

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMÉRICA”**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

ANÁLISIS DEL PROCESO MANUAL DE TERMOFORMADO DE
RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC Y SU INCIDENCIA EN LA
PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PROSERGRAF

Informe de Investigación presentada como requisito previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial.

AUTOR:

Alex Ricardo Moya Utreras

TUTOR:

Ing. Fabián Sarmiento

QUITO - ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director del Proyecto: **ANÁLISIS DEL PROCESO MANUAL DE TERMOFORMADO DE RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC Y SU INCIDENCIA EN LA PRUDUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PROSERGRAF** presentada por Alex Ricardo Moya Utreras, para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, Septiembre 2016

EL TUTOR

Ing. Fabián Sarmiento

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Alex Ricardo Moya Utreras, declaro ser autor del Proyecto de Tesis, titulado “ANÁLISIS DEL PROCESO MANUAL DE TERMOFORMADO DE RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PROSERGRAF”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos del Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los treinta días del mes de Septiembre del dos mil dieciséis, firmo conforme:

Alex Ricardo Moya Utreras

171559261-2

Dirección: Tambillo, calle Joaquín Mancheno 03-32

Correo Electrónico: alex.rmu8@hotmail.com

Teléfonos: 2 317 140 - 0987818537

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Proyecto de aprobación de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Quito,

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE

F.....

VOCAL

F.....

VOCAL

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la vida y poder tener la maravillosa oportunidad de terminar con éxito mis estudios universitarios.

Agradecer a todos mis familiares y amigos que me brindaron su apoyo incondicional durante el tiempo de estudio y en el desarrollo de mi tesis.

Agradecer a los docentes de la facultad de Ingeniería Industrial por su valioso aporte al transmitir todos sus conocimientos para convertirme en un profesional.

Alex Moya

Gracias

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a todos y cada uno de mis queridos familiares, que con su apoyo en todo sentido fueron un pilar fundamental para la consecución de este título, y en especial lo dedico a mi madre Jimena por estar conmigo siempre en los momentos difíciles, a mi hermano Carlos por ayudarme siempre que lo necesite, a mi sobrina Emily que es una luz en mi vida, a Manuel Moya (+) y Teresa Utreras (+) que en vida siempre desearon que alcance un título profesional y que hoy lo conseguí.

Alex Moya

ÍNDICE GENERAL

PRELIMINARES	Pág.
PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN EJECUTIVO	xx
EXECUTIVE SUMMARY	xxi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

Tema	3
Línea de Investigación	3
Planteamiento del Problema.....	4
Contextualización	4
Macro	4
Meso.....	5
Micro.....	7
Árbol de Problemas	9
Análisis Crítico	10
Prognosis	11
Formulación del Problema	11

Delimitación de la Investigación	12
Justificación.....	12
Objetivos	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos	14
Fundamentación.....	16
Legal	16
Técnica-Tecnológica.....	16
Red de Categorías	18
Constelación de Ideas de la Variable Independiente	19
Constelación de Ideas de la Variable Dependiente.....	20
Manufactura.....	21
Procesos.....	21
Proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC.....	22
Ingeniería Industrial	27
Producción.....	27
Productividad.....	28
Hipótesis.....	33
Señalamiento de las Variables	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque de la Modalidad	34
Modalidad y Tipos de Investigación.....	34
Niveles o Tipos de Investigación.....	35
Población y Muestra	36

Operacionalización de Variables	38
Plan de Recolección de la Información.....	40

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

1) Determinar la productividad en función al tiempo de trabajo.....	42
2) Análisis de las posibles causas que pueden afectar la productividad	67
3) Alternativa de solución para mejorar la productividad en el proceso de termoformado de recipientes de PVC	68
Verificación de la Hipótesis	70
Conclusiones.....	72
Recomendaciones	73

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Tema	74
Datos Informativos	74
Objetivo General.....	74
Objetivos Específicos.....	74
Justificación de la Propuesta	75
Factibilidad	76
Metodología.....	78
Programación.....	78
Cronograma de Actividades	78
Diagrama de red.....	80
Determinación de las especificaciones de la máquina	84
Casa de la Calidad.....	84
Voz del cliente	84
Voz del Ingeniero	85
Demandas del cliente	87

Necesidades y deseos del cliente ordenadas según su importancia	87
Criterios técnicos del diseñador ordenados según importancia.....	88
Especificaciones Técnicas	88
Costo	89
Automatización.....	90
Mantenimiento.....	90
Capacidad de producción	90
Estudio y selección de las alternativas de diseño	90
Análisis funcional	90
Determinación de los módulos u operaciones	93
Soluciones para cada módulo	93
Módulo 1: Sistema de alimentación de material a la máquina	93
Módulo 2: Sistema de sujeción y transporte del material	95
Módulo 3: Sistema de calentamiento	101
Módulo 4: Sistema de formado	107
Módulo 5: Sistema de vacío	116
Módulo 6: Sistema de enfriamiento.....	117
Módulo 7: Sistema de corte.....	122
Cálculos.....	128
Módulo 1: Sistema de alimentación de la máquina	129
Módulo 2: Sistema de sujeción y transporte de material	133
Módulo 3: Sistema de calentamiento	136
Módulo 4: Sistema de formado	150
Módulo 5: Sistema de vacío	156
Módulo 6: Sistema de enfriamiento.....	163
Costos.....	181
Flujo de caja	181
Costos operacionales.....	181
Costos no operacionales	182
Tasa de inflación.....	183
Costo de la máquina.....	183
Ingresos	184

Unidades producidas por día	184
TIR (Taza Interna de Retorno)	185
El VAN.....	186
Análisis del beneficio de la productividad	190
Mantenimiento preventivo de la máquina termoformadora.....	190
Recomendaciones para operar la máquina termoformadora	191
Conclusiones.....	192
Recomendaciones	192
BIBLIOGRAFÍA	193
ANEXOS.....	195

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Principales países a los que se exporta productos plásticos.....	5
Figura N° 2: Sección de termoformado	7
Figura N° 3: Árbol de problemas.....	9
Figura N° 4: Red de categorías.....	18
Figura N° 5: Constelación de Ideas de la Variable Independiente	19
Figura N° 6: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente	20
Figura N° 7: Recipientes termoformados en láminas de PVC	23
Figura N° 8: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	44
Figura N° 9: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	46
Figura N° 10: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	48
Figura N° 11: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	50
Figura N° 12: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	52
Figura N° 13: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	54
Figura N° 14: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	56
Figura N° 15: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	58
Figura N° 16: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	60
Figura N° 17: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	62
Figura N° 18: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	64
Figura N° 19: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo	66
Figura N° 20: Diagrama de dispersión.....	71
Figura N° 21: Diagrama de red	80
Figura N° 22: Diagrama de Gantt.....	81
Figura N° 23: Diagrama de la ruta crítica	83
Figura N° 24: Casa de la calidad	86
Figura N° 25: Análisis funcional (nivel 0).....	91
Figura N° 26: Análisis funcional (nivel 1).....	91
Figura N° 27: Análisis funcional (Nivel 2).....	92
Figura N° 28: Módulo 1	94
Figura N° 29: Tapa para asegurar el carrete.....	94

Figura N° 30: Módulo 2	95
Figura N° 31: Marcos móviles para transportar el material	96
Figura N° 32: Cadena con púas para transportar material	97
Figura N° 33: Módulo 3	102
Figura N° 34: Calentamiento por gas	103
Figura N° 35: Calentamiento por resistencias eléctricas	103
Figura N° 36: Módulo 4	107
Figura N° 37: Marcos de aseguramiento automático.....	108
Figura N° 38: Molde hembra.....	111
Figura N° 39: Moldes macho	112
Figura N° 40: Moldes macho hembra.....	112
Figura N° 41: Módulo 5	116
Figura N° 42: Bomba de vacío	117
Figura N° 43: Módulo 6	117
Figura N° 44: Ventilador axial	118
Figura N° 45: Ventilador centrífugo.....	119
Figura N° 46: Módulo 7	122
Figura N° 47: Cuchillas.....	123
Figura N° 48: Cuchilla rotatoria	124
Figura N° 49: Anclaje cuchilla rotatoria al horno	127
Figura N° 50: Diagrama de la máquina termoformadora automática.....	128
Figura N° 51: Eje que soporta el rollo de materia prima	129
Figura N° 52: Eje que soporta el rollo de materia prima	131
Figura N° 53: Diagrama de fuerza cortante	131
Figura N° 54: Diagrama de momento.....	132
Figura N° 55: Viga cantiléver	133
Figura N° 56: Sección transversal	134
Figura N° 57: Diagrama cortante.....	134
Figura N° 58: Diagrama momento flector	135
Figura N° 59: Sistema de calentamiento.....	136
Figura N° 60: Medidas de la lámina PVC para termoformar.....	137
Figura N° 61: Medidas de la cámara de calefacción	138

Figura N° 62: Área 1 del calentador	139
Figura N° 63: Área 2 del calentador	139
Figura N° 64: Factor de forma de rectángulo directamente opuesto	140
Figura N° 65: Factor de forma de rectángulos adyacentes en planos perpendiculares que comparte un borde común.	140
Figura N° 66: Factor de forma de rectángulo directamente opuesto	142
Figura N° 67: Factor de forma de rectángulos adyacentes en planos perpendiculares que comparte un borde común	143
Figura N° 68: Aumento de la temperatura de la lámina en 13 segundos	145
Figura N° 69: Medidas de la cámara de calefacción incluida la lana de roca.....	146
Figura N° 70: Forma de la resistencia eléctrica a utilizar	147
Figura N° 71: Material que soporta la cámara de calentamiento	148
Figura N° 72: Sección transversal que soporta cámara de calentamiento	149
Figura N° 73: Diagrama cortante.....	149
Figura N° 74: Diagrama momento flector	149
Figura N° 75: Sistema electro neumático de la máquina	152
Figura N° 76: Actuador neumático.....	153
Figura N° 77: Compresor de aire comprimido	155
Figura N° 78: Sistema de vacío	156
Figura N° 79: Forma del tanque de vacío	157
Figura N° 80: Valores del factor A que se usan en las fórmulas de recipientes sometidos a presión extrema	158
Figura N° 81: Valores del factor B que se usan en las fórmulas de recipientes sometidos a presión extrema	159
Figura N° 82: Breaker para protección general de la máquina	168
Figura N° 83: Contactor - guardamotor para motores	169
Figura N° 84: Selector de posición y pulsador de emergencia.....	171
Figura N° 85: Fuente de poder 24 vdc	172
Figura N° 86: Relé de accionamiento	172
Figura N° 87: Borneras de conexión.....	173
Figura N° 88: Forma de la estructura soporte	174
Figura N° 89: Gráfico de las reacciones	174

Figura N° 90: Valores de las reacciones	175
Figura N° 91: Gráfico de cortante	176
Figura N° 92: Gráfico de momento flector	177
Figura N° 93: Valores aproximados del factor K.....	180
Figura N° 94: Comparativo de proceso manual con automático.....	190

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Empresas termoformadoras en el Ecuador	6
Tabla N° 2: Operacionalización de la variable independiente (proceso manual de termoformado)	38
Tabla N° 3: Operacionalización de la variable dependiente (productividad)	39
Tabla N° 4: Plan de Recolección de la Información.....	41
Tabla N° 5: Datos medidos en la primera semana (día lunes)	43
Tabla N° 6: Datos medidos en la primera semana (día miércoles).....	45
Tabla N° 7: Datos medidos en la primera semana (día viernes)	47
Tabla N° 8: Datos medidos en la segunda semana (día lunes).....	49
Tabla N° 9: Datos medidos en la segunda semana (día miércoles)	51
Tabla N° 10: Datos medidos en la segunda semana (día viernes).....	53
Tabla N° 11: Datos medidos en la tercera semana (día lunes)	55
Tabla N° 12: Datos medidos en la tercera semana (día miércoles)	57
Tabla N° 13: Datos medidos en la tercera semana (día viernes)	59
Tabla N° 14: Datos medidos en la cuarta semana (día lunes)	61
Tabla N° 15: Datos medidos en la cuarta semana (día miércoles)	63
Tabla N° 16: Datos medidos en la cuarta semana (día viernes)	65
Tabla N° 17: Tabla para la interpretación de correlación	70
Tabla N° 18: Tabla de promedios de la productividad de la mañana y tarde	71
Tabla N° 19: Datos para calcular la correlación en Excel	71
Tabla N° 20: Cronograma de actividades	79
Tabla N° 21: Parámetros para la Ruta Crítica	82
Tabla N° 22: Resultados de la Ruta Crítica.....	82
Tabla N° 23: Matriz de necesidades y deseos del cliente	85
Tabla N° 24: Matriz de criterios del diseñador	85
Tabla N° 25: Necesidades y deseos del cliente ordenadas según su importancia .	87
Tabla N° 26: Criterios técnicos ordenados según importancia	88
Tabla N° 27: Especificaciones de la máquina	89
Tabla N° 28: Evaluación de cada criterio	99

Tabla N° 29: Evaluación de las soluciones respecto a Volumen de Producción	100
Tabla N° 30: Evaluación de las soluciones respecto a la Facilidad de Montaje	100
Tabla N° 31: Evaluación de las soluciones respecto a la calibración	100
Tabla N° 32: Evaluación de las soluciones respecto al Costo	101
Tabla N° 33: Conclusiones del módulo 2	101
Tabla N° 34: Evaluación de los criterios para el módulo 3	105
Tabla N° 35: Evaluación de las soluciones respecto calentamiento de la lámina	105
Tabla N° 36: Evaluación de las soluciones respecto a la Facilidad de construcción y montaje	106
Tabla N° 37: Evaluación de las soluciones respecto a Costo	106
Tabla N° 38: Evaluación de las soluciones respecto a espacio	106
Tabla N° 39: Conclusiones del módulo 3	107
Tabla N° 40: Evaluación de cada criterio	113
Tabla N° 41: Evaluación de las soluciones respecto a facilidad de extracción	114
Tabla N° 42: Evaluación de las soluciones respecto a Costo	114
Tabla N° 43: Evaluación de las soluciones respecto a Facilidad de montaje y alineación	115
Tabla N° 44: Conclusiones del módulo 4	115
Tabla N° 45: Evaluación de cada criterio	120
Tabla N° 46: Evaluación de las soluciones respecto a caudal	120
Tabla N° 47: Evaluación de las soluciones respecto a costo	121
Tabla N° 48: Evaluación de las soluciones respecto a Facilidad de montaje y alineación	121
Tabla N° 49: Conclusiones del módulo 6 función 1	121
Tabla N° 50: Evaluación de cada criterio	125
Tabla N° 51: Evaluación de las soluciones respecto a espacio	125
Tabla N° 52: Evaluación de las soluciones respecto a Costo	126
Tabla N° 53: Evaluación de las soluciones respecto a Facilidad de montaje y alineación	126
Tabla N° 54: Conclusiones del módulo 7 función 1	126
Tabla N° 55: Propiedades de algunos termoplásticos	137
Tabla N° 56: Propiedades del material PVC	141

Tabla N° 57: Datos del calentador, propiedades del material PVC.....	141
Tabla N° 58: Datos de iteración variando datos de D.....	143
Tabla N° 59: Cálculo transitorio del sistema de calentamiento	144
Tabla N° 60: Componentes del sistema neumático a utilizar en la máquina	151
Tabla N° 61: Parámetros para la selección de actuadores.....	154
Tabla N° 62: Parámetros para la selección de actuadores.....	154
Tabla N° 63: Especificaciones técnicas bomba de vacío	163
Tabla N° 64: Factor de corrección a 3000 m.s.n.m	166
Tabla N° 65: Especificaciones técnicas para elegir el ventilador.....	166
Tabla N° 66: Intensidades de cada motor y resistencia	168
Tabla N° 67: Selección de arrancadores directos según la intensidad.....	170
Tabla N° 68: Selección de conductores eléctricos.....	171
Tabla N° 69: Ciclo de producción de láminas termoformadas	183
Tabla N° 70: Resumen de costos de fabricación de la maquina.....	184
Tabla N° 71: Flujo de caja.....	187
Tabla N° 72: Flujo neto de efectivo proyectado.....	188
Tabla N° 73: Valor actual neto (VAN)	188
Tabla N° 74: Tasa interna de retorno (TIR)	189
Tabla N° 75: Tabla comparativa de procesos.....	190

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Guía de datos para la selección de actuadores neumáticos.....	195
ANEXO 2: Guía de datos para selección del compresor	196
ANEXO 3: Guía de datos para la selección de la bomba de vacío	197
ANEXO 4: Guía de datos para la selección del ventilador	198
ANEXO 5: Guía de datos para la selección del breaker principal	199
ANEXO 6: Guía de datos para la selección del arrancador directo	200
ANEXO 7: Guía de datos para la selección de conductores eléctricos	201
ANEXO 8: Guía de datos para la selección del perfil cuadrado	202
ANEXO 9: Costos detallados de la máquina	203
ANEXO 10: Plan de mantenimiento preventivo	204

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: ANÁLISIS DEL PROCESO MANUAL DE TERMOFORMADO DE RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PROSERGRAF.

AUTOR: Alex Ricardo Moya Utreras

TUTOR: Ing. Fabián Sarmiento

El presente trabajo de investigación, “Análisis del proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC y su incidencia en la productividad de la empresa Prosergraf,” está enfocado en analizar el proceso de termoformados de recipientes en láminas de PVC que sirven para empaclar diferentes tipos de productos. El propósito de este análisis fue buscar los mecanismos o herramientas que permitan aumentar la producción y por ende la productividad de la empresa. Para este proyecto se utilizó un enfoque cuantitativo y se realizó una investigación de campo para poder medir las variables que afectan el proceso. Se realizó un plan de recolección de la información y este se plasmó en tablas con los datos medidos, lo cual permitió el análisis y la interpretación de resultados y de esta manera se obtuvieron conclusiones que permitieron determinar que el proceso manual de termoformado incide negativamente en la productividad de la empresa. Se recomendó en este proyecto utilizar un proceso tecnológico basado en una automatización que fortalezca el proceso de termoformado, para lo cual una vez evaluado el proceso se diseñó una máquina termoformadora automática que contribuye a las mejoras en la producción y en la productividad. Este informe de investigación está compuesto por cinco capítulos; el primero consta de los fundamentos básicos de la investigación, donde se plantean los objetivos, el segundo consta de la fundamentación bibliográfica, el tercero está constituido por la metodología de la investigación, en el cuarto capítulo el análisis e interpretación de resultados, en el quinto capítulo se encuentra la propuesta de solución a los problemas encontrados y los resultados del proyecto, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para mejorar el proceso de termoformado y la productividad de la empresa.

DESCRIPTORES: Empresa, recursos, tiempo, talento humano, instrumentos investigativos, tecnología y automatización.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

EXECUTIVE SUMMARY

TOPIC: ANALYSIS OF THE MANUAL PROCESS OF THE THERMOFORMED PVC SHEETS AND ITS IMPACT ON THE PRODUCTIVITY OF THE COMPANY PROSERGRAF

AUTHOR: Alex Ricardo Moya Utreras

ADVISOR: Eng. Fabián Sarmiento

The present research “Analysis of the manual thermoformed Process of containers in PVC sheets and its impact on the productivity of the Prosergraf Company,” is focused on analyzing the process of thermoformed containers in PVC sheets that are used to pack different types of products. The purpose of this analysis was to seek mechanisms or tools to increase the production and thus the productivity of the company. A Quantitative approach and field research was conducted to measure the variables that affect the process of this project. Besides, a plan for data collection was made and it was reflected in tables with measured data, which permitted the analysis and interpretation of results. As a consequence, these conclusions allowed determining that the manual process of thermoforming influenced negatively on the business productivity of the company. It was recommended to use a system based on automation to strength the thermoforming technological process in this project; for which, once evaluated the process and automatic machine was designed to contribute to improvements in production and productivity. This research report consists of five chapters; the first includes the basics of research, which sets out the objectives, the second comprises the bibliographic foundation, the third covers the research methodology, in the fourth chapter is the analysis and interpretation of results, in the fifth chapter is the proposed solution to the problems encountered and the results of the project. Finally, the conclusions and recommendations are presented to improve the thermoforming process and productivity of the company.

DESCRIPTORS: Company, resources, time, human talent, research instruments and automation technology.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se requieren diferentes envases desechables que permitan el transporte de sustancias, alimentos o demás requerimientos de las personas. Es indispensable en estos envases que tengan características de maneabilidad, que sean livianos y fáciles de portar. Por esta razón se emplea usualmente el PVC en la fabricación de los mismos, que es un polímero de cloruro de vinilo, que se ablanda a los 433°K, que es rígido y confiable para la producción de recipientes.

La presente investigación está basada en el análisis del proceso de fabricación manual de recipientes termoformados en láminas de PVC en la empresa Prosergraf del Ecuador, este tema es de mucha importancia ya que el proceso actual de termoformado incide negativamente en la productividad de la empresa causándole a ésta perjuicios económicos, así como también afecta la salud física del operador. Este trabajo de investigación tiene como objetivos determinar la productividad en función al tiempo de trabajo, así como también analizar las posibles causas que afectan la productividad y por último plantear una alternativa de solución para mejorar la producción en el proceso de termoformado. Mediante este trabajo se pretende optimizar la producción y mejorar la productividad de la empresa, para esto se plantea realizar el diseño de una máquina termoformadora automática que permita la realización de un proceso más eficiente y eficaz

El análisis de este proyecto fue realizado a través de un proceso de medición de tiempos, visualización detallada de las fases del proceso, evaluación de las actividades inherentes del operador, con el fin de establecer las mejoras a partir de dicho análisis. El proyecto aquí planteado se limita al análisis del proceso de producción y al diseño de una solución confiable que permita mejorar la producción de la empresa Prosergraf del Ecuador.

Este trabajo de investigación aquí planteado está conformado por cinco capítulos; en el primero se presentan los fundamentos elementales y los objetivos que se deben alcanzar, en el segundo se presentan las bases teóricas que sustentan esta investigación, en el tercero se analiza la investigación realizada y se definen los problemas que impiden una mejor producción, en el cuarto capítulo se presentan el análisis e interlas propuestas de solución que se espera mejores grandemente la productividad de la empresa, en el quinto capítulo se encuentran los resultados que se obtienen en la investigación y en el diseño de una solución viable y factible, finalmente se encuentran las conclusiones y recomendaciones que pueden surgir para implementar a futuro las soluciones planteadas.

Y se encuentra distribuida de la siguiente manera:

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA: Donde se encuentra el tema, línea de investigación, planteamiento del problema, contextualización (macro, meso y micro), árbol de problemas, análisis crítico, prognosis, delimitación de la investigación, justificación, objetivos (general y específicos).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO: Comprende antecedentes investigativos, fundamentaciones (legal y técnica tecnológica), hipótesis o preguntas directrices, señalamiento de variables.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA: Trata del enfoque de la modalidad (cualitativa o cuantitativa), modalidad y tipos de la investigación, población y muestra, operacionalización de variables, plan de recolección de la información.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: Contiene la verificación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO V. LA PROPUESTA: Comprende objetivos, justificación, factibilidad, fundamentación científica, metodología, ruta crítica, modelo operativo, desarrollo de la propuesta, conclusiones, recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema:

ANÁLISIS DEL PROCESO MANUAL DE TERMOFORMADO DE RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA PROSERGRAF.

Línea de Investigación

El presente informe se enmarca en la línea de investigación según la Universidad Tecnológica Indoamérica (2011):

Empresarialidad y Productividad.- Esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico-empresarial; es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcará en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines. (www.uti.edu.ec, 2010)

Se deduce de esta definición que el enfoque de la empresarialidad y productividad se orienta al estudio de la capacidad de las personas para ser emprendedoras con grandes ímpetus de desarrollo personal, teniendo como base la formación de nuevas empresas o potencializar las ya existentes mediante innovación, aplicando una buena gestión de calidad aspectos que ayudan a un mejoramiento de la productividad.

Planteamiento del Problema

Contextualización

Macro

A medida que en el mercado mundial se van creando nuevos productos surge igualmente la necesidad de tener en qué empacarlos para que estos lleguen a sus destinos en buena calidad, sin sufrir alteraciones ni deformaciones, y la opción que se acrecienta en el mundo para realizar este empaque es la utilización de recipientes termoformados en láminas de plástico PVC, ya que estos entre otras propiedades cumple con una muy importante y que es la de conservar las características originales de los productos en ellos empacados.

Según el Institute BCC Research (Wellesley, Massachusetts, USA):

La demanda mundial para productos termoformados crecerá en un 4,3% y alcanzará un volumen de 4,3 millones de toneladas en el 2019, según reporte del; en un estudio denominado “Plásticos Termoformados: Mercados globales”.

Con un crecimiento de 4,9% anual, aumentará la demanda de empaques termoformados para productos electrónicos por encima del promedio a un valor de 224.000 toneladas hasta el 2019. El segmento de mercado más grande, el de los empaques para alimentos, debería crecer a una tasa de 4,1% anual hasta un volumen de 2,7 millones de toneladas, según lo pronostica el estudio del instituto de Massachusetts.

En el año en curso, los investigadores de mercado esperan un consumo total de plásticos para termoformado de 3,4 millones de toneladas, en comparación a un valor de 3,3 millones en el año inmediatamente anterior. (www.bccresearch.com)

El mercado de recipientes fabricados con plástico PVC y que sirven para empacar gran variedad de productos a nivel mundial mantiene una creciente demanda debido a varias propiedades que estos empaques poseen como son su funcionalidad, el gran atractivo visual que proporcionan, sus formas muy singulares y especialmente la capacidad que tienen para preservar por más tiempo

las características originales de los productos. Otro de los aspectos importantes para que los dueños de empresas en el mundo prefieran estos empaques para guardar sus productos es el bajo costo que estos tienen y esto se debe a que el material plástico con el que están fabricados es fácil de conseguir y a las bondades que ofrece por costo-beneficio.

Para generar productos plásticos a nivel mundial en muchas de las industrias tienen aún en su cadena de producción procesos manuales y esto es un problema porque los trabajadores se exponen a muchas afecciones en su salud, una de las más comunes es la de provocar dolor lumbar o en las articulaciones, ya sea por el peso de los elementos que manipulan, también por los diferentes tipos de movimientos repetidos que necesitan ejecutar para que la máquina manual o semiautomática realice la producción.

Meso

La competencia que existe entre las diferentes empresas termoformadoras en el Ecuador, las obliga a buscar el mejoramiento continuo para que la presentación de sus productos sea la mejor.

En el país el mercado de empaques termoformados en láminas de PVC y otros productos plásticos se han incrementado en sus exportaciones, los principales países a los que se exporta productos plásticos son los siguientes:



Figura N° 1: Principales países a los que se exporta productos plásticos
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Proecuador

En el Ecuador existen varias empresas que dedican a la fabricación de empaques termoformados en láminas de PVC, debido al crecimiento de la demanda de estos productos.

Tabla N° 1: Empresas termoformadoras en el Ecuador

EMPRESA	UBICACIÓN
PROSERGRAF	Uyumbicho
TERMOFORMAS	Daule
TERMOPACK	Sangolqui
MULTIPACK	Quito
ARBOLEDA	Quito
FLEXIPLAST	Quito

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: www.plasticos.com

La competencia que existe entre las diferentes empresas termoformadoras en el país las obliga a buscar el mejoramiento continuo para que la presentación de sus productos sea la mejor.

La industria del termoformado de empaques a más de ofrecer un envase de calidad para mantener las propiedades originales de los productos en ellos envasados debe cumplir con normas que respeten al medio ambiente. En este tema los empaques de plástico PVC son amigables al ambiente ya que el desperdicio que se genera en la producción de estos así como también después de ser desechados se puede reciclar.

A nivel del Ecuador también existe aún empresas que producen recipientes termoformados en láminas de PVC de manera manual, este proceso se puede considerar un trabajo rutinario o monótono, ya que el operario tiene que mantenerse en una posición y realizando el mismo movimiento de operación por largos periodos de tiempo, con lo que además de ser causal para una dolencia produce en el operador la fatiga, con la que se afecta la eficiencia del trabajador y por consiguiente la disminución de la productividad.

Micro

PROSERGRAF es una empresa ecuatoriana creada en 1997 que se dedica a la elaboración de soluciones integrales para potenciar productos de consumo masivo en punto de venta, desde el diseño hasta la elaboración de: mostradores, exhibidores, dispensadores, stands, bandejas. Además de estos la empresa produce recipientes termoformados en láminas de PVC, que sirven para empacar diferentes tipos de productos.

La empresa para mantener competitividad en el mercado utiliza varias estrategias que se detalla a continuación.

Innovación:

Ofrecer diseños de última generación con el compromiso de adaptarse a las necesidades y poder crear un producto que cumpla con las últimas tendencias del mercado y sea exclusivo para cada uno de sus clientes.

Calidad:

Los productos en la empresa Prosergraf son elaborados con la mejor materia prima del mercado, cuenta con una fuerza humana capacitada que continuamente vela por perfeccionar los procesos productivos, para así ofrecer un producto final de óptima calidad, que cumpla y exceda las expectativas del cliente.



Figura N° 2: Sección de termoformado
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Empresa Prosergraf

La empresa PROSERGRAF también tiene problemas en el área de termoformado de recipientes en láminas de PVC, y este se trata de que las actividades del proceso se las realiza de forma manual, es decir cada uno de los movimientos que la máquina necesita ejecutar para la producción de recipientes son realizados por el operador, lo que hace que la velocidad con la que se obtiene la producción sea baja porque esta depende de las condiciones físicas que tiene el trabajador para operar la máquina termoformadora.

Como su nombre lo indica el proceso manual es aquel que se realiza en su mayor parte mediante movimientos de las manos sin la ayuda de un mecanismo totalmente automático, el proceso manual es arduo y no genera beneficios deseados para las industrias ya que el personal que labora en las empresas son quienes determinan la velocidad de producción, y para aumentar la producción lo que hacen es aumentar el número de personas invirtiendo recursos ya que con cada operario que se suma al proceso este será un costo que se añade.

Con el desarrollo de la tecnología los trabajos que se realizan de forma manual han ido disminuyendo, solo los que son de forma artesanal se siguen manteniendo incluso estos ya tienen ayuda de herramientas automáticas, esto debido a que los procesos que son realizados por máquinas automáticas cada día son más rápidos mejorando la producción y con mejor calidad.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente mencionados es necesario realizar en la empresa PROSERGRAF un estudio del proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC con el propósito de buscar los mecanismos o herramientas que nos permitan aumentar la productividad de la empresa así como también la reducción del desperdicio generado e igualmente cuidar la salud física y mental de los operarios.

Árbol de Problemas

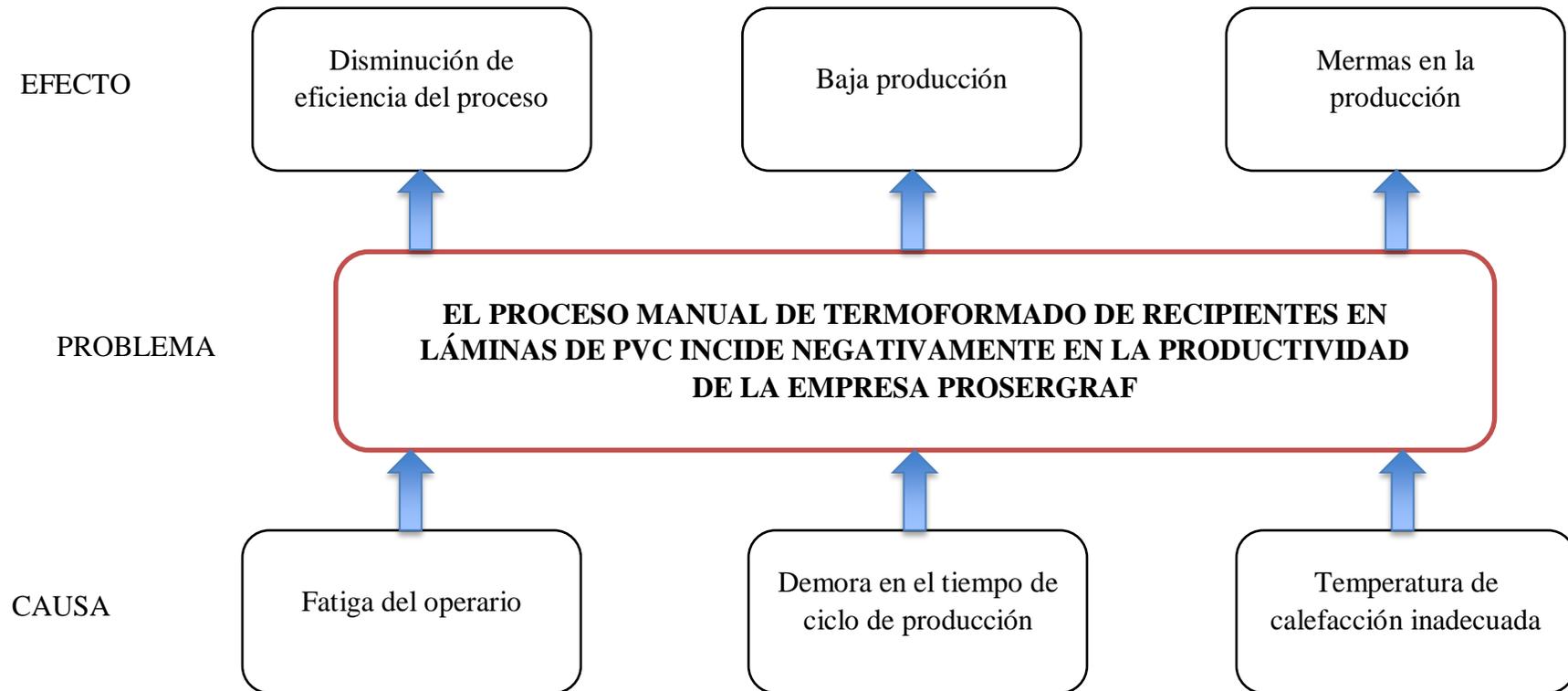


Figura N° 3: Árbol de problemas
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Empresa Prosergraf

Análisis Crítico

En la empresa el proceso de termoformado de recipientes lo realizan de forma manual, y por causa de las horas de trabajo a las que están sometidos los trabajadores estos tienden a sufrir fatiga a medida que transcurre la jornada laboral, debido a los movimientos que necesita realizar en la máquina para obtener el producto final.

