste. En la tabla 14 con el uso de un anemómetro se registraron las siguientes velocidades de viento en un lapso de 4 semanas. Ver Apéndice 3.

Tabla 14. **Registro de la velocidad del viento**

Hora	Velocidad del viento en m/s	Velocidad del viento en km/h
10:00 am	1.40	5.02
11:00 am	2.28	8.21
12:00 pm	2.81	10.13
13:00 pm	3.47	12.47
14:00 pm	3.99	14.35
15:00 pm	4.38	15.78
16:00 pm	5.00	18.01

La velocidad del viento promedio es de 3.33 m/s lo que equivale a 11.99 km/h. La siguiente gráfica ilustra el cambio de velocidad del viento con relación a los horarios del transcurso del día de mayor sensación de calor.

Figura 34. **Gráfico del registro de velocidad del viento**



3.3.3 Agentes contaminantes

En el área de conversión existen distintos tipos de agentes contaminantes que afectan la ventilación, lo cual perjudica la salud de los trabajadores, si estos no utilizan de forma debida su equipo de protección personal. Entre los tipos de agentes contaminantes más relevantes en el área de conversión son:

- El calor generado por las máquinas convertidoras, los montacargas y otros equipos presentes en el puesto de trabajo.

Tabla 15. **Registro de generación de calor de maquinaria y equipos**

Maquinaria y equipo	Temperatura medida en °C
Montacargas	127.3 °C
Ventiladores	47.4 °C
Generadores	57.4 °C
Motores del área de alimentación	42.5 °C
Computadoras	37.4 °C

Las respectivas medidas de temperatura que se puede observar en la tabla 15, fueron tomadas mediante el uso de un medidor de temperatura de largo alcance como el pirómetro.

Figura 35. **Generación de calor de maquinarias**



- El polvo en suspensión del cartón y los vapores de las láminas recién corrugadas que rondan entre los 36.3 °C y 49.2 °C.

Figura 36. **Generación de calor de la materia prima**



- El ruido industrial mayor de 85 dB, ocasionado principalmente por las máquinas convertidoras y los ventiladores. Según, el informe de medición de ruido (SSO-F-210) del plan SSO de Corrugadora Guatemala, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 16. **Medición de ruido en el área de conversión**

No.	MÁQUINA	MEDICION DE SONIDO (DECIBELES)	PERMITIDO*	DIFERENCIA DE DECIBELES
1	WARD 1	95	85	10
2	ETERNA	92	85	7
3	KOPPERS 2	69	85	-16
4	KOPPERS 4	92	85	7
5	KOPPERS 5	86	85	1
6	KOPPERS 6	90	85	5
7	WARD 8	91	85	6
8	MARTIN 9	84	85	-1
9	WARD 10	92	85	7
10	SATURNO 11	91	85	6
11	WARD 12	91	85	6
12	WARD 13	90	85	5
13	WARD 14	74	85	-11
14	JS 15	86	85	1
PROMEDIO		87.4		

Fuente: Pinto Muñoz, J. A. 2021. p. 2.

El conjunto de agentes de contaminantes presentes en el área de conversión genera una temperatura promedio de 35°C en los distintos puestos de trabajo del área de producción, en el transcurso del horario de la mañana y de la tarde.

4. PROPUESTA DEL DISEÑO PARA MEJORA EN CONDICIONES DE TEMPERATURA

4.1 Diseño del sistema de ventilación propuesto

Este sistema para el área de conversión tendrá como objetivo la renovación del aire para tener un ambiente confortante, satisfaciendo según el caudal de aire necesario a extraer conforme al tipo de actividad que se desarrolla, las dimensiones de la infraestructura, las fuentes y agentes contaminantes presentes. Al obtener un ambiente de puesto de trabajo confortables, se tendrá grandes ventajas para el trabajador al reducir las enfermedades relacionadas a los golpes de calor o un caudal de aire contaminado, lo que permite un mayor rendimiento y un aumento en la productividad para la empresa.

4.1.1 Tipo de ventilación

Para el sistema propuesto es ventilación general por dilución o sustitución, con el objetivo de permitir la entrada de aire fresco y renovar el aire ya contaminado, debido a que en el área de conversión existen agentes contaminantes, como: el calor generado por las máquinas y equipos, el polvo y los vapores de las láminas corrugadas que afectan el sistema de ventilación actual. La ventilación general deberá ser mecánica a través de un sistema de extractores eólicos que permitirán en todo momento la renovación de aire y estarán acoplados con una rejilla para evitar la entrada de agentes exteriores.

a. Parámetros para el diseño

Para realizar el diseño de un sistema de ventilación óptimo será necesario analizar los siguientes parámetros:

Tabla 17. Parámetros para el área de conversión

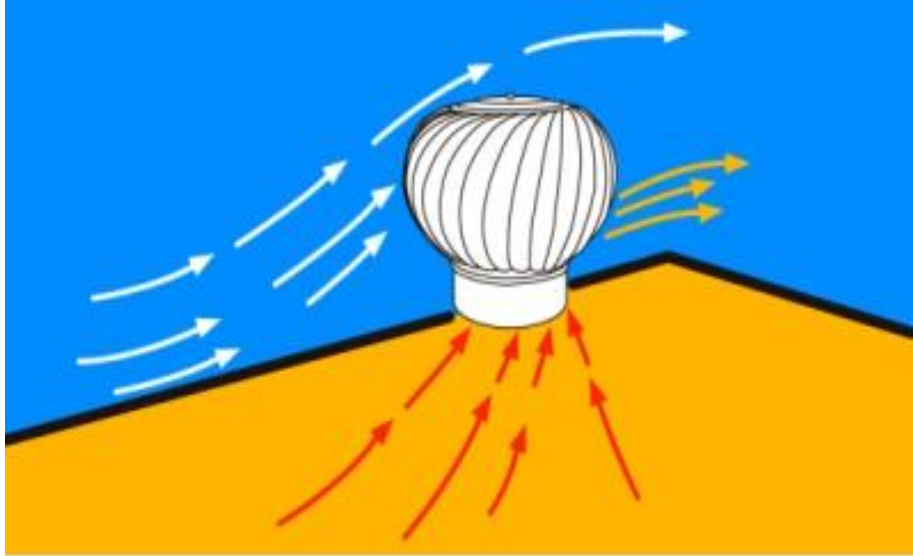
Parámetros	
Diferencial de temperatura	El diferencial de temperatura es de suma importancia debido a que representa la existencia de presión, lo que genera el efecto chimenea; de acuerdo con la tabla 13, la diferencia de temperatura exterior e interior presente en Corrugadora Guatemala es de 3.4°C.
Velocidad promedio del viento	Determina qué tan eficiente será el funcionamiento del sistema de ventilación debido al movimiento giratorio que permite la extracción del aire contaminado dentro del área de conversión. Según la tabla 14, la velocidad promedio del viento es de 11.99 km/h.
Renovaciones de aire requeridas	Como indica la tabla 1, por el tipo de actividad que se desarrolla, el cual es de fábrica en general, se recomienda entre 5 a 10 renovaciones de aire por hora. Según la naturaleza del recinto, las renovaciones de aire para una fábrica en general ronda entre los 5 a 10 renovaciones de aire por hora. En el área de conversión trabajan aproximadamente más de 90 personas por turno al día.
Evaluación del área de paso de aire	Para establecer un sistema de ventilación por extracción es necesario identificar si se cuenta con la entrada de aire necesaria dependiendo de la dirección del viento. Las características según su dirección del viento son: - Dirección longitudinal con coeficiente de 0.25 – 0.35 - Dirección perpendicular con coeficiente de 0.3 – 0.5
Humedad relativa	El sistema de ventilación mantiene un control en la humedad relativa, que es de suma importancia en la evaluación de riesgos por temperatura, debido que mantiene la evaporación del sudor del personal si la humedad relativa se mantiene entre el 40 – 70%.

b. Funcionamiento del sistema

El objetivo de los extractores eólicos es renovar el ambiente de un recinto las 24 horas al día, esto debido a la presión del efecto chimenea por el diferencial de temperatura externa e interna dentro de la infraestructura y aprovechando la energía generada por el viento exterior. Los extractores eólicos estarán distribuidos en los dos módulos del edificio que abarca el área de conversión, con la peculiaridad que los extractores estarán instalados en tan solo un lado del techo como si fuera de tipo un agua en los dos módulos, con el fin de aprovechar las entradas de aire natural, el sistema de ventilación actual con los ventiladores industriales *Powerfoil* X3.0 de la marca BIG ASS FANS, a lo que están instalados en los lados de los techos en donde no estarán establecidos los equipos.

Una de las principales ventajas del nuevo sistema de ventilación se debe a que puede ser funcional en todo momento, no importando las condiciones del viento. Cuando se presentan altas condiciones de vientos, los extractores eólicos comenzarán a girar por sus paletas debido al viento fresco, generando una fuerza de atracción lo que permite la extracción del aire caliente o contaminado presente en la infraestructura. En los casos que no haya velocidad del viento exterior, los extractores seguirán funcionando debido a que el aire caliente, al ser menos denso, sube de forma vertical; así pues, este estará en la parte superior de la infraestructura y empujará desde adentro las paletas del extractor, cumpliendo su objetivo de evacuación.

Figura 37. **Funcionamiento de un extractor eólico**



Fuente: Eolicoos. 2019. p. 5.