La fatiga que genera en el operador el proceso manual de termoformado, produce un efecto de disminución de la eficiencia del proceso, porque las personas ya no trabajan a un cien por ciento de su capacidad, siendo perjudicial para la empresa debido a que disminuye su productividad.

La demora en el tiempo de ciclo de producción se da por que el proceso de fabricación se lo realiza manualmente, es decir cada uno de los movimientos que la máquina necesita ejecutar para la producción de láminas termoformadas son realizados por el operador, lo que hace que la velocidad con la que se obtiene la producción dependa de las condiciones que tenga el trabajador para operar la termoformadora.

Cuando el ciclo de producción es lento, porque la velocidad del proceso está determinada por las condiciones del operador, se genera una baja producción, y este se vuelve un cuello de botella en la línea de producción, afectando directamente a la cantidad de productos terminados (láminas termoformadas).

La maquinaria con el pasar de los años se va deteriorando causando esto que su funcionamiento original ya no sea el mismo, en el caso del proceso de producción de termoformado de recipientes en láminas de PVC la temperatura de la calefacción ya no es la adecuada debido a que parte de sus resistencias han sido reemplazadas por otras que no tienen las mismas características.

Al no tener una calefacción adecuada en la máquina, se genera en el proceso desperdicios de materia prima porque las láminas de PVC salen con pliegues (arrugas), debido a que el material no alcanza una temperatura adecuada para ser termoformado.

Prognosis

El problema que se encuentra en este análisis, se basa en la afectación que produce en la empresa el realizar actividades de forma manual en el proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC, tanto por la cantidad de producción obtenida como por los recursos utilizados y en especial el recurso de tiempo de fabricación y que la mayoría de empresas trata de disminuir.

De mantenerse en la empresa el proceso de producción manual de recipientes termoformados en láminas de PVC, los tiempos de producción que se utilicen en este proceso siempre serán altos, debido al agotamiento físico y mental de los operarios que realizan este procedimiento durante la jornada laboral.

De continuar con el problema del tiempo de ciclo lento para la fabricación de recipientes termoformados en láminas de PVC, se estaría afectando en forma directa al nivel de competitividad frente a otras empresas que tienen procesos automáticos y que esto les permite obtener mayor producción y mejor calidad del producto.

De seguir en la empresa con el inconveniente de tener una máquina que no cumpla con las condiciones técnicas para realizar el proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC, se seguirá generando desperdicios de materia prima lo cual es perjudicial porque genera pérdidas económicas.

Formulación del Problema

¿Cómo incide el proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC en la productividad de la empresa PROSERGRAF?

Delimitación de la Investigación

Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Producción
Aspecto:	Productividad
Delimitación Espacial:	Empresa Prosergraf
Delimitación Temporal:	Febrero 2016 – Agosto 2016

Justificación

La investigación que se plantea en este estudio, se considera que es de gran interés para la empresa PROSERGRAF que tiene en su línea de producción de termoformado actividades manuales, y este análisis será de gran aporte para la toma de decisiones y realizar una inversión en la renovación de tecnología y automatización de tareas.

Uno de los temas de mayor relevancia para las industrias es el factor económico y éste está determinado por varios indicadores, uno de los cuales es la productividad, la cual es la relación que existe entre los recursos utilizados versus los productos obtenidos, este estudio determinará como incide el proceso manual de termoformado de recipientes en la productividad de la empresa y que será de gran importancia para tomar decisiones de mejora.

Tomando en cuenta que la tecnología que se tiene hoy en día es muy amplia y avanzada, se considera que la factibilidad para realizar este estudio tiene muchas alternativas para buscar una solución al problema, ya que se puede aprovechar de un sinnúmero de elementos eléctricos y mecánicos que permitan automatizar las tareas del proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC.

Para el investigador este proyecto tiene una gran utilidad teórica-práctica, porque se aplicará los conocimientos adquiridos en el diseño industrial, es en este tipo de proyectos donde converge la preparación teórica en la práctica, es muy

importante tener la apertura de las empresas privadas que permitan que los investigadores apliquen sus conocimientos para solucionar problemas reales de las industrias.

La beneficiaria de este estudio será la empresa PROSERGRAF que busca ser competitiva de diferentes maneras, para lo cual el punto de mayor importancia es la disminución de costos de producción, ya sea en el aprovechamiento de recursos con la reducción de desperdicios o con el aumento de producción y de esta manera crecer económicamente.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el proceso manual de producción de recipientes termoformados en láminas de PVC y su incidencia en la productividad.

Objetivos Específicos

- Determinar la productividad en función al tiempo de trabajo.
- Analizar las posibles causas que afectan la productividad del proceso.
- Plantear una alternativa de solución para mejorar la producción en el proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

Para la elaboración de los antecedentes investigativos se ha revisado estudios realizados por diferentes investigadores.

En la universidad Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE) se encuentra la tesis de la señorita Álvarez Revelo Diana Elizabeth, esta trabajo trata de la "Automatización de la línea de envasado de productos cosméticos de Laboratorios Windsor S.A.", tiene por objetivo optimizar el tiempo de producción en el proceso de envasado de productos cosméticos, disminuyendo tiempos muertos para obtener mayor rentabilidad y mejorar la calidad de sus productos.

El proyecto está diseñado con el hardware y software de control que se describe a continuación: En el hardware se tiene las siguientes características: 2 bandas transportadoras, sensores de proximidad que detectan la llegada de los envases bajo la boquilla de la llenadora, cilindros neumáticos que se accionan para detener los envases en la posición requerida y un elevador para la llenadora con dos diseños: Automático y Semiautomático, la diferencia está en que el primero emplea un servomotor accionado por software y el segundo un gato hidráulico de operación manual.

En el software de control se hace una programación en escalera porque el proceso tiene sus parámetros preestablecidos para cada producto y es secuencial, respectivamente. Al automatizar el proceso se disminuye los tiempos muertos y se obtiene más productos en menos tiempo, además el proceso se hace flexible permitiendo incrementar la producción, para tener mayor rentabilidad.

En la Universidad Politécnica Nacional (UPN), se encuentra la tesis del señor Andrés Francisco Carvajal Proaño, y esta trata sobre el proceso de termoformado de láminas de poliestireno una de las principales actividades de la empresa Latermec Cía. Ltda., la automatización de éste se hace necesaria, por lo que en este proyecto se diseña e implementa un sistema de control para la máquina termoformadora de esta empresa.

En vista de la antigüedad de la máquina se realizó un estudio previo, estableciendo que sus partes tanto eléctricas, neumáticas y mecánicas tienen un gran deterioro, por lo cual se hace necesario cambiar la mayoría de ellas. El sistema implementado controla actuadores eléctricos y neumáticos a través de un PLC S7200 y una pantalla LCD TD 400 de la marca Siemens, todo esto montado en un tablero de control de tal manera que el operador pueda interactuar con el proceso.

Como parte central del control se encuentra la variable de temperatura que se censa a través de un juego de termocuplas acondicionadas con un módulo compatible con el PLC. Adicionalmente se ha realizado una interfaz hombre máquina con el fin de monitorear el proceso, para esto se ha utilizado la herramienta computacional LABVIEW.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi se halla la tesis del señor Mayorga Nogales Edgar Xavier, cuyo tema es Automatización para el proceso de la máquina sopladora de envases plásticos de la empresa N.S. Industrias, trazándose los objetivos de mejorar tanto la tecnología de la máquina así como también el proceso de producción de la misma mediante la implementación de una tecnología moderna y acoplamiento de un cortador de rebabas plásticas.

La máquina sopladora de envases plásticos presentaba paros de producción considerables que provenían en especial de daños eléctricos a causa de sus elementos electromecánicos obsoletos. Por esta razón la empresa decidió realizar la automatización de esta máquina dando apertura para la realización de este trabajo.

Con el afán de tener equipos garantizados en la automatización, que brinden un estado de funcionamiento constante y buen desempeño en la máquina sopladora de envases plásticos, se realizó un estudio de precios y cotizaciones de diferentes proveedores en el área de la automatización, llegando a la decisión de que el proveedor que brindaba mejores garantías y facilidades para la realización del presente proyecto era la compañía siemens.

Fundamentación

Legal

(Política Industrial, 2009, pág. 2): La política industrial coadyuvará a cambiar el patrón de especialización primario, extractivo exportador de la economía ecuatoriana hacia el fomento de actividades con ventajas comparativas dinámicas, generadoras de mayor valor agregado, que propendan a la creación de empleo de calidad, impulsen encadenamientos productivos, desarrollen tecnología e innovación que eleven los niveles de productividad, competitividad sistémica y reactiven la demanda interna, procurando el cuidado del ambiente y el uso racional de los recursos naturales.
<https://es.scribd.com/doc/62604816/politica-industrial-ecuador>

El Ministerio de Industrias y Competitividad, junto a otras Instituciones internas y externas como la CAF, CEPAL, y la Constitución del Ecuador se dedican a incentivar y promover el desarrollo de países latinos, fortaleciendo sus conocimientos y mejorando su tecnología para incrementar los índices de productividad en todos sus procesos productivos, de esta forma pasar a ser parte activa en la economía que generan los productos agroindustriales procesados.

Técnica-Tecnológica

El soporte técnico es de suma importancia en este tema de investigación de tesis debido a que se orienta en la seguridad del diseño y fabricación de maquinaria, busca mejorar el ambiente de trabajo y la relación que se genera con las personas que las operan. Por este motivo la aplicación de las principales

normas técnicas como la: ISO 9000, ANSI, ASME son de vital importancia ya que estas presiden diversos procesos productivos dentro y fuera del país.

ISO 9000, normaliza los sistemas de gestión de calidad y su terminología. La finalidad es orientar, coordinar, simplificar y unificar los usos para conseguir la eficiencia en los procesos implicando en reducción de costos y efectividad.

ANSI, este codifica las normas que se debe seguir al diseñar, materiales, procesos de fabricación y prueba de equipos de para especificar la seguridad para maquinaria industrial, relacionada con tuberías, bombas y conexiones.

ASME, determina la codificación de normas técnicas que se debe tomar en cuenta en el diseño, materiales, procesos de fabricación y pruebas de equipos, que se debe seguir en calderas y recipientes de presión.

Estas normas técnicas son de gran importancia en este proyecto de investigación, sirven para minimizar errores propios de apreciación, control y en la aplicación de normativas de seguridad que rigen en nuestro país, para el diseño y fabricación de maquinaria, el cumplimiento y manejo adecuado de estas técnicas arrojaran excelentes resultados en los procesos productivos de la empresa a las que se dirige esta investigación.

Red de Categorías

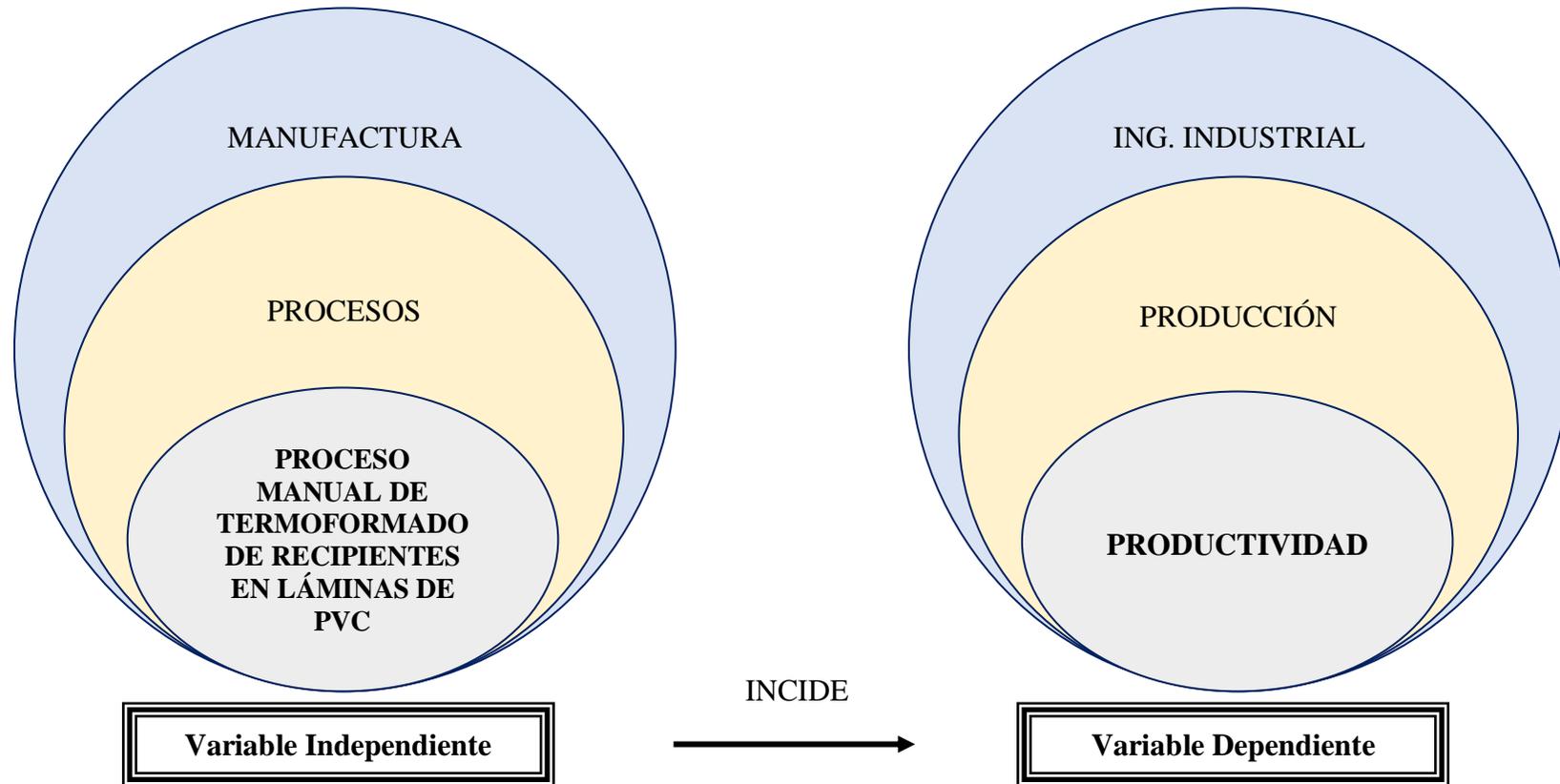


Figura N° 4: Red de categorías
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Constelación de Ideas de la Variable Independiente

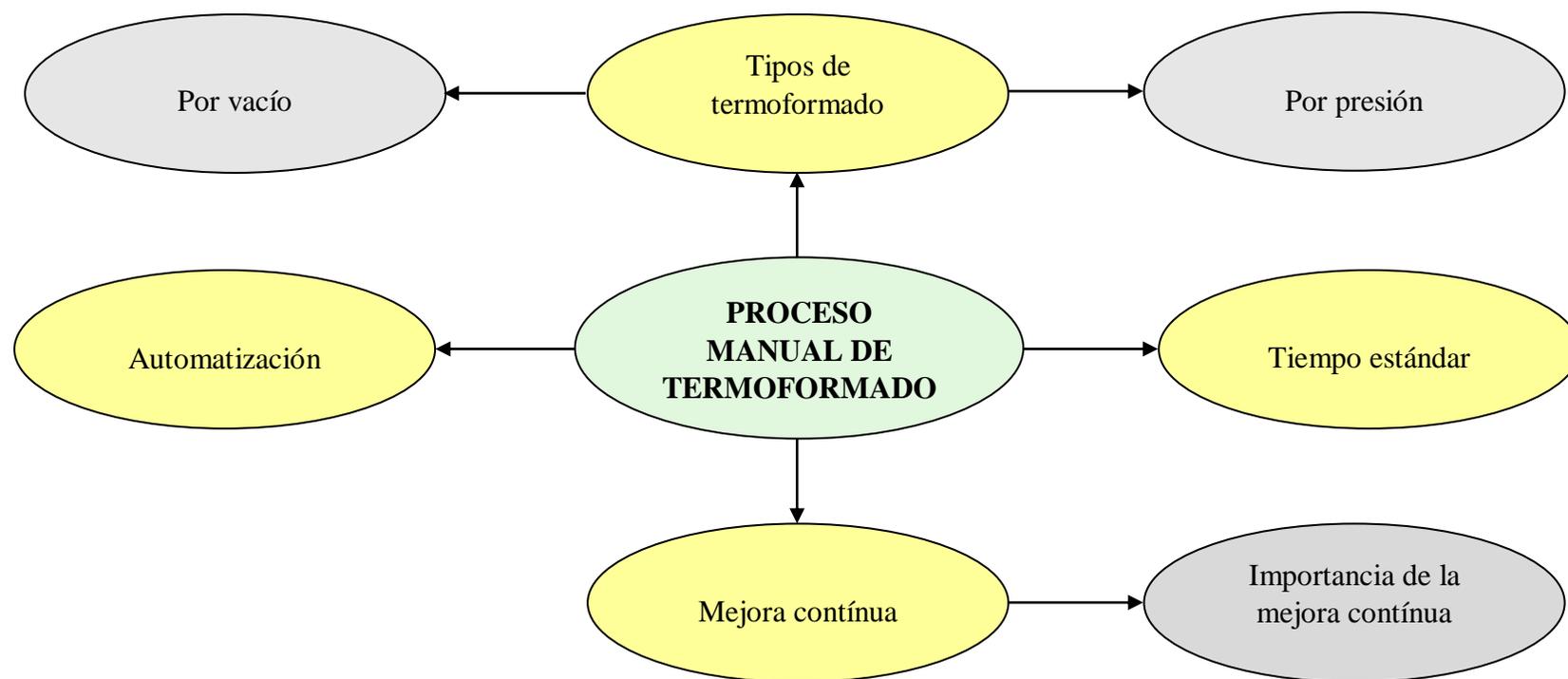


Figura N° 5: Constelación de Ideas de la Variable Independiente

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Constelación de Ideas de la Variable Dependiente

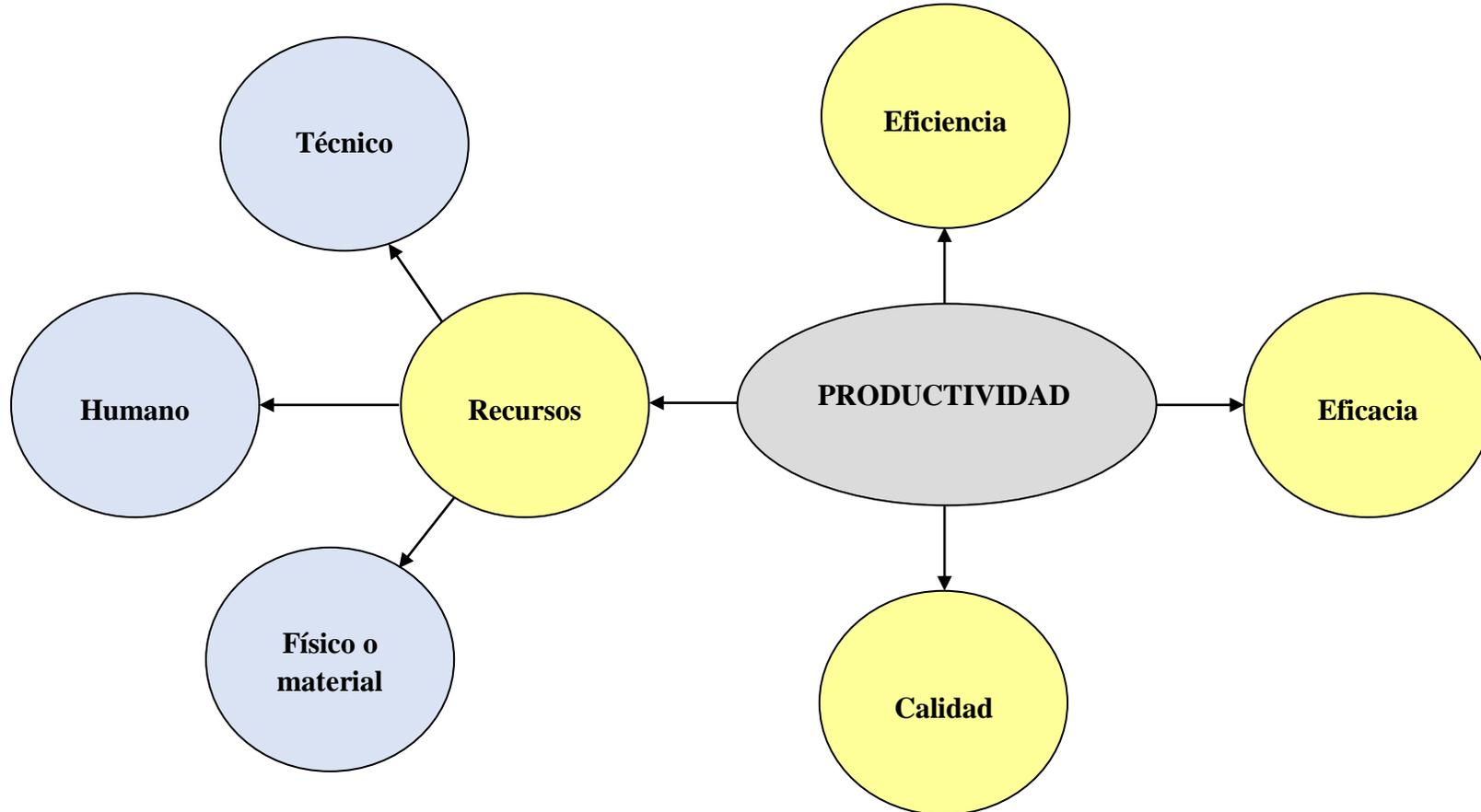


Figura N° 6: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Manufactura

(GROOVER, Mikell P., 1997): La Manufactura, es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados; la manufactura incluye también el ensamble de partes múltiples para fabricar productos terminados: Los procesos para realizar manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. (pág. 3)

La manufactura es sin duda alguna parte fundamental para el crecimiento económico de las grandes y pequeñas industrias, porque mediante esta las empresas pueden desarrollar sus productos y proporcionarlos a la sociedad y sus miembros para la vida diaria. La manufactura involucra en sus procesos una combinación de máquinas, herramientas, energía y mano de obra.

En la etapa del desarrollo del capitalismo la mayoría de las actividades de manufactura eran manuales y a diferencia de los talleres artesanales, estas tareas eran realizadas por grupos de personas que ayudaban en el incremento de la producción, con el desarrollo de la tecnología cada vez se ha ido cambiando las actividades a semiautomáticos, luego a automáticas, donde la mano del hombre ha ido disminuyendo paulatinamente. Con el incremento de la demanda de productos las industrias han tenido que reaccionar a este cambio, por lo que estas han ido automatizando sus procesos para poder cumplir con las cantidades solicitadas y así poder ser empresas competitivas ya que cada una espera satisfacer de mejor manera a sus consumidores finales.

Procesos

Toda industria está desarrollada para generar un producto o servicio, sea este tangible o intangible, este producto o servicio es el resultado de una suma de actividades o tareas consecutivas que se realiza dentro de la empresa ya sea con la modificación de materias primas en un producto o la prestación de un servicio, a todas estas actividades se la denomina proceso.

La producción que se obtiene del proceso es en si el corazón de una industria, ya que abarca la parte central de una compañía, por tal motivo existe áreas determinadas con este nombre y es el lugar en el que se transforman o crean los productos que van a ser entregados al cliente, este es el lugar en el cual se genera el valor agregado que se aporta al producto, por este motivo este refleja el ser de una empresa.

(NAVARRETE MARIÑO, Hernando, 2001): Procesos es la secuencia de acciones o conjunto de actividades encadenadas que transforman en productos o resultados con características definidas unos insumos o recursos variables, agregándoles valor con sentido específico para el cliente. (pág. 9)

Los procesos tienen un enfoque esquemático para analizar la relación con su entorno y determinar los elementos que intervienen en el sistema para de esta manera buscar las herramientas que son necesarias para su medición y control que determinará la evolución y desempeño tanto en lo interno de la corporación, como comparándolo a nivel de otras empresas de la misma rama.

Proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC

**Según la (Tecnología de los Plásticos). El termoformado es un proceso de gran rendimiento de transformación del plástico a partir de las láminas semielaboradas que son calentadas y que toman la forma de la matriz según el diseño sobre el que coloca. El moldeo en caliente comprende varios métodos, todos ellos basados en el calentamiento del material termoplástico y su moldeo posterior por vacío, soplado, o mecánico, ofreciendo diversas combinaciones entre los métodos indicados. Su gran aplicación se debe a que la maquinaria para el moldeo por vacío, soplado y mecánico es sencilla, compacta y económica. La fabricación de los moldes para el moldeo por vacío es sencilla y resulta barata, sobre todo en la fabricación de artículos grandes, de reducido espesor de pared y de configuración compleja.
(<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/termoformado.html>, s.f.)**



Figura N° 7: Recipientes termoformados en láminas de PVC

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/termoformado.html>

Tipos de termoformado

Por vacío

Según la página (Tipos de termoformado/eHow en Español). El termoformado al vacío implica la construcción de un molde con la forma deseada. El fabricante de termoformado coloca el molde en una estantería de una unidad de vacío por calor hermético con una lámina de plástico sujeta por encima del molde. Cuando el fabricante aplica calor a la unidad, el plástico se vuelve flexible. El estante que sostiene el molde se eleva hacia el plástico ablandado a medida que el aire es bombeado desde abajo. Esta eliminación de aire provoca una diferencia de presiones dentro de la unidad de termoformado creando un vacío. El vacío hace que el plástico se ablande para copiar la forma del molde. (http://www.ehowenespanol.com/tipos-termoformado-info_233606, s.f.)

Por Presión

Según la página (Tipos de termoformado/eHow en Español). El termoformado a presión incorpora el aire comprimido para forzar una hoja calentada y maleable de plástico alrededor o dentro de un molde. Esta presión de aire, que el fabricante de termoformado aplica desde la parte superior de la máquina, presiona la lámina de plástico hacia abajo en el molde. La presión creada en este procedimiento va desde el 15 libras por pulgada cuadrada hasta 300 libras por pulgada cuadrada (10546 a 210920 kg/m²), lo que hace que la presión derivada de este tipo de

termoformado sea aproximadamente tres veces mayor que la formación del vacío.
(http://www.ehowenespanol.com/tipos-termoformado-info_233606/), s.f.)

Tiempo Estándar

(STEPHENS, Fred E. y MATTHEW, P.): Un estándar de tiempo se define como el tiempo requerido para producir un artículo en una estación de manufactura con las tres condiciones siguientes:

- 1- Operador calificado bien capacitado**
- 2- Manufactura a ritmo normal**
- 3- Hacer una tarea específica**

Estas tres condiciones son esenciales para entender el estudio de tiempos y, por tanto, el análisis siguiente. El proceso por el que se establecen los estándares de tiempos es el estudio de tiempos.

Se requiere un trabajador calificado y bien capacitado. Generalmente es la experiencia ya que hace de un operador alguien calificado y bien capacitado; el tiempo necesario para alcanzar la calificación varía según el trabajo y la persona. Por ejemplo los operadores de máquinas de coser, soldadores, tapiceros, maquinistas y muchos otros trabajos de alta tecnología requieren largos periodos de aprendizaje (pág. 50)

El tiempo estándar en un proceso productivo es el tiempo que necesita un trabajador muy bien capacitado y calificado y que esté en condiciones normales para realizar una tarea o un ciclo, sin presentar síntomas de fatiga, y este patrón es la base principal para calcular la producción.

Los tiempos estándar sirven para llevar un control del personal, maquinaria y materiales para tener un patrón que mida la eficiencia productiva del proceso en cualquier corporación y con el poder determinar la producción normal en un día de trabajo.

Para las industrias es de vital importancia tener definido claramente el tiempo estándar de todos sus procesos y subprocesos, con la finalidad de proponer incentivos a sus obreros, cuando estos sobrepasen la producción diaria, ya que al producir mayor número de unidades en el mismo período de tiempo la empresa sale beneficiada económicamente.

Mejora continua

Es un proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser más competitivas a lo largo del tiempo.

Según la página Definición de mejora Continua- EOI. La mejora continua, si se quiere, es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es mayormente aplicada de forma directa en empresas de manufactura, debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción obteniendo la misma o mejor calidad del producto, porque como sabemos, los recursos económicos son limitados y en un mundo cada vez más competitivo a nivel de costos, es necesario para una empresa manufacturera tener algún sistema que le permita mejorar y optimizar continuamente.
((<http://www.eoi.es/blogs/mariavictoriaflores/definicion-de-mejora-continua/>, s.f.)

La mejora continua es un sistema que permite optimizar y mejorar la calidad de un producto, esto es muy aplicable en especial a las industrias manufactureras que cada vez necesitan ser más competitivas a nivel de costos y de calidad del producto final, es muy importante que la gerencia de la corporación esté convencida de implementar un proceso de mejora continua para poder lograr mejoras en la empresa. La mejora continua no solamente tiene sentido aplicarla en una empresa de producción masiva sino también es válida y ventajosa en empresas que prestan servicios.

Importancia de la mejora continua

La importancia de la mejora continua radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. Además es importante porque todas las personas involucradas en el proceso tienen la capacidad de opinar y proponer mejoras y esto genera que se identifiquen mucho más con su trabajo.

Página de mejoramiento continuo. A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado y hasta llegar a ser líderes. (<http://www.grandespymes.com.ar/2012/04/17/mejoramiento-continuo/>), s.f.)

La mejora continua en las empresas también es muy importante porque asegura la calidad del producto. Mediante la aplicación de un programa de mejora, las industrias actualmente pueden fabricar un producto que satisfaga las necesidades de los clientes.

Automatización

(SCHMID, Kalpakjian, 2002): Define la automatización, como el proceso de hacer que las máquinas sigan un orden pre-determinado de operaciones con poca o ninguna mano de obra, usando equipos y dispositivos especializados que ejecutan y controlan los procesos de manufactura. La automatización en todo su potencial, se logra usando diversos dispositivos, sensores, actuadores, técnicas y equipos capaces de observar y controlar todos los aspectos del proceso de manufactura. (pág. 1023)

La Automatización industrial es usar sistemas computarizados así como también electromecánicos para poder controlar las máquinas o los procesos industriales. La automatización tiene como ventaja el ahorro de tiempo además favorece la precisión en el desarrollo de tareas, le permite al hombre liberarse de los trabajos rutinarios y el operador solo se dedica al control o supervisión. Se debe tomar en cuenta que la automatización será viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían tener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

Ingeniería Industrial

(SCHMID, Kalpakjian): La ingeniería industrial en la actualidad se entiende como el conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las bases, recursos y objetos, materiales y los sistemas hechos por el hombre para proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos y ofrecer bienes, y servicios, con fines de dar respuesta a las necesidades que requiere la sociedad. Como consecuencia no puede estar aislada a los cambios en los procesos generados por la globalización e internacionalización, caracterizados por el cambio de los estándares que de alguna forma afectan las realidades del país y por ende las realidades locales. (pág. 95)

Uno de los principales objetivos de la ingeniería industrial es el mejoramiento continuo de los procesos productivos, porque esta engloba a todas las materias relacionadas con los procesos, con la automatización, con la medición de tiempos y movimientos, que son los campos que ayudan a las empresas a mejorar su eficiencia y por ende su productividad para de esta manera poder crecer y ser más competitivos en el mercado.

La ingeniería industrial está relacionada con los sistemas de automatización en los procesos de producción, esto es controlar las maquinarias y los procesos industriales mediante el diseño y aplicación de elementos computarizados y electromecánicos, generando así una mayor rentabilidad a las empresas porque aumentan su productividad, de igual manera ayuda a los operadores a reducir su esfuerzo de movimientos evitándole la fátiga y permitiéndoles ser más eficientes en sus labores diarias.

Producción

(BONTA, 1994): El producto es un conjunto de atributos que el consumidor considera que tiene un determinado bien para satisfacer sus necesidades o deseos. Según un fabricante, el producto es un conjunto de elementos físicos y químicos engranados de tal manera que le ofrece al usuario posibilidades de utilización. (pág. 99)

En el mundo todas las empresas o corporaciones tienen como objetivo principal proveer a los clientes de un producto, y por ende las industrias están constituidas por procesos, cuya definición es la transformación de una serie de insumos en un producto terminado, mediante la combinación de la mano de obra, maquinarias y procedimientos, para de esta manera obtener un producto o servicio con las especificaciones requeridas por el cliente y con un valor agregado.

Los procesos son la sucesión de subprocessos o actividades que se realizan de una manera ordenada, para obtener un resultado (producto) a partir de insumos o materiales, estos procesos se los realiza por medio de un método y control, y están inmiscuidos los recursos: humano, técnico tecnológico, financiero administrativo y recurso físico o materiales.

Productividad

(TEJERO ANAYA, Julio Juan, 2007): La Productividad se podría definir como la relación entre el output de productos o servicios obtenidos con relación a los recursos empleados para la consecución de los mismos; pudiéndose, por lo tanto, hablar de la productividad de instalaciones, máquinas, equipos, así como la relativa al factor humano, mano de obra directa. (pág. 87)

Se entiende por productividad al vínculo que existe entre el producto terminado y los medios que se ha empleado para conseguirlos como mano de obra, materiales, energía, etc. La productividad está asociada con la eficiencia y el tiempo, es decir cuando menor sea el tiempo invertido en lograr el resultado final, mayor será el índice productivo del sistema.

Es importante definir la tendencia de la empresa en lo que se refiere a la producción, realizando comparaciones de los resultados del análisis de la productividad en los diferentes períodos de tiempo. De esta manera se podrá realizar cambios que sean necesarios con el fin de mejorar el trabajo, incrementando la eficiencia y mejorando su rentabilidad.

El aumento de la productividad conlleva a la empresa a tener beneficios como por ejemplo conseguir objetivos empresariales, ahorrar en sus costes, ahorro de tiempo y permite una mayor agilidad del negocio.

Es importante para la productividad de una empresa contar con personal productivo, es decir poner especial atención en la calidad de vida del personal como también en el ambiente laboral en el cual se desarrollan, porque una persona es mucho más productiva si se desempeña en condiciones óptimas y su vida fuera del ámbito laboral es estable.

Eficiencia

(ROMÁN, Arquímedes, 2002): La eficiencia se refiere a la relación producto/insumo; a la cantidad de cosas obtenidas, logradas o producidas con el uso de una determinada cantidad de un recurso. Cuando el recurso es el tiempo, la eficiencia de una máquina se expresa en piezas/minuto, toneladas/hora y así sucesivamente. (pág. 15)

Se puede determinar mediante este concepto que la eficiencia es un indicador que determina la relación del producto terminado con los recursos utilizados, la mano de obra y la calidad con la que se la realiza, por lo cual este indicador se lo puede aplicar en casi todos los procesos productivo e incluso en procesos en los que no sea un producto tangible el que se realiza sino un servicio.

Un proceso productivo puede ser monitoreado y existe varias formas para poder realizarlo, la eficiencia es uno de los más fáciles de llevar y uno de los más efectivos., debido a que su cálculo es sencillo y permite de manera significativa el control, tanto de consumo de materiales como en el porcentaje de cumplimiento en las metas propuestas.

Eficacia

(ROMÁN, Arquímedes, 2002) La eficacia radica en relacionar el esfuerzo con el logro de los objetivos. Se es más eficaz cuando se obtienen más o mejores objetivos, o cuando se avanza considerablemente en procura de un objetivo mayor. La búsqueda de la eficacia personal siempre ha estado justificada por los grandes beneficios que aporta. (pág. 15)

Se deduce de esta definición que la eficacia se trata de que algo será eficaz si cumple con la tarea encomendada, y será ineficaz sino cumple con ella. También se dice que la eficacia es realizar de las cosas correctamente con el objetivo de alcanzar las metas previstas.

La eficacia es otro tipo de indicador que también se aplica en la industria y que se le da algunas definiciones y dependiendo de ello se la aplica, una de las definiciones que se le da es como el porcentaje de cumplimiento de una meta propuesta, el problema de la aplicación de este indicador es que no se involucra a la cantidad de los recursos utilizados para obtener el producto o lograr la meta.

Calidad

(ÁLVAREZ IBARROLA, José María; ÁLVAREZ GALLEGO, Ignacio y BULLÓN CARO, Javier, 2006): La calidad es una característica intrínseca que acompaña al modo de gestionar la elaboración de un producto o la prestación de un servicio por parte de una organización. Esta característica es fundamental en una cultura basada en sistemas de gestión que permite la optimización de cualquier tarea a través de controles objetivos de su desarrollo y resultado. (pág. 1)

Se entiende por calidad al resultado de un esfuerzo arduo, que tiene como finalidad obtener un producto que cumpla con todas las expectativas del cliente, dependiendo de la forma en que un producto o servicio sea aceptado o rechazado por los clientes se puede concluir si este fue de buena o mala calidad.

La calidad se refiere al conjunto de propiedades inherentes a un producto que le proporciona capacidad de satisfacer las necesidades implícitas o explícitas, la calidad se relaciona con las percepciones de cada persona para comparar una cosa con cualquier otra de su misma especie.

Recursos

Página (Definición de recursos). Se denomina recursos a todos aquellos elementos que pueden utilizarse como medios a efectos de alcanzar un fin determinado. Así, por ejemplo, es posible hablar de recursos económicos, recursos humanos, recursos, humanos recursos técnicos, etc. Desde esta perspectiva, todo recurso es un elemento o conjunto de elementos cuya utilidad se fundamente en servir de mediación con un objetivo superior. Dada lo amplio de la definición, es obvio que el término se emplea en una gran variedad de ámbitos y circunstancias. (<http://definicion.mx/recursos>, s.f.)

Los recursos son fuente o suministro de elementos, los cuales en combinación se los utiliza para obtener un beneficio y estos son capaces de dar un valor agregado a un producto o un bien, los recursos están divididos en tres grupos que son: recursos tangibles, intangibles y humanos.

Los recursos tangibles son aquellos que se presentan de manera física como por ejemplo el dinero, los materiales, etc. Los recursos intangibles son los que no se presentan de manera física como la tecnología, la administración. Y los recursos humanos están formados por las personas que constituyen la mano de obra.

Los recursos están plenamente ligados de una manera muy estrecha con los procesos productivos, porque estos son los elementos principales que se necesita para lograr cumplir con el propósito de la producción, en todos los procesos productivos los elementos deben ser monitoreados de una forma muy específica ya que son elementos que influyen de gran manera en los costos y desempeño del proceso.

Recurso Técnico

Según (empresa, s.f.) Recursos técnicos son aquellos que sirven como herramientas e instrumentos auxiliares en la coordinación de los otros recursos, pueden ser:

- a.- Sistemas de producción, de ventas, de finanzas, administrativos, etc.
- b.- Fórmulas, patentes, marcas, etc.

El recurso técnico hace referencia a la tecnología que se aplica en cada industria y puede ser la maquinaria que se utiliza para realizar el producto como tal, las computadoras que se usan para obtener, almacenar o tabular la información e incluso los programas que se utilizan y por ultimo puede representar las técnicas con la que desempeña el trabajo y las tareas para obtener el producto o servicio que se ofrece.

Recurso Humano

Página Mapa Mental RRHH by on Prezy. Los recursos humanos de una empresa son todas aquellas personas con las que cuenta una organización. Puede ser personal de la empresa o colaboradores externos. Los recursos humanos en una empresa están compuestos por las capacidades, conocimientos y destrezas que puede aportar cada trabajador y que pueden desarrollarse de modo individual o como parte de un equipo de trabajo. Este tipo de recursos son los que dan una identidad a la organización, ya que son los que forman la cultura de la empresa a través de factores como el tipo de comunicación y la motivación existentes. (https://prezi.com/u55eylybw_0v/mapa-mental-rrhh/), s.f.)

Uno de los recursos más significativo dentro de una empresa es el recurso humano, debido a que existe una gran variedad de pensamiento y actitudes y por ende es complicada su administración, también es una de las más costosas dentro de la empresa ya que mientras más conocimientos que estas posean o en mayor cantidad estén mayor es el costo.

Recurso Físico o Material

Página de definiciones ABC. Se conoce como recursos materiales de una empresa a aquellos bienes tangibles con los que contará la compañía en cuestión para poder ofrecer sus servicios tales como: instalaciones (edificios, maquinaria, equipos, oficinas, terrenos, instrumentos, herramientas, entre otros) y la materia prima (aquellos materiales auxiliares que forman parte del producto, los productos en proceso y los productos terminados, entre otros). (<http://www.definicionabc.com>, s.f.)

Con esta definición se puede determinar que el recurso físico es todo lo que está constituido por algo material o tangible, es decir las máquinas, herramientas, la edificación como tal, y también está lo que se utiliza para realizar los productos es decir los insumos, materia prima o materiales que componen un producto o las computadoras, escritorios o papelería que sirve para prestar un servicio.

Hipótesis

¿La producción manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC incide negativamente en la productividad de la empresa PROSERGRAF?

Señalamiento de las Variables

Variable Independiente

Proceso manual de termoformado de recipientes

Variable Dependiente

Productividad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque de la Modalidad

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se lo realizará teniendo como referencia el estudio de tiempos, en este caso se medirá el tiempo que se demoran en realizar la producción en el proceso de termoformado de recipientes de láminas de PVC, es decir el número de unidades procesadas en una unidad de tiempo, los cuales servirán para realizar el cálculo de la productividad que es el factor importante en este estudio.

Modalidad y Tipos de Investigación

El desarrollo del presente trabajo tendrá dos modalidades de investigación.

- Investigación de campo
- Investigación bibliográfica documental

Investigación de Campo

Este trabajo se lo realizará en el campo industrial, es decir en el ambiente real donde interactúan las personas y los procesos (área de termoformado de recipientes de la empresa Prosergraf), en el cual se procederá a la recopilación de la información necesaria, como los tiempos de producción de recipientes termoformado en láminas de pvc, el número de unidades procesadas, también se podrá evidenciar los problemas que se desarrollan al realizar los procesos de forma manual.

Investigación Bibliográfica Documental

A lo largo del presente trabajo se encontrarán varias citas con su bibliografía, es decir con su respectivo tema y autor, además de ello se obtendrá información documental que se utilizará como el sustento base para el desarrollo de esta investigación, con este análisis se determina que esta investigación es de carácter bibliográfico documental.

Niveles o Tipos de Investigación

Los tipos de investigación que se realizarán en el presente trabajo son:

- Exploratorio
- Descriptivo

Exploratorio

En esta investigación se irán desarrollando algunos estudios preliminares los cuales permitirán determinar los problemas que existen en el proceso de termoformado de recipientes, los efectos que esto acarrea así como algunas de las posibles soluciones, es decir se irán explorando un sinnúmero de situaciones y así llegar a un consenso para llegar a una determinada las acciones que se tomaran para la mejora de este proceso.

Descriptivo

Durante este ensayo se realizará la determinación de un problema en el proceso de producción de recipientes en láminas de PVC, y de igual manera se va a de escribir que causas produce tanto al desempeño del trabajador como la incidencia en el proceso productivo, y esta relación está determinada por la productividad.

Población y Muestra

La población objeto de estudio está constituida por el conjunto de los procesos de producción donde se transforman las láminas de PVC en recipientes termoformados en el periodo de 4 semanas en la empresa Prosergraf; este proceso está caracterizado por varias variables, una de las cuales es el tiempo del proceso de producción de una unidad.

La estimación del tiempo del proceso se la realizará con una confiabilidad del 95 % y un error máximo $e = 0,05$ minutos; para la estimación de los tiempos se comienza con una muestra piloto de 192 observaciones.

La muestra se selecciona mediante un muestreo aleatorio estratificado según las variables de las sesiones de trabajo (mañana y tarde) y días de la semana (lunes, miércoles y viernes), por ser estas variables las que pudieran influir en los tiempos por efecto de la fatiga u otras necesidades que el operador tiene y que son propias del ser humano y que pueden incidir negativamente en el proceso actual.

Una vez realizadas estas observaciones se verifico si satisface el requisito de la exactitud prefijada para la presente investigación. Para verificar este requerimiento se calcula el error máximo de estimación.

$$d = \frac{s \cdot t_{\alpha}^{(n-1)}}{\frac{\bar{z}}{n}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Según (WALPOLE, 2012, pág. 274) Si el error máximo de la estimación satisface que $d \leq e$, la muestra piloto es suficiente para garantizar la calidad de la estimación, y si $d > e$, entonces se debe aumentar el tamaño de la muestra con el empleo de la fórmula:

$$n = \frac{z_{\alpha} \sigma}{e}^2 \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza 95% = 1.96

e = Error máximo de estimación

σ = varianza

Verificación de los requisitos de la muestra:

El cálculo del error máximo de estimación del tiempo del proceso para producir una unidad, es decir una lámina termoformada en base a la muestra piloto de tamaño 192 resulta.

Se aplica la fórmula de cálculo según la ecuación 1:

$$d = \frac{S \cdot t_{\frac{\alpha}{2}}^{n-1}}{n} = \frac{0,102 \cdot 1,96}{192} = \frac{0,200}{13,85} = 0,01$$

El resultado es 0,01 y se realiza la comparación con el valor de error máximo que es 0,05.

$$0,01 < 0,05$$

El resultado 0,02 es menor que el error máximo 0,05 y por eso se determina que el tamaño de muestra (192 muestras) garantizan la exactitud de las estimaciones planteada en el diseño muestral.

Operacionalización de Variables

Tabla N° 2: Operacionalización de la variable independiente (proceso manual de termoformado)

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Proceso de termoformado de pvc: Es un proceso en el cual se forma recipientes en láminas de pvc y que sirven para empacar diferentes tipos de productos. Esto se lo realiza en un determinado tiempo.</p>	<p>Tiempo, calidad, fatiga</p>	<p>Promedio de tiempo, calidad del producto, fatiga del operador</p>	<p>¿Cuál es el tiempo empleado en cada fase del proceso?</p>	<p>Observación</p> <p>Cronómetro</p> <p>Ficha de observación</p>

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 3: Operacionalización de la variable dependiente (productividad)

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Productividad del proceso: Es la que relaciona la cantidad de producción obtenida con la cantidad de producción esperada</p>	<p>Producción, producto terminado, tiempo del proceso</p>	<p>Índice de productividad, cantidad de productos terminados, tiempo de cada fase del proceso</p>	<p>¿Cuál es la productividad en función del tiempo y condiciones de trabajo del operador?</p>	<p>Observación Ficha de observación Producto terminado</p>

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Plan de Recolección de la Información

Para la recolección de información de este trabajo de investigación se ha tomado en consideración la importancia de los distintos métodos para tales fines, que conducen al acercamiento de los procesos y procedimientos con el investigador, para su observación y evaluación. Estos métodos permiten la caracterización de los procesos industriales que forman parte esencial de este proyecto de investigación y que son necesarios para su comprensión y estudio.

Para esta investigación se aplicó un estudio de tiempos de producción en el cuál se utilizó como instrumento de medición un cronómetro de resolución 2, con especificaciones de 1% de inexactitud, específicamente se midió la cantidad de láminas termoformadas procesadas en 30 minutos, y en este caso se realizaron 192 mediciones, con el fin de medir la productividad en el tiempo de estudio y poder determinar si realmente la productividad se ve afectada negativamente en el transcurso de un día de trabajo.

Las mediciones fueron realizadas los días Lunes, Miércoles y Viernes durante cuatro semanas, se efectuó 16 mediciones cada día en lapsos de 30 minutos cada una de ellas, estas se las hizo en ambas jornadas de trabajo; es decir 8 fueron hechas 8 en la mañana y 8 en la tarde, con el objetivo de evaluar la producción según el día y el horario de trabajo.

Durante el proceso de medición se observó la imprecisión del operador a medida que avanzan las horas de trabajo. Dicha imprecisión estuvo sujeta al esfuerzo físico del operador en los procesos propios del termoformado, como son aseguramiento de la lámina en la máquina, el calentado de la lámina, el modelaje de la lámina, el enfriamiento y la extracción de la pieza formada. Dichas fases del proceso son realizadas por el mismo operador durante toda la jornada

Tabla N° 4: Plan de Recolección de la Información

SEMANA 1	MUESTRAS	LAPSO DE TIEMPO
LUNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
MIÉRCOLES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
VIERNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
SEMANA 2		
LUNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
MIÉRCOLES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
VIERNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
SEMANA 3		
LUNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
MIÉRCOLES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
VIERNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
SEMANA 4		
LUNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
MIÉRCOLES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos
VIERNES	16 (8 en la mañana y 8 en la tarde)	30 minutos

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizará e interpretará los resultados de los datos obtenidos del proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC, según el plan de recolección de datos presentado en el Capítulo III. Estos resultados muestran la necesidad de mejora del proceso de termoformado para garantizar una mayor producción y una mejor productividad.

1) Determinar la productividad en función al tiempo de trabajo

Para este análisis se ha considerado la cantidad de envases producidos por cada media hora de trabajo. Este análisis se hizo tomando en cuenta un cronómetro de resolución 2, con una inexactitud de 1%. Se tomaron un conjunto de datos relacionados únicamente con la producción de láminas en un tiempo específico, donde se pudo observar que la producción varía considerablemente en el turno de la mañana con relación al turno de la tarde, provocando una desmejora en la productividad, observándose en la tabla N°5 hasta la N°16 la degradación de la producción en el transcurso del día.

Puede observarse que los días evaluados presentan una similitud en la productividad, siendo más productivos las mañanas que las tardes, con un porcentaje de error aproximado considerable, lo cual resulta relevante para el proceso de termoformado.

Se realizó además una observación a las necesidades humanas del operario, quien en oportunas ocasiones debía detener el trabajo para necesidades básicas humanas como tomar agua, ir al baño, descansos para cambios de postura. Estas

necesidades elementales ocasionan una pérdida de tiempo de 4min aproximadamente. Lo cual ocasiona a su vez una disminución en la producción.

Tabla N° 5: Datos medidos en la primera semana (día lunes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	30	Productividad de la mañana 90.32 %
	2	30	30	
	3	30	31	
	4	30	25	
	5	30	27	
	6	30	29	
	7	30	28	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 81.05 %
	10	30	27	
	11	30	27	
	12	30	22	
	13	30	26	
	14	30	25	
	15	30	24	
	16	30	24	
	Σ	480	425	Productividad total
	\bar{Y}	30	26,56	diaria 85.69 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de observación

En la Tabla 5 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 90.32% y en la tarde un 81.05%, la productividad total diaria es de 85,69%. Presentando un error relativo de 16.69% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo:

$$E_{r1} = \frac{100-85,69}{85,69} \times 100\% = 16.69\% \quad (\text{Ec. 3})$$

Para el cálculo de la productividad de la Tabla 5 hasta la Tabla 16 se ha considerado la ecuación 4, y se utilizó el método que relaciona la cantidad de producción obtenida con la cantidad de producción esperada, y este resultado se lo multiplicó por 100 para obtener el resultado en porcentaje. En este caso la producción esperada tanto en la mañana como en la tarde es 248 unidades, que resulta de multiplicar las 8 mediciones hechas en cada jornada por 31 que es el número máximo de producción que se puede alcanzar en cada medición de 30 minutos cada una.

Con el objetivo de poder comparar la productividad entre jornadas de trabajo, esta se la midió en la jornada laboral de la mañana y en la jornada de la tarde. También se realizó el cálculo de la productividad total diaria.

Cálculo de la productividad.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{producción esperada}} \times 100\% \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{Productividad mañana} = \frac{224}{248} \times 100\% = 90.32\%$$

$$\text{Productividad tarde} = \frac{201}{248} \times 100\% = 81.05\%$$

$$\text{Productividad diaria} = \frac{496}{425} \times 100\% = 85.69\%$$

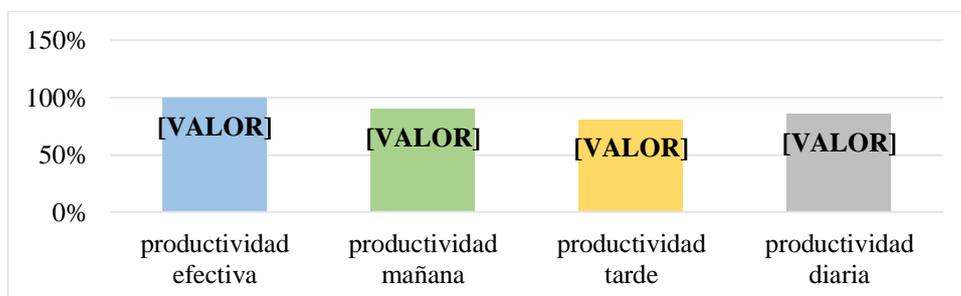


Figura N° 8: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 5

Con estos resultados se aprecia que la productividad del proceso es mayor en la mañana que en la tarde, siendo la causa la fatiga que sufre el operador a medida que avanza su jornada laboral.

Tabla N° 6: Datos medidos en la primera semana (día miércoles)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	29	Productividad de la mañana 87.51 %
	2	30	30	
	3	30	25	
	4	30	26	
	5	30	28	
	6	30	28	
	7	30	24	
	8	30	27	
Jornada de la tarde	9	30	27	Productividad de la tarde 80.65 %
	10	30	26	
	11	30	22	
	12	30	26	
	13	30	25	
	14	30	27	
	15	30	23	
	16	30	24	
	Σ	480	417	Productividad total
	\bar{Y}	30	26,07	diaria 84.07 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 6 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 87.51% y en la tarde un 80.65%, la productividad total

diaria es de 84.07%. Presentando un error relativo de 18.94% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-84.07}{84.07} \times 100\% = 18.94\%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 6 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 87.51\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 80.65\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 84.07\%$$

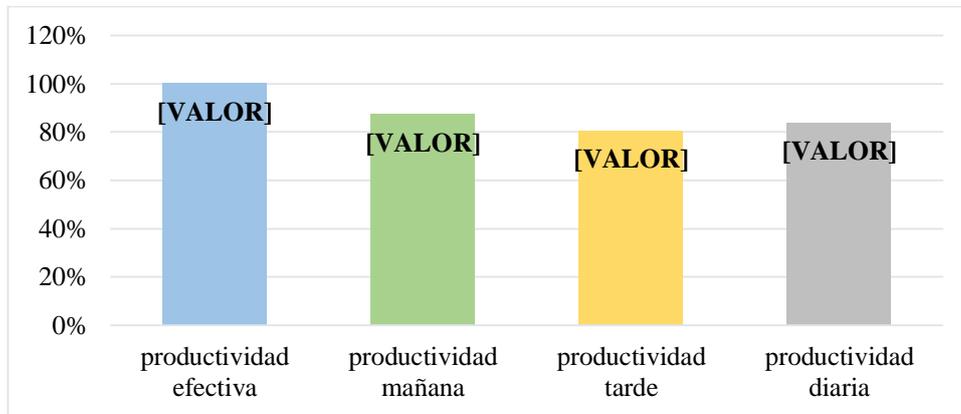


Figura N° 9: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 6

Igualmente se aprecia una disminución de la productividad entre la mañana y la tarde, así como también se observa que el ritmo de producción es variable en ambas jornadas de trabajo.

Tabla N° 7: Datos medidos en la primera semana (día viernes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	28	Productividad de la mañana 90.72 %
	2	30	31	
	3	30	30	
	4	30	25	
	5	30	28	
	6	30	29	
	7	30	29	
	8	30	25	
Jornada de la tarde	9	30	28	Productividad de la tarde 83.47 %
	10	30	27	
	11	30	27	
	12	30	23	
	13	30	26	
	14	30	27	
	15	30	27	
	16	30	22	
	Σ	480	432	Productividad total
	\bar{Y}	30	27	diaria 87.09 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 7 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 90.72 % y en la tarde un 83.47%, la productividad total diaria es de 87.09%. Presentando un error relativo de 14.83% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-87.09}{87.09} \times 100\% = 14.83 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 7 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 90.72\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 83.47\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 87.09\%$$

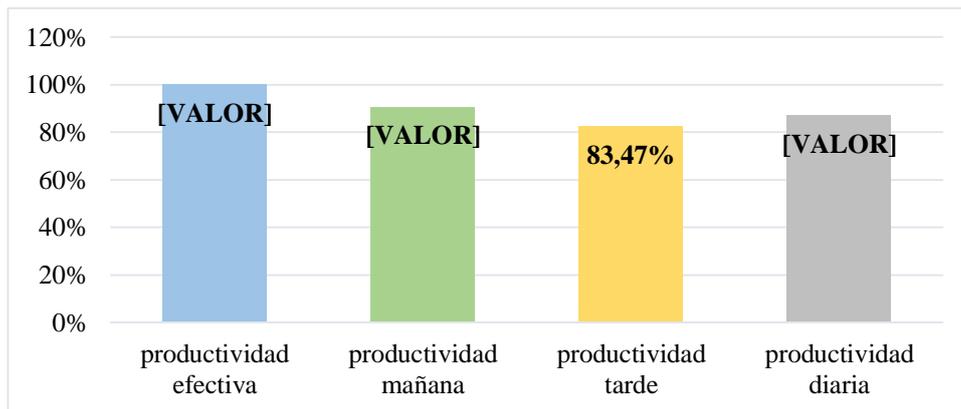


Figura N° 10: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 7

Se observa que el comportamiento de productividad es baja en la tarde con relación a la productividad en la mañana, y esto se debe a la fatiga del trabajador producto de los movimientos que realiza en la máquina, se aprecia también la variación en la producción en ambas jornadas de trabajo y esto se produce por necesidades de alimentación del operador, para tomar agua se toma unos segundos de tiempo y la máquina queda parada.

Tabla N° 8: Datos medidos en la segunda semana (día lunes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	27	Productividad de la mañana 89.52 %
	2	30	29	
	3	30	30	
	4	30	30	
	5	30	25	
	6	30	28	
	7	30	26	
	8	30	27	
Jornada de la tarde	9	30	22	Productividad de la tarde 81.05 %
	10	30	26	
	11	30	28	
	12	30	27	
	13	30	25	
	14	30	26	
	15	30	24	
	16	30	23	
	Σ	480	423	Productividad total
	\bar{Y}	30	26,44	diaria 85.28 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 8 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 89.52 % y en la tarde un 81.05 %, la productividad total diaria es de 85.28%. Presentando un error relativo de 17.26% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-85.28}{85.28} \times 100\% = 17.26 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 8 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 89.52\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 81.05\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 85.28\%$$

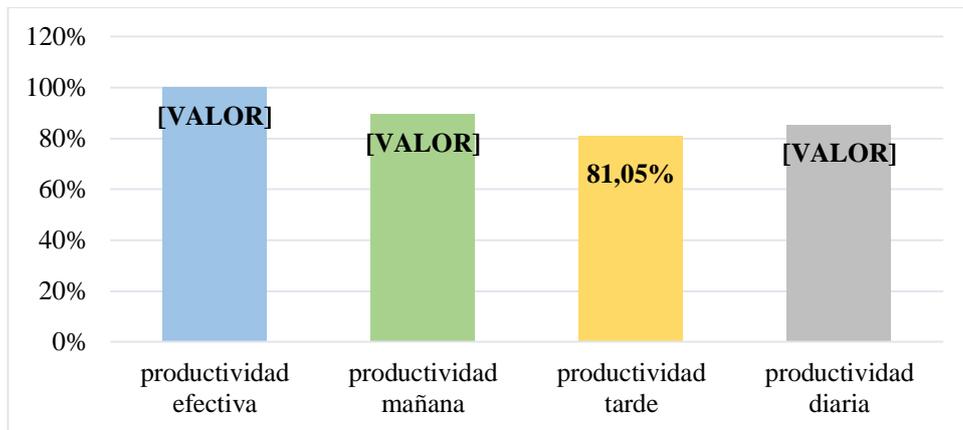


Figura N° 11: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 8

En la mañana es mayor la productividad y esto se debe a que a inicios de jornada laboral el trabajador tiene mayor energía para trabajar puesto que normalmente recién entra alimentándose y esto lo ayuda para tener un mejor desempeño al operar la maquinaria.

Tabla N° 9: Datos medidos en la segunda semana (día miércoles)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	30	Productividad de la mañana 89.92 %
	2	30	31	
	3	30	29	
	4	30	25	
	5	30	28	
	6	30	29	
	7	30	27	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 81.85 %
	10	30	25	
	11	30	27	
	12	30	23	
	13	30	26	
	14	30	27	
	15	30	25	
	16	30	24	
	Σ	480	426	Productividad total diaria 85.88 %
	\bar{Y}	30	26,625	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 9 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 89.92 % y en la tarde un 81.85 %, la productividad total diaria es de 85.88%. Presentando un error relativo de 16.44% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-85.88}{85.88} \times 100\% = 16.44 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 9 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 89.92\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 81.85\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 85.88\%$$

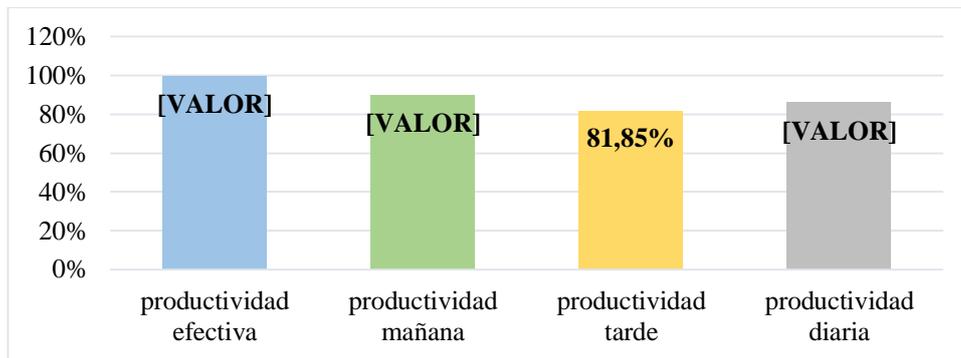


Figura N° 12: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 9

Se sigue con la tendencia de la disminución de la productividad en la jornada laboral de la tarde en comparación con la jornada de la mañana, también se observa variaciones en la producción en ambas jornadas de trabajo y esto es por el tiempo de para de la máquina que realiza el operador para ejecutar algún ajuste o mantenimiento en la maquinaria.

Tabla N° 10: Datos medidos en la segunda semana (día viernes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	29	Productividad de la mañana 86.69 %
	2	30	30	
	3	30	30	
	4	30	22	
	5	30	25	
	6	30	28	
	7	30	27	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	28	Productividad de la tarde 82.26 %
	10	30	26	
	11	30	26	
	12	30	23	
	13	30	25	
	14	30	27	
	15	30	25	
	16	30	24	
	Σ	480	419	Productividad total diaria 84.48 %
	\bar{Y}	30	26,19	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 10 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 86.69% y en la tarde un 82.26%, la productividad total diaria es de 84.48%. Presentando un error relativo de 18.37% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-84.48}{84.48} \times 100\% = 18.37 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 10 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 86.69\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 82.26\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 84.48\%$$

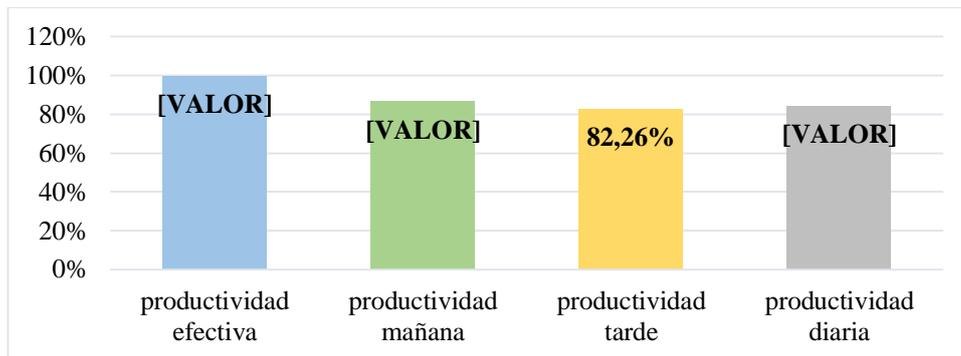


Figura N° 13: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 10

La disminución de la productividad en la jornada laboral de la tarde comparada con la de la mañana es notoria, de igual manera se observa la variabilidad de la producción por períodos de tiempo en ambas jornadas y esto se debe a las distintas necesidades que tiene el operador.

Tabla N° 11: Datos medidos en la tercera semana (día lunes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	30	Productividad de la mañana 88,71 %
	2	30	31	
	3	30	30	
	4	30	25	
	5	30	26	
	6	30	29	
	7	30	25	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	23	Productividad de la tarde 79.03 %
	10	30	27	
	11	30	26	
	12	30	22	
	13	30	26	
	14	30	25	
	15	30	23	
	16	30	24	
	Σ	480	416	Productividad total diaria 83.86 %
	\hat{Y}	30	26	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 11 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 88.71% y en la tarde un 79.03%, la productividad total diaria es de 83.86%. Presentando un error relativo de 19.24% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-83.86}{83.86} \times 100\% = 19.24 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 11 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 88.71\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 79.03\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 83.86\%$$

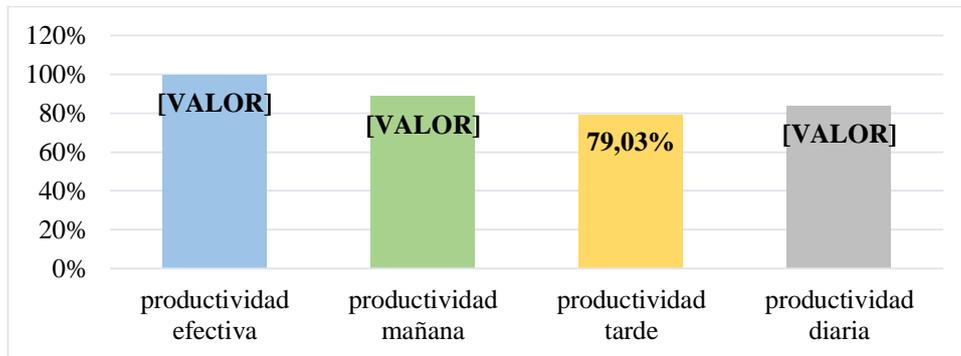


Figura N° 14: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 11

Se puede observar que la productividad es mayor en la mañana que en la tarde y esto se debe a que a tempranas horas el obrero tiene mayor energía para trabajar y es más eficiente en su trabajo, de igual manera se puede ver que existe una variación de la producción entre diferentes horas de trabajo.