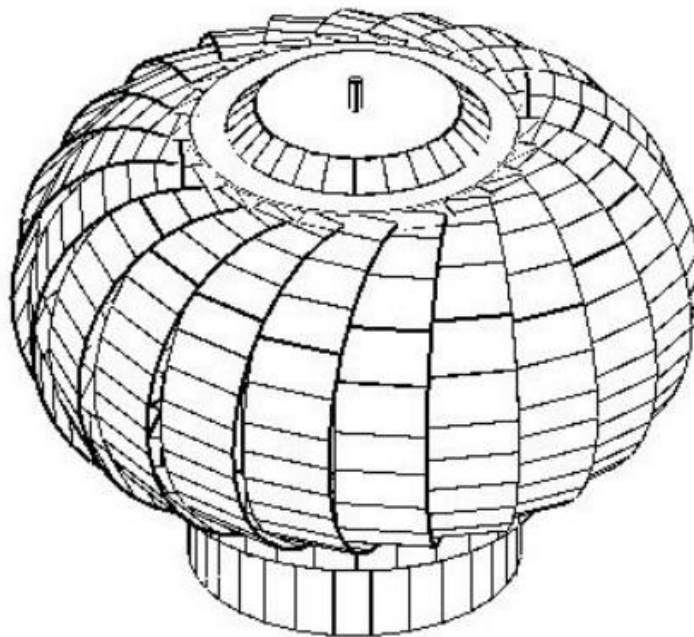
4.1.2 Descripción del equipo de ventilación

El equipo de ventilación a utilizar para la extracción del aire contaminado son los extractores eólicos, de lo cual su funcionamiento consiste en el beneficio de la energía eólica que se obtiene por la energía cinética del viento, además de la existencia de un diferencial de temperatura exterior y el interior de la infraestructura. Los extractores eólicos pueden acoplarse a cualquier tipo de infraestructura y es funcional no importando qué tipo de actividad se desarrolle, la capacidad de extracción de los extractores eólicos aumentará según por el tamaño de su diámetro y de la velocidad del viento.

Este equipo de ventilación está indicado para fábricas industriales en general y es muy utilizado al ser un sistema de ventilación eficiente y de bajo costo, a comparación de otros sistemas de ventilación industrial que consumen

grandes cantidades de energía eléctrica y requieren mucho mantenimiento. Esto permite una extracción de aire y de otros agentes contaminantes presentes dentro del establecimiento de forma continua en las 24 horas del día, proporcionando un ambiente agradable, fresco y reduce la polución.

Figura 38. **Esquema de un extractor eólico**



Fuente: Salvador Escoda. s.f.. p. 2.

a. Características técnicas

Los extractores eólicos poseen diversas cualidades, por tal motivo se considera como un equipo de ventilación útil para las grandes industrias. Las principales características de los extractores eólicos se basan por su composición, estos son:

Tabla 18. **Características técnicas de un extractor eólico**

Características técnicas	
Aluminio	El aluminio se caracteriza por su gran durabilidad y su capacidad de resistencia a la corrosión industrial y atmosférica, debido a que sus principales cualidades con el oxígeno. Además, el aluminio es el metal más liviano utilizado en infraestructuras, es decir es dos tercios menos pesado que el acero.
Fácil montaje	Los extractores eólicos poseen una gran adaptabilidad a distintos tipos de infraestructuras debido a su liviano peso.
Componentes del equipo	Un extractor eólico está compuesto de diversas partes las cuales contribuyen a su buen funcionamiento. ✓ Paletas: cada paleta posee 3 canales, las cuales tiene como objetivos evitar el ingreso del agua y mejorar la extracción del calor; los canales mejoran el rendimiento de los extractores en un 25%. ✓ Estructura: la estructura de la base está diseñada para resistir cualquier tipo de daño, lo cual hace indestructible. ✓ Remaches: aseguran el ensamblaje de los extractores eólicos y evita los posibles desprendimientos y/o filtraciones, lo que garantiza una vida útil más prolongada. ✓ Parte superior: diseñados exclusivamente contra la caída de agua, evitando el estancamiento lo que causaría las posibles filtraciones y la corrosión

Fuente: Salvador Escoda. s.f.. p. 1.

b. Ventajas del sistema propuesto

Para Corrugadora Guatemala este nuevo sistema de ventilación a través del uso de extractores eólicos, representa diversas ventajas debido a sus principales propiedades de funcionamiento, tales como:

- Renovación continua del aire.
- Funciona las 24 horas del día.
- Fácil montaje en distintos tipos de infraestructura.
- Equipo de ventilación económico.
- No consume energía eléctrica.
- No requiere tanto mantenimiento.
- No produce ruido.
- No permite la entrada de agua y reduce la humedad.
- Alta resistencia a la corrosión y agresiones de gases, humos y vapores.
- Extrae el polvo suspendido en el aire, malos olores y exceso de humedad.
- Equilibra la temperatura interna con la temperatura externa.

c. Modelos del equipo

El equipo de extractores eólicos a considerar, es elaborado por la empresa VentDepot, la que está dedicada exclusivamente en la elaboración e implementación de equipo de ventilación HVAC/R. Los extractores eólicos AlumChumex están hechos de aluminio, para obtener mayor ligereza y sensibilidad permisible al viento, logrando una mayor captación en la extracción

de agentes contaminantes, como: el calor, olores y humos. El AlumChumex está indicado para uso de ventilación general y para naves industriales de diferentes tipos de industrias, como: alimenticia, química, metalmecánica, automotriz, maderera, papelera, cartonera y muchos más (VentDepot.com, 1996).

Figura 39. **Extractor AlumChumex**



Fuente: VentDepot.com. 1996.

Los modelos a considerar en el diseño de ventilación son los extractores de diámetros de 30 y 34, cuyas claves respectivas son: MXACH-007 y MXACH-008.

Tabla 19. **Características técnicas específicas**

Datos del producto	Dimensiones del producto		Caudal de extracción	Garantía	# Clave VentDepot
	Medidas (cm)	Peso (kg)	m³/h	Años	
Garganta de 30" Ø, base, aluminio	78 x 78 x 134	22	5,136	1	MXACH-007
Garganta de 34" Ø, base, aluminio	91 x 91 x 134	25	7,687	1	MXACH-008

Fuente: VentDepot.com. 1996.

Para determinar la capacidad de extracción de aire de los respectivos modelos de extractores según las condiciones ambientales en Morales, Izabal, se utiliza las siguientes fórmulas, las cuales son establecidas por VentDepot:

- Extractor eólico AlumChumex MXACH-007, garganta de 30" Ø:

$$\text{Extracción} = (0.818 + [0.0303 * A]) * (121.5 + [103.4 * v] + [11.6 * G] + [5.6 * T]) * 3.16$$

- Extractor eólico AlumChumex MXACH-008, garganta de 34" Ø:

$$\text{Extracción} = (0.818 + [0.0303 * A]) * (121.5 + [103.4 * v] + [11.6 * G] + [5.6 * T]) * 4.73$$

Las variables a determinar en Corrugadora Guatemala para determinar la capacidad de los extractores son: la altura promedio en metros (A), la velocidad del viento en km/h (V), el gradiente o diferencial térmico en °C (G) y la temperatura promedio de la región en °C (T).

Para más información sobre el equipo de ventilación propuesto, se adjunta en Anexo 1, la ficha técnica del extractor eólico.

4.1.3 Determinación del caudal de aire a extraer

Figura 40. Esquema de la infraestructura

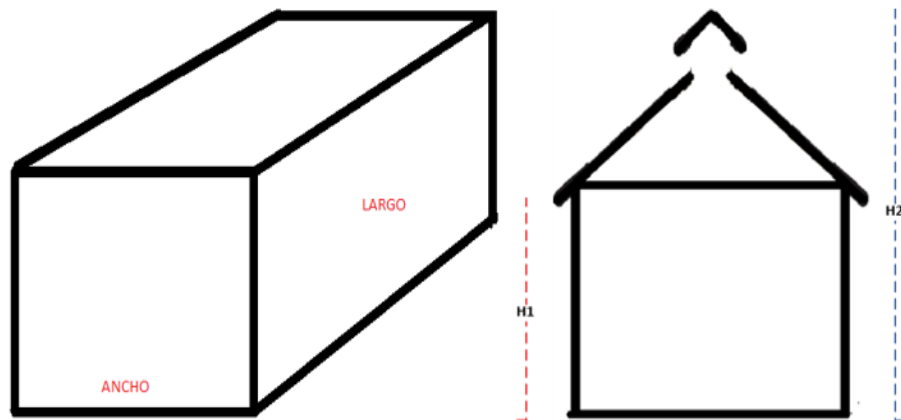


Tabla 20. Datos generales del área de conversión

DATOS GENERALES	
Largo (l)	190 m
Ancho (a)	35 m
Altura (A1)	7.5 m
Altura (A2)	12 m
Altura promedio (A)	9.75 m

Por el tipo de estructura se consideran las dos diferentes alturas y para determina la altura óptima para el cálculo de caudal a extraer, se debe encontrar la altura promedio con el uso de esta fórmula:

$$\text{Altura promedio (A)} = \frac{A1 + A2}{2}$$

$$\text{Altura promedio (A)} = \frac{7.5 + 12}{2} = 9.75 \text{ m}$$

Para determinar el caudal de aire necesario a extraer, se debe calcular primero el volumen del recinto, después se multiplica por las renovaciones/hora dependiendo el tipo de actividad que se desarrolla en Corrugadora Guatemala. Por lo tanto, el volumen del lugar de estudio es de:

$$V = l * a * h$$

$$V = 190 \text{ m} * 35 \text{ m} * 9.75 \text{ m} = \mathbf{64,837.5 \text{ m}^3}$$

Para las renovaciones de aire por hora, se considera que Corrugadora Guatemala es de tipo actividad fábrica en general (5 – 10 renovaciones/hora). Por lo tanto, se considera que el número de renovaciones por hora óptimas son del 7.5, permitiendo sustituir el volumen de aire contaminado de forma eficiente por el tipo de actividad que se desarrolla en la planta industrial.

Finalmente, el caudal necesario a extraer en el área de conversión es de:

$$Q = V * N$$

$$Q = 64,837.5 * 7.5 = \mathbf{486,281.25 \text{ m}^3/h}$$

Un aspecto muy importante que considerar es, evaluar que la cantidad de caudal de aire extraído sea reemplazado por el ingreso de aire fresco, por las diferentes aberturas del recinto. El área paso necesario en Corrugadora Guatemala es:

- La dirección del viento actúa de forma perpendicular. Por lo tanto, se considera óptimo un coeficiente del 0.35.

Tabla 21. **Coeficiente según dirección de viento**

Característica	c
Dirección longitudinal	0.25 – 0.35
Dirección perpendicular	0.3 – 0.5

- La velocidad del viento de entrada (v) al recinto es de 0.60 m/s debido a diferentes tipos de mallas que evitan el ingreso de diversos agentes contaminantes exteriores.

Tabla 22. **Velocidad promedio de entrada del viento**

Hora	Velocidad del viento en m/s
10:00 am	0.23
11:00 am	0.40
12:00 pm	0.45
13:00 pm	0.47
14:00 pm	0.67
15:00 pm	1.04
16:00 pm	0.97
Promedio	0.60

- Considerando el caudal de extraer en el área de conversión, la dirección del viento perpendicular y la velocidad del viento de entrada de 0.60 m/s, el cálculo del área de paso necesario para asegurar la masa de aire interior es el siguiente; según Echeverri Londoño (2020, p. 26):

$$\text{Área de paso} = \frac{Q}{c * v}$$

$$\text{Área de paso} = \frac{486,281.25 \text{ m}^3/\text{h}}{0.35 * (0.6 \text{ m/s} * 3,600 \text{ s/h})} = 643.23 \text{ m}^2$$

El área de paso de entrada de aire necesario es de 643.23 m², actualmente el área de entrada de aire en Corrugadora Guatemala supera los 730 m² por la diversas ventanas y áreas de carga de los camiones, según se puede observar en la tabla 12. Por consiguiente, el área de paso de masa de aire del área de conversión es óptimo.

4.1.4 Cálculo del número de extractores

A continuación, se muestran los datos obtenidos por los estudios de campo realizados en Corrugadora Guatemala, con la ayuda de equipos de mediciones precisos como el termómetro y anemómetro.

Tabla 23. **Datos generales para capacidad de extracción**

DATOS GENERALES	
Altura promedio (A)	9.75 m
Velocidad del viento (V)	11.99 km/h
Gradiente o diferencial térmico (G)	3.4 °C
Temperatura promedio de la región (T)	26.4 °C

De modo que, utilizando las fórmulas de cálculo de extracción, ver Anexo 1 y los datos recopilados en la tabla 23, la capacidad de extracción de aire de los modelos de extractores eólicos a considerar es:

- Extractor eólico AlumChumex MXACH-007, garganta de 30" Ø:

$$Q = (0.818 + [0.0303 * A]) * (121.5 + [103.4 * v] + [11.6 * G] + [5.6 * T]) * 3.16$$

$$Q = (0.818 + [0.0303 * 9.75]) * (121.5 + [103.4 * 11.99] + [11.6 * 3.4] + [5.6 * 26.4]) * 3.16$$

$$Q = 5,448.44 \text{ m}^3/h$$

- Extractor eólico AlumChumex MXACH-008, garganta de 34" Ø:

$$Q = (0.818 + [0.0303 * A]) * (121.5 + [103.4 * v] + [11.6 * G] + [5.6 * T]) * 4.73$$

$$Q = (0.818 + [0.0303 * 9.75]) * (121.5 + [103.4 * 11.99] + [11.6 * 3.4] + [5.6 * 26.4]) * 4.73$$

$$Q = 8,155.42 \text{ m}^3/h$$

Según con los siguientes cálculos, el número de extractores eólicos AlumChumex necesarios para el área de conversión es:

$$\text{No. Extractores} = \frac{\text{Caudal necesario a extraer (Q)}}{\text{Capacidad de extracción de aire}}$$

$$\text{No. Extractores} = \frac{486,281.25}{5,448.44} = 89.25 \approx 90 \text{ extractores}$$

$$\text{No. Extractores} = \frac{486,281.25}{8,155.42} = 59.62 \approx 60 \text{ extractores}$$

Dado a los resultados obtenidos, se recomienda seleccionar el equipo de extractores de garganta de 34" Ø, principalmente para tener una mejor distribución de los equipos en los techos de los módulos, además de considerar que la cantidad máxima que puede soportar 200 lb por metros cuadrado.

a. Layout

Para la distribución de los equipos de extracción para el sistema de ventilación propuesto, se considera que debe abarcar los 190 m de largo de la infraestructura y estar distribuidos a lo ancho en 17.5 m; un aspecto a examinar de la techumbre son las láminas traslúcidas, las cuales están distribuidas en 20 m cada una. En consecuencia, un extractor no debe ser instalado si la lámina que lo sostendrá es traslúcida, debido que este tipo no soporta grandes cargas. Además, el diseño de la instalación del equipo se realizará en un solo lado de los módulos, para no afectar el sistema de ventilación actual con el uso de los ventiladores industriales *Powerfoil X3.0*. La distribución de los equipos para una buena instalación de los extractores en Corrugadora Guatemala es la siguiente:

Figure 1: Plan view of the test area. The diagram shows a rectangular test area with a dashed red line indicating a 190 m length. The area is divided into two sections by a vertical dashed red line. The left section contains a grid of 10x10 circular markers. The right section contains a grid of 10x10 circular markers. Dimensions are provided for various sections: 3.5 m, 12 m, 13 m, 14 m, 17.5 m, 6.22 m, and 4 m.

Los extractores eólicos son uno de los equipos de ventilación por extracción más eficientes y de bajo costo que existen en el mercado de ventilación industrial. La principal ventaja de este equipo para el área de conversión, se debe a su funcionamiento continuo sin uso de energía eléctrica, lo que permite una extracción de aire contaminado y la expulsión del polvo en suspensión las 24 horas al día en los 3 turnos existentes en la empresa para un mayor confort y reducir las enfermedades relacionadas al estrés térmico o por el polvo en suspensión (alergias, irritación de ojos, otitis media aguda).

4.1.5 Evaluación de costos

Para establecer un sistema de ventilación es necesario realizar su respectiva inversión financiera, con el objetivo de identificar todos aquellos egresos para obtener el equipo y ponerlo en funcionamiento para garantizar una mejora en las condiciones ambientales en la empresa. Cabe mencionar que el siguiente análisis financiero puede variar según los materiales que la Corrugadora Guatemala considere necesarios usar o ya dispone la negociación con el servicio de transporte y la subcontratación de otra empresa para la instalación.

a. Inversión financiera

Para la propuesta de un nuevo sistema de ventilación a través del uso de extractores eólicos para renovar las condiciones interiores en el área de conversión de Corrugadora Guatemala, se debe considerar los diferentes costos, como: la compra del equipo, los costos de transporte e importación, los costos de instalación y mantenimiento, entre otros costos, los cuales son complementarios

para el equipo. La inversión financiera del nuevo sistema de ventilación se desglosa de la siguiente manera:

- **Costo del equipo**

El costo de la adquisición del equipo de ventilación, los extractores atmosféricos de aire Alumchumex de la empresa mexicana VentDepot más un año de garantía, se presenta de forma detallada en la siguiente tabla.

Tabla 24. **Costo de adquisición**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Total
(+) Extractor Atmosféricos Eólicos de Aire – Alumchumex de 34 pulgadas. Proveedor: VentDepot	65 u	\$MX 4,951.21	MX \$ 321,828.65
(-) Descuento del 30%	-	-	MX \$ 96,548.60
Subtotal			MX \$ 225,280.06
(+) Impuesto de Valor Agregado (IVA) del 16%	-	-	MX \$ 36,044.81
Precio total de adquisición			MX \$ 261,324.86

Un aspecto para considerar de la tabla 24 es la compra de 65 extractores, de los cuales 60 serán instalados y el resto permanecerá en bodega de stock, en el caso que alguno de los equipos instalados presente algún defecto y su única solución sea removerlo y reemplazarlos por uno nuevo. Además, el valor del precio total de adquisición de los equipos está en moneda de pesos mexicanos; al realizar la conversión de pesos mexicanos a moneda local (quetzal), se obtiene que el precio total de adquisición es de Q121,769.55. Actualmente, la conversión de monedas es la siguiente: 1 MXN → 0.46597 GTQ (Xe.com, s.f.).

Un aspecto muy importante por mencionar es, que el actual sistema de ventilación con los ventiladores industriales Powerfoil X3.0, tan solo uno de ellos cuesta más de Q110,000.00 sin considerar la instalación. El precio de los extractores eólicos AlumChumex se obtuvieron mediante el proceso formal de cotización con la empresa proveedoras. Ver Anexo 2.

- **Costo de transporte e importación**

Un aspecto muy importante a considerar en la compra de los extractores eólicos en el país de México son todos los costos correspondientes de transporte e importación a Guatemala. Por lo cual, se subcontratará el servicio de transporte de Comercial e Importadora “Oliva”; para realizar el viaje terrestre de ida y vuelta recorriendo un total de 1,927 km a razón de Q19.12 por kilómetro recorrido, (ver cotización en el Anexo 3). Además de cubrir los gastos de impuestos arancelarios con la declaración de impuestos de IVA y los derechos arancelarios de importación, la contratación de un tramitador para la elaboración del papeleo y otros pagos que se realizan en la aduana (Superintendencia de Administración Tributaria, 2022).

Tabla 25. **Costo de transporte e importación**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Total
(+) Servicio de transporte “Comercial e Importadora Oliva” + Seguro	1,927 km	Q 19.12	Q 36,844.24
(+) Impuestos (IVA + DAI)	-	-	Q 22,111.39
(+) Tramitador	-	-	Q 2,200.00
(+) Peso bascula	-	-	Q 500.00
Precio total de transporte			Q 61,655.63

- **Costo de la instalación**

Para la instalación de los extractores eólicos se recurrían a los siguientes gastos, donde la mano de obra se subcontratará a la empresa Multiservicios L & W, los cuales cobra por la instalación de cada extractor Q 250.00. Dicha empresa ya ha realizado otros trabajos para Corrugadora Guatemala y tienen experiencia en la instalación de extractores atmosféricos.