Tabla N° 12: Datos medidos en la tercera semana (día miércoles)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	28	Productividad de la mañana 89.11 %
	2	30	30	
	3	30	29	
	4	30	25	
	5	30	26	
	6	30	29	
	7	30	28	
	8	30	26	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 81.04 %
	10	30	25	
	11	30	27	
	12	30	25	
	13	30	26	
	14	30	25	
	15	30	23	
	16	30	24	
	Σ	480	422	Productividad total
	\hat{Y}	30	26.38	diaria 85.07 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 12 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 89.11% y en la tarde un 81.04%, la productividad total diaria es de 85.07%. Presentando un error relativo de 17.55% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-85.07}{85.07} \times 100\% = 17.55 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 12 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 89.11\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 81.04\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 85.07\%$$

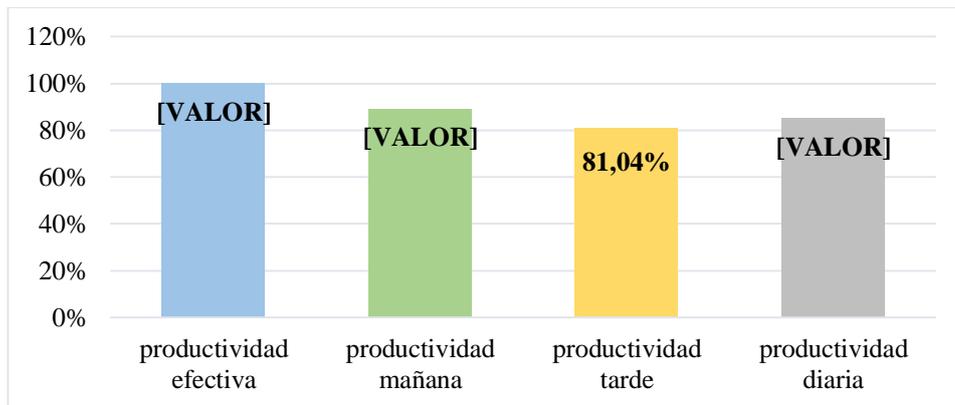


Figura N° 15: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 12

Debido a los movimientos propios del proceso de termoformado de recipientes el operador a medida que avanza el tiempo tiende a sufrir cansancio, por lo cual la producción se ve afectada teniendo como resultado que la productividad de la mañana sea mayor en comparación con la jornada de la tarde.

Tabla N° 13: Datos medidos en la tercera semana (día viernes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	30	Productividad de la mañana 88.30 %
	2	30	30	
	3	30	31	
	4	30	25	
	5	30	27	
	6	30	24	
	7	30	28	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 80.24 %
	10	30	27	
	11	30	27	
	12	30	22	
	13	30	26	
	14	30	25	
	15	30	24	
	16	30	22	
	Σ	480	418	Productividad total
	\hat{Y}	30	26.13	diaria 84.27 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 13 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 88.30% y en la tarde un 80.24%, la productividad total diaria es de 84.27%. Presentando un error relativo de 18.66% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-84.27}{84.27} \times 100\% = 18.66 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 13 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 88.30\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 80.24\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 84.27\%$$

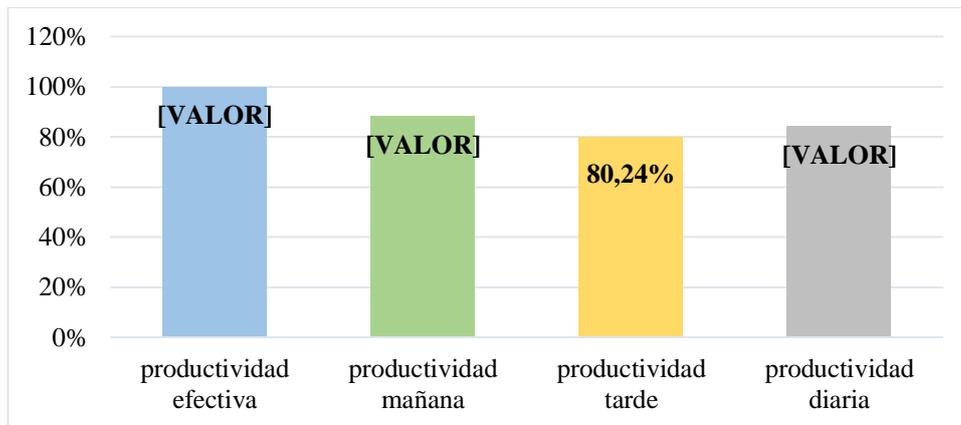


Figura N° 16: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 13

Se aprecia una disminución de la productividad a medida que avanza la jornada laboral, además se observa una producción variable en los diferentes lapsos de tiempo medidos, esto se debe a que el operador debe satisfacer las diferentes necesidades que tiene en el día y que son propias del ser humano.

Tabla N° 14: Datos medidos en la cuarta semana (día lunes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	31	Productividad de la mañana 90.72 %
	2	30	30	
	3	30	31	
	4	30	25	
	5	30	27	
	6	30	29	
	7	30	28	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 80.34 %
	10	30	27	
	11	30	27	
	12	30	22	
	13	30	26	
	14	30	23	
	15	30	24	
	16	30	24	
	Σ	480	424	Productividad total diaria 85,53 %
	\hat{Y}	30	26.5	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 14 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 90.72% y en la tarde un 80.34%, la productividad total diaria es de 85.53%. Presentando un error relativo de 16.91% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-85.53}{85.53} \times 100\% = 16.91\%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 14 de según la ecuación 4:

$$\text{Productividad mañana} = \frac{224}{248} \times 100\% = 90.72\%$$

$$\text{Productividad tarde} = \frac{201}{248} \times 100\% = 80.34\%$$

$$\text{Productividad diaria} = \frac{496}{425} \times 100\% = 85.53\%$$

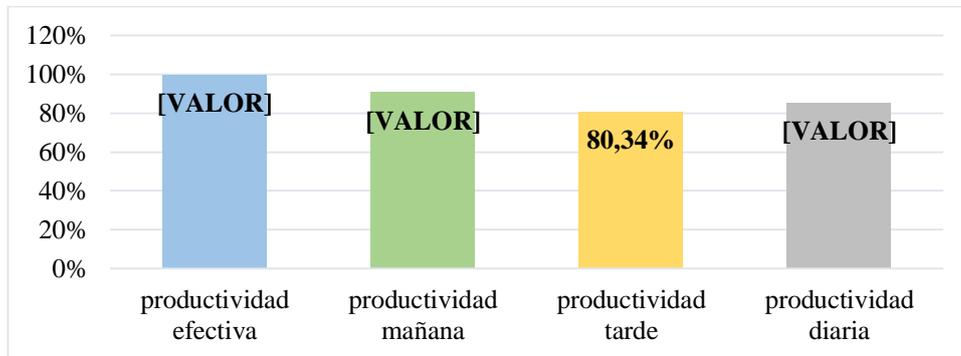


Figura N° 17: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 14

Se puede observar que la producción varía considerablemente en el turno de la mañana con relación al turno de la tarde, provocando una desmejora en la productividad de la empresa.

Tabla N° 15: Datos medidos en la cuarta semana (día miércoles)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	28	Productividad de la mañana 87.90 %
	2	30	28	
	3	30	31	
	4	30	26	
	5	30	27	
	6	30	26	
	7	30	28	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	26	Productividad de la tarde 78.62%
	10	30	25	
	11	30	27	
	12	30	22	
	13	30	24	
	14	30	25	
	15	30	24	
	16	30	22	
	Σ	480	413	Productividad total
	\hat{Y}	30	25.81	diaria 83.26 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 15 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 87.90% y en la tarde un 78.62%, la productividad total diaria es de 83.26%. Presentando un error relativo de 20.10% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-83.26}{83.26} \times 100\% = 20.10 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 15 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 87.90\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 78.62\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 83.26\%$$

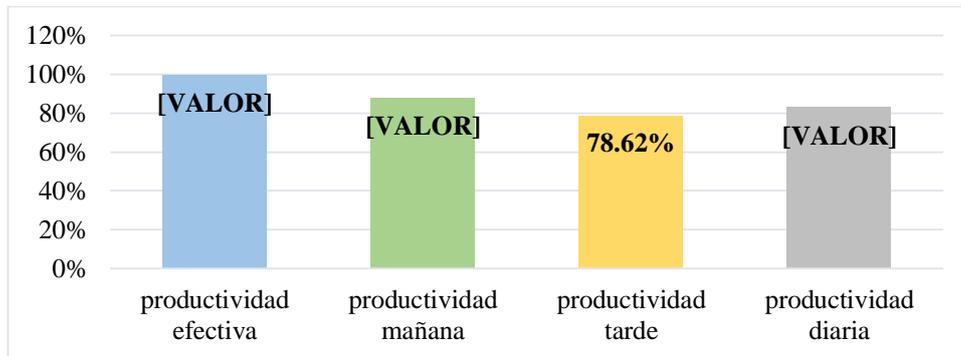


Figura N° 18: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 15

Se observa que el ritmo de producción es variable en ambas jornadas de trabajo, siendo causa de esto los diferentes ajustes que el operador le realiza a la máquina para que esta tenga un mejor funcionamiento.

Tabla N° 16: Datos medidos en la cuarta semana (día viernes)

	Número de mediciones	Tiempo en minutos	Producción en unidades	
Jornada de la mañana	1	30	30	Productividad de la mañana 89.11 %
	2	30	27	
	3	30	31	
	4	30	25	
	5	30	27	
	6	30	29	
	7	30	28	
	8	30	24	
Jornada de la tarde	9	30	28	Productividad de la tarde 80.24 %
	10	30	27	
	11	30	25	
	12	30	22	
	13	30	26	
	14	30	25	
	15	30	22	
	16	30	24	
	Σ	480	420	Productividad total
	\hat{Y}	30	26.25	diaria 84.67 %

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Ficha de Observación

En la Tabla 16 según las mediciones realizadas se tiene una productividad en la jornada de la mañana del 89.11% y en la tarde un 80.24%, la productividad total diaria es de 84.67%. Presentando un error relativo de 18.10% lo cual es considerable para la producción y la productividad.

Cálculo del error relativo según la ecuación 3:

$$E_{r1} = \frac{100-84.67}{84.67} \times 100\% = 18.10 \%$$

Cálculo de la productividad de la Tabla 16 de según la ecuación 4:

$$Productividad\ mañana = \frac{224}{248} \times 100\% = 89.11\%$$

$$Productividad\ tarde = \frac{201}{248} \times 100\% = 80.24\%$$

$$Productividad\ diaria = \frac{496}{425} \times 100\% = 84.67\%$$

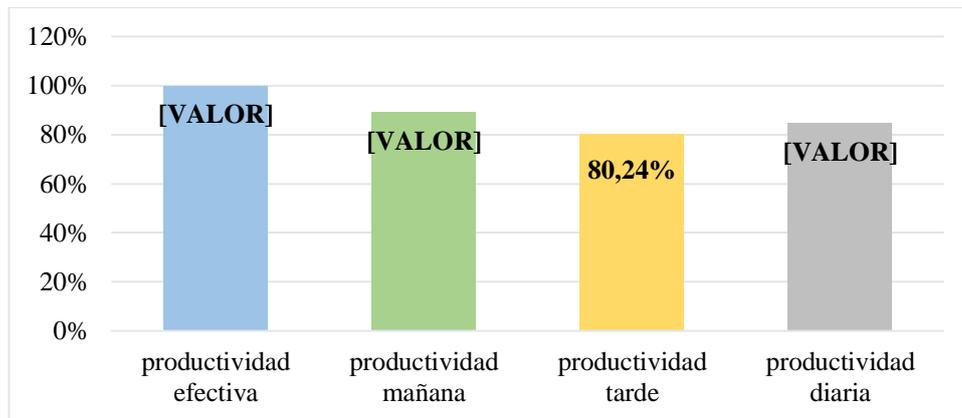


Figura N° 19: Comparación de la productividad entre jornadas de trabajo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Datos medidos en la Tabla 16

En el último día de toma de muestras la disminución de la productividad en la jornada laboral de la tarde comparada con la de la mañana es notoria, de igual manera se observa la variabilidad de la producción por períodos de tiempo en ambas jornadas y esto se debe a los cambios de rollo de la materia prima y que le toma al operador determinado tiempo.

Al observar las tablas 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 y 16, que son de las mediciones realizadas, claramente se puede observar que la productividad de la mañana es mayor en relación a la productividad de la tarde, es decir a medida que transcurre la jornada laboral la productividad del proceso va disminuyendo, y esto se debe principalmente a la fatiga que tiene el operador producto de realizar todos los movimientos que la máquina necesita ejecutar para realizar el proceso. De igual manera se aprecia que la producción es variable entre las muestras (30 minutos cada una) de la misma jornada de trabajo, esto se debe a las diferentes necesidades que tiene el operador como por ejemplo la necesidad de descansar un rato, alimentarse, necesidades biológicas entre otras. También hay que resaltar que en algunas muestras disminuye considerablemente la producción y esto se debe a algún ajuste o mantenimiento que le da el operador a la máquina o se termina el rollo de lámina de PVC y tienen que cambiarlo.

2) Análisis de las posibles causas que pueden afectar la productividad

Al analizar las condiciones de trabajo para cada fase del proceso de termoformado, se observó lo siguiente:

Fase 1: Aseguramiento de la lámina

Esta fase del proceso requiere de un tiempo aproximado 14 segundos que viene especificado según la experiencia del operador, en esta actividad el operador tiene que asegurar la lámina de PVC a la lámina y esto lo hace mediante marcos y unos seguros.

Fase 2: Calentamiento de la lámina

Esta fase del proceso necesita de un tiempo aproximado de 15 segundos que viene especificado según la experiencia del operador. Para este proceso el operador debe permanecer en contacto con el horno calentador durante el período necesario para calentar la pieza.

Fase 3: Conformado

En esta fase del proceso el operador debe presionar el botón necesario para que el molde se adapte a la pieza caliente y pueda darse en conformado de la misma. Durante el proceso de conformado el operador debe esperar el tiempo necesario según su experiencia para garantizar que la lámina ya tiene el conformado requerido.

Fase 4: Enfriamiento

Para esta fase el operador deberá activar un ventilador para el enfriamiento de la pieza. Este proceso requerirá de un tiempo determinado por la experiencia del operador, para lo cual éste deberá esperar que se cumpla el tiempo para poder pasar a la siguiente fase.

Fase 5: Extracción

Para esta fase del proceso, el operador debe extraer la lámina conformada, requiriendo un esfuerzo suficiente para poder cumplir con la extracción adecuadamente.

Se observa en la descripción de las distintas fases del proceso que el operador está expuesto a situaciones de cansancio y fatiga, sin cumplir además con las condiciones adecuadas de ergonomía.

3) Alternativa de solución para mejorar la productividad en el proceso de termoformado de recipientes de PVC

En los resultados anteriores se observa que la productividad se ve afectada por el proceso de termoformado que afecta el estado físico del operador ocasionando una fatiga que le impide ser más óptimo en el proceso. Por tal razón se plantean las siguientes alternativas de solución:

- a) Contratar un operador para el horario de la mañana y un operador para el horario de la tarde.
- b) Automatizar el proceso de termoformado, diseñando y elaborando una máquina que ejecute el proceso
- c) Ampliar el número de recesos durante la jornada

Todas las alternativas podrían mejorar la productividad pero no garantizarían la producción efectiva.

Para alternativa a) se presentan inconvenientes económicos y de seguridad industrial, ya que sería necesario un empleado más, una mayor responsabilidad para la empresa y aun así habrían tiempos muertos por los espacios de descanso humano necesarios para las actividades básicas.

Para la alternativa c) se podría garantizar una mejor postura del operador, más espacio de descanso y mejores condiciones de trabajo. Sin embargo se reduciría notablemente la producción y se vería afectado el proceso económico de la empresa.

La alternativa b) ofrece una solución industrial viable, que no afectaría el estado físico del operador, ya que su actividad se limitaría al producto terminado. Esta alternativa ofrece mejor rendimiento en los tiempos de trabajo, mejor eficiencia en la producción, mayores beneficios en la productividad, ya que se podría garantizar la cantidad de recipientes producidos por días, por horas y con la mejor calidad.

Esta alternativa es la más confiable por contribuir además a la adaptación de la empresa a los procesos tecnológicos actuales, a una posibilidad de crecimiento industrial. Para una primera fase, este trabajo de investigación solo cubre lo correspondiente al diseño de la máquina, que se espera aporte grandes beneficios al proceso de termoformado.

Verificación de la Hipótesis

Para realizar la verificación de la hipótesis de este proyecto de investigación se utilizará la técnica de coeficiente de correlación de Karl Pearson calculada en Excel, esta técnica permitirá demostrar el valor del coeficiente de correlación que existe entre la variable independiente y la variable dependiente utilizando la siguiente tabla.

Tabla N° 17: Tabla para la interpretación de correlación

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Inter aprendizaje de probabilidades y estadística inferencial

Para el proceso de correlación se sacó los datos de la siguiente forma, se tomó el dato de productividad de la mañana de las tablas 5 hasta la 16, y se obtuvo un valor promedio entre todos estos datos. Se realizó lo mismo con los datos de la productividad de la tarde, el dato del tiempo en minutos se tomó en cuenta que en la jornada de la mañana se utilizó 240 minutos y en la jornada de la tarde 240 minutos dando un total de 480 minutos, entonces se obtuvo los valores con la variabilidad del tiempo vs la productividad, como se lo explica en la siguiente tabla.

Tabla N° 18: Tabla de promedios de la productividad de la mañana y tarde

productividad de la mañana													
	semana 1			semana 2			semana 3			semana 4			
tiempo	L	M	V	L	M	V	L	M	V	L	M	V	promedio
240 min.	90,32	87,51	90,72	89,52	89,92	86,69	88,71	89,11	88,3	90,72	87,9	89,11	89,04416667
productividad de la tarde													
	L	M	V	L	M	V	L	M	V	L	M	V	
480 min.	81,05	80,65	83,47	81,05	81,85	82,26	79,03	81,04	80,24	80,34	78,26	80,24	80,79

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

El coeficiente de correlación de Karl Pearson se calculó aplicando los siguientes datos, que son los promedios resultantes obtenidos en la Tabla 19 y se lo realizó en el programa Excel.

Tabla N° 19: Datos para calcular la correlación en Excel

x	y	x*y	x ²	y ²
240	89,04	21369,6	57600	456659804
480	80,79	38779,2	230400	1503826353

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

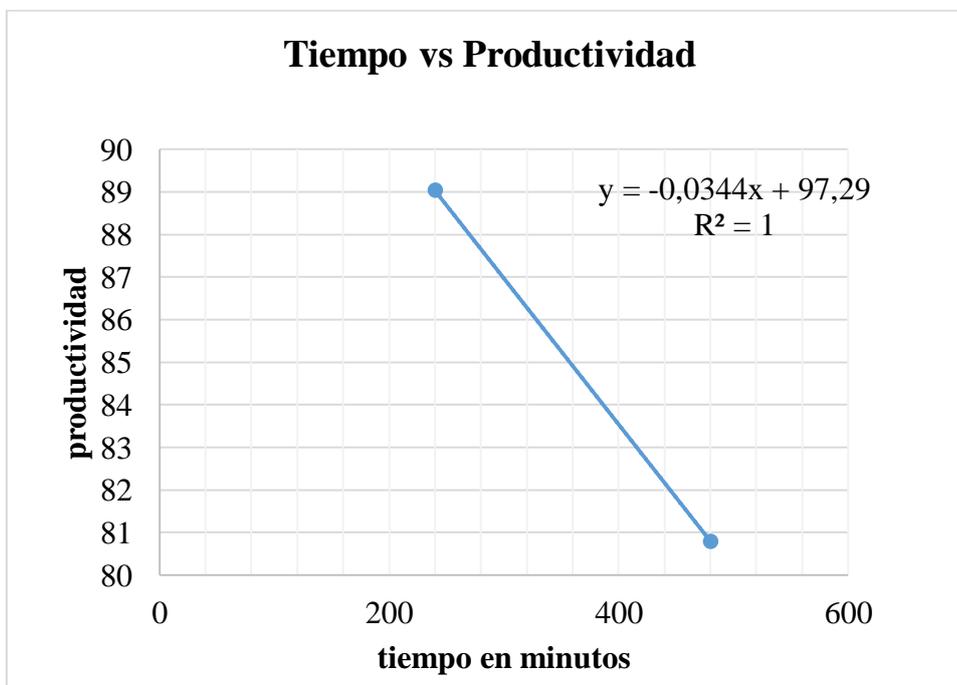


Figura N° 20: Diagrama de dispersión

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Según la Figura 19, dio como resultado una correlación de 1, y de acuerdo a la Tabla 17 ese valor significa que existe una correlación positiva grande y perfecta entre el tiempo vs la productividad, es decir a medida que transcurre el tiempo en el día la productividad del proceso disminuye siendo esto perjudicial para la empresa, por lo tanto se debe tomar decisiones para mejorar el proceso.

Conclusiones

- Se determinó la productividad en función del tiempo de trabajo, observándose que la productividad presenta decrementos a medida que el tiempo de trabajo aumenta. Esto es debido a que la fatiga presente en el operador se va incrementando considerablemente según avanza el tiempo, ya que las fases del proceso de termoformado son netamente manuales y artesanales, que conducen a cansancio y agotamiento en el operador.
- Se analizaron las posibles causas que afectan la productividad, entre las cuales se observó la fatiga del operario, la calidad del producto final, el tiempo de demora entre los recesos indispensables de las necesidades básicas del operador. Este análisis permitió observar que las causas principales del proceso de termoformado es la utilización de un ser humano para llevar a cabo el resultado del producto final, el cual presenta fallas propias del cansancio y del tiempo de trabajo.
- Se plantean tres alternativas de solución que podrían mejorar la producción en el proceso de termoformado, pero se ha seleccionado la más idónea que podría conducir al incremento de la producción y de la productividad, así como incrementar la calidad y reducir los riesgos laborales del empleado.
- Se concluye mediante este estudio que el proceso manual de termoformado de recipiente en láminas de PVC influye negativamente en la productividad de la empresa Prosergraf.

- Mediante el estudio realizado se pudo establecer que el proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC, depende de forma directa de la capacidad y la experticia que tiene el operador con sus habilidades de maniobra para realizar la producción y también depende de las diferentes necesidades que tiene la persona en el día y que no le permite estar de forma permanente realizando el proceso, esto hace que la productividad tenga variación en las diferentes horas del día.
- Con este estudio se estableció que es necesario la innovación del proceso manual de termoformado de recipientes en láminas de PVC, porque la variación y la disminución de la productividad en el día afecta los intereses económicos de la empresa Prosergraf.

Recomendaciones

- Se recomienda aplicar un proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC, en el cuál el operador no tenga que estar realizando movimientos repetidos durante todo el día y con esto el trabajador no sufra de fatiga para que pueda rendir durante el día de trabajo de una manera muy eficiente.
- Se recomienda entonces el diseño de una máquina automática para realizar el proceso de termoformado de recipientes en láminas de PVC. Se espera que con el diseño planteado se evite la fatiga del operador, se logre una productividad constante e incluso aumente en el tiempo, generando mayores ingresos para la empresa Prosergraf.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Tema

DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA TERMOFORMADORA DE RECIPIENTES EN LÁMINAS DE PVC.

Datos Informativos

Institución Ejecutora:	Universidad Tecnológica Indoamérica
Beneficiaria:	Empresa PROSERGRAF
Ubicación:	Cantón Mejía – Parroquia de Uyumbicho
Equipo Técnico Responsable:	Alex Moya
Costo:	7.150 dólares

Objetivo General

Diseñar una máquina automática termoformadora de recipientes en láminas de PVC para mejorar la productividad de la empresa Prosergraf.

Objetivos Específicos

- Seleccionar alternativas de diseño de la máquina.
- Realizar los cálculos y selección de elementos de la máquina.
- Realizar los respectivos planos eléctricos, mecánicos e hidráulicos de la máquina.

Justificación de la Propuesta

En la actualidad el país se ha visto influenciado por políticas que han mejorado el panorama de la industria ecuatoriana, una de estas políticas ha sido el cambio de la matriz productiva que ha incentivado de alguna manera que las pequeñas y medianas industrias se animen a automatizar e innovar sus procesos con nuevas tecnologías, esto a su vez ha impulsado que la mecánica industrial en el país se desarrolle ya que el diseño de maquinaria que satisfaga las necesidades de la planta de producción es indispensable para el dimensionamiento de recursos en la adquisición de nueva maquinaria, este proyecto de titulación se encargará del diseño de una termoformadora automática para la empresa PROSERGRAF.

La principal **beneficiaria** de este proyecto de investigación es la empresa PROSERGRAF, dedicada a la fabricación de sistemas de empaque, porque para esta corporación es importante es la disminución de costos de producción, ya sea en el aprovechamiento de recursos con la reducción de desperdicios o con el aumento de producción y de esta manera crecer económicamente.

Este proyecto de investigación es muy **importante** para la empresa ya que mejorara los procesos y la calidad de la misma, la automatización de los procesos es muy saludable para la empresa ya que pasa de ser un gasto a una inversión, el diseño de la máquina se adaptará a los requerimientos de la alta dirección de la empresa siendo una máquina eficiente a las necesidades que en la actualidad está teniendo PROSERGRAF.

La empresa PROSERGRAF y su departamento de procesos ha determinado la **factibilidad** y el **interés** en la adquisición de una máquina termoformadora automática que mejore los procesos de fabricación de recipientes termoformados, la empresa ha visto que la adquisición de esta máquina es una inversión que al transcurso del tiempo tendrá varias ventajas como, el ahorro en sus procesos de fabricación de recipientes, aumento de la capacidad de producción y mejora en la calidad de sus productos.

Para el investigador este proyecto tiene una utilidad teórica-práctica, donde se aplicará todos los conocimientos adquiridos en el diseño industrial, es en este tipo de proyectos donde converge la preparación teórica en la práctica, es muy importante tener la apertura de las empresas privadas que permitan que los investigadores apliquen sus conocimientos, en solucionar problemas reales de las industrias y que toda la inversión de su preparación, sirva para el diseño de una máquina a la altura de sus conocimientos.

Factibilidad

Análisis de Factibilidad Legal

En el Ecuador, en los últimos años se ha visto un cambio de la matriz productiva, que tiene como objetivo principal el pasar de productores primarios a productores secundarios que generen productos manufacturados, esto ocasionara que la industria ecuatoriana pase a de ser exportadores de materias primas a exportadores de productos con valor agregado, para esto la industria ecuatoriana debe pasar de procesos artesanales a procesos industriales que conlleva al cambio de maquinaria que ayuden a la automatización y mejora de la calidad de los productos ecuatorianos, por esta razón este proyecto de investigación se encargara del diseño de una máquina automática termoformadora que ayude en la mejora de procesos de la empresa PROSERGRAF.

La presente máquina va a ser un diseño original y adaptado a las máquinas existentes, por tanto, en cuanto a la legalidad del diseño y fabricación de la misma no tendrá inconvenientes en el aspecto legal, primer paso para comenzar un proceso de diseño.

Análisis de Factibilidad Técnica

Este proyecto de investigación tiene como objetivo general el diseño de una máquina automática termoformadora para esto se ha utilizado el programa de

diseño Solid Works, que ayudó en el diseño de componentes de la máquina y en la simulación del funcionamiento de la misma, para la gestión del proyecto y distribución de actividades se utilizará el software Microsoft Project, y por último para la presentación de documentación y planos de diseño se utilizará el programa de escritura Microsoft Word y Auto Cad.

Análisis de Factibilidad Económica-Financiera

En cuanto a la factibilidad económica y financiera se ha visto en los últimos años un aumento de demanda de recipientes termoformados en láminas de PVC, en la actualidad en la empresa Prosergraf se los fabrica de una manera manual y este proceso para producción en serie es ineficiente, ya que no hay un control riguroso de calidad y está expuesto a errores humanos, por esta razón el objetivo de este proyecto es el diseño de una máquina automática termoformadora que tenga la capacidad de producción requerida por la empresa y de un mayor valor agregado al producto final aumentando su calidad y disminuyendo los costos unitarios de producción, la empresa PROSERGRAF ha demostrado su gran interés en la realización del proyecto que en el futuro puede ser el principal promotor en la construcción de esta maquinaria.

Análisis de Factibilidad Ambiental

En el Ecuador en los últimos años se ha visto más control en el tipo de procesos que afecten el medio ambiente, para el diseño de esta máquina se utilizará las respectivas normativas que regularizan la contaminación ambiental y el manejo de desechos, se tomará mucho en cuenta el tipo de fuente de energía, esta máquina tendrá como fuentes de energía principal neumática que en relación con otro tipo de energía como el petróleo, son menos contaminantes y son definidas como renovables según el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, es decir el diseño guardará armonía con el medio ambiente.

Metodología

Para el diseño de la máquina se utilizará la metodología de diseño concurrente propuesta por Carles Riba, con la cual se ahorrará tiempo, recursos y se obtendrá un mejor diseño. Dicha metodología consiste en hacer una comparación entre los requerimientos del cliente con el criterio técnico del ingeniero para determinar las especificaciones técnicas de la máquina, la misma que será dividida en módulos o partes que cumplirán con funciones específicas, al unir estas funciones se obtendrá una función compleja y final, la de termoformar recipientes en láminas de PVC mediante un proceso más eficiente. Cada módulo debe poder desarrollar su función sin necesitar de los demás y debe ser adaptable a otros sistemas. Seguido se deben hallar soluciones a dichas funciones, y mediante una valoración ponderada se escogerán las más eficientes y adecuadas para el presente proyecto, las valoraciones se las hará en función de los requerimientos del cliente como costo, velocidad, entre otras. Al unir todas las soluciones de tendrá la máquina que se va a modelar y finalmente se la deberá presentar en forma de planos para su futura fabricación. En cualquier momento se puede cambiar algo en el diseño, ya que este es un proceso iterativo y de mejora constante.

Programación

El presente proyecto de investigación tendrá una duración de 51 días laborables, y tendrá como fecha de inicialización el día viernes 22 de Junio del presente año y finalizará el día viernes 31 de Agosto, seguidamente se presentará el cronograma de actividades de este proyecto.

Cronograma de Actividades

Para la realización del cronograma de actividades se ha utilizado el software Microsoft Project, las actividades se describirán de acuerdo al cronograma siguiente, donde se indican fechas de iniciación y finalización de actividades, y por ultimo un diagrama de Gantt de resumen de todo el cronograma.

Tabla N° 20: Cronograma de actividades

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Determinación de alternativas	5 días	mié 22/6/16	mar 28/6/16
Casa de la calidad	1 día	mié 22/6/16	mié 22/6/16
Especificaciones técnicas	1 día	jue 23/6/16	jue 23/6/16
Ponderado de evaluación	1 día	vie 24/6/16	vie 24/6/16
Solución de alternativas	2 días	lun 27/6/16	mar 28/6/16
Determinación de módulos	6 días	mié 29/6/16	mié 6/7/16
Diseño modular	2 días	mié 29/6/16	jue 30/6/16
Soluciones de módulos	2 días	vie 1/7/16	lun 4/7/16
Determinación de forma de elementos	2 días	mar 5/7/16	mié 6/7/16
Diseño	14 días	jue 7/7/16	mar 26/7/16
Determinación de fuerzas actuantes en los elementos	4 días	jue 7/7/16	mar 12/7/16
Cálculo y diseño de elementos	4 días	mié 13/7/16	lun 18/7/16
Selección de elementos normalizados	2 días	mar 19/7/16	mié 20/7/16
Determinación de componentes eléctricos-electrónicos	4 días	jue 21/7/16	mar 26/7/16
Modelo CAD	12 días	mié 27/7/16	jue 11/8/16
Modelado 3D	8 días	mié 27/7/16	vie 5/8/16
Simulación por elementos finitos FEA	2 días	lun 8/8/16	mar 9/8/16
Generación de documentación	2 días	mié 10/8/16	jue 11/8/16
Documentación	8 días	vie 12/8/16	mar 23/8/16
Memoria de cálculo	2 días	vie 12/8/16	lun 15/8/16
Planos conjunto y taller	8 días	vie 12/8/16	mar 23/8/16
Análisis de costos	6 días	mié 24/8/16	mié 31/8/16
Costos de construcción y Diseño	3 días	mié 24/8/16	vie 26/8/16
Análisis de factibilidad del proyecto B/C	3 días	lun 29/8/16	mié 31/8/16

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

Diagrama de red

Después de realizar el cronograma de actividades se definió como se realizarán las mismas en serie o en paralelo, la realización de este proyecto será individual por esta razón la mayoría de actividades serán en serie es decir todas las actividades dependerán de las que le precedan, el resumen de actividades se presentara en el siguiente diagrama.

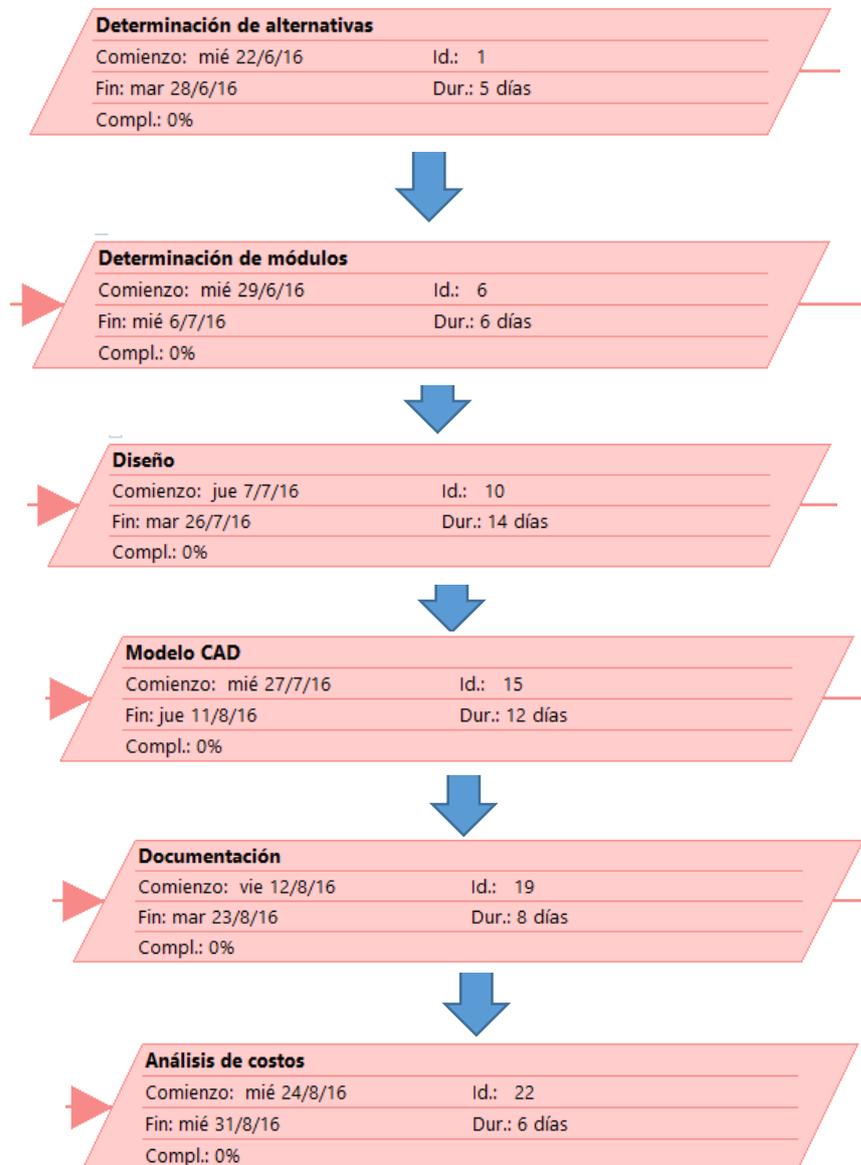


Figura N° 21: Diagrama de red

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Cálculo de ruta crítica

Para el cálculo de ruta crítica se ha utilizado el método PERT, donde.

$t_o = \text{tiempo optimista}$

$t_e = \text{tiempo esperado}$

$t_p = \text{tiempo pesimista}$

$$\text{duración} = t = \frac{t_o + 4 \cdot t_e + t_p}{6} \quad (\text{Ec. 5})$$

En la siguiente tabla se detallan las tareas y los parámetros para los cálculos de la ruta crítica.

Tabla N° 21: Parámetros para la Ruta Crítica

N°	Código	Tarea	t_o	t_e	t_p	t
1	A	TAREA A	4	5	6	5
2	B	TAREA B	5	6	7	6
3	C	TAREA C	13	14	15	14
4	D	TAREA D	11	12	13	12
5	E	TAREA E	7	8	9	8
6	F	TAREA F	5	6	7	6

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 22: Resultados de la Ruta Crítica

Tarea	Código	Duración
Prediseño	TAREA A	5
Determinación de módulos	TAREA B	6
Diseño	TAREA C	14
Modelo CAD	TAREA D	12
Documentación	TAREA E	8
Análisis de costos	TAREA F	6

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

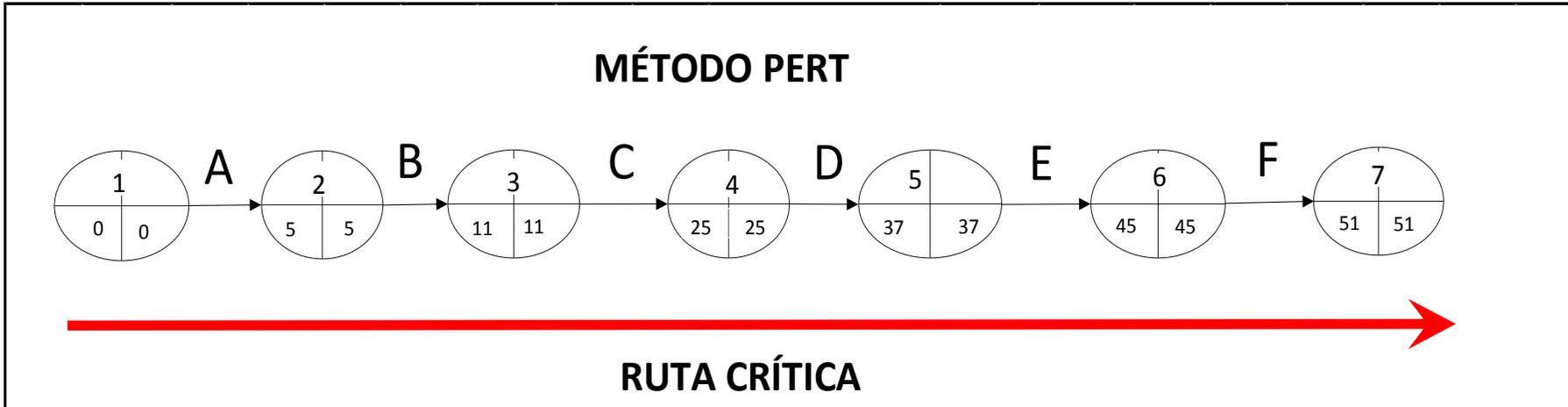


Figura N° 23: Diagrama de la ruta crítica

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Determinación de las especificaciones de la máquina

La determinación de las especificaciones de la máquina es una etapa muy importante en el diseño de máquinas y equipos, para esto es muy importante tener una metodología adecuada que nos permita conocer las necesidades de los clientes y un análisis de la competencia que existe en el mercado.

En el presente caso, se debe llegar al aseguramiento de la calidad en el proceso de diseño y simulación, por lo que en primer lugar se determinarán las especificaciones técnicas de la máquina a través de los deseos y requerimientos propuestos por cliente contrastados con el criterio técnico del diseñador. Para esto se elabora la casa de la calidad.

Casa de la Calidad

Según (RIBA, 2002): “la casa de la calidad traduce las demandas de los clientes en características técnicas del producto.” (pág.178). Esta herramienta toma las demandas de los clientes, tanto las necesidades como sus deseos, pero en la mayoría de los casos estos requerimientos no se presentan en una forma técnica con la cual se pueda comenzar el proceso de diseño. Corresponde al diseñador traducir estos requerimientos en especificaciones técnicas mediante una comparación entre la voz del cliente (necesidades y deseos) y la voz del ingeniero (criterio técnico), ambos presentados en forma de matriz.

(RIVA, 2002): La casa de la calidad propone ponderaciones y comparaciones para determinar qué requerimientos y deseos son los más importantes, cuáles no lo son, cuáles se deberán cumplir, cuáles se pueden excluir, incluir etc., para ello se analizan los resultados de su elaboración. (págs. 177-184)

Voz del cliente

Siguiendo con el proceso de diseño concurrente propuesto por Carles Riba, las necesidades y deseos del cliente más importantes con las cuales se debe cumplir se presentan en la Tabla 23.

Tabla N° 23: Matriz de necesidades y deseos del cliente

VOZ DEL CLIENTE
Consumo de energía bajo
Ocupe mínimo espacio
Fácil mantenimiento
Proceso automático
Rapidez en el proceso
Trabajar con distintos materiales
Económica
Producto final sin fallas

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Voz del Ingeniero

En base a las necesidades y deseos del cliente, se presenta la voz del ingeniero, en forma de matriz, en la cual estas se traducen a especificaciones técnicas, presentadas en la Tabla 24.

Tabla N° 24: Matriz de criterios del diseñador

VOZ DEL INGENIERO
Energía
Dimensiones
Mantenimiento
Automatización
Capacidad de producción
Materiales de trabajo
Costo
Precisión del proceso

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Bajo estos criterios se elabora la casa de la calidad.

Casa de la calidad

A continuación se procede a realizar la casa de la calidad la misma que permite traducir las demandas del cliente en características técnicas de la máquina, tomando en cuenta el criterio técnico del diseñador.

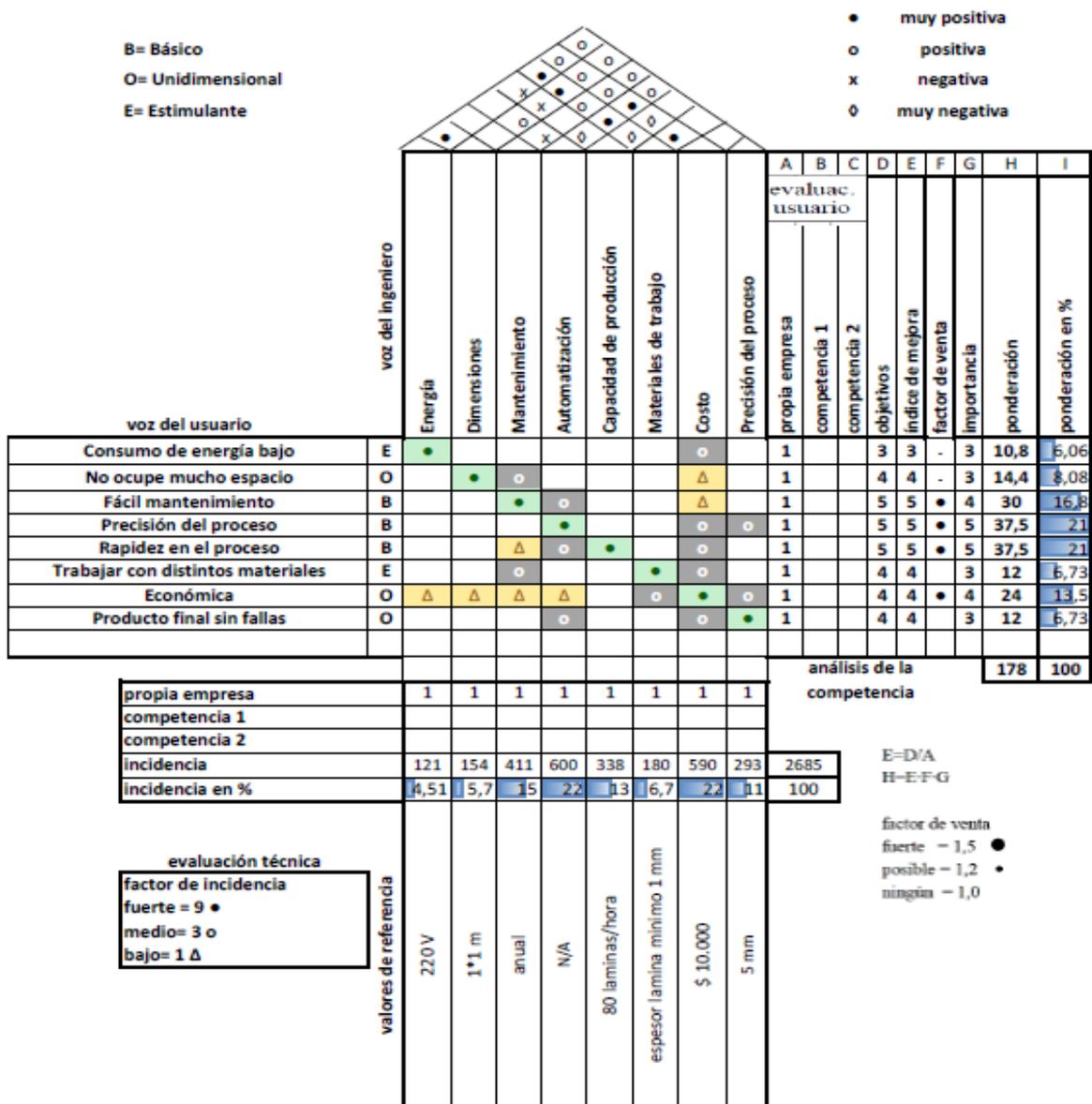


Figura N° 24: Casa de la calidad
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Voz del usuario e ingeniero

Demandas del cliente

Las demandas del cliente se las divide en básicas (obligatorias), unidimensionales y estimulantes (Riba 2002) para clasificarlas por importancia y determinar cuáles se deben cumplir y cuales se podrán omitir o variar. Es posible que un deseo entre en conflicto con una de las demandas básicas o no vaya acorde a un presupuesto, en cuyo caso podrá ser excluido de las especificaciones de la máquina.

Las demandas básicas son fácil mantenimiento, proceso automático, rapidez en el proceso y proceso automático. Las demandas unidimensionales son que la maquina sea económica, no ocupe mucho espacio y fabrique un producto final sin falla. Las demandas estimulantes son consumo de energía bajo y trabajar con distintos materiales.

Necesidades y deseos del cliente ordenadas según su importancia

Es necesario dar una ponderación a las necesidades y deseos del cliente mediante un análisis ingenieril de comparación, ya que esto influirá en la determinación de las especificaciones técnicas, que es de donde se parte para hacer el diseño. Los valores obtenidos de la realización de la casa de la calidad, se encuentran expuestos en la siguiente tabla.

Tabla N° 25: Necesidades y deseos del cliente ordenadas según su importancia

Importancia	Necesidad o deseo del cliente	Ponderación (%)
1	Precisión del proceso	21
2	Rapidez en el proceso	21
3	Fácil mantenimiento	16.8
4	Económica	13.5
5	Ocupe mínimo espacio	8.08
6	Trabajar con distintos materiales	6.73
7	Producto final sin fallas	6.73
8	Consumo de energía bajo	6.06

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Criterios técnicos del diseñador ordenados según importancia

Así mismo, se deben ordenar criterios técnicos del diseñador según la ponderación hecha en la casa de la calidad.

Tabla N° 26: Criterios técnicos ordenados según importancia

Importancia por puesto	Criterio técnico	Ponderación (%)
1	Costo	22
2	Automatización	22
3	Mantenimiento	15
4	Capacidad de producción	13
5	Precisión del proceso	11
6	Materiales de trabajo	6.7
7	Dimensiones	5.7
8	Energía	4.5

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Especificaciones Técnicas

Una vez realizada la casa de la calidad, se tienen las necesidades, deseos y criterios técnicos más importantes. Las especificaciones vienen a ser la aplicación de este proceso seguido al criterio de los diseñadores, pero ahora se considerarán factores ambientales, realidad de productos, materia prima, maquinaria en el mercado local, espacio disponible, normas, costos etc.

Las especificaciones técnicas indican en un principio las funciones que la máquina deberá realizar, siendo después el diseñador quien encuentre solución a cada una de estas especificaciones con las que la máquina deberá cumplir de manera obligatoria. A continuación, en la siguiente tabla, se presentan las especificaciones técnicas:

Tabla N° 27: Especificaciones de la máquina

DISEÑADOR Alex Moya	PRODUCTO Termoformadora	Fecha inicial: 22/06/2016 Última revisión: 22/06/2016		
ESPECIFICACIONES				
CONCEPTO	FECHA	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN
COSTO	22/06/2016	A	R	La máquina deberá tener un costo no mayor de 10000\$
AUTOMATIZACIÓN	22/06/2016	A	R	La máquina será automática
MANTENIMIENTO	22/06/2016	A	R	A la máquina se le realizará un mantenimiento semestral
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	22/06/2016	A	R	La máquina tendrá la capacidad de producción de 80 láminas/hora
PRECISIÓN DEL PROCESO	22/06/2016	A	R	La máquina tendrá una tolerancia de 5mm

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia**Costo**

La máquina no deberá tener un costo mayor a \$ 10000 ya que una termoformadora con esa capacidad de producción y automatizada posee un precio promedio del valor indicado, hay que tomar en cuenta que de acuerdo a la casa de la calidad las empresas fabricantes de este tipo de maquinaria, ya llevan años desarrollando su tecnología, y poseen procesos de producción en serie de maquinaria que esto les permite tener precios más competitivos.

Automatización

La máquina deberá ser automática ya que esto permitirá aumentar la producción del proceso, esto justifica en la recuperación de capital invertido en la máquina, las maquinas automatizadas tienen ventajas como reducción de costos operativos en el proceso, aumento de oferta y mejora de calidad del producto.

Mantenimiento

El mantenimiento de la máquina dimensionará de acuerdo a los tipos de mecanismos que intervendrán en ella, unos de los sistemas críticos que necesita mayor mantenimiento es el neumático, que según el fabricante Festo recomienda al usuario realizar el mantenimiento cada 6 meses.

Capacidad de producción

La capacidad de producción se dimensiona de acuerdo de otros tipos de máquinas que realizan el mismo producto estas máquinas se demoran un promedio de 45 segundos en termoformar todo el producto, esta información se tomó con ayuda de visitas técnicas y videos demostrativos

Estudio y selección de las alternativas de diseño

Análisis funcional

El análisis funcional es un método mediante el cual, se divide la función principal que realiza la maquina en funciones más pequeñas, las cuales ayudan a conseguir el objetivo principal. Se utiliza entradas y salidas, pudiendo ser estas de materias, energía o señales.

La máquina automática termoformadora tiene como función principal formar recipientes en láminas de PVC, razón por la cual este se conocerá como el nivel 0

o función principal. A partir de esta función se desglosarán las distintas funciones que debe realizarse para poder realizar de manera adecuada el proceso de termo formado.

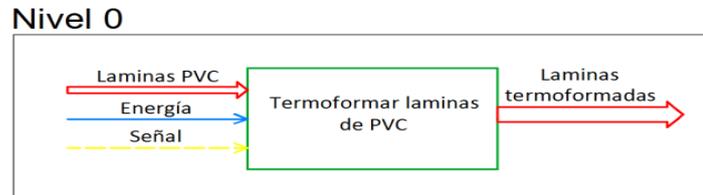


Figura N° 25: Análisis funcional (nivel 0)
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

En el nivel 1, se realiza la primera división de la función principal, creando un conjunto de funciones, las más generales que realiza la máquina, estas a su vez se llamarán módulos u operaciones, y se entenderán como las operaciones que deben realizarse para poder realizar la función global o nivel 0. Las funciones del nivel 1, son muy generalizadas, razón por la cual se debe crear un nivel adicional en el cual se muestre de manera más específica las funciones a realizarse. El proceso continuo hasta conseguir un nivel el cual contenga todas las sub funciones que requieren solución. El nivel 1 es presentado en la Figura 26.

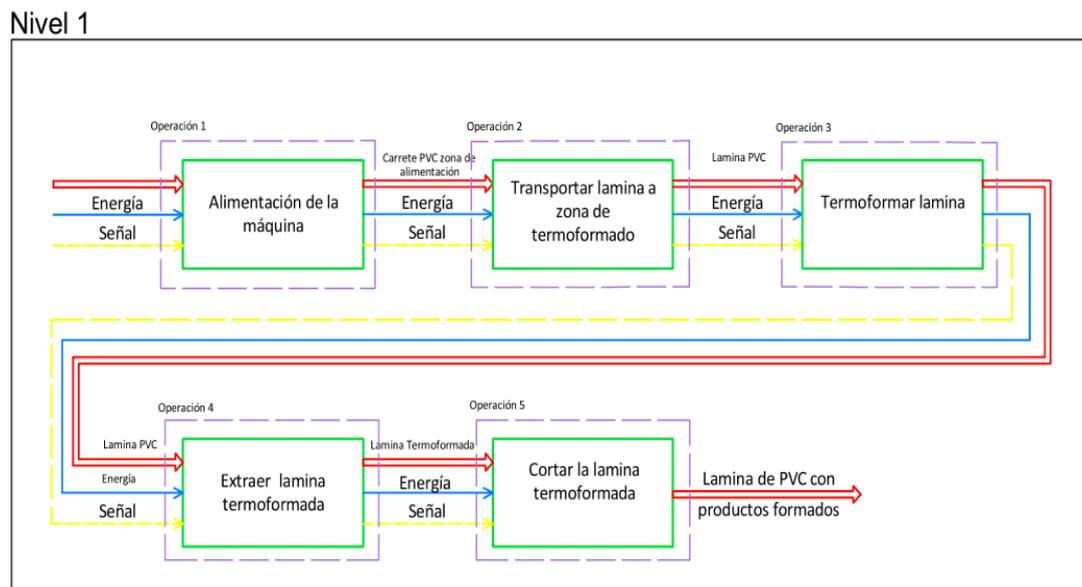


Figura N° 26: Análisis funcional (nivel 1)
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

En el nivel 2, se detallan completamente todas las funciones que debe realizarse para poder llevar a cabo cada operación y al final completar la función principal que es termoformar láminas de PVC.

Nivel 2

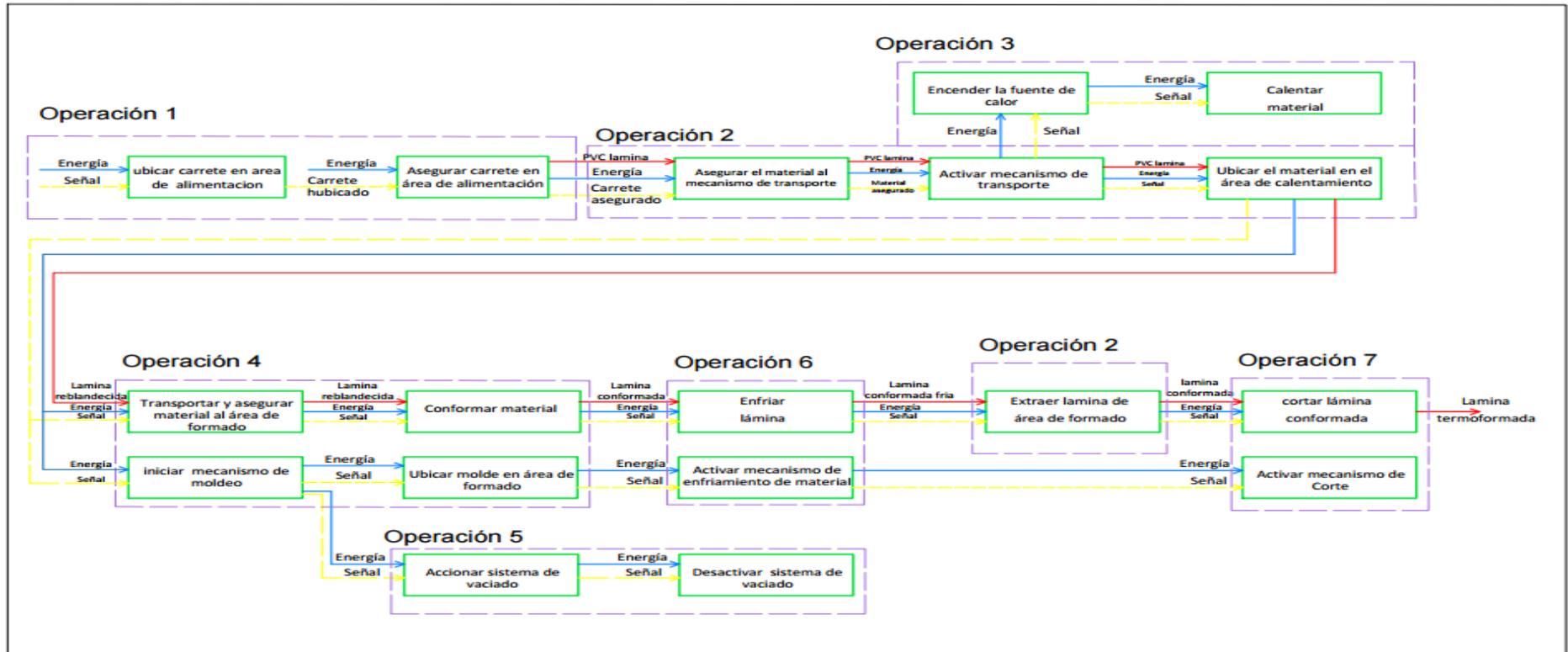


Figura N° 27: Análisis funcional (Nivel 2)

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Determinación de los módulos u operaciones

Una vez conocidas las funciones que debe cumplir la máquina de manera detallada, se procede a agrupar dichas funciones en módulos u operaciones como se pueden observar en la Figura 26 (arriba nivel 2), estos módulos tienen la capacidad de realizar sus funciones de manera independiente, lo cual permite su adaptación a otras maquinarias para que cumplan las funciones establecida para dicho modulo u operación.

De la Figura 26 (arriba nivel 2) se concluyen los siguientes módulos:

- **Módulo 1:** Sistema de alimentación de la máquina.
- **Módulo 2:** Sistema de sujeción y transporte material
- **Módulo 3:** Sistema de calentamiento
- **Módulo 4:** Sistema de Formado
- **Módulo 5:** Sistema de Vacío.
- **Módulo 6:** Sistema de Enfriado
- **Módulo 7:** Sistema de corte

Soluciones para cada módulo

Luego de obtener los módulos es necesario dar solución a cada uno, por lo cual se analizará las funciones que componen el mismo, para luego proponer alternativas de solución para dichas funciones

Módulo 1: Sistema de alimentación de material a la máquina

El diagrama funcional permite concluir que el módulo cumple con las siguientes funciones:

- Ubicar carrete en área de alimentación.
- Asegurar carrete en área de alimentación.

Operación 1

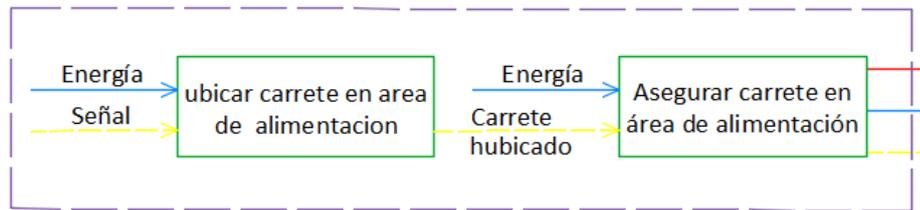


Figura N° 28: Módulo 1
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Ubicar carrito en área de alimentación

La ubicación del carrito de material en el área de alimentación de la máquina depende de dos factores:

- Tamaño del carrito.
- Peso del carrito.

Tomando en cuenta estos factores, se puede concluir de manera directa que el transporte y montaje del carrito debe realizarse de manera manual ya que el peso y el tamaño del mismo son manejables, por lo cual la solución a la función será la utilización de personal para el transporte y montaje.

Asegurar Carrito en área de alimentación

Una vez el carrito sea ubicado dentro del eje que lo soporta debe asegurarse, para lo cual se utilizará un tapón cónico lateral que evitará su desplazamiento axial.



Figura N° 29: Tapa para asegurar el carrito
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Jurado E. , 2005)

Conclusión del módulo 1

Luego de realizar el análisis del módulo uno se ha concluido que las soluciones a las funciones son:

- Transporte y montaje manual del carrete al área de alimentación.
- Utilización de tapón a presión para asegurar el carrete.

Módulo 2: Sistema de sujeción y transporte del material

Este módulo está compuesto por cuatro funciones las cuales son:

- Asegurar el material al mecanismo de transporte.
- Activar el mecanismo de transporte.
- Ubicar material en el área de calentamiento.
- Extraer lamina del área de formado.

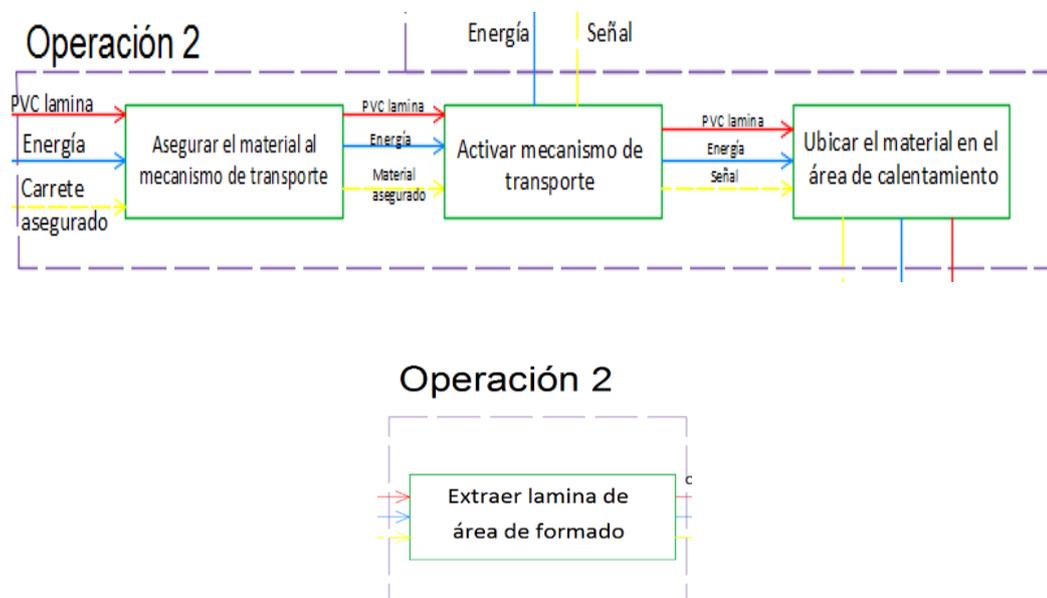


Figura N° 30: Módulo 2
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Todas estas funciones pueden agruparse en una sola función general:

- Transporte del material.

Esta función se encarga de todo el transporte de la materia prima desde su origen a través de toda la línea de trabajo.

Transporte del material

Para esta función se planten dos soluciones:

- Transporte mediante marcos móviles.
- Transporte mediante cadena transportadora.

Transporte mediante marcos móviles

El transporte mediante marcos móviles, se refiere a la utilización de un sistema hidráulico mecánico, el cual en primera se encarga de asegurar el material y luego transportarlo, compuesto por pinzas de apriete que sujetan el material, y un sistema móvil (rieles) que permite transportarlo a través de la línea de trabajo.

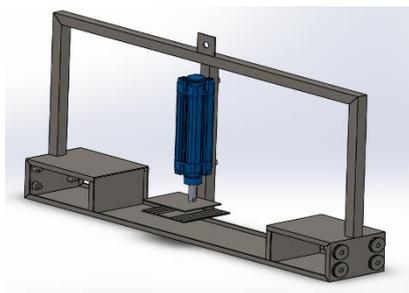


Figura N° 31: Marcos móviles para transportar el material

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Volúmenes de producción altos.
- No produce daños a la lámina por calentamiento.
- Permite su operación manual o automática.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Automatización presenta altos costes.
- Lamina puede presentar deslizamiento durante el calentamiento.
- Alto coste de implementación.

Transporte mediante cadena transportadora

La cadena transportadora es un sistema que permite la movilidad del material en la línea de trabajo, se compone de un sistema de cadenas las cuales se mueven, y un sistema de pines o púas que permiten asegurar el material para poder ser transportado.



Figura N° 32: Cadena con púas para transportar material

Elaborado por: Alex Moya

Fuente:(<http://www.directindustry.es/prod/sedis/product-7490-490277.html>, s.f.)

Entre sus ventajas se tiene:

- Volúmenes de producción medio.
- Alimentación rápida.
- Costos de mantenimiento bajo.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Puede producir daño a la lámina por calentamiento.
- Lamina puede presentar deslizamiento o rotura.
- Montaje dificultoso.

Evaluación y selección de las alternativas

Luego de analizar las dos opciones se procede a realizar una evaluación de las mismas para poder seleccionar una que sea acorde a los requerimientos de diseño, por tanto es necesario determinar en primera los criterios de evaluación. Para el módulo 2 los criterios de evaluación serán:

- Volumen de producción: que alternativa presenta mayor capacidad de producción (m/h).
- Facilidad de montaje.- que alternativa presenta la mayor facilidad de montaje.
- Calibración: que alternativa presenta una calibración más sencilla.
- Costo: cuál de las alternativas resulta más económica.

Para la evaluación de criterios se utilizará la metodología de diseño concurrente. Según (RIBA, 2002) el método ordinal corregido de criterios ponderados, se utiliza para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Por ello se recomienda este método porque sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor, >) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor, <) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio de solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio(o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los resultados de cada solución por el resultado del respectivo criterio.

La evaluación de criterios se realiza mediante el método de ponderados, esta se presenta en la Tabla 28.

Tabla N° 28: Evaluación de cada criterio

CRITERIO	Volumen de producción	Facilidad de montaje	Calibración	Costo	$\Sigma +1$	Ponderado
Volumen de producción		0,5	0,5	1	3,00	0,23
Facilidad de montaje	0,5		0,5	1	3,00	0,23
Calibración	0,5	0,5		1	3,00	0,23
Costo	1	1	1		4,00	0,31
					13,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

La evaluación de las soluciones respecto a cada criterio es presentada en las Tablas 29, 30,31 y 32.

Tabla N° 29: Evaluación de las soluciones respecto a Volumen de Producción

Volumen de producción	Solución 1 (Marcos)	Solución 2 (Cadena)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Marcos)		1	2,00	0,57
Solución 2 (Cadena)	0,5		1,50	0,43
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 30: Evaluación de las soluciones respecto a la Facilidad de Montaje

Facilidad de montaje	Solución 1 (Marcos)	Solución 2 (Cadena)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Marcos)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Cadena)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 31: Evaluación de las soluciones respecto a la calibración

Calibración	Solución 1 (Marcos)	Solución 2 (Cadena)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Marcos)		1	2,00	0,57
Solución 2 (Cadena)	0,5		1,50	0,43
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 32: Evaluación de las soluciones respecto al Costo

Costo	Solución 1 (Marcos)	Solución 2 (Cadena)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Marcos)		1	2,00	0,57
Solución 2 (Cadena)	0,5		1,50	0,43
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

Finalmente, luego de realizar las evaluaciones de cada uno de los criterios frente a las alternativas de solución se presenta la tabla de conclusiones, en la cual se determina cuál de las dos soluciones cumple de mejor manera con los criterios de evaluación propuestos.

Tabla N° 33: Conclusiones del módulo 2

Conclusiones	Volumen de producción	Facilidad de montaje	Calibración	Costo	Σ	prioridad
Solución 1 (Marcos)	0,13	0,10	0,13	0,18	0,54	1
Solución 2 (Cadena)	0,10	0,13	0,10	0,13	0,46	2

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

En la Tabla 33 se puede encontrar los resultados, que llevan a concluir que la solución 1 (Marcos) es la solución o alternativa que más se ajusta a los criterios de selección.