Tabla 26. **Costo de instalación**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Total
(+) Mano de obra por extractor	60 u	Q 250.00	Q 15,000.00
(+) Diésel para la plataforma de elevación Genie	-	Q 500.00	Q 500.00
(+) Selladores Sikaflex A-1	60 u	Q 55.00	Q 3,300.00
(+) Tornillos <i>polser</i> 2"	1200 u	Q 0.35	Q 420.00
(+) Remaches 3/16 x ½	1200 u	Q 0.20	Q 240.00
(+) Accesorios de herramientas	-	Q 300.00	Q 300.00
TOTAL			Q 19,760.00

- **Costo de mantenimiento**

Una de las principales ventajas del sistema de ventilación propuesto se debe a que el costo de mantenimiento para los equipos es bajo, con una frecuencia de limpieza e inspección cada dos meses como mínimo. Entre los costos necesarios a considerar para la conservación de los equipos están los siguientes:

Tabla 27. **Costo de mantenimiento**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Total
(+) Aceite multiusos WD-40	2 u	Q 35.00	Q 35.00
(+) Grasa multiusos de Litio Masol III	1 lb	Q 20.00	Q 20.00
(+) Trapos (4 trapos x unidad)	4 u	Q 12.00	Q 48.00
(+) Escobas	4 u	Q 25.00	Q 100.00
(+) Selladores Sikaflex A-1	5 u	Q 55.00	Q 275.00
(+) Remaches 3/16 x ½	200 u	Q 0.20	Q 40.00
(+) Accesorios de herramientas	-	Q 300.00	Q 300.00
TOTAL			Q 818.00

- **Otros costos**

Es muy importante considerar la elaboración de un marco de malla, el cual tendrá como función de una rejilla para evitar la entrada de agentes provenientes del exterior cumpliendo con las certificaciones de calidad e inocuidad que la empresa posee. Además de realizar la elaboración de una barra compuesta de planas y angulares para brindar un mayor soporte a los extractores. Así pues, para fabricar la rejilla y la barra que va a ir acoplada los extractores atmosféricos se consideran los siguientes costos:

Tabla 28. **Otros costos**

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Total
(+) Plana de 3/4 x 1/2 (6 m)	9 u	Q 35.45	Q 319.05
(+) Plana de 2 x 1/4 (6 m)	20 u	Q 155.00	Q 3,100.00
(+) Angular de 2 x 1/8 (6 m)	7 u	Q 120.00	Q 840.00
(+) Malla galvanizada de 1" de 1.5 m de ancho	2 rollos	Q 2,175.00	Q 4,350.00
(+) Electrodo 3/32 P/Café	1 lb	Q 14.25	Q 14.25
(+) Electrodo 1/8 P/Café	1 lb	Q 14.25	Q 14.25
TOTAL			Q 8,637.55

La respectiva inversión financiera para la propuesta del nuevo sistema de ventilación por extracción del área de conversión es de Q212,640.73 (ver tabla 29), correspondiente a la compra de 65 extractores Alumchumex que incluye el pago arancelario y con un descuento del 30%. Además de considerar el servicio de transporte e importación, la mano de obra con la subcontratación de una empresa para la instalación de estos equipos y el costo de la compra de los materiales necesarios para su implementación y la elaboración de un soporte en la estructura de la cubierta. Cabe mencionar que este equipo en esta inversión financiera son los costos de mantenimiento, los cuales son demasiado bajos, que ronda por Q818.00 por cada vez que se realiza el mantenimiento preventivo.

Tabla 29. **Inversión financiera**

DESCRIPCIÓN	Total
Costo del equipo	Q 121,769.55
Costo de transporte e importación	Q 61,655.63
Costo de la instalación	Q 19,760.00
Costo de mantenimiento	Q 818.00
Otros costos	Q 8,637.55
INVERSIÓN TOTAL	Q 212,640.73

5. PLAN DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN

5.1 Alcance

El desarrollo del plan de instalación y mantenimiento para el nuevo sistema de ventilación propuesto, abarcará la infraestructura del área de conversión con la implementación en la techumbre del equipo de ventilación para la extracción del aire contaminado a través del uso de los extractores eólicos de la empresa VentDepot, los cuales poseen un diseño distinto a comparación de otros equipos similares en el mercado nacional; considerando la conservación del equipo para un mejor funcionamiento y una larga vida útil, con el objetivo de mejorar las condiciones ambientales del recinto y reducir los diversos agentes contaminantes presentes.

El alcance de los diferentes programas de instalación y mantenimiento es hasta que se considere establecer otro diseño de sistema de ventilación, que no sea tipo natural, sino artificial o que la estructura del recinto cambie.

5.2 Objetivos

Objetivo general: establecer un plan para la instalación y mantenimiento para el sistema de ventilación propuesto en el área de conversión de Corrugadora Guatemala.

Objetivo específico # 01: determinar el procedimiento adecuado para la planificación e implementación del equipo de ventilación.

Objetivo específico # 02: Identificar las principales acciones preventivas y correctivas que garantiza una larga vida útil.

Objetivo específico # 03: especificar los diversos factores externos que afectan la conservación del equipo.

5.3 Programa de instalación del sistema de ventilación

Para la correcta implementación de los extractores eólicos, es necesario establecer una planificación a detalle de todos los materiales y equipos a utilizar, además de seguir los procedimientos adecuados de instalación para evitar daños en la infraestructura y en el equipo, asimismo de llevar un control de seguimiento en el inicio de su funcionamiento al entrar en operación.

5.3.1 Procedimiento adecuado de planificación e instalación

La instalación de los extractores eólicos es un proceso sencillo pero muy detallado debido a que la base de los extractores debe encajar perfectamente en el diseño de la cubierta de la infraestructura, debe estar bien ensamblado para evitar desprendimiento de sus distintas partes y evitar principalmente las entradas de agua o cualquier otro agente del exterior. Antes de realizar la instalación, es necesario realizar la planificación debida y obtener el equipo y materiales necesarios. Luego, es necesario proyectar y organizar lo siguiente:

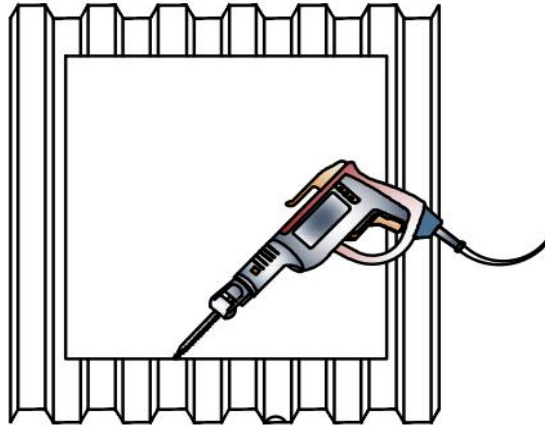
- Seleccionar las herramientas necesarias, como: tijeras hojalateras o pulidora, tornillos tipo *po/ser* galvanizado, selladores, cintas métricas, destornilladores, pinzas.

- Inspeccionar que la base de los extractores eólicos cuente con el grado de inclinación igual que el techo un agua.
- Solicitar el equipo de protección personal al encargado de salud y seguridad ocupacional en el área de recursos humanos.
- Solicitar la plataforma de elevación *Genie* al departamento de mantenimiento eléctrico.
- Exposición del proyecto a los encargados de la instalación, especificando las características del equipo de ventilación y la forma en que se va a distribuir por toda la techumbre del área de conversión.

Una vez terminado el proceso de planificación, se procede a realizar la instalación. Para lograr un correcto acoplamiento de los extractores eólicos se debe realizar lo siguiente:

- Trasladar los extractores eólicos al taller de mantenimiento de edificios y tomar medidas.
- Elaborar la rejilla, la cual va ir acoplada en la base de adaptación del extractor eólico.
- Señalizar las áreas de perforación en la cubierta, según el plano de distribución.
- Realizar una perforación en la cubierta según las medidas de la base de adaptación (91 x 91 cm).

Figura 42. **Perforación en la cubierta**

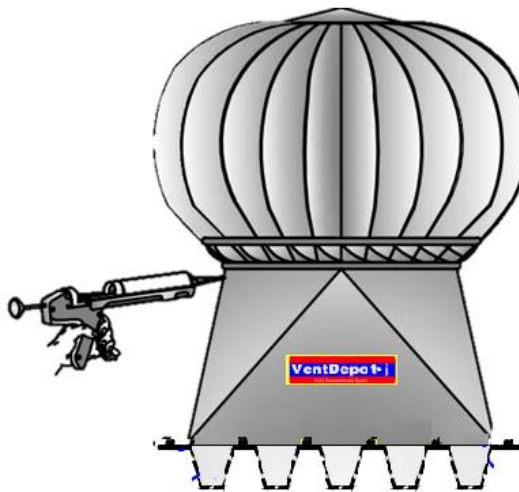


Fuente: VentDepot.com. 1996.

- Retirar con delicadeza el área perforada, evitando dobleces en los extremos de la cubierta.
- Subir los extractores a la techumbre, por medio de la plataforma de elevación Genie.
- Colocar la rejilla y la base de adaptación en el área perforada.
- Atornillar la base de adaptación y la rejilla, a la cubierta con 2 tornillos por cada valle de la lámina y a lo largo de los costados.
- Atornillar una barra que conecta las vigas en la parte interior de la base de adaptación, para mayor resistencia en la estructura.
- Verificar que la base de adaptación este bien perfectamente asegurada, para evitar desajustes ni vibraciones.

- Aplicar sellador en todas las juntas y a su alrededor para evitar filtraciones de agua.
- Instalar el extractor eólico sobre la base de adaptación, fijándolo mediante el uso de remaches o tornillos.
- Aplicar sellador en todas las áreas donde se atornillaron del extractor eólico.

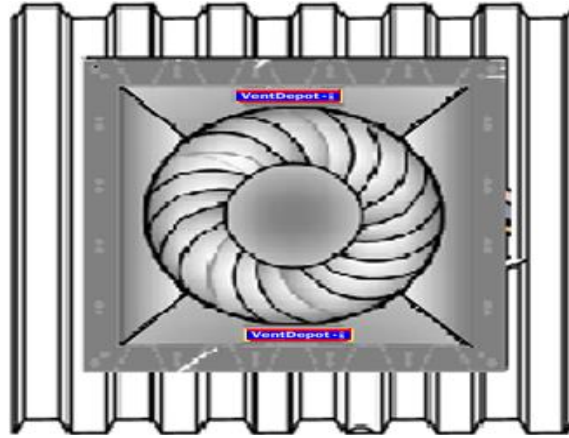
Figura 43. **Aplicación de sellador**



Fuente: VentDepot.com. 1996.

- Inspeccionar que se haya realizado una buena instalación, verificando que el equipo no esté dañado o golpeado, y hacer una prueba para ver el funcionamiento del impermeabilizante.

Figura 44. **Extractor eólico vista superior**



Fuente: VentDepot.com. 1996.

- Finalmente limpiar el área de trabajo

5.3.2 Control de operaciones del sistema de ventilación

El buen funcionamiento de los extractores eólicos depende mucho del proceso de instalación y del buen control de operación de los equipos por su transporte, que debe realizarse con mucha delicadeza para evitar el desalineamiento de los diversos componentes rotativos, principalmente porque el material de aluminio al ser de bajo peso y muy flexible puede dañarse con facilidad por el mal transporte. Todo sistema de ventilación debe ser tratado con mucha delicadeza y asegurar muy bien su instalación, debido que los descuido conducen principalmente a múltiples accidentes. Por lo cual, es necesario seguir las siguientes precauciones:

- Aseverar que el extractor eólico este bien instalado de forma correcta, fijar que la base de adaptación este firme, debido que el sistema de ventilación está hecho de un material muy liviano, y debe manipularse

con mucho cuidado.

- Para el arranque de los extractores eólicos, se debe verificar que no presente cualquier daño en la estructura, además, se debe retirar cualquier objeto extraño que se encuentre en el eje o en las paletas.
- Girar el eje principal del extractor para ver la buena rotación y revisar que todas las juntas, remaches y tornillos estén perfecto estado, evitando el desgaste prematuro del equipo.
- Para detener el funcionamiento de los extractores eólicos, se debe parar de forma manual, con extremo cuidado al manipular los bordes de las paletas.
- No desmontar las paletas u otras partes del extractor en caso de mantenimiento, sí y sólo sí que la unidad sufra una rotura en sus paletas u otras partes.

5.3.3 Cronograma de instalación

Para realizar la instalación de los extractores eólicos debe realizarse en la temporada de verano, esto para evitar cualquier contratiempo por condiciones climáticas no idóneas. El horario de instalación se realizará por recomendación de 7 am a 12 pm por el bienestar de la mano obra debido al aumento de temperatura y reflejo del sol por la techumbre. El cronograma para la instalación del nuevo sistema de ventilación en Corrugadora Guatemala queda de esta forma:

Tabla 31. Cronograma de instalación

No.	Actividades	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4						
		L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D
1.	Aprobación de inicio del proyecto por Gerencia.																												
2.	Subcontratación y exposición del proyecto a la mano de obra.																												
3.	Solicitud de la plataforma de elevación Genie.																												
4.	Compra de materiales.																												
5.	Elaboración de rejillas para los extractores por personal de mantenimiento de edificios.																												
6.	Instalación de los extractores en el área de conversión.																												
7.	Inspección y comprobación de funcionamiento de los extractores.																												
8.	Supervisión del superintendente de edificios.																												
9.	Finalización del proceso de instalación.																												

Actividad en proceso	
Descanso	

5.4 Programa de control de mantenimiento preventivo y correctivo

Una de las principales ventajas de los extractores eólicos consiste en que no requiere un mantenimiento exhaustivo, pero para que este equipo de ventilación logre tener una larga vida útil, es necesario establecer un control de mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando su conservación y no sea afectado por otros factores externos.

5.4.1 Inspección para la conservación de equipo

Los extractores eólicos son un equipo de ventilación que funciona en todo el transcurso del día debido a la energía eólica. Por consiguiente, la importancia de la conservación del equipo determinará su eficiencia y una larga vida útil. Los extractores eólicos están compuestos en un 100% de partes metálicas, y con el paso del tiempo, las condiciones climáticas o tiempo de uso, comenzará a presentar desgastes. Para garantizar una mayor conservación del equipo se recomienda inspeccionar y realizar mantenimiento en los siguientes componentes:

Mantenimiento de las paletas: las paletas de un extractor eólicos son una de las partes más importantes del equipo y por su diseño permite que la energía eólica extraiga el aire contaminado, además evitan el ingreso del agua de las lluvias. El mantenimiento respectivo para ellas consiste en:

- Inspeccionar que no presente roturas o grietas.
- Limpiar las paletas en un cierto tiempo, y quitar principalmente la capa fina de óxido.

- Evitar abolladuras al momento de tocarlas.

La principal ventaja de estos extractores eólicos es el diseño de la parte superior y los canales, los cuales permite que las paletas no estén mucho tiempo en contacto con el agua u otros factores ambientales, garantizando una mayor durabilidad, por lo que requiere menos mantenimiento de lo habitual.

Mantenimiento y alineamiento del eje: este es una de las partes más importantes de los extractores eólicos, debido a que son los que soportan toda la estructura del equipo de ventilación. De modo que, al realizar el mantenimiento respectivo del equipo se debe inspeccionar que la base esté bien alineada para una mayor estabilidad y permita amortiguar el peso de la estructura. Si el eje de los extractores eólicos presenta alguna fisura o un desperfecto, se recomienda sustituir el extractor, además de lubricar el rodamiento interno o cojinete por lo mínimo cada 2 meses.

Mantenimiento de soporte metálico: el mantenimiento respectivo para el resto de la estructura de los extractores eólicos consiste en la limpieza para quitar la capa fina de óxido, verificar que los pernos, remaches o juntas estén en buen estado, inspeccionar las áreas selladas para evitar la entrada de agua y principalmente limpiar la rejilla por acumulación de polvo generado por las máquinas convertidoras.

5.4.2 Inspección para la prevención de problemas de otros factores

Para realizar un mantenimiento en los extractores no solo va a depender de la limpieza e inspección de las distintas partes que integran el equipo, donde es

necesario considerar los posibles problemas que puede sufrir el extractor causados por otros factores, principalmente los externos. Uno de los principales factores externos que pueden afectar el funcionamiento se debe a los problemas de caudal de aire, principalmente por la densidad del aire, el cual debido a un ambiente altamente caliente o frío, el extractor no pueda manejar el efecto chimenea. Para esta situación es muy difícil que suceda, principalmente porque los extractores eólicos fueron evaluados para soportar las diferentes inclemencias del área de Morales, Izabal.

Si el extractor eólico sufre de ciertos problemas de caudal de aire, las principales causas pueden ser:

- Problema de extracción, debido a que las salidas de aire están cerradas o las paletas están obstruidas por la acumulación del polvo en suspensión o por objetos que lleva el viento en el exterior.
- Problemas de rotación del extractor, debido a las paletas que presentan dobleces, fisuras o se rompieron. Otra posible causa, se debe a una falla en el rodamiento principalmente por las esferas rodantes o los remaches del rodamiento cedieron y para detectar ese problema el extractor no va girar y va tambalear. Para este problema, verificar el apartado de mantenimiento de paletas según la inspección para la conservación del equipo.

Otros de los factores que pueden afectar cualquier sistema de ventilación son las vibraciones, los cuales pueden dañar por completo el equipo, e incluso, la infraestructura, causando daños mayores. Existen muchas causas que ocasionan el problema de vibración; entre las usuales se pueden mencionar:

- Existencia de un material extraño cerca del rodamiento o una mala instalación.
- Algún componente rotativo presenta ciertos daños.
- Vibración transmitida por otra fuente.
- Desalineación en el eje o excentricidad.
- Holguras, proveniente de remaches o tornillos flojos.

Para prevenir que suceden estos problemas es necesario analizar muy bien el apartado de inspección para la conservación del equipo y el procedimiento adecuado de instalación.

5.4.3 Periodicidad de mantenimiento

Los extractores eólicos son un equipo de ventilación que no requiere un excesivo control de mantenimiento, principalmente este consiste solo hacer una limpieza al equipo, lubricación de las distintas partes y realizar una inspección al cierto tiempo de uso. Se hace con la finalidad de obtener un funcionamiento óptimo del sistema de ventilación propuesto, presentando de forma clara las distintas actividades de mantenimiento y su respectivo periodo en el siguiente cronograma:

Tabla 32. **Cronograma de periodicidad de mantenimiento**

No.	Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.	Lubricación de rodamientos												
2.	Limpieza de rejillas y extractor por acumulación de polvo												
3.	Mantenimiento de paletas												
4.	Mantenimiento de soporte metálico												
5.	Mantenimiento y alineamiento del eje												

5.4.4 Reserva en inventario

La importancia de tener extractores eólicos en *stock*, consiste principalmente en las situaciones que algunos extractores instalados presenten algún desperfecto en la estructura, en las paletas o en el eje principal, donde la única solución es cambiar el extractor eólico por uno nuevo, para mientras que el equipo dañado va al taller de mantenimiento de edificios y evalúan el desperfecto y verifican si se cuenta con alguna garantía. Es necesario mencionar que los extractores eólicos AlumChumex cuentan con una garantía de un año, una vez ya instalados.

Los extractores eólicos que permanecerán en la bodega deberán estar bien preservados, evitando el contacto con cualquier ambiente húmedo para evitar la corrosión, y al momento de ser usados es necesario examinar el equipo, según la inspección para la conservación de equipo.

CONCLUSIONES

1. La infraestructura de la nave industrial es de segunda categoría, compuesta de acero estructural y hormigón, con un techo tipo linterna con láminas de Aluzinc calibre 24 y piso industrial hecho de concreto armado recubierto con pintura antideslizante. El área de paso de entrada de masa de aire natural es de 730.51 m^2 , el cual está cubierto con una malla que impiden el ingreso de agentes contaminantes del exterior. En el área de conversión se desarrollan dos procesos productivos; la preparación de orden y el proceso de conversión en las 14 máquinas convertidoras.
2. Las condiciones internas y externas establecen un diferencial de temperatura de 3.4°C respecto al exterior, y con una velocidad promedio del viento de 11.99 km/h en dirección perpendicular. La actividad que se desarrolla es tipo fábrica en general considerando un 7.5 renovaciones de aire por hora. El área de conversión posee $64,837.5 \text{ m}^3$ de volumen.
3. Para garantizar la renovación del aire en el área de conversión se establece el diseño de un nuevo sistema de ventilación por extracción con el uso de 60 extractores eólicos AlumChumex de 34 pulgadas de la empresa internacional mexicana VentDepot y el requerimiento mínimo de entrada de aire de 634.23 m^2 , para cubrir una extensión total de $6,650 \text{ m}^2$ en dos módulos de la infraestructura.

4. La inversión financiera del nuevo sistema de ventilación industrial por extracción con el uso de los extractores eólicos AlumChumex es de un total de Q212,640.73, considerando todos los egresos como compra del equipo, el costo de transporte e importación, la mano de obra para la instalación, el mantenimiento preventivo y correctivo, entre otros costos necesarios.
5. Para el diseño del sistema de ventilación propuesto se determinó un plan de instalación y mantenimiento con los diferentes procedimientos a seguir para garantizar su buen funcionamiento.