Módulo 3: Sistema de calentamiento

El módulo de calentamiento se compone de 2 funciones:

- Encendido de la fuente de calor

- Calentamiento del material

Operación 3

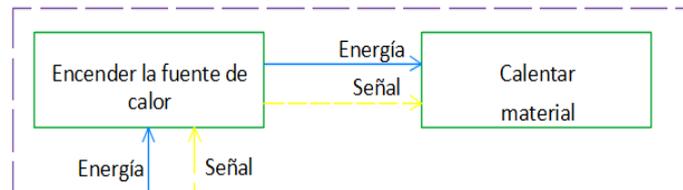


Figura N° 33: Módulo 3
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Estas dos funciones se agrupan en una sola función la cual es el sistema de calentamiento. Es por tanto importante proponer un sistema de calentamiento que pueda elevar la temperatura de la lámina a conformar de manera adecuada y sin provocar daños excesivos en este proceso.

Se opta por seleccionar los equipos más comerciales y más utilizados para este tipo de fines, por tanto, se proponen dos alternativas de solución:

- Calentamiento mediante horno de gas con circulación de aire.
- Calentamiento mediante horno con resistencias eléctricas.

Calentamiento mediante horno de gas con circulación de aire

Este tipo de hornos proporciona calor uniforme y temperatura constante con el mínimo riesgo de sobrecalentar la lámina. Utiliza ventiladores para forzar el paso del aire caliente a través de la lámina.

Estos equipos fueron los primeros utilizados para el calentamiento de láminas plásticas de diferentes espesores debido a que permiten una distribución uniforme de la temperatura.

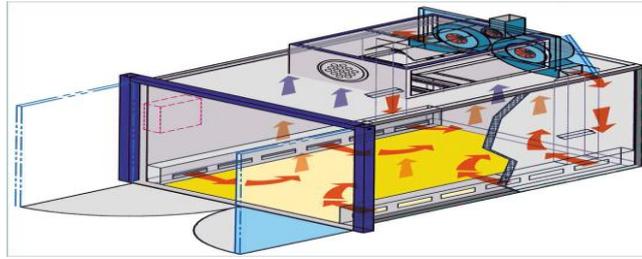


Figura N° 34: Calentamiento por gas

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (<http://gallerily.com/industrialconveyorovens>, s.f.)

Ventajas:

- Distribución de calor uniforme en la lámina.
- Temperatura constante.
- Control de temperatura económico.

Desventajas:

- Necesidad de un intercambiador de calor.
- Espacios grandes para todos los equipos.
- Construcción compleja.

Calentamiento mediante horno con resistencias eléctricas

Este tipo de hornos son de mayor uso en las máquinas termoformadoras, debido a su velocidad calentando la lámina, lo cual proporciona un ciclo de calentamiento muy reducido que no afecta mucho las propiedades de la lámina. Estos utilizan en su mayoría resistencias eléctricas.



Figura N° 35: Calentamiento por resistencias eléctricas

Elaborado por: Alex Moya

Fuente:(http://www.clay-king.com/kilns/heat_treating_kilns_and_furnaces.html, s.f.)

Ventajas:

- Alta velocidad de calentamiento.
- Reducido espacio para equipos.
- Construcción sencilla.
- Puede trabajar con varios espesores.

Desventajas:

- Dificultad de obtener un calentamiento uniforme.
- Equipos adicionales para control de temperatura.

Evaluación y selección de las alternativas

Para este módulo los criterios de evaluación serán los siguientes:

- Calentamiento uniforme de la lámina: que solución es la que puede calentar de manera más uniforme la lámina.
- Facilidad de construcción y montaje: que alternativa es la que presenta mayor facilidad de construcción y posterior montaje.
- Costos: que solución es menos costosa.
- Espacio: que alternativa ocupa menos espacio.

La ponderación de los criterios que intervienen en el módulo 3 se presenta a continuación en la Tabla 34.

Tabla N° 34: Evaluación de los criterios para el módulo 3

CRITERIO	Calentamiento de la lamina	Facilidad construcción y montaje	Costos	Espacio	$\Sigma +1$	Ponderado
Calentamiento de la lamina		0,5	1	0,5	3,00	0,25
Facilidad construcción y montaje	0,5		1	0,5	3,00	0,25
Costos	0,5	1		0,5	3,00	0,25
Espacio	0,5	0,5	1		3,00	0,25
					12,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

En las Tablas 35, 36, 37 y 38, se presenta la comparación entre criterios determinados y las soluciones del módulo 3.

Tabla N° 35: Evaluación de las soluciones respecto calentamiento de la lámina

Calentamiento de la lamina	Solución 1 (Aire)	Solución 2 (Resistencias)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Aire)		1	2,00	0,57
Solución 2 (Resistencias)	0,5		1,50	0,43
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 36: Evaluación de las soluciones respecto a la Facilidad de construcción y montaje

Facilidad construcción y montaje	Solución 1 (Aire)	Solución 2 (Resistencias)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Aire)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Resistencias)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 37: Evaluación de las soluciones respecto a Costo

Costos	Solución 1 (Aire)	Solución 2 (Resistencias)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Aire)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Resistencias)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 38: Evaluación de las soluciones respecto a espacio

Espacio	Solución 1 (Aire)	Solución 2 (Resistencias)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Aire)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Resistencias)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Las conclusiones a las cuales se llegan luego de analizar cada solución frente a cada criterio de evaluación se presentan en la Tabla 39.

Tabla N° 39: Conclusiones del módulo 3

Conclusiones	Calentamiento de la lamina	Facilidad construcción y montaje	Costos	Espacio	Σ	prioridad
Solución 1 (Aire)	0,14	0,11	0,11	0,11	0,46	2
Solución 2 (Resistencias)	0,11	0,14	0,14	0,14	0,54	1

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

De la Tabla 39 por tanto se concluye que la solución que cumple de maneras más adecuada con los criterios de evaluación es la solución 2, por tanto, la solución del módulo 3 es la utilización de un sistema de calentamiento con resistencias eléctricas.

Módulo 4: Sistema de formado

Este módulo está compuesto por cuatro funciones las cuales son:

- Asegurar el material.
- Conformar el material.
- Iniciar el mecanismo de moldeo.
- Ubicar el molde en el área de formado.

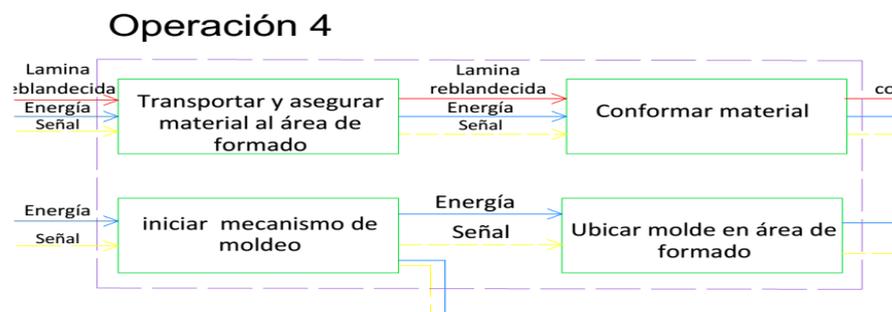


Figura N° 36: Módulo 4

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

La función global de este módulo es la conformación del material reblandecido (lámina caliente), por tanto, la solución a cada función se analizará a continuación.

Asegurar el material al área de formado

Esta función es la encargada de asegurar el material para que este pueda ser conformado, por tanto, se requiere de un sistema de marcos de aseguramiento.

Por los requisitos de la máquina se concluye que se requiere un sistema automático de aseguramiento.

Marcos de aseguramiento automático

Debido a la necesidad de tener un sistema automático que permita aumentar el volumen de producción, se plantea un sistema de marcos el cual funciona como una prensa. El marco superior se desplaza de manera axial hasta fijarse en el marco inferior fijo en el bastidor. Para conseguir esto se utilizará un sistema neumático el cual permita subir y bajar al marco superior.

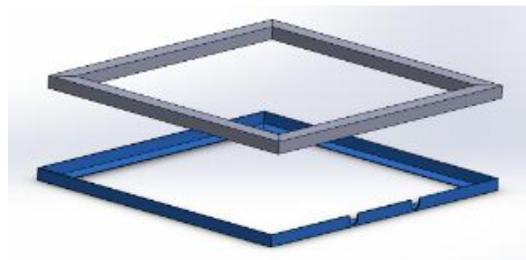


Figura N° 37: Marcos de aseguramiento automático

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Volúmenes de producción altos.
- Mayor seguridad para el operario.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Sistema costoso.
- Construcción y montaje complicados.

Iniciar mecanismo de moldeo y ubicar el molde en el área de formado

Esta función es la que inicia el proceso de moldeo, en primera activa el sistema contenedor de los moldes y en segunda ubica el molde en la posición adecuada para realizar el proceso de moldeo, para esto se requiere la activación de este sistema. Debido a las especificaciones de la máquina se concluye la utilización de un sistema de activación automática.

Activación automática

Mediante la utilización de actuadores neumáticos los cuales están conectados a válvulas solenoides permite que el sistema que da inicio al mecanismo de moldeo y ubica a los moldes correctamente este interconectado con el sistema de transporte del material, eliminando así la necesidad de operarios que realicen la activación y desactivación del mismo.

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Altos volúmenes de producción.
- Confiabilidad.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Sistema más costoso.

Conformar el material

La función de conformación del material se refiere a la función mediante la cual la materia prima luego de ser reblandecida, transportada al área de formado y asegurada empieza el proceso de tomar forma. Para poder hacer esto posible es necesario a la utilización de moldes, los cuales tienen la geometría y forma de los elementos que se requiere obtener. Para esto existen tres tipos de moldes:

- Hembra.
- Macho.
- Macho-Hembra.

Conformación mediante molde Hembra

El molde hembra se compone de una cavidad negativa, en la cual la lámina reblandecida adopta la forma ya sea por fuerza de presión o por vaciado. Este tipo de moldes transfieren al material menos características de forma del mismo. Por esta razón cuando se requiere obtener detalles complejos en la pieza conformada no se recomienda su uso.

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Facilidad extracción material.
- Fácil construcción.
- Superficies pulidas en la cara exterior.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Dificultad de obtener geometrías complejas.
- Dificultad para mantener espesores iguales.
- Dificultad de formar piezas profundas.

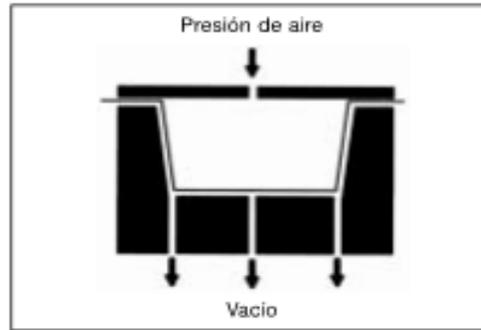


Figura N° 38: Molde hembra
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Manual Técnico de termoformado , 2009)

Conformado mediante molde macho

El molde macho se entiende como el inverso del molde hembra. La lámina se ubica sobre el molde y adquiere la forma del mismo. Estos moldes resultan más económicos y son de gran uso en la industria.

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Económico.
- Facilidad de uso.
- Permite formar piezas profundas.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Dificultad extracción pieza.

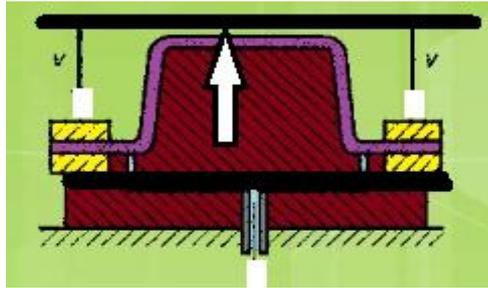


Figura N° 39: Moldes macho
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Manual Técnico de termoformado (2009)

Conformado mediante molde macho-hembra

Este sistema junta un molde hembra y un macho para formar la lámina puede utilizar también vacío o solo fuerza de presión.

Ventajas:

Entre sus ventajas se tiene:

- Permite obtener superficies de buen acabado exterior e interior.

Desventajas:

Entre las desventajas que presenta este sistema se tiene:

- Difícil alineación.
- Costo.

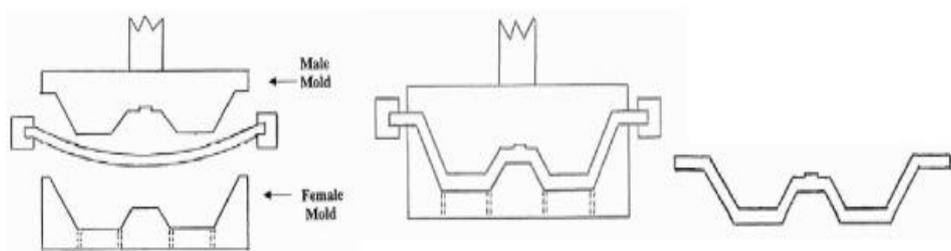


Figura N° 40: Moldes macho hembra
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (España, 2016)

Evaluación y selección de las alternativas

Luego de analizar las dos opciones se procede a realizar una evaluación de las mismas para poder seleccionar una que sea acorde a los requerimientos de diseño, por tanto, es necesario determinar en primera los criterios de evaluación. Para el módulo, los criterios de evaluación serán:

- Facilidad de extracción: que alternativa presenta mayor facilidad a la hora de retirar la lámina cuando se ha enfriado.
- Costo: cuál de las alternativas resulta más económica.
- Facilidad de montaje y alineación: que alternativa presenta mayor facilidad para su montaje y alineación.

La evaluación de criterios se realiza mediante el método de ponderados, esta se presenta en la Tabla 40.

Tabla N° 40: Evaluación de cada criterio

CRITERIO	Facilidad de extracción	Costo	Facilidad de Montaje y alineación	$\Sigma +1$	Ponderado
Facilidad de extracción		1	1	3,00	0,38
Costo	0,5		1	2,50	0,31
Facilidad de Montaje y alineación	0,5	1		2,50	0,31
				8,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

La evaluación de las soluciones respecto a cada criterio es presentada en las Tablas 41,42 y 43.

Tabla N° 41: Evaluación de las soluciones respecto a facilidad de extracción

Facilidad de extracción	Solución 1 (Hembra)	Solución 2 (Macho)	Solución 3 (macho-hembra)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Hembra)		0,5	1	2,50	0,33
Solución 2 (Macho)	1		1	3,00	0,40
Solución 3 (macho-hembra)	0,5	0,5		2,00	0,27
				7,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia**Tabla N° 42:** Evaluación de las soluciones respecto a costo

Costo	Solución 1 (Hembra)	Solución 2 (Macho)	Solución 3 (macho-hembra)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Hembra)		0,5	1	2,50	0,33
Solución 2 (Macho)	1		1	3,00	0,40
Solución 3 (macho-hembra)	0,50	0,50		2,00	0,27
				7,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

Tabla N° 43: Evaluación de las soluciones respecto a Facilidad de montaje y alineación

Facilidad de Montaje y alineación	Solución 1 (Hembra)	Solución 2 (Macho)	Solución 3 (macho-hembra)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Hembra)		0,5	1	2,50	0,33
Solución 2 (Macho)	1		1	3,00	0,40
Solución 3 (macho-hembra)	0,5	0,5		2,00	0,27
				7,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Finalmente, luego de realizar las evaluaciones de cada uno de los criterios frente a las alternativas de solución se presenta la tabla de conclusiones (Tabla 44), en la cual se determina cuál de las dos soluciones cumple de mejor manera con los criterios de evaluación propuestos.

Tabla N° 44: Conclusiones del módulo 4

Conclusiones	Facilidad de extracción	Costo	Facilidad de Montaje y alineación	Σ	prioridad
Solución 1 (Hembra)	0,13	0,10	0,10	0,33	2
Solución 2 (Macho)	0,15	0,13	0,13	0,40	1
Solución 3 (macho-hembra)	0,10	0,08	0,08	0,27	3

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

En la Tabla 44 se puede encontrar los resultados, que llevan a concluir que la solución 2 (Molde macho) es la solución o alternativa que más se ajusta a los criterios de selección.

Módulo 5: Sistema de vacío

Este módulo está compuesto por dos funciones las cuales son:

- Accionar sistema de vacío.
- Desactivar sistema de vacío.

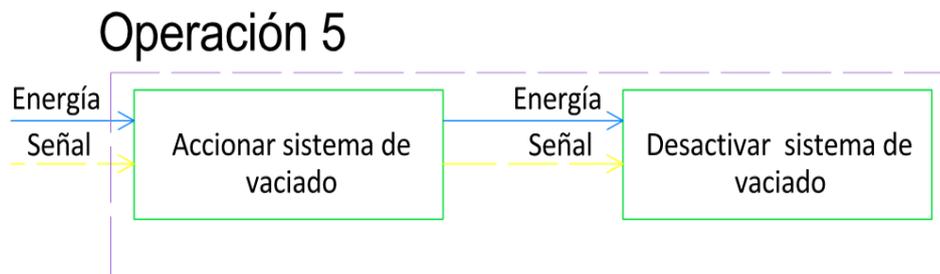


Figura N° 41: Módulo 5
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Estas dos funciones se agrupan en una sola la cual puede entenderse como la activación del sistema de vacío; este podrá realizarse mediante un activador automático que se inicie al iniciarse el sistema de moldeo.

Para esto se plantea la utilización de un contactor el cual permitirá que el sistema pueda tener una activación y desactivación automática dependiendo de las necesidades del mismo.

El sistema de vacío va a generar el vacío mediante la utilización de una bomba de vacío, que va a tener la función de crear una presión de vacío al momento del moldeo, haciendo que el material reblandecido pueda adoptar completamente la forma de los moldes.

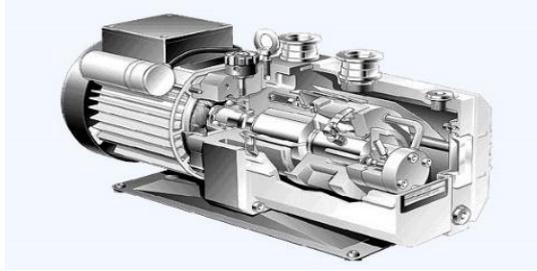


Figura N° 42: Bomba de vacío
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (<http://www.ultrafriolab.com.ar/bombasaltovacio.php>, s.f.)

Módulo 6: Sistema de enfriamiento

Este módulo está compuesto por dos funciones las cuales son:

- Enfriar el material.
- Activar el mecanismo de enfriamiento.

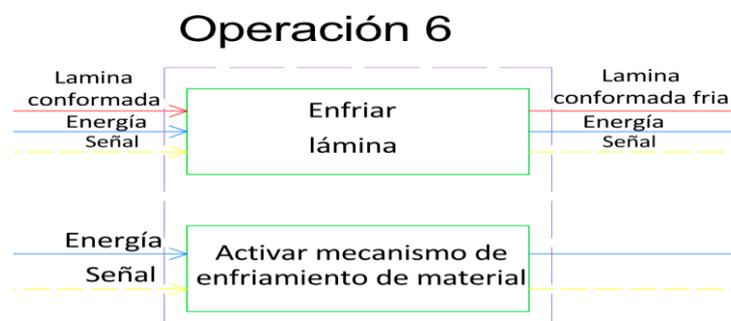


Figura N° 43: Módulo 6
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

La función general de este módulo es la de enfriar el material una vez que ha sido conformado en caliente, para esto se analizará cada función:

Enfriar el material

El enfriamiento de la pieza luego de ser termoformada es un proceso muy importante, en algunos casos toma demasiado tiempo, es por eso que es necesario analizar y seleccionar un método de enfriamiento adecuado.

Lo más común es utilizar ventiladores eléctricos para enfriar la pieza; este método tiene la ventaja de que la pieza puede ser enfriada en el molde, la desventaja es que la corriente de aire no será suficiente para enfriar el molde en cada ciclo con lo cual éste se excederá de calor, interfiriendo con el ciclo normal de calentamiento. Para realizar este proceso se pueden optar por utilizar dos alternativas de ventiladores:

- Ventiladores Axiales.
- Ventiladores Centrífugos.

Enfriamiento mediante ventiladores axiales

Un ventilador axial se caracteriza por que el flujo se realiza en la dirección del eje (Figura 44). Se utilizan para grandes cantidades de aire en espacios abiertos.

Ventajas:

- Pequeños tamaños.
- Livianos.

Desventajas:

- Ruidoso.

Su aplicación principal está en la ventilación en general, pueden inyectar o extraer aire.



Figura N° 44: Ventilador axial

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (<http://www.ultrafriolab.com.ar/bombasaltovacio.php>, s.f.)

Enfriamiento mediante ventiladores centrífugos

Este tipo de ventiladores cambian la dirección del flujo de aire, ya que el ingreso es de manera paralela al eje, pero su salida se produce en dirección perpendicular al mismo. Su presión de trabajo es mayor.

Principalmente se utilizan en ventilación focalizada, permitiendo dirigir el flujo de manera directa sobre un área específica.

Ventajas:

- Flujo localizado.
- Grandes caudales.

Desventajas:

- Ruidoso.
- Grandes tamaños.



Figura N° 45: Ventilador centrífugo

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (<http://www.directindustry.es/prod/ebmpapst/product-66514-1299077.html>, s.f.)

Evaluación y selección de las alternativas

Luego de analizar las dos opciones se procede a realizar una evaluación de las mismas para poder seleccionar una que sea acorde a los requerimientos de diseño,

por tanto, es necesario determinar en primera los criterios de evaluación. Para el módulo, los criterios de evaluación serán:

- Caudal: que alternativa puede manejar mayores caudales.
- Costo: cuál de las alternativas resulta más económica
- Facilidad de Montaje: que alternativa presenta mayor facilidad para su montaje

La evaluación de criterios se realiza mediante el método de ponderados, esta se presenta en la Tabla 45.

Tabla N° 45: Evaluación de cada criterio

CRITERIO	Caudal	Costo	Facilidad de Montaje	$\Sigma +1$	Ponderado
Caudal		1	1	3,00	0,43
Costo	0,5		0,5	2,00	0,29
Facilidad de Montaje	0,5	0,5		2,00	0,29
				7,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

La evaluación de las soluciones respecto a cada criterio es presentada en las Tablas 46,47 y 48.

Tabla N° 46: Evaluación de las soluciones respecto a caudal

Caudal	Solución 1 (Axial)	Solución 2 (Centrifugo)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Axial)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Centrifugo)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 47: Evaluación de las soluciones respecto a costo

Costo	Solución 1 (Axial)	Solución 2 (Centrifugo)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Axial)		1	2,00	0,50
Solución 2 (Centrifugo)	1		2,00	0,50
			4,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia**Tabla N° 48:** Evaluación de las soluciones respecto a Facilidad de montaje y alineación

Facilidad de Montaje	Solución 1 (Axial)	Solución 2 (Centrifugo)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Axial)		1	2,00	0,50
Solución 2 (Centrifugo)	1		2,00	0,50
			4,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

Finalmente, luego de realizar las evaluaciones de cada uno de los criterios frente a las alternativas de solución se presenta la tabla de conclusiones (tabla 43), en la cual se determina cuál de las dos soluciones cumple de mejor manera con los criterios de evaluación propuestos.

Tabla N° 49: Conclusiones del módulo 6 función 1

Conclusiones	Caudal	Costo	Facilidad de Montaje	Σ	prioridad
Solución 1 (Axial)	0,18	0,14	0,14	0,47	2
Solución 2 (Centrifugo)	0,24	0,14	0,14	0,53	1

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

En la Tabla 49 se puede encontrar los resultados, que llevan a concluir que la solución 2 (enfriamiento mediante ventilador centrífugo) es la solución o alternativa que más se ajusta a los criterios de selección.

Activar el mecanismo de enfriamiento

El mecanismo de enfriamiento se inicia con un activador automático el cual debe estar sincronizado con el sistema de conformado del material. Para esto se utilizará un control automático que permita activar y desactivar el ventilador de enfriamiento.

Módulo 7: Sistema de corte

Este módulo está compuesto por dos funciones las cuales son:

- Cortar la lamian conformada.
- Activar el mecanismo de corte.

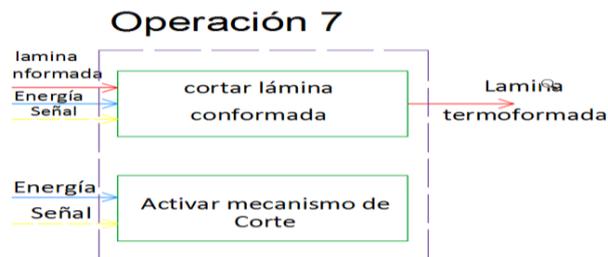


Figura N° 46: Módulo 7
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

La función general de este módulo es cortar la lámina una vez que ha sido conformada, para poder concluir el proceso de termoformado para esto se analizara cada función:

Cortar la lámina

El proceso de cortado solo servirá para separar la lámina conformada del resto de material que la une a la bobina del mismo. Las piezas formadas no se van a

retirar en este proceso, por ende, solo se necesita un corte el cual se va a realizar con una cuchilla que permita realizar esta separación. Este sistema de corte deberá estar ubicado a la salida del área de formado, para permitir la separación de las piezas que ya han sido trabajadas.

Para esto es posible plantear dos soluciones:

- Cuchilla rotatoria
- Cuchilla de Cizalladora

Corte por cizalladora

El corte por cizalladora se realiza mediante la utilización de una cuchilla que realiza su movimiento en forma vertical, cortando el material al contacto, requiere de una fuerza vertical para realizar el corte.

Ventajas:

- Corte preciso
- Corte en un solo paso

Desventajas:

- Requiere mecanismo de activación
- Ocupa bastante espacio
- Costosa



Figura N° 47: Cuchillas

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (<http://www.ggm.es/tienda/ferreteria/1194-cuchilla-recambio-cutter-61-mm-10-uds-blister-stanley.html>, s.f.)

Corte por cuchilla rotatoria

La cuchilla rotatoria es un instrumento que puede rodar sobre una superficie determinada, realizando corte al contacto con el material específico (lámina), teniendo que recorrer de manera transversal (ancho) la longitud de la lámina.

Ventajas:

- Corte preciso.
- Ocupa espacios pequeños.
- Bajo costo

Desventajas:

- Requiere recorrer el ancho de la lámina.

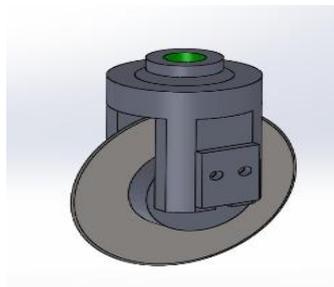


Figura N° 48: Cuchilla rotatoria
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Evaluación y selección de las alternativas

Luego de analizar las dos opciones se procede a realizar una evaluación de las mismas para poder seleccionar una que sea acorde a los requerimientos de diseño, por tanto, es necesario determinar en primera los criterios de evaluación. Para el módulo, los criterios de evaluación serán:

- Espacio: que alternativa ocupa el menor espacio.
- Costo: cuál de las alternativas resulta más económica

- Facilidad de montaje: que alternativa presenta mayor facilidad para su montaje

La evaluación de criterios se realiza mediante el método de ponderados, esta se presenta en la Tabla 50.

Tabla N° 50: Evaluación de cada criterio

CRITERIO	Espacio	Costo	Facilidad de Montaje	$\Sigma +1$	Ponderado
Espacio		1	1	3,00	0,38
Costo	0,5		0,5	2,00	0,25
Facilidad de Montaje	1	1		3,00	0,38
				8,00	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

La evaluación de las soluciones respecto a cada criterio es presentada en las Tablas 51,52 y 53.

Tabla N° 51: Evaluación de las soluciones respecto a espacio

Espacio	Solución 1 (Cizalladora)	Solución 2 (Rotatoria)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Cizalladora)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Rotatoria)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 52: Evaluación de las soluciones respecto a costo

Costo	Solución 1 (Cizalladora)	Solución 2 (Rotatoria)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Cizalladora)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Rotatoria)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia**Tabla N° 53:** Evaluación de las soluciones respecto a facilidad de montaje y alineación

Facilidad de Montaje	Solución 1 (Cizalladora)	Solución 2 (Rotatoria)	$\Sigma +1$	Ponderado
Solución 1 (Cizalladora)		0,5	1,50	0,43
Solución 2 (Rotatoria)	1		2,00	0,57
			3,50	1,00

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

Finalmente, luego de realizar las evaluaciones de cada uno de los criterios frente a las alternativas de solución se presenta la Tabla 54, en esta se determina cuál de las dos soluciones cumple de mejor manera con los criterios de evaluación propuestos.

Tabla N° 54: Conclusiones del módulo 7 función 1

Conclusiones	Espacio	Costo	Facilidad de Montaje	Σ	prioridad
Solución 1 (Cizalladora)	0,16	0,11	0,16	0,43	2
Solución 2 (Rotatoria)	0,21	0,14	0,21	0,57	1

Elaborado por: Alex Moya**Fuente:** Propia

En la Tabla 54 se puede encontrar los resultados, que llevan a concluir que la solución 2 (Corte mediante cuchilla rotatoria) es la solución o alternativa que más se ajusta a los criterios de selección.

Activar el mecanismo de corte

El mecanismo de corte puede ser de activación manual o automática, debido a los requerimientos del cliente este proceso debe ser automático. Luego de concluir que este será por cuchilla rotatoria, se plantea entonces que este se una al sistema del horno, lo cual le permitirá cortar transversalmente el material una vez haya sido termoformado.

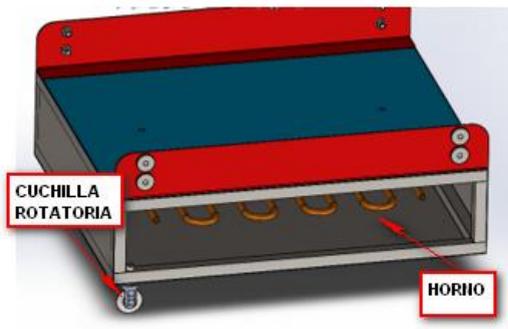


Figura N° 49: Anclaje cuchilla rotatoria al horno
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

CÁLCULOS

Se realizó el cálculo de algunas partes de la máquina señaladas en la siguiente figura.

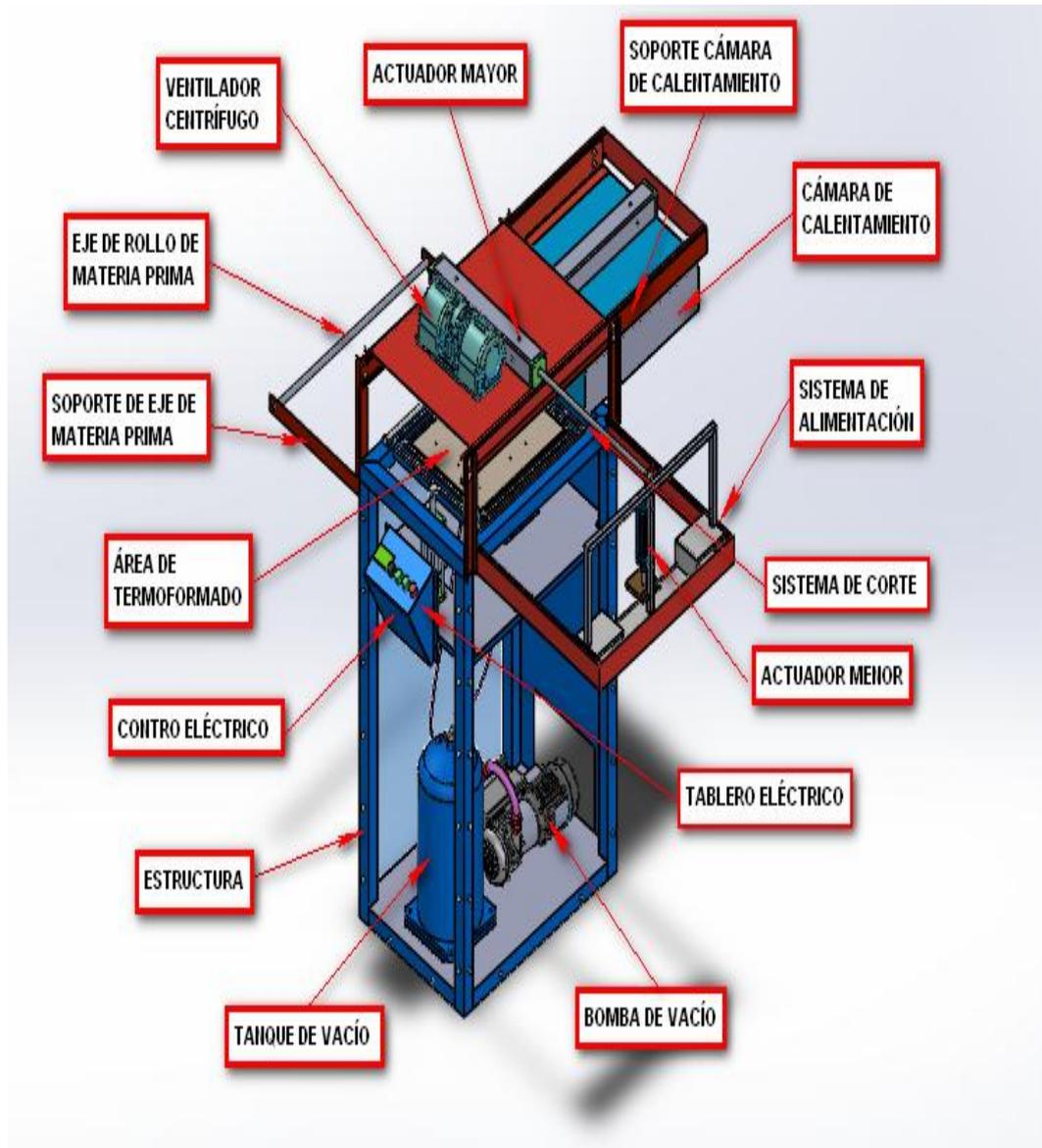


Figura N° 50: Diagrama de la máquina termoformadora automática

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Módulo 1: Sistema de alimentación de la máquina

Cálculo de eje del rollo de materia prima

Para un peso de 50 Kg del rollo de alimentación de la materia prima, se realizó los cálculos de los esfuerzos al que estará sometido el elemento, para esto se utilizó las siguientes ecuaciones.