RECOMENDACIONES

1. El departamento de mantenimiento de edificios debe considerar que la baja velocidad de entrada de aire de 0.60 m/s es debido a que las diferentes áreas de paso de entrada de masa de aire natural están protegidas por una malla, lo cual afecta el flujo del aire fresco.
2. Agregar al Plan SSO de la empresa, un registro periódico de temperatura en los diferentes puestos de trabajo para que el departamento de recursos humanos lleve un control del diferencial de temperatura en los diferentes meses del año y el calor generado por las maquinarias.
3. Al momento de realizar la compra de los equipos de ventilación, el departamento de compras debe acordar un trato arancelario preferencial respecto al equipo con los proveedores, con el objetivo de reducir el pago de arancel para ingresar a Guatemala.
4. Para un seguro procedimiento de planificación e implementación y conservación del equipo, el departamento de mantenimiento de edificios debe velar por el cumplimiento de lo establecido según el plan de instalación y mantenimiento del nuevo sistema de ventilación para las características técnicas del equipo de extracción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M. (2018). *Manual de pruebas de aseguramiento de calidad* (Documento de protocolo). Empresas Galindo.
- Briceño Obando, C. (2020). Actualización y optimización del proceso de fabricación de troqueles curvos. *Corrugando*, (76), 12-13. https://issuu.com/revistacorrugando/docs/revista_corru_76_marz_abril_web
- Corrugadora Guatemala. (2018). *Proceso de conversión* (Documento de protocolo). Empresas Galindo.
- CYECSA. (s.f.). *Principios básicos del empaque corrugado*. <https://cyecsa.com/wp-content/uploads/2013/06/cyecsa-carton.pdf>
- Echeverri Londoño, C. A. (2020). *Ventilación industrial*. (2ª. ed.). Ediciones de la U.
- Eolicoos. (2019). *Catálogo de extractores eólicos*. <https://www.eolicoos.cl/documentos/Catalogo%20de%20Extractores%20Eolicos%20-%20Eolicoos.pdf>
- Fibre Box Association. (2005). 75th anniversary edition Fibre Box handbook - digital version.
- Google. (s.f.). [Corrugadora Guatemala S.A.]. Recuperado el 26 de julio de 2021 de <https://goo.su/NxVz9bS>



Mancera Fernández, M., Mancera Ruíz, M. T., Mancera Ruíz, M. R., y Mancera Ruíz, J. R. (2012). *Seguridad e higiene industrial: gestión de riesgos*. Alfaomega Colombiana S. A.

Pinto Muñoz, J. A. (2021). *Informes de medición de ruido 2021* (Documento de protocolo). Empresas Galindo.

Salvador Escoda, S. A. (s.f.). *Extractor eólico ecológico* (Catálogo Técnico). https://www.salvadorescoda.com/tecnico/CA/CA06081_CA06085_TEC_Extractor_eolico_ecologico.pdf

Secretaría de Desarrollo Social. (2010). *Manual de normas de calidad de insumos y productos elaborados por Liconsa*. http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/02/manual_de_normas_de_calidad.pdf

Superintendencia de Administración Tributaria. (2022). *Chat SAT*. <https://portal.sat.gob.gt/portal/soporte-chat/>

VentDepot.com. (1996). *Extractores atmosféricos de aluminio* (Ficha técnica). <http://www.ventdepot.net/mexico/fichastecnicas/Extractores-atmosfericos-aluminio-AlumChumex-ventdepot.pdf>

Xe.com. (s.f.). *La autoridad mundial en divisas en la que puede confiar: consulta los tipos de cambio, envía dinero al extranjero y utiliza herramientas de divisas gratuitas*. <https://www.xe.com/es/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=MXN&To=GTQ>



ANEXOS

Anexo 1 Ficha de características técnicas del extractor AlumChumex



AlumChumex
Ficha Técnica

Características Generales

- ▶ Nuestro TurboAtmosférico PintroX VentDepot esta diseñado para extraer volúmenes grandes y medios de aire.
- ▶ Su operación óptima es a una altura mayor de 6 metros.
- ▶ Fabricado en Lámina de Aluminio.
- ▶ Buje y chumacera prelubricada.
- ▶ Cuenta con diseño tipo ArqBall, para una mayor captación de aire.
- ▶ Su base plana con pestaña para montaje permite adaptarse con facilidad a cualquier tipo de techumbre de hasta 3 pulgadas de peralte, simplemente cortando con unas tijeras para lámina y realizando el dobléz con la mano y/o martillo de goma.

Aplicaciones

- ▶ Extrae: Calor, humo, olores, solventes y gases.
- ▶ Para uso en: Ventilación general en bodegas, naves industriales, talleres, almacenes, fábricas, etc.

Garantía

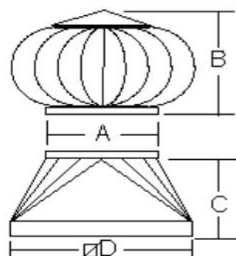
- ▶ 1 (Un) año de Garantía certificado por escrito, sujeto a las cláusulas.



Características Técnicas Específicas

Clave	Garganta		Caudal		Material	Acabado	Incluye	Peso y dimensiones con empaque de plástico	
	pulg	mm	m3/hr	cfm				Kg	cm
MXACH-001	12	305	1398	822	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	5	36x36x67
MXACH-002	14	356	1788	1051	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	7	36x36x77
MXACH-003	16	406	2064	1214	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	9	46x46x99
MXACH-004	18	457	2568	1510	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	10	46x46x107
MXACH-005	20	508	3088	1816	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	11	61x61x115
MXACH-006	24	610	4469	2628	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	14	61x61x134
MXACH-007	30	762	5136	3021	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	22	78x78x134
MXACH-008	34	864	7687	4521	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	25	91x91x140
MXACH-009	36	914	9962	5860	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	27	91x91x140
MXACH-010	40	1016	11157	6563	Aluminio	Natural	Turbina y Base.	33	105x105x140

Dimensiones (mm)

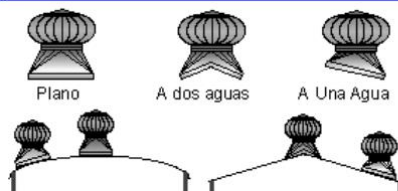


Clave	A	B	C	Ø D
MXACH-001	305	350	320	360
MXACH-002	356	450	320	360
MXACH-003	406	640	350	460
MXACH-004	457	720	350	460
MXACH-005	508	800	350	610
MXACH-006	610	930	410	610
MXACH-007	762	930	410	780
MXACH-008	864	940	410	914
MXACH-009	914	950	410	914
MXACH-010	1016	960	410	1016

Copyright© desde 1996, VentDepot tiene todos los derechos reservados y se reserva el derecho de modificar esta ficha técnica sin previo aviso.
VentDepot México, Tel: (52)(55)5822-1516, Fax: (52)(55)5825-0752
<http://www.VentDepot.com> ventas@ventdepot.net

Detalle de Bases

Se deberá cortar la base al momento de la instalación, dándole las siguientes formas:



Montaje

- Realizar una perforación en el techo con las siguientes dimensiones (mm):
- Posteriormente fijar por medio de remaches y/o pijas con empaques.
- Impermeabilizar todos los empalmes.
- VentDepot Team, monta, instala o da mantenimiento a cualquiera de nuestros equipos, de forma rápida, segura y conforme a las normas industriales.
- Suministro y servicio a toda la República Mexicana.



Clave	Altura A
MXACH-001	300
MXACH-002	350
MXACH-003	400
MXACH-004	450
MXACH-005	500
MXACH-006	600
MXACH-007	750
MXACH-008	850
MXACH-009	900
MXACH-010	1000

Fórmula para Cálculo de Extracción de Un AlumChumex

De las fórmulas siguientes elegir la fórmula del AlumChumex correspondiente.

MXACH-001 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 0.86$$

MXACH-002 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 1.10$$

MXACH-003 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 1.27$$

MXACH-004 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 1.58$$

MXACH-005 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 1.90$$

MXACH-006 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 2.75$$

MXACH-007 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 3.16$$

MXACH-008 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 4.73$$

MXACH-009 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 6.13$$

MXACH-010 utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción}^* = (0.818 + [0.0303 \times A]) \times (121.5 + [103.4 \times V] + [11.6 \times G] + [5.6 \times T]) \times 7.6$$

A = Altura en metros.

V = Velocidad del Viento en km/hr.

G = Gradiente Térmico en °C., esto es, (Temp. Interior - Temp Exterior)

*La capacidad de extracción de aire esta dada en m3/hr. T = Temperatura Regional en °C. Ver Tabla.

Copyright© desde 1996, VentDepot tiene todos los derechos reservados y se reserva el derecho de modificar esta ficha técnica sin previo aviso.
VentDepot México, Tel: (52)(55)5822-1516, Fax: (52)(55)5825-0752
<http://www.VentDepot.com> ventas@ventdepot.net

Anexo 2 Cotización del extractor AlumChumex de 34 pulgadas



Todo en Ventilacion S.A. de C.V.