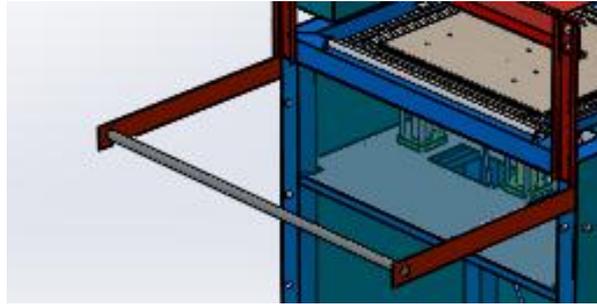


Figura N° 51: Eje que soporta el rollo de materia prima

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

$$\sigma_x = \frac{M_x \frac{d}{2}}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (\text{Ec.6})$$

$$\tau_{xy} = \frac{T \frac{d}{2}}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

σ_x = Tensión de flexión esfuerzo normal según la dirección x

τ_{xy} = Tensión de torsión esfuerzo tangencial en el plano xy

M = Momento flector en la sección crítica

I = Moment de inercia transversal del eje = $\frac{\pi \cdot d^4}{64}$

T = Momento torsor en la sección crítica.

$$J = \text{Momento de inercia polar del eje} = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

$d = \text{Diámetro del eje}$

Cálculo de la tensión cortante máxima

Se realizó el cálculo de la tensión al cortante máximo, con las siguientes ecuaciones.

$$\tau_{max} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2} + \tau_{xy}^2} \quad (\text{Ec.8})$$

$$d = \frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

$$S_{sy} = \frac{S_y}{2}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}}$$

Datos:

Para el diseño del eje se utilizó el siguiente material AISI 1020 que presenta un límite de la fluencia S_y .

Acero para eje:

Descripción: El acero AISI 1020 es un acero muy utilizado para ejes ya que tiene alta resistencia a la torsión y es muy comercializado en el país.

Propiedades del Acero AISI 1020

Descripción:

$$S_y = 294.74 \text{ MPa}$$

$n =$ factor de seguridad para corte $=2.2$

Según (SHIGLEY, 1990), “el factor de seguridad a esfuerzos cortantes debe ser mayor a 2,2.”

Para una carga de 50 Kg esto se calculó de acuerdo al peso del rollo de materia prima, posteriormente se calculó de los diagramas, donde se determinará el momento máximo de diseño.

Estos diagramas se realizaron en el Software MDSolids versión 3.5

Carga distribuida de 490 N

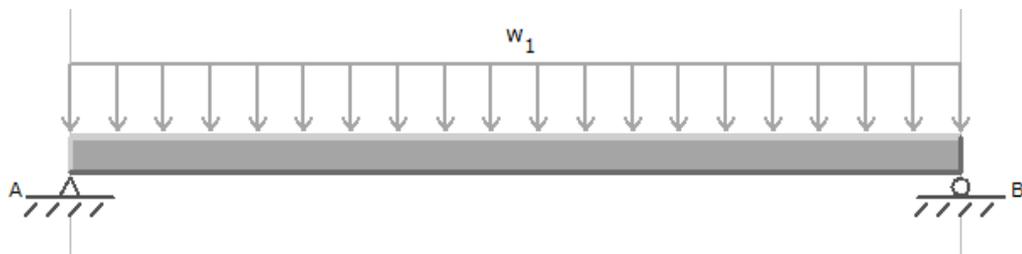


Figura N° 52: Eje que soporta el rollo de materia prima

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Solid Works

Diagrama de fuerza cortante

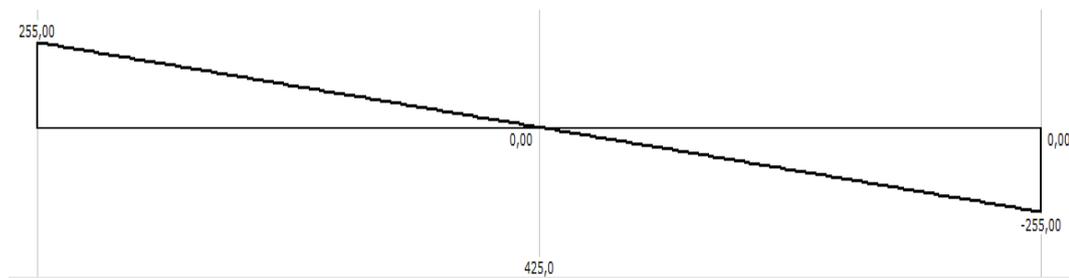


Figura N° 53: Diagrama de fuerza cortante

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Solid Works

Diagrama de momento

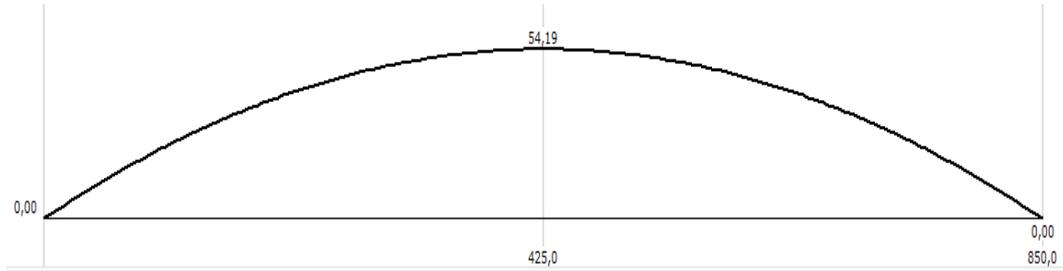


Figura N° 54: Diagrama de momento

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Solid Works

El diagrama de momento flector determina un momento de diseño de 54,19 Nm, con el cual se determinará el diámetro del eje.

$$M = 54.19 \text{ Nm}$$

$$n = 2.2$$

$$S_y = 294.74 \text{ MPa} = 294740000 \text{ Pa}$$

$$d = \frac{32 \cdot n}{\pi \cdot S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \quad (\text{Ec.10})$$

Para el cálculo del diámetro del eje se calculó el momento de torsión, para esto se ha asumido que el rollo se va a desenrollar con una fuerza máxima de F igual a 10 N este es un valor referencial que equivale a desenrollar la materia prima experimentalmente esto se realizó con un dinamómetro, y el diámetro del rollo de materia prima tiene como máximo de 1 m, la fórmula para el cálculo del momento T es igual a:

$$T = F * r \quad (\text{Ec.11})$$

$$T = 10 * 0.5 = 5 \text{ Nm} \quad (\text{Ec.12})$$

Entonces:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 2.2}{\pi * 294740000} * (54.19^2 + 5^2)^{1/2}}$$

$$d = 0.016 \text{ m}$$

Se ha calculado un diámetro de 16mm con un acero AISI 1020 el cual de acuerdo al diseño posee un factor de seguridad 2,2.

Módulo 2: Sistema de sujeción y transporte de material

Cálculo de viga a cantiléver de soporte del eje de materia prima



Figura N° 55: Viga cantiléver

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Solid Works

Se definió el tipo de material con el que se va a construir el soporte, se utilizará un acero A-36 que presenta un límite a la fluencia S_y .

Acero A-36

Descripción: El acero A-36 se escogió para el diseño ya que tiene una alta soldabilidad, es económico y es uno de los aceros más comercializadas en el país.

$$S_y = 550 \text{ MPa}$$

Con una carga puntual de 25 Kg que resulta de dividir para 2 el peso total del rollo de la materia prima, se realizó el cálculo de esfuerzo de tensión de la viga.

$$\sigma_x = \frac{M_x c}{I} = \frac{12 M c}{b h^3}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

Sección transversal

La sección transversal de la viga es rectangular con las siguientes medidas, indicada en la siguiente figura.

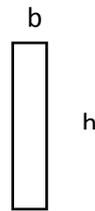


Figura N° 56: Sección transversal
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

Para 25 kg que se encuentra la carga en el soporte del rollo de la materia prima, presenta los siguientes diagramas donde determinaremos el momento de diseño.

Estos diagramas se realizaron en el Software MDSolids versión 3.5.

Diagrama cortante

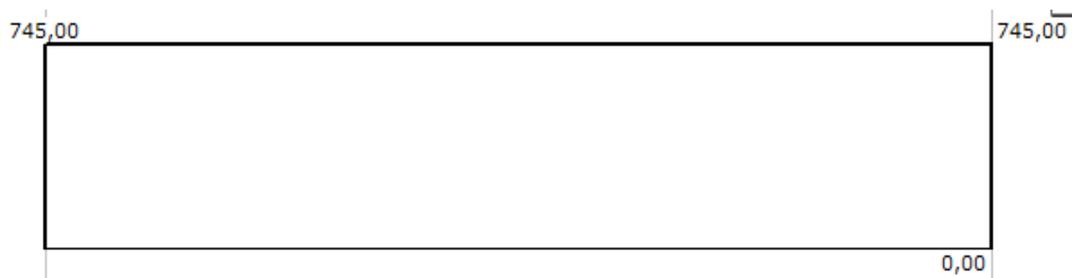


Figura N° 57: Diagrama cortante
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

Diagrama momento flector

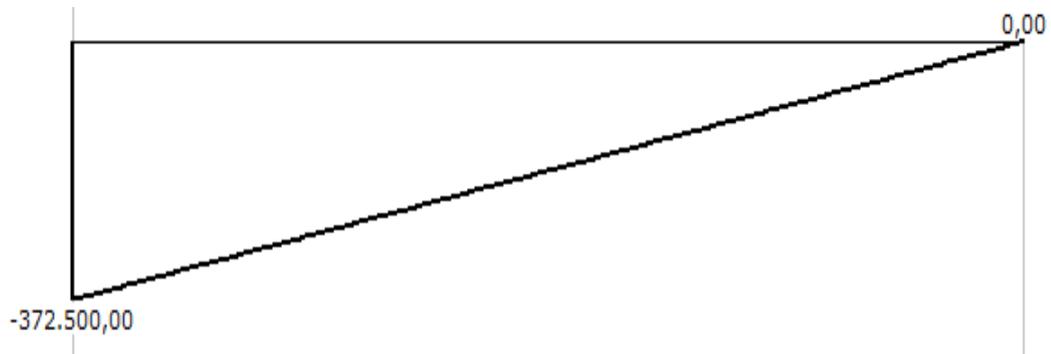


Figura N° 58: Diagrama momento flector
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

El diagrama del momento flector muestra que el momento máximo para el diseño de la viga será de 372.5 Nm

$$M = 372.5 \text{ Nm}$$

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

Entonces:

$$\sigma_x = \frac{12Mc}{bh^3}$$

$$\sigma_x = \frac{12 * 372.5 * 0.025}{0.002 * 0.050^3}$$

$$\sigma_x = 147 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{550}{147} = 3.7 \quad (\text{Ec.13})$$

El soporte donde ira apoyado la materia prima tendrá de material un acero A-36 y de perfil rectangular, se aprueba el diseño ya que presenta un factor de seguridad de 3,7.

Módulo 3: Sistema de calentamiento

Dimensionamiento del sistema de calentamiento

El objetivo principal del sistema de calentamiento es obtener la temperatura optima de conformado para el material escogido, esta máquina utilizará como materia prima lamina de PVC.

En la Figura 59 se observa un esquema básico del funcionamiento del sistema de calentamiento de un termoformadora.

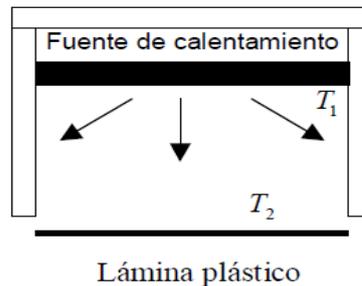


Figura N° 59: Sistema de calentamiento
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Jurado (2005)

Tipo de lámina

El material utilizado para el protocolo de pruebas de la máquina son láminas de PVC, las propiedades del material para los cálculos se tomarán de la Tabla 55.

Tabla N° 55: Propiedades de algunos termoplásticos

Termoplásticos	Cp (J/Kg. K)	Temperatura óptima de termoformado	Densidad (g/cm ³)	Emisividad
Poliestireno	1200	428	1.05	0.9
Polietileno alta densidad	1900	441	0.95	0.9
Polietileno baja densidad	1900	430	0.92	0.9
Polipropileno	1800	446	0.9	0.9
ABS	1400	438	1.05	0.9
PVC	1256	433	1.58	0.9
PET	1275	433	1.35	0.9
Policarbonato	1200	508	1.2	0.9

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (Jurado, 2005)

Área del calentador

El área del calentador está definida por el área de la lámina que se va a conformar, para este caso la lámina tendrá las dimensiones de 400 x 510 mm, una recomendación que hacen los fabricantes es dejar un espacio libre de 50mm en cada dimensión de la lámina.

$$y = 400mm$$
$$xl = 510 mm$$

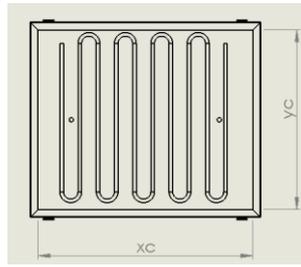


Figura N° 60: Medidas de la lámina PVC para termoformar

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Con las dimensiones de la lámina se obtuvo las medidas del calentador.



$$x_c = 560\text{mm}$$

$$y_c = 450\text{mm}$$

Figura N° 61: Medidas de la cámara de calefacción

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Cálculo de la potencia de la resistencia eléctrica para la cámara de calentamiento

Para el cálculo de la potencia requerida para llegar a la temperatura de conformado se utilizará la siguiente ecuación tomado del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith.

$$Q_{1 \rightarrow 2} = A_1 f_{1-2} \sigma T_1^4 - T_2^4 = (\text{ecuación de radiación}) \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

$A_1 f_{1-2}$ = Conductancia del circuito equivalente

$$\sigma = \text{Constante de Stefan - Boltzman} = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

T_1 = Temperatura del calentador

$$T_2 = \text{Temperatura promedio de lámina} = \frac{T_{final} + T_{inicial}}{2}$$

La conductancia del circuito se resolvió de la siguiente manera:

$$A_1 f_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{A_1} \frac{1}{\epsilon_1} - 1 + \frac{1}{A_2} \frac{1}{\epsilon_2} - 1 + \frac{1}{A_1 f_{1-2} + \frac{1}{\frac{1}{f_{1-R}} + \frac{A_2}{A_2 f_{2-R}}}}} \quad (\text{Ec.15})$$

Donde

$\epsilon_1 =$ Emisividad de las resistencias = 0.7

$\epsilon_2 =$ Emisividad de la lámina

$A_1 =$ Área del calentador

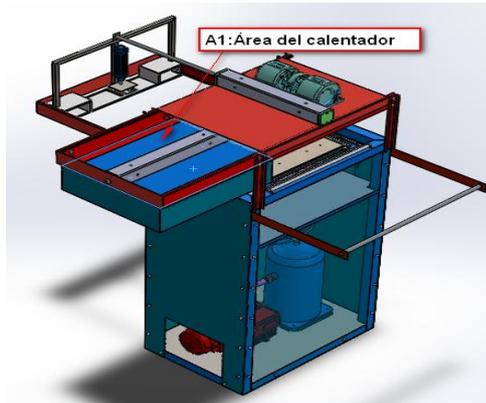


Figura N° 62: Área 1 del calentador
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

$A_1 =$ Área de la lámina

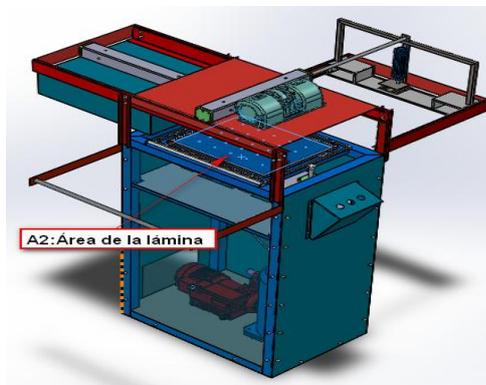


Figura N° 63: Área 2 del calentador
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

f_{1-2} = factor de vision entre las resistencias de la lámina

f_{1-R} = factor de visión entre las resistencias y la superficie rerradiante

f_{2-R} = factor de visión entre la lámina y la superficie rerradiante

Para el cálculo de los factores de visión se utilizarán las siguientes gráficas.

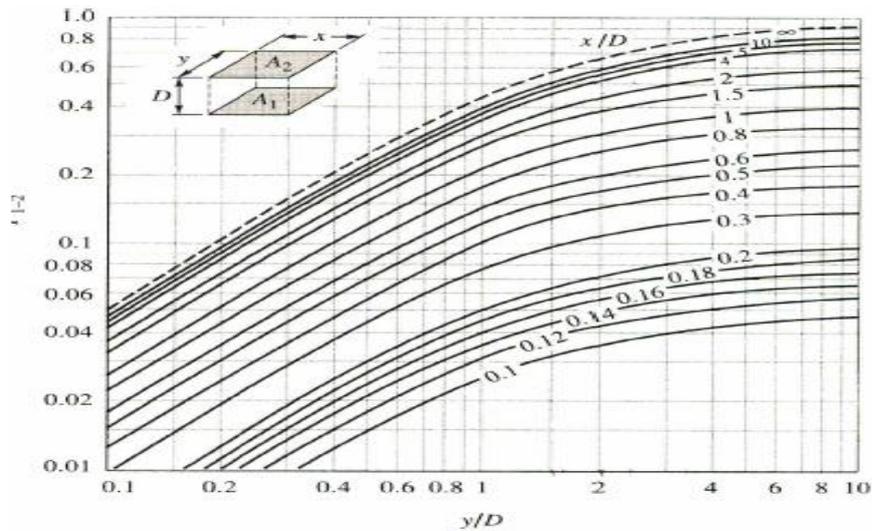


Figura N° 64: Factor de forma de rectángulo directamente opuesto
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Tomada del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith)

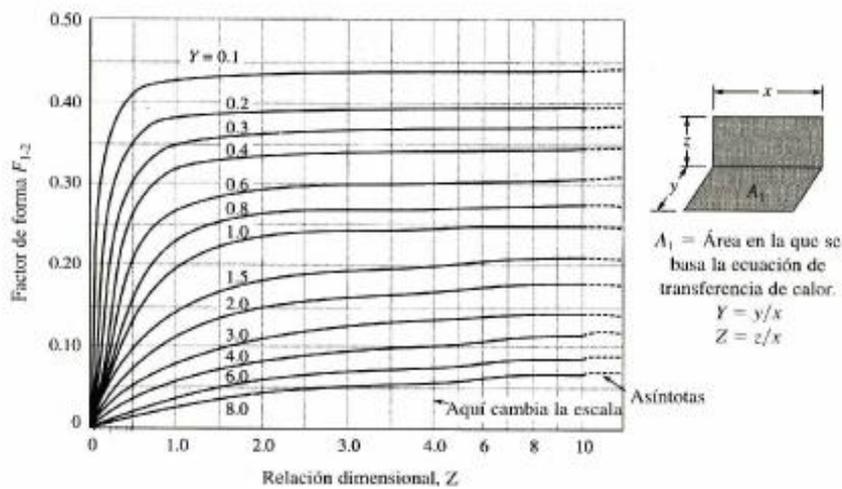


Figura N° 65: Factor de forma de rectángulos adyacentes en planos perpendiculares que comparte un borde común.
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Tomada del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith)

Los cálculos se realizaran de acuerdo a las siguientes tablas donde se indicó las propiedades del PVC.

Tabla N° 56: Propiedades del material PVC

PVC	
Cp=[J/Kg*K]	1.256,00
densidad= [gr/cm ³]	1,58
Volumen= [cm ³]	204,00
Masa= [Kg]	0,32

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Libro de Principios de transferencia de calor. Kreith

Para el cálculo del problema a resolverse se tomará en cuenta los siguientes datos.

Tabla N° 57: Datos del calentador, propiedades del material PVC

DATOS			
ΔT [°K]	135,00		
t [s]	13	σ [$\frac{W}{m^2 K^4}$]	5,67E-08
xc=[m]	0,56	ϵ 1=	0,7
yc=[m]	0,45	ϵ 2=	0,9
xl=[m]	0,51	A1[m ²]= Calentador	0,252
yl=[m]	0,40	A2[m ²]= Lamina	0,204
TEMPERATURA DE TERMOFORMADO [°K]		433	
TEMPERATURA AMBIENTE		298	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia y datos tomados del libro de Principios de transferencia de calor. Kreith

Para el dimensionamiento de la resistencia eléctrica se tomará en cuenta varios factores como por ejemplo el tiempo de conformado y la potencia neta que se necesita para llegar a las condiciones óptimas de conformado, para esto se

realizará una tabla de cálculos teóricos que nos ayudarán a determinar las dimensiones adecuadas del sistema de calentamiento. Para esto se realizó un ejemplo de cálculo.

$$A_1 f_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{0.252} \frac{1}{0.7} - 1 + \frac{1}{0.204} \frac{1}{0.9} - 1 + \frac{1}{0.252 \cdot 0.20 + \frac{1}{\frac{1}{0.23} + \frac{0.204}{0.204 * 0.23}}}}$$

$$A_1 f_{1-2} = 0.38$$

Luego se procedió a calcular el flujo de calor por radiación que es igual a

$$Q_{1 \rightarrow 2} = 0.252 * 0.38 * 5.6 * 10^{-8} (433^4 - 298^4) = 584.4 \text{ W}$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = 584.4 \text{ W}$$

Luego se procedió hacer una iteración cambiando los datos de D que es la distancia que se encuentra el calentador con la plancha de PVC, como se indica en figura 44, para esto se tomaron los diferentes valores de factor de visión de f_{1-2} , f_{1-R} y f_{2-R} de las siguientes gráficas y finalmente después de realizar el cálculo para varios valores de D se determinó el valor de 0.10 m ya que presenta el mayor valor de calor transmitido.

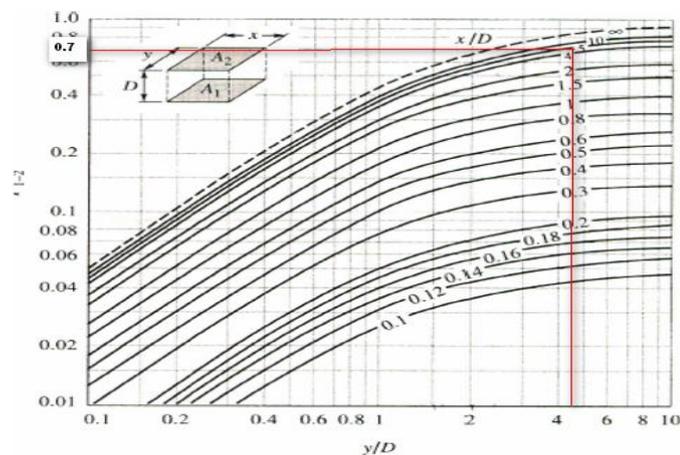


Figura N° 66: Factor de forma de rectángulo directamente opuesto

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (Tomada del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith)

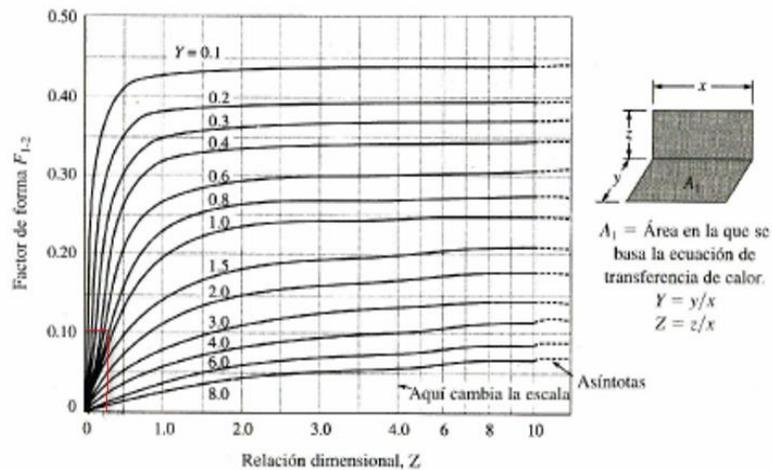


Figura N° 67: Factor de forma de rectángulos adyacentes en planos perpendiculares que comparte un borde común
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Tomada del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith)

Tabla N° 58: Datos de iteración variando datos de D

D[m]	xc/D	yc/D	Y Z		f1-R	f2-R	f1-2	Atf1-2	Q1-2[W]
			yl/xl	D/xl					
0,50	1,12	0,90	0,78	0,98	0,23	0,23	0,20	0,38	584,40
0,40	1,40	1,13	0,78	0,78	0,21	0,21	0,30	0,38	592,80
0,30	1,87	1,50	0,78	0,59	0,16	0,16	0,40	0,40	613,12
0,20	2,80	2,25	0,78	0,39	0,13	0,13	0,50	0,40	626,00
0,10	5,60	4,50	0,78	0,20	0,10	0,10	0,70	0,41	639,50

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Factores de visión

Se escogió la distancia de 10 cm entre la fuente de calor y la lámina a conformar, por ser este el de mayor transferencia de calor, con esto realizaremos el cálculo transitorio de acuerdo al diagrama siguiente.

Ya teniendo calculado el flujo de calor por radiación se realizó una igualación de energías como se indica.

$$Q_{convección} = \frac{C_p m (T_{i+1} - T_i)}{\Delta t} \quad (\text{Ec.16})$$

$$Q_{convección} = Q_{1 \rightarrow 2}$$

$$\frac{C_p m T_{i+1} - T_i}{\Delta t} = A_1 f_{1-2} \sigma T_1^4 - T_2^4$$

Se realizará un cálculo con iteraciones para determinar el tiempo de calentamiento óptimo para el termoformado de PVC, se realizará un ejemplo de cálculo para determinar T_{i+1} .

$$\frac{C_p m T_{i+1} - T_i}{\Delta t} = 639.5 W \quad (\text{Ec.17})$$

$$T_{i+1} = \frac{639.5 \Delta t}{C_p m} + T_i$$

$$T_{i+1} = \frac{639.5 * 1}{1256 * 0.32} + 298$$

$$T_{i+1} = 299.58^\circ K$$

Se realizó las iteraciones necesarias hasta llegar al tiempo óptimo de calentamiento para llegar a la temperatura de conformado, indicado en la tabla 59.

Tabla N° 59: Cálculo transitorio del sistema de calentamiento

t [s]	T _i	T _{i+1}
1	298,00	299,58
2	299,58	302,74
3	302,74	307,48
4	307,48	313,80
5	313,80	321,69
6	321,69	331,17
7	331,17	342,23
8	342,23	354,87
9	354,87	369,08
10	369,08	384,88
11	384,88	402,26
12	402,26	421,21
13	421,21	441,75

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Se realizó varias veces el cálculo de las temperaturas con un intervalo de tiempo de 1s es decir se calculó 13 veces una temperatura tras de otra hasta obtener la temperatura de conformado deseada, se obtuvo en conclusión que el tiempo necesario para llegar a la temperatura de conformado del material que es 433 °K es de 13 s se demuestra de acuerdo a la siguiente tabla.

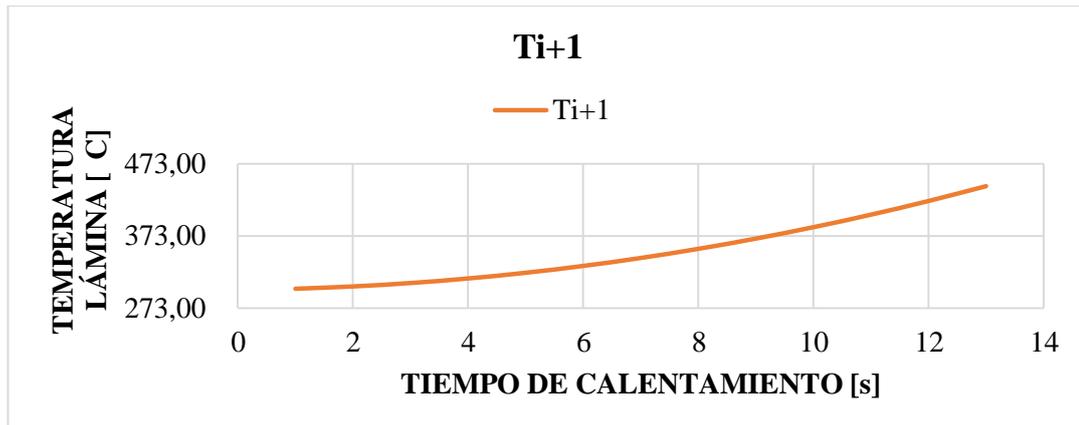


Figura N° 68: Aumento de la temperatura de la lámina en 13 segundos

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Para el aislamiento de la cámara de calentamiento se utilizará lana de roca, con un recubrimiento de 50 mm a cada lado es decir el sistema de calentamiento tendrá un área total de:

Se determinó el espesor de 50 mm según el siguiente cálculo:

Coefficiente de conductividad térmica: 0,034 a 0,041 W/(m·K). Según EN 13162, 0,035 a 0,05.

$$k = 0.041 \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \quad (\text{Ec.18})$$

Se calculó mediante la fórmula de conducción según Transferencia de calor. Kreith.

$$Q_{total} = 640 W$$

La pérdida de calor para que en la parte exterior de la cámara de calentamiento esté en condiciones ambientales es igual a.

$$Q_{\text{pérdida de calor por convección}} = k \cdot l \cdot T_1 - T_2$$

Donde:

T_1 = Temperatura al interior de la cámara de calentamiento

T_2 = Temperatura al exterior de la cámara de calentamiento

l = ancho de la pared igual a 50 mm

Entonces:

$$639.5 \text{ W} = 0.041 \cdot 0.05 \cdot 497 - T_2$$

$$-T_2 = \frac{639.5}{0.0017} - 497^\circ\text{K} \quad (\text{Ec.19})$$

$$T_2 = -372^\circ\text{K}$$

Este valor es aproximado al cero absoluto en realidad es teórico y lo que representa es que el aislante es suficiente para que el calor no salga a la superficie y se mantenga en la temperatura ambiental.

ancho: 610 mm

largo: 500 mm

altura: 150 mm

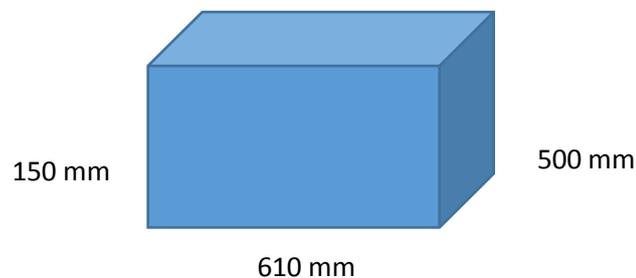


Figura N° 69: Medidas de la cámara de calefacción incluida la lana de roca

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Cálculo de la resistencia eléctrica

Para el cálculo de la intensidad eléctrica se tomó la siguiente ecuación.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\phi \quad (\text{Ec.20})$$

Donde:

ϕ : en un sistema equilibrado las tensiones están adelantados un ángulo de 30°

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos 30^\circ} \quad (\text{Ec.21})$$

$$P = 639.5 [W]$$

$$V = 220[V]$$

$$I = 2.13 [A]$$

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$R = 140.95 [\Omega]$$

$$L_{\text{Longitud total de la resistencia}} = 4.806 [m]$$

Se determinó de acuerdo al espacio disponible en la cámara de calentamiento.

$$\phi = 8mm$$

Se determinó de acuerdo a lo disponible en los proveedores de resistencias eléctricas en el país.

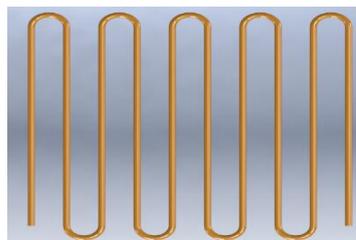


Figura N° 70: Forma de la resistencia eléctrica a utilizar

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Cálculo de la viga de soporte de la cámara de calentamiento

Para el cálculo del soporte de la cámara de calentamiento se definió el tipo de material con el que se va a construir el soporte, se utilizará un acero A-36 que presenta un límite a la fluencia S_y .

Acero A-36

Descripción: El acero A-36 se escogió para el diseño ya que tiene una alta soldabilidad, es económico y es uno de los aceros más comercializadas en el país

$$S_y = 550 \text{ MPa}$$

Con una carga puntual de 15 Kg del peso de la cámara de calentamiento se realizó el cálculo de esfuerzo de tensión de la viga.

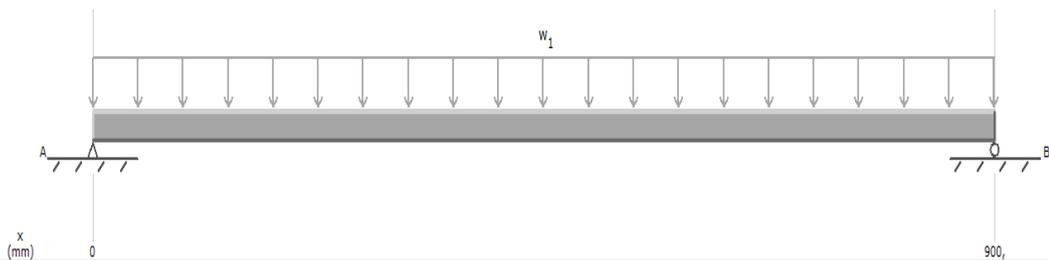


Figura N° 71: Material que soporta la cámara de calentamiento

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Solid Works

$$\sigma_x = \frac{M_x c}{I} = \frac{12 M c}{b h^3}$$
$$= \frac{h}{2}$$

Sección transversal

La sección transversal de la viga es rectangular con las siguientes medidas, indicada en la siguiente figura.