Información del Cliente			Ejecutivo de Ventas
Cotización # 166313	Nombre: Juan Manuel Bringuez Martínez	Email: bringuezmanu99@gmail.com	Fecha: 30/Noviembre/2021
Cliente # 202390	R.F.C.: -	Teléfono 1: 0000000	Hora: 06:33 PM
	Dirección: -	Teléfono 2: -	Ejecutivo: Paulina Estrada (13679)
	Dirección: -	Fax: -	Email: ventas13679@ventdepot.com
	Ciudad: Morales		Teléfono 1: 55 5822.1516
	Estado: Izabal		Teléfono 2: 01 800 999.1516
	País: Guatemala		
	C.P.: 000000		

Comentarios Importantes
Nombre de Atención a Clientes (AAC): PAULINA ESTRADA 13679 Tiempo Estimado de Entrega del Equipo: 3 A 4 SEMANAS HÁBILES SALVO PREVIA VENTA. FAVOR DE LEER POLÍTICA DE VENTAS. NO CONTAMOS CON NINGÚN TIPO DE ENTREGA A DOMICILIO. Envíos: Cotice su envío con su ejecutivo de cuenta. VentDepot entrega únicamente en nuestras oficinas, bodegas o puntos de venta. Con Seguro del Producto: El Seguro del Producto es del 3.25% + IVA, sobre el monto total de los productos antes de descuento. El seguro cubre la reparación, reemplazo parcial y/o total del producto según sea lo más conveniente en tiempo y costo para VentDepot. Para hacer válido este Seguro del Producto seguir los siguientes 3 pasos: 1.- El cliente debe de RECIBIR el producto en el estado que se encuentre 2.- FOTOGRAFIAR los daños a detalle 3.- Enviar un correo con las fotos al CORREO del Ejecutivo, con copia a ventas@ventdepot.com En un lapso máximo de 5 días hábiles tendrá una contestación de como y cuando se reparará, reemplazará parcial y/o totalmente su producto, según sea lo más conveniente para VentDepot, este proceso puede durar máximo 20 días hábiles. Los fletes en todo momento son por parte del cliente. Sin Seguro del Producto: VentDepot no se hace responsable de daños ocasionados por el transportista y/o embalaje del producto, esto se debe de recibir y reclamar directamente al transportista. En caso de no recibirlo, VentDepot no lo puede recibir de regreso, ya que no somos responsables del daño causado por el transportista de su elección. Montaje (Solo si tiene la partida de Montaje, favor de verificar): Con el afán de servirles mejor, solicitamos establecer coordinación al máximo con nuestro Departamento de Instalaciones para que el trabajo sea realizado rápido y a tiempo. En caso de ser obstruido el trabajo, por causas ajenas a VentDepot se hace un cargo diario de \$645.00 pesos por cada instalador, así como materiales adicionales requeridos para la correcta ejecución. Favor de ponerse en total acuerdo con nuestro Departamento de Instalaciones e Ingeniería para trabajar con rapidez y armonía. Es importante verificar si su industria o negocio necesita permisos especiales con el municipio, el cual es total responsabilidad del cliente. Una vez que Usted apruebe la obra o sistema de aire, siempre es posible que pueda surgir algún imprevisto que no se haya contemplado al realizar el montaje y/o cotización. De forma inmediata se le notificará por escrito el costo que pudiera resultar en la variación del sistema, por esta razón su cotización es elaborada al detalle especificando equipos, accesorios, montajes y piezas especiales requeridas para su instalación. Al recibir esta cotización, entendemos que la ha leído en su totalidad, ha recibido fichas técnicas de todos los productos cotizados, consulto el producto en nuestro portal de internet y consulto detalladamente a nuestro Departamento de Atención a Clientes, le recordamos que no hay cancelaciones de pedidos y/o devoluciones, ya que se trata de equipos industriales.

Cantid ad	Foto	# VentDepot # de Fábrica	Categoría, Línea de Producto, Descripción, Anexos	Cubicaje Para Envío		Tiempo de Fabricación	Garantía	Precio Unitario MXN	Subtotal MXN
				Dimensión cm in	Peso kg lb	Días	Años		
65		MXACH-008	Extractores Atmosféricos Eólicos de Aire - AlumChumex Garganta de 34"Ø, 7687m3/hr, Base, Aluminio, 1 año garantía.     	91x91x140 36x36x55	25.00 55.12	8	1	\$4,951.21 -30.00% \$3,465.85	\$321,828.65 -30.00% \$225,280.25
Nomenclatura								Subtotal A	\$321,828.65 MXN
 Ficha de Montaje Eléctrico (.pdf)  Ficha de Arreglos, Ruido y Fluido (.pdf)  Ficha de Material de Muros (.pdf)  Ficha de Montaje Mecánico (.pdf)  Bloques AutoCAD (.dwg)  Preguntas Frecuentes (.pdf)  Certificado de Calidad (.pdf)  Ficha Técnica (.pdf)  Ficha de Material de Techos (.pdf)  Ficha de Inclinação de Techos (.pdf)  Ficha de Ensamble (.pdf)  Video de Producto (.mpg)  Garantía (.pdf)  Procedimiento de Cálculo (.pdf) <td>Descuento</td> <td>\$96,548.60 MXN</td>								Descuento	\$96,548.60 MXN
								Subtotal B	\$225,280.05 MXN
								Impuesto	\$36,044.81 MXN
								Costo del Envío	No Cotizado
								Costo del Seguro	No Cotizado
								Total	\$261,324.87 MXN

Información del Total de Envío	
1.16 / 41.25	Cubic Meter / Cubic Feet
25.00 / 55.12	Kgs / Lbs

Todo en Ventilacion S.A. de C.V., Miguel de La Rosa N°8, México Nuevo, Atizapan de Zaragoza, México, México, CP 52966.
Lada y Teléfono: 55 5822.1516, 01 800 999.1516, Fax 55 5825.0752, ventas13679@ventdepot.com

Cotización # 166313
Cliente # 202390

Página 1 de 3



Todo en Ventilacion S.A. de C.V.

VentDepot, Escojera el
más conveniente. Carrier

Políticas de Ventas

Forma de Pago

Obra, Instalación y Equipo:
90% Anticipo y 10% contra aviso de entrega de la obra ó
60% Anticipo, 30% contra aviso de embarque y 10% Al finalizar la Obra.

Solo Equipos:
70% Anticipo, 30% contra aviso de embarque o entrega en Bodega VentDepot.

1. Favor de anotar en las descripción del pago, el número de cotización y comentar en el mismo si es anticipo, parcialidad y/o finiquito, en caso de no llevar dicho comentario, puede dilatarse el proceso de compra. Si el banco no permite dichos comentarios, agradecemos envío por correo electrónico copia del comprobante con lo comentarios requeridos a su ejecutivo de cuenta.

2. Todos los pagos deben tener:

Persona Moral: Orden de Compra con el Número de Cotización

Persona Física: Correo solicitando la compra del Número de Cotización.

-----Transferencia Electrónica-----

Nombre: Todo en Ventilación S.A. de C.V.

Banco: Banorte, CLABE: 072180000182056150

Banco: IXE, CLABE: 072180000182056150

Banco: Banamex, CLABE: 002180434400140203

Enviar comprobante a su ejecutivo en cuanto se realice la transferencia.

Nombre: TurboVentiladores SA de CV

Banco: Banamex, CLABE: 002180045849089699

-----Depósito Bancario-----

Nombre: TurboVentiladores SA de CV

Banco: Banamex, Cuenta: 4908969, Sucursal 458

Nombre: Todo en Ventilación SA de CV

Banco: Banorte, Cuenta: 0018205615

Banco: IXE, Cuenta: 0018205615

Banco: Banamex, Cuenta: 14020, Sucursal: 4344

Enviar comprobante a su ejecutivo en cuanto se realice el depósito.

-----PayPal-----

Correo: ventas@ventdepot.com

Enviar comprobante a su ejecutivo en cuanto se realice el depósito.

-----OXXO-----

Banorte 4915-6630-2292-9252 (Favor de Anotar Referencia, Número de Cotización o Ejecutivo de Ventas)

Enviar comprobante a su ejecutivo en cuanto se realice el depósito.

-----Mercado Pago-----

Solicitar Vínculo de Pago a su Ejecutivo de Ventas

Enviar comprobante a su ejecutivo en cuanto se realice el depósito.

-----En Tienda-----

Tarjetas de Crédito: Visa, Master Card o American Express directo en nuestras Oficinas, Tienda, Puntos de Venta y/o Paypal.

Procedimiento para realizar un Pedido

Pedido por Correo Electrónico:

1. Realizar el pedido haciendo referencia al Número de Cotización ó Firmar todas las hojas de la Cotización.

2. Enviar lo siguiente:

-Depósito Bancario o Transferencia Electrónica.

-Datos Fiscales para Facturación.

-Dirección y Forma de Envío.

3. Enviar los datos a ventas@ventdepot.com

Pedido por Página Web:

1. Realizar pedido en www.ventdepot.com, a través del carrito de compras.

2. Llámenos al call center para verificar su pedido, al (55) 5822-1516 ó 01 800 999-1516

Tiempos de Entrega

Para entregas locales, lo indicado en la cotización. Salvo previa venta, no hay sistema de apartados.

Para entregas foráneas, + 2 a 4 días hábiles.

Para entregas al extranjero, + 3 a 30 días hábiles.

Temporada Alta o Fuera de Stock + 5 a 45 días hábiles.

Envíos, Seguros, Almacenaje y Fianzas



Todo en Ventilacion S.A. de C.V.

Envíos:

Cotice su envío con su ejecutivo de cuenta. VentDepot entrega unicamente en nuestras oficinas, bodegas o puntos de venta.

Con Seguro del Producto:

El Seguro del Producto es del 3.25% + IVA, sobre el monto total de los productos antes de descuento. El seguro cubre la reparación, reemplazo parcial y/o total del producto según sea lo más conveniente en tiempo y costo para VentDepot. Para hacer válido este Seguro del Producto seguir los siguientes 3 pasos:

- 1.- El cliente debe RECIBIR el producto en el estado que se encuentre
- 2.- FOTOGRAFIAR los daños a detalle
- 3.- Enviar un CORREO DESCRIPTIVO de los daños ocasionados por la fletera y con las fotos anexas al CORREO del Ejecutivo, con copia a ventas@ventdepot.com, recuerde mencionar claramente el nombre de la fletera que ocasiono los daños.

En un lapso máximo de 5 días hábiles tendrá una contestación de como y cuando se reparará, reemplazará parcial y/o totalmente su producto, según sea lo más conveniente para VentDepot, el proceso puede durar máximo 20 días hábiles después de haber recibido el correo con los datos necesarios. Cualquier flete adicional es por por parte del cliente.

Sin Seguro del Producto:

VentDepot no se hace responsable de daños ocasionados por el transportista y/o embalaje del producto, esto se debe de recibir y reclamar directamente al transportista. En caso de no recibirlo, VentDepot no lo puede recibir de regreso, ya que no somos responsables del daño causado por el transportista de su elección.

Almacenaje:

En caso de que el producto no pueda ser recibido por el cliente, el costo de almacenaje por metro cúbico es de \$30.00 pesos diarios.

Fianza:

En caso de requerir fianza, favor de informar a su ejecutivo el tipo de fianza que requiere para que sea cotizada y anexada a su cotización de inmediato.

Garantías y Polizas de Mantenimiento

Favor de leer con cuidado las cláusulas de garantía VentDepot, ubicadas en http://www.ventdepot.net/mexico/intranet/Informacion%20Externa%20IE/IE_CLI_GAR_Garantia_VentDepot%20MX.pdf

En Equipos motorizados se debe comprar la instalación, el arrancador y elemento térmico correspondiente al equipo para poder atender una garantía de motor quemado.

Si el cliente tiene algún adeudo con VentDepot, la garantía quedará pendiente hasta que este adeudo sea finiquitado, generando un costo financiero mensual del 5.2%, una vez entregada la obra.

Estimado Cliente

Una vez recibida su orden de compra, se procede de inmediato a surtir, ensamblar y/o fabricar los equipos, no hay cambios, reembolsos y/o devoluciones de equipos una vez hecho el pedido. Favor de revisar a detalle esta cotización antes de levantar su pedido.

Agradecemos su entendimiento.

Paulina Estrada (13679)

Ejecutivo de Ventas
ventas13679@ventdepot.com

Anexo 3 Cotización del servicio de transporte



COMERCIAL E IMPORTADORA "OLIVA"
TRANSPORTE, TALLER Y MOVIMIENTOS DE CARGA
Morales Izabal, Guatemala C.A.
(502) 42190064/79476809

21 de JUNIO 2022
Morales Izabal

JUAN MANUEL BRINGUEZ MARTINEZ
Su despacho

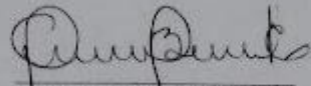
Presento Cotización de viaje terrestre de Corrugadora Guatemala, a Atizapán, México a razón de \$2.50 dólares por kilómetro (no incluido impuestos arancelarios, ni gastos aduanales)

Cantidad	Artículo	Precio Unidad	Precio Total
1	1,927 km	\$ 2.50	\$4,817.50

TOTAL \$ 4,817.50

Este precio tiene vigencia de cinco días por la variación en los precios de los combustibles

Deferentemente



COMERCIAL E IMPORTADORA OLIVA
importadorafob@gmail.com
Erick Fernando Oliva
Tel: 4219 0064

Erick Fernando Oliva Barrios

APÉNDICES

Apéndice 1 Ejemplo del control y registro de temperatura



Corrugadora Guatemala, S.A.

CONTROL Y REGISTRO DE TEMPERATURA

Fecha: 08/09/2021

Termómetro digital Ter-100



Ubicación: Morales, Ixabal

Pirómetro:



Rev.00

Hora:	Temperatura Ambiente	Temperatura Actual		Lugar
		Interna	Externa	
10:00	29°C	31.4°C	30.1°C	Conversion
11:00	30°C	32.3°C	31.6°C	"
12:00	32°C	34.7°C	32.7°C	"
13:00	32°C	36.2°C	33.2°C	"
14:00	34°C	37.4°C	34.5°C	"
15:00	33°C	36.5°C	33.1°C	"
16:00	31°C	34.2°C	30.9°C	Conversion
—	—	—	—	—

Observaciones:

Día totalmente despejado y soleado

Medición de temperatura en el área de conversión 2021
(Agosto - Octubre)

SEMANA #01 (16/08 - 20/08)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29.4	32.9	3.5
11:00	30.5	33.8	3.3
12:00	31.3	35.1	3.8
13:00	32.6	35.9	3.3
14:00	33	36.3	3.3
15:00	32.8	35.6	2.8
16:00	32.2	35.1	2.9
Promedio			3.3

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #02 (23/08 - 27/08)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29.5	32.3	2.8
11:00	30.7	33.9	3.2
12:00	31.2	35.3	4.1
13:00	32.3	36.1	3.8
14:00	32.8	36.9	4.1
15:00	32.6	36.2	3.6
16:00	31.8	35.3	3.5
Promedio			3.6

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #03 (30/08 - 03/09)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29.5	32.3	2.8
11:00	30.9	34.2	3.3
12:00	31.5	35.5	4
13:00	32.2	36.3	4.1
14:00	32.8	36.1	3.3
15:00	32.2	35.2	3
16:00	31.6	34.7	3.1
Promedio			3.4

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #04 (06/09 - 10/09)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	28.5	31.4	2.9
11:00	29.8	32.7	2.9
12:00	30.8	33.8	3
13:00	31.6	35.3	3.7
14:00	32.6	36	3.4
15:00	32.3	35.1	2.8
16:00	30.8	33.3	2.5
Promedio			3.0

ÁREA DE CONVERSIÓN

Medición de temperatura en el área de conversión 2021
(Agosto - Octubre)

SEMANA #05 (13/09 - 17/09)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29.3	32.5	3.2
11:00	30.8	34.4	3.6
12:00	31.5	35.2	3.7
13:00	32.4	35.9	3.5
14:00	33.1	36	2.9
15:00	32.8	35.5	2.7
16:00	31.7	35.4	3.7
Promedio			3.3

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #06 (20/09 - 24/09)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29	32.2	3.2
11:00	30.7	33.4	2.7
12:00	31.5	34.9	3.4
13:00	32.4	35.7	3.3
14:00	33.4	36.1	2.7
15:00	33	35.4	2.4
16:00	32.5	35.2	2.7
Promedio			2.9

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #07 (27/09 - 01/10)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	29.1	32.3	3.2
11:00	30.5	34.1	3.6
12:00	31.5	35.2	3.7
13:00	32.1	35.8	3.7
14:00	32.8	36.4	3.6
15:00	32.7	35.9	3.2
16:00	31.6	34.7	3.1
Promedio			3.4

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #08 (04/10 - 08/10)			
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura
10:00	28.9	32.5	3.6
11:00	29.9	33.8	3.9
12:00	31.2	34.6	3.4
13:00	33.2	35.8	2.6
14:00	34	37.4	3.4
15:00	33.7	36.7	3
16:00	30.9	35.7	4.8
Promedio			3.5

ÁREA DE CONVERSIÓN

Medición de temperatura en el área de conversión 2021
(Agosto - Octubre)

SEMANA #09 (11/10 - 15/10)				
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura	
10:00	29.4	32.6	3.2	
11:00	30.6	34.3	3.7	
12:00	31.8	35.6	3.8	
13:00	32.9	36.8	3.9	
14:00	33.4	37.2	3.8	
15:00	33.2	36.4	3.2	
16:00	32.3	35.9	3.6	
Promedio			3.6	

ÁREA DE CONVERSIÓN

SEMANA #10 (18/10 - 22/10)				
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura	
10:00	29.6	33.1	3.5	
11:00	31.1	34	2.9	
12:00	31.3	35.3	4	
13:00	32.5	36.8	4.3	
14:00	33.5	37.6	4.1	
15:00	33.3	36.5	3.2	
16:00	32.2	36.3	4.1	
Promedio			3.7	

ÁREA DE CONVERSIÓN

Medición de temperatura con un termómetro digital



Fuente: Elaboración propia

Promedio General de Medición de Temperatura				
Hora	Externa	Interna	Diferencial de temperatura	
10:00	29.2	32.4	3.2	
11:00	30.6	33.9	3.3	
12:00	31.4	35.1	3.7	
13:00	32.4	36.0	3.6	
14:00	33.1	36.6	3.4	
15:00	32.9	35.9	3.0	
16:00	31.8	35.2	3.4	
Promedio			3.4	

ÁREA DE CONVERSIÓN

Apéndice 3 Registros de medición de viento en el exterior

Medición de velocidad del viento exterior 2021

Semana #01		
Hora	Velocidad del viento en m/s	Velocidad del viento en km/h
10:00	1.12	4.03
11:00	2.53	9.11
12:00	3.06	11.02
13:00	3.8	13.68
14:00	3.94	14.18
15:00	4.12	14.83
16:00	4.47	16.09
Promedio		11.85

Semana #02		
Hora	Velocidad del viento en m/s	Velocidad del viento en km/h
10:00	1.43	5.15
11:00	1.53	5.51
12:00	2.6	9.36
13:00	3.06	11.02
14:00	3.94	14.18
15:00	4.47	16.09
16:00	5.18	18.65
Promedio		11.42

Velocidad promedio		
Horario	Velocidad del viento en m/s	km/h
10:00	1.40	5.02
11:00	2.28	8.21
12:00	2.81	10.13
13:00	3.47	12.47
14:00	3.99	14.35
15:00	4.38	15.78
16:00	5.00	18.01
Promedio		11.99

Velocidad del viento con anemómetro

Semana #03		
Hora	Velocidad del viento en m/s	Velocidad del viento en km/h
10:00	1.6	5.76
11:00	2.53	9.11
12:00	2.53	9.11
13:00	3.94	14.18
14:00	4.12	14.83
15:00	4.47	16.09
16:00	5.18	18.65
Promedio		12.53

Semana #04		
Hora	Velocidad del viento en m/s	Velocidad del viento en km/h
10:00	1.43	5.15
11:00	2.53	9.11
12:00	3.06	11.02
13:00	3.06	11.02
14:00	3.94	14.18
15:00	4.47	16.09
16:00	5.18	18.65
Promedio		12.17



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 4 Registros de medición de viento en el área de conversión

Medición de velocidad del viento de entrada 2021

Semana #01		Semana #02	
Hora	Velocidad del viento en m/s	Hora	Velocidad del viento en m/s
10:00	0.2	10:00	0.3
11:00	0.6	11:00	0.3
12:00	0.6	12:00	0.44
13:00	0.4	13:00	0.6
14:00	0.6	14:00	0.8
15:00	1	15:00	1.12
16:00	0.8	16:00	1
Promedio	0.60	Promedio	0.65

Semana #03		Velocidad promedio	
Hora	Velocidad del viento en m/s	Horario	Velocidad del viento en m/s
10:00	0.2	10:00	0.23
11:00	0.3	11:00	0.40
12:00	0.3	12:00	0.45
13:00	0.4	13:00	0.47
14:00	0.6	14:00	0.67
15:00	1	15:00	1.04
16:00	1.12	16:00	0.97
Promedio	0.56	Promedio	0.60