Figura N° 72: Sección transversal que soporta cámara de calentamiento
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

Para 15 kg que soporta la viga, presenta los siguientes diagramas donde se determinó el momento de diseño.

Estos diagramas se realizaron en el Software MDSolids versión 3.5.

Diagrama cortante

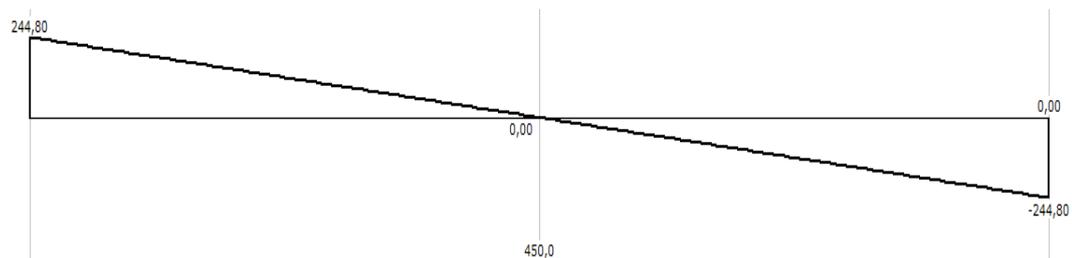


Figura N° 73: Diagrama cortante
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

Diagrama momento flector

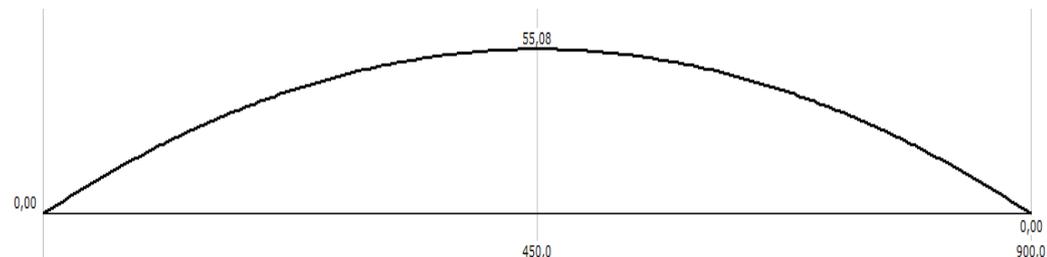


Figura N° 74: Diagrama momento flector
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Solid Works

El diagrama del momento flector muestra que el momento máximo para el diseño de la viga será de 55,08 Nm

$$M = 55,08 \text{ Nm}$$

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

Entonces:

$$\sigma_x = \frac{12Mc}{bh^3}$$

$$\sigma_x = \frac{12 * 55,8 * 0,025}{0,002 * 0,050^3}$$

$$\sigma_x = 66,09 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{550}{66,09} = 8,3$$

El soporte donde ira apoyado la cámara de calentamiento tendrá de material un acero A-36 y de perfil rectangular, se aprueba el diseño ya que presenta un factor de seguridad de 8,3.

Módulo 4: Sistema de formado

Sistema neumático del sistema de termoformado

En el diseño del sistema neumático se utilizó los componentes de la tabla 60.

Tabla N° 60: Componentes del sistema neumático a utilizar en la máquina

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD
Bomba de vacío	PCE-IBERICA-R300, 600mmHg	1
Tanque de vacío	PCE-IBERICA,0,12612 m ³	1
Actuador neumático	FESTO, d=50mm, c=100mm	4
Actuador neumático	FESTO, d=50mm, c=900mm	2
Compresor	CAMPBELL HAUSFELD, 2HP	1
Fuente de tensión (24V)	FESTO	1
Interruptor (Obturador)	FESTO	1
Pulsador (Obturador)	FESTO	1
Unidad de mantenimiento	FESTO	1
Válvula antirretorno estranguladora	FESTO	5
Válvula de 3/n vías	FESTO	6
Válvula de 4/n vías	FESTO	2
Válvula direccional triple de 2 vías con pulsador de presión	FESTO	1
Válvula purgadora rápida	FESTO	1
Válvula direccional quintuple de 2 vías con interruptor de selección	FESTO	2
Solenoide de válvula	FESTO	6
Obturador	FESTO	3
Relé con deceleración de arranque	FESTO	2
Contacto normalmente abierto (Ladder)	FESTO	1
Relé con deceleración de arranque	FESTO	2

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Posteriormente el esquema de conexión del sistema electro neumático que es el que va a controlar la máquina para que pueda realizar todos sus movimientos.

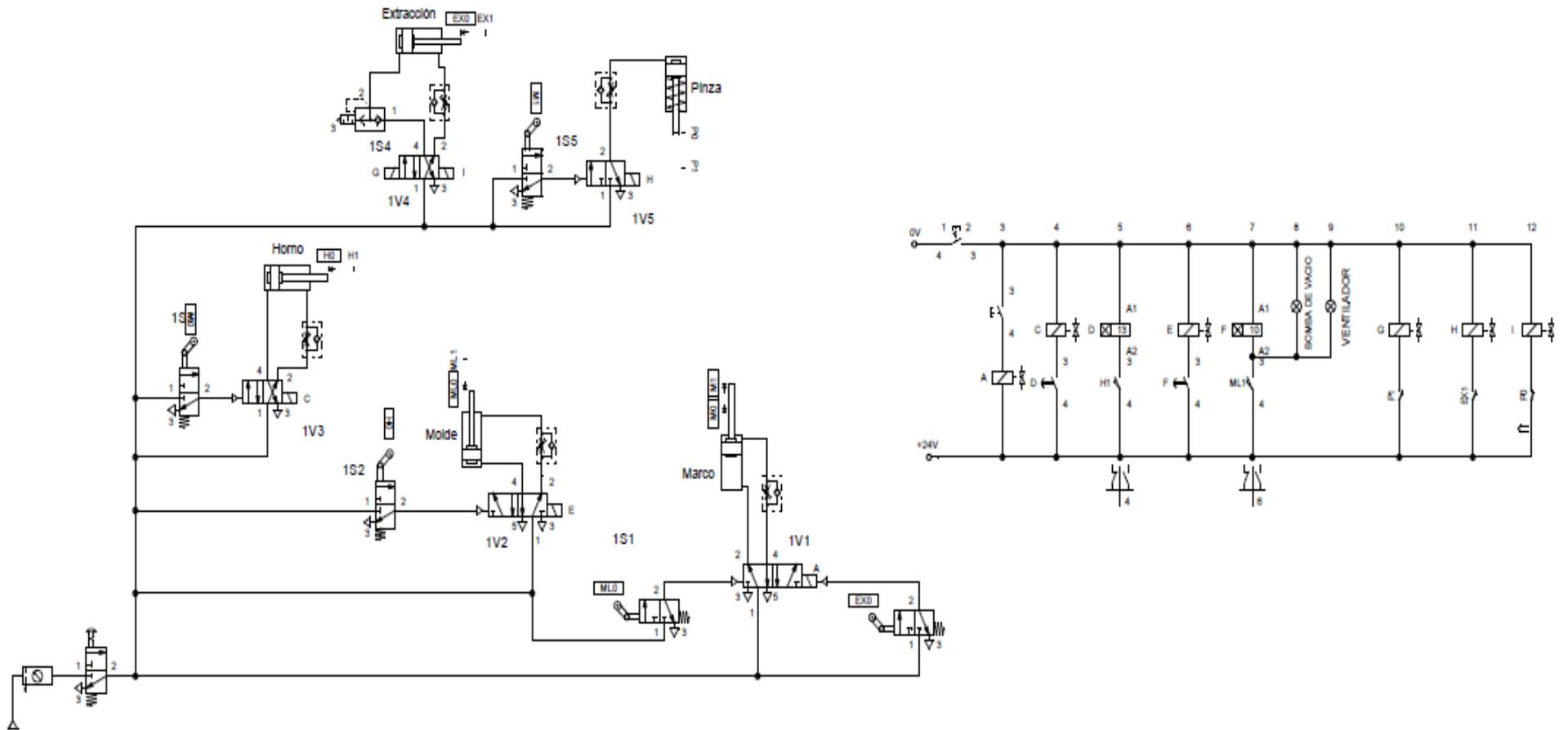


Figura N° 75: Sistema electro neumático de la máquina
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Selección de actuadores neumáticos

Para la selección de los actuadores neumáticos tomaremos en cuenta la presión máxima del tanque de vacío que será la presión máxima de trabajo para todo el equipo, esta presión es

$$P = 17.18 \frac{lb}{plg.^2} = 17.18 \text{ Psi}$$

Seleccionaremos los actuadores de la marca Festo, e indicaremos el procedimiento para la selección.

1. Primero se definió el tipo de actuadores, para este caso serán actuadores neumáticos unidireccionales con vástago



Figura N° 76: Actuador neumático
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (Catálogo de Festo)

2. Después definiremos la presión de trabajo para esto haremos la conversión de Psi a bar.

$$17,18\text{Psi} * \frac{1\text{atm}}{14,6 \text{ Psi}} * \frac{1,01325 \text{ bar}}{1 \text{ atm}} = 1.1923 \text{ bar} \quad (\text{Ec.22})$$

3. Después vamos a determinar las variables del actuador

Actuadores menores

diametro del piston = 50mm

carrera del piston = 100mm

Actuadores mayores

diametro del piston = 50mm

carrera del piston = 900mm

4. Finalmente se pasa a seleccionar el modelo según catálogo en Anexo 1.

Actuadores menores

Tabla N° 61: Parámetros para la selección de actuadores

		Número de Referencia 1	Modo de funcionamiento	Diámetro Δ	Fuerza teó	Carrera	Amortiguaci
<input checked="" type="checkbox"/>	★	1366952	DSBC-50-100-PPVA-N3	de doble efecto	50 mm	1178 N	100 mm
							neumática autorregula PPV: amortiguac neumática regulable a ambos lados DPS

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Actuadores mayores

Tabla N° 62: Parámetros para la selección de actuadores

✓ DSBC-50-900-PPSA-N3							
		Número d	Referencia 1	Modo de funcionamie	Diáme Δ	Fuerza te	Carrera
<input checked="" type="checkbox"/>	★	1463768	DSBC-50-N3-PPSA	de doble efecto	50 mm	1178 N	1 ... 2800 mm

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Selección del compresor de aire

(JURADO, Jairo Ernesto, 2005): Para la selección del compresor se utilizó la presión máxima de funcionamiento que como se conoce en el diseño se realiza un criterio conservador y se toma los valores más críticos para el diseño, que esta presión es la del sistema de vacío ya que la succión requiere de mayor presión y esta es igual a, según el manual de termoformado.

$$P = 17.18 \frac{lb}{plg.^2} = 17.18 \text{ Psi}$$

Para el cálculo del caudal de trabajo se determinó un diámetro de la tubería de ½ pulgada de acuerdo a los manuales de FESTO, y con una velocidad de 5 m/s que es la velocidad de salida del compresor de acuerdo al manual CAMPBELL HAUSFELD.

Entonces:

$$Q = V * A \quad (\text{Ec.23})$$

Donde:

V: la velocidad del fluido

A: área transversal de la tubería

Entonces:

$$Q = 5 * 0.0005 = 0.00253 \frac{m^3}{s}$$

Se seleccionó un compresor de marca CAMPBELL HAUSFELD de modelo Automotive Restoration 20 Gallon Cast Iron Compressor, 2 Running HP. Y su catálogo consta en el Anexo 2.



Figura N° 77: Compresor de aire comprimido

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (Catálogo de la marca CAMPBELL HAUSFELD)

Módulo 5: Sistema de vacío

El Sistema de vacío de la maquina termoformadora se describirá de una manera detalla en el siguiente esquema.

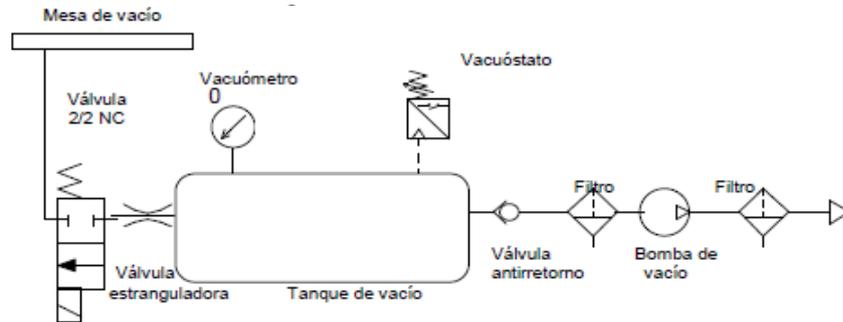


Figura N° 78: Sistema de vacío

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: <http://www.buschvacuum.com/co/es/solutions/vacuum-systems>

Mesa de vacío es una caja que cuenta con una tapa llena de agujeros por los cuales se succiona la lámina para que se pegue contra el molde

Válvula 2/2 comunica la mesa de vacío con el tanque de vacío, se encarga de regular el tiempo de vaciado.

Válvula estranguladora permite la regulación de la velocidad de vaciado, en caso de que sea necesario. Esto se hace sobre todo para piezas profundas.

Vacuómetro indica la presión a la que se encuentra el tanque

Vacuóstato envía la señal al cuándo se ha alcanzado la presión deseada para que apague la bomba.

Válvula antirretorno evita que el vacío del tanque se pierda al momento de apagar la bomba.

Filtros Protegen a la bomba de la entrada de partículas.

Cálculo del tanque de vacío

Por recomendación de Manual Técnico de Termoformado (Plastigas de México, SA. De C.V) se toma el volumen del tanque 4 veces el volumen a desplazar que es 0.029 m^3 .

$$V_{\text{tanque}} = 0.1431 \text{ m}^3$$

Debido a que el tanque de vacío se encuentra sometido a la presión externa, este se diseña para que soporte un 25% más de la presión externa máxima posible. La presión máxima a la que puede llegar la bomba son 25 plg Hg ($P=12,278\text{psi}$).

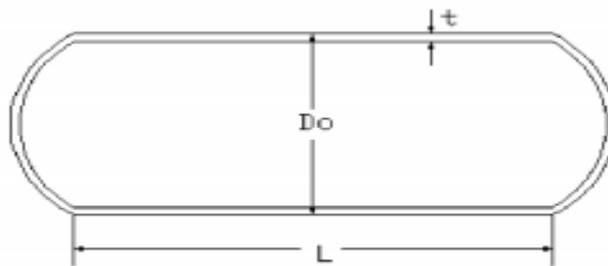


Figura N° 79: Forma del tanque de vacío

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: <http://www.buschvacuum.com/co/es/solutions/vacuum-systems>

Las dimensiones del tanque son las siguientes:

$$t = 0.2 \text{ cm}$$

$$D_o = 45 \text{ cm}$$

$$L = 90 \text{ cm}$$

$$\frac{D_o}{t} = 225 \quad (\text{Ec.24})$$

$$\frac{L}{D_o} = 2 \quad (\text{Ec.25})$$

Para D_o/t igual o mayor que 10 la presión máxima permitida se calcula de la siguiente forma:

$$P_a = \frac{4 * \text{Factor B}}{3 \frac{D_o}{t}} \quad (\text{Ec.26})$$

Donde

P = Presión manométrica externa de diseño (lb/plg²)

P_a = Presión manométrica máxima de trabajo permitida (lb/plg²)

D_o = Diámetro exterior (plg)

L = Distancia entre las tangentes de las cabezas más un tercio de la profundidad de ésta (plg)

t = Espesor de pared mínimo requerido (plg)

Con los valores de L/D_o y D_o/t en la figura 54 encontramos el valor del factor A en la siguiente figura.

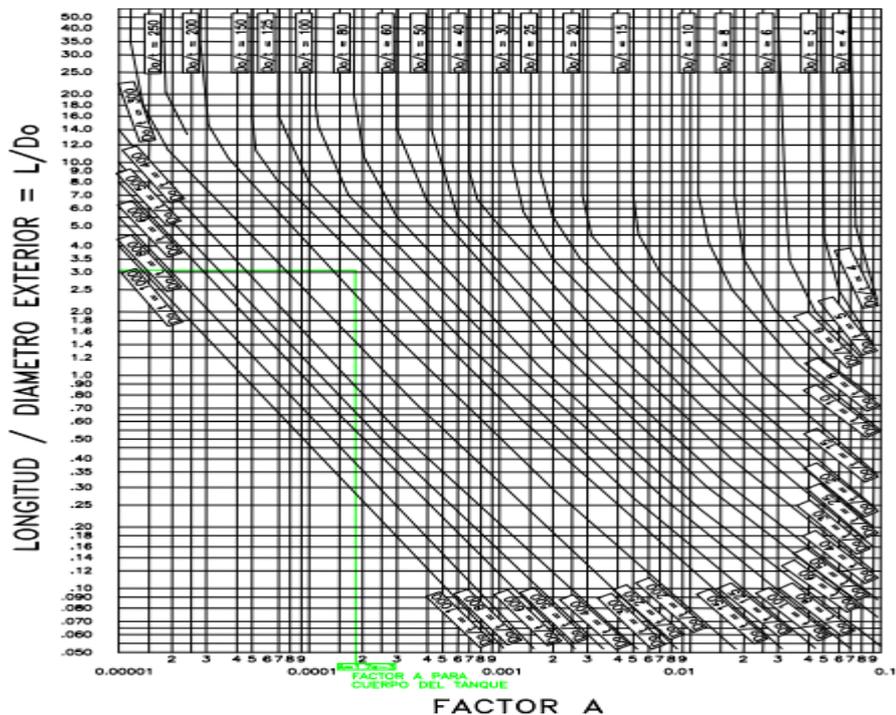


Figura N° 80: Valores del factor A que se usan en las fórmulas de recipientes sometidos a presión extrema

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (JURADO, Jairo Ernesto, 2005)

El Factor A = 0,0002

Con el factor A se halla en la figura 80 el factor B, y con este valor comprobar si $P_a > 0.25P_a$, cumpliendo así con la recomendación de la norma sobre recipientes a presión de la ASME.

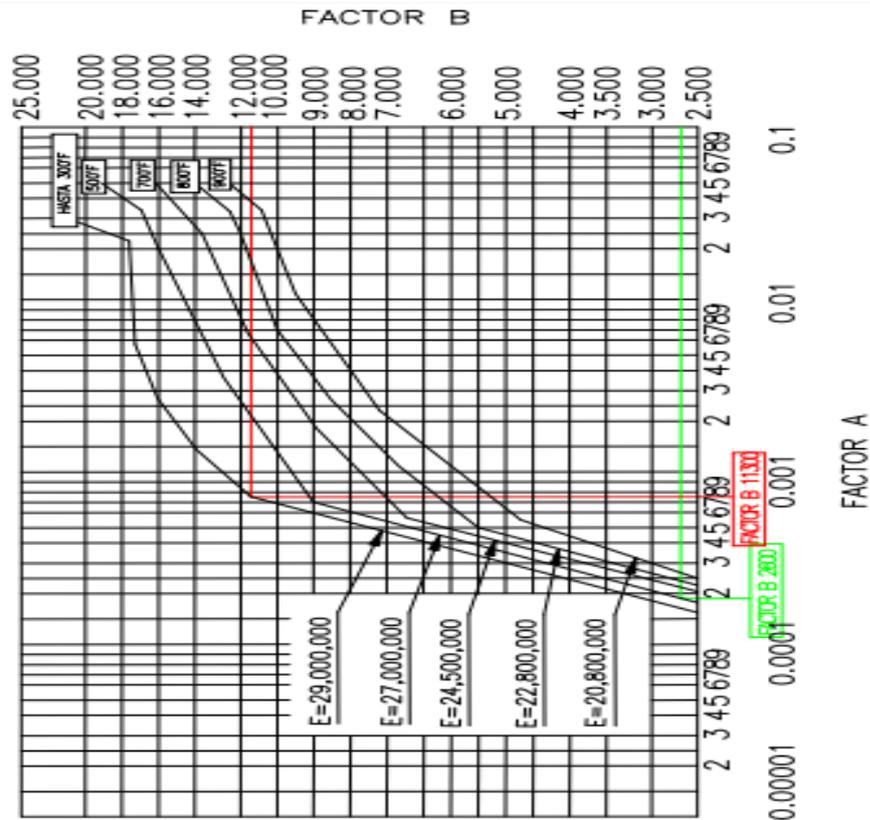


Figura N° 81: Valores del factor B que se usan en las fórmulas de recipientes sometidos a presión extrema

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (JURADO, Jairo Ernesto, 2005)

El Factor B = 2900

$$P_a = \frac{4 * Factor B}{3 \frac{D_o}{t}}$$

$$P = 17.18 \frac{lb}{plg.^2} = 17.18 Psi$$

Se diseñó para que soporte un 25% más de la presión externa máxima posible. La presión máxima a la que puede llegar la bomba son 25 plg Hg (P=12,278psi), la presión máxima de trabajo permitida de 17.18 Psi es mayor que la presión de diseño en un 28.5%, cumpliendo así con las recomendaciones de seguridad en tanques sometidos a presión.

Cálculo bomba de vacío

La bomba de vacío se encarga de la succión de aire en el tanque, disminuyendo su presión, para la selección de la bomba de vacío se calcula la velocidad de vacío S que es el flujo volumétrico es decir la cantidad de volumen del fluido respecto al tiempo de salida, utilizando la siguiente fórmula (tomada del Manual del Ingeniero Mecánico de Marks):

$$S = \frac{V}{t_2 - t_1} \quad (\text{Ec.27})$$

Donde:

$V = \text{Volumen a desplazar}$

$t_1 = \text{Tiempo inicial}$

$t_2 = \text{Tiempo final}$

$V = V_{\text{molde}} + V_{\text{mesa}} + V_{\text{mangueras}}$

Donde:

$V_{\text{molde}} = \text{Volumen de aire a desplazar en el molde}$

$V_{\text{mesa}} = \text{Volumen de aire a desplazar en la mesa de formado}$

$V_{\text{manguera.}} = \text{Volumen de aire a desplazar en la manguera desde la mesa de formado hasta la válvula.}$

Para estimar el máximo volumen del molde tomamos la máxima altura de formada propuesta que son 10 cm y las dimensiones del área de formado, 39 cm

de ancho por 47.5 cm de largo, restándole 1 cm por cada lado que se encuentra con el marco de sujeción.

$$V_{\text{mesa}} = 100\text{mm} \times 390\text{mm} \times 475\text{mm} = 18525000\text{mm}^3 \quad (\text{Ec.28})$$

$$= 0.018 \text{ m}^3$$

Desde la válvula 2/2 hasta la mesa de vacío se encuentra 5 mangueras de caucho reforzadas con alma de acero, la principal tiene un diámetro de 1 pulgada por 1 metro de longitud y parte de la válvula 2/2 hasta el acople con las otras 4 mangueras secundarias que son de ½ pulgada de diámetro por 50 cm de largo conectadas a la mesa.

$$V_{\text{mangueras}} = \pi * r_p^2 * L_{mp} + 4 * (\pi * r_s^2 * L_{ms}) \quad (\text{Ec.29})$$

Donde:

r_p = radio de manguera principal

r_s = radio de manguera secundaria

L_{mp} = Longitud de la manguera principal

L_{ms} = Longitud de la manguera secundaria

$$V_{\text{mangueras}} = 15200.0388\text{cm}^3$$

$$V_{\text{mangueras}} = 0.0015\text{m}^3$$

$$V_{\text{molde}} = 0.01$$

$$V = (0.005 + 0.0015 + 0.018)\text{m}^3$$

$$V = 0.029\text{m}^3$$

$$S = \frac{0.029\text{m}^3}{13 \text{ s}}$$

El tiempo que la bomba dispone para evacuar el volumen V es igual a 13 segundos que es el tiempo que dura un ciclo.

$$S = 0.00186 \frac{m^3}{s} * \frac{60 s}{min} * \frac{1ft}{0.3048 \text{ } ^3m^3} \quad (\text{Ec.30})$$

$$S = 4 \text{ CFM}$$

Selección de bomba de vacío

Para la selección de la bomba de vacío se tomará en cuenta el flujo volumétrico de 4 CFM y la presión con la que se dimensionó el tanque de vacío que es igual a:

$$P = 12 \frac{lb}{plg.^2} = 12 \text{ Psi}$$

$$P = 12 \text{ Psi} * \frac{6,89 \text{ KPa}}{1 \text{ Psi}} * \frac{1 \text{ mmHg}}{0,133 \text{ KPa}} = 621.65 \text{ mmHg}$$

Se seleccionó una bomba de vacío de la marca PCE que posee las siguientes características.

- Vibración baja y silenciosa
- Peso compacto y ligero
- Libre de mantenimiento
- Molde de aluminio
- Diseño sin aceite
- Vacío máximo 600 mm.Hg

Se seleccionó el modelo R300 de acuerdo a la Tabla 63 y que consta en el Anexo 3.

Tabla N° 63: Especificaciones técnicas bomba de vacío
Especificaciones técnicas de la bomba de vacío

Vacío máximo	600 mm. Hg	
	Velocidad de vacío (2,5 L tanque)	
	R 300	R 400
0 mm Hg	17 l/min = 0,6 CFM	34 l/min = 1,2 CFM
100 mm Hg	14 l/min = 0,49 CFM	31 l/min = 1,09 CFM
200 mm Hg	12 l/min = 0,42 CFM	29 l/min = 1,02 CFM
300 mm Hg	9,5 l/min = 0,34 CFM	23 l/min = 0,81 CFM
400 mm Hg	7 l/min = 0,25 CFM	19 l/min = 0,67 CFM
500 mm Hg	4,5 l/min = 0,16 CFM	13 l/min = 0,46 CFM
600 mm Hg	1,5 l/min = 0,05 CFM	4 l/min = 0,14 CFM

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (pce-iberica, 2016)

Módulo 6: Sistema de enfriamiento

Cálculo del ventilador de enfriamiento

Volumen de la cámara a enfriar:

$$V = 500mm * 563mm * 850mm = 239275000mm^3$$

$$V = 239275000mm^3 * \frac{1m^3}{(1000)^3mm^3} =$$

$$V = 0.2392 m^3$$

Por Transferencia de calor calcularemos la transmisión de calor por convección.

$$q_{convección} = h * m$$

Donde:

h = Coeficiente de convección del aire

$m = \text{masa del aire}$

Entonces:

$$m = 0.2392 \text{m}^3 * \frac{0.967 \text{kg}}{\text{m}^3} = 0.2313 \text{kg} \quad (\text{Ec.31})$$

$$q_{\text{convección}} = 298.18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * 0.2313 \text{kg} = 68.9 \frac{\text{KW}}{\text{s}} \quad (\text{Ec.32})$$

$q_{\text{convección}} = 68.9 \text{KW}$ puede ganar o perder calor en un segundo

Se ha calculado el calor total de enfriamiento.

$$Q_{\text{total para enfriamiento}} = m * h * \Delta T \quad (\text{Ec.33})$$

Donde:

$\Delta T = \text{Variación de temperatura}$

Entonces:

$$Q_{\text{total para enfriamiento}} = 0.2313 \text{kg} * 1.69 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 433 - 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{total para enfriamiento}} = 986.38 \text{KJ} = 986.38 \frac{\text{KW}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{Q_{\text{total para enfriamiento}}}{q_{\text{convección}}} = \frac{986.38 \frac{\text{KW}}{\text{s}}}{68.9 \text{KW}} = 14 \text{s}$$

El tiempo de enfriamiento será de 14 s para llegar de 433°K a 298°K que es la temperatura ambiente donde el material alcanzará la maleabilidad deseada.

Según el manual de termoformado de (JURADO, Jairo Ernesto, 2005): Para el dimensionamiento del ventilador axial se necesitó el flujo volumétrico esto ayudará a escoger un ventilador de catálogo, se dimensiono el ventilador con 8 cambios de aire este valor se tomó de referencia de acuerdo a los cambios por hora.

Es decir que todo el tiempo que dure la etapa de enfriamiento el ventilador realizara 8 cambios de aire esto se realiza para que el aire se mantenga fría y la perdida de calor de la plancha termoformada sea más eficiente.

$$FV = \frac{V}{t} * 8 \text{ cambios de aire} = \frac{0.2392m^3}{14s} * 8 = 0.2392 \frac{m^3}{s} \quad (\text{Ec.34})$$

$$FV = 0.2392 \frac{m^3}{s} * \frac{3.28^3 ft^3}{1 m^3} * \frac{60 s}{1 min} = 289.39 CFM$$

Se necesita un ventilador axial de 289.39 CFM de capacidad.

Selección del ventilador centrífugo para enfriamiento

Para la selección del ventilador centrífugo se dimensionó de acuerdo al flujo volumétrico.

Según (evisaventiladores, 2016): El funcionamiento de un ventilador depende de la densidad del gas que esté manejando. Así, todos los ventiladores están catalogados en una condición estándar definida como: el aire a 15°C, a nivel del mar, con una densidad del gas de 0.075 lb/ft³ a una presión barométrica de 29.92" Hg. (pulgadas de mercurio). En cualquier otra condición, los HP de potencia requeridos por el ventilador y su habilidad para desarrollar presión variarán.

De acuerdo a la tabla 64 se determinó el factor de corrección.

Tabla N° 64: Factor de corrección a 3000 m.s.n.m

Altitud en ft arriba del Nivel del Mar	Factor	Altitud en ft arriba del Nivel del Mar	Factor
0	1.00	5000	1.20
500	1.02	5500	1.22
1000	1.04	6000	1.25
1500	1.06	6500	1.27
2000	1.08	7000	1.30
2500	1.10	7500	1.32
3000	1.12	8000	1.35
3500	1.14	8500	1.37
4000	1.16	9000	1.40
4500	1.18	10000	1.45

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (evisaventiladores, 2016)

Se tomó como factor de corrección para 3000 m.s.n.m es de 1.12

$$FV = 289.39 \frac{ft^3}{min.} * \frac{0,30m^3}{1ft^3} * 1.12 = 8.75 \frac{m^3}{min}$$

Se dimensionó un ventilador de marca GATTI de acuerdo a la siguiente tabla que consta en su totalidad en el Anexo 4.

Tabla N° 65: Especificaciones técnicas para elegir el ventilador

Series Series	Modelo Model	Motor			Caudal Air volume m³/min.	Presión Pressure mm c. a.	Transmisión Transmission
		Carcasa motor Frame	C.V.				
			R.P.M.				
	RA-120	-	0.18	2810	9	38	-
	RA-150	-	0.2	1376	10	14	-
	RA-250	80	0.75	1420	25	48	T20
	RA-330	90 S	1	920	40	30	T30
		90 L	2	1400	40	75	T30
		100 L	3	1420	67	84	T30
	RA-390	100 L	2	940	60	45	T30
		100 L	4	1420	110	40	T30
		112M	5.5	1420	90	100	T30
	RA-450	132 S	4	960	70	97	T30
		132 S	7.5	1430	100	70	T40
		132 M	10	1430	150	80	T40
	RB-200	71	0.34	1400	150	150	T40
		80	1.5	2850	8	25	T20
		80	1.5	2850	15	80	T20
	RB-250	90 L	3	2830	22	100	T20
		112 M	5.5	2850	28	145	T30
		112 M	7.5	2850	38	250	T30
	RB-330	132 S	10	2870	50	230	T30
		132 M	12.5	2890	60	285	T30
		160 M	20	2890	85	270	T40
	RB-450	160 L	25	2890	100	280	T40
		180 M	30	2900	115	305	T60
		180 M	30	2900	150	405	T60
	RG-330	80	1	1400	170	395	T60

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (Catálogo marca Gatti)

Control eléctrico

Selección de la protección principal de la máquina

Para la selección de un breaker general para proteger la máquina, se calculó la intensidad de corriente de cada uno de los equipos que van a conectarse, una vez realizado esto se sumó los valores y se obtuvo la Intensidad total.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\phi \quad (\text{Ec.35})$$

Donde:

ϕ : en un sistema equilibrado las tensiones están adelantados un ángulo de 30°

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos 30^\circ} \quad (\text{Ec.36})$$

$P = \text{Potencia eléctrica}$

$V = \text{Voltaje (220V)}$

Entonces:

$$I_{total} = I_{compresor de aire} + I_{ventilador centrifugo} + I_{bomba de vacío} \quad (\text{Ec.37})$$

+ $I_{resistencia eléctrica}$

$$P_{compresor de aire} = 2 \text{ HP}$$

$$I_{compresor de aire} = \frac{2 \text{ HP}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} * \cos 30^\circ} * \frac{745.7 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 4.6 \text{ Amp}$$

$$I_{resistencia eléctrica} = \frac{639.5}{\sqrt{3} * 220 * \cos 30^\circ} = 2.9 \text{ Amp}$$

$$I_{ventilador centrifugo} = 3 \text{ Amp Información de catálogo}$$

$$I_{\text{bomba de vacío}} = 2.6 \text{ Amp Información de catálogo}$$

En la siguiente tabla se describen los equipos a proteger.

Tabla N° 66: Intensidades de cada motor y resistencia

EQUIPO	INTENSIDAD DE CORRIENTE (Amp)	Voltaje [V]
Compresor de aire	4.6	220
Ventilador Centrifugo	3	220
Resistencia eléctrica	2.9	220
Bomba de vacío	2.6	220
Total	13.1	

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tomando en cuenta que la Intensidad total según el cálculo es 13.1 amperios, se seleccionó un breaker general de protección de la marca Siemens. Esta selección se realizó de acuerdo a la guía de datos en el Anexo 5.



Figura N° 82: Breaker para protección general de la máquina

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (SIEMENS, catálogo)

Este Guardamotor será el comando principal de todo el sistema es decir el que energizará a todos los aparatos eléctricos y además los protege de sobrecargas.

Circuito eléctrico

Los equipos que van a trabajar con energía eléctrica 220V son los siguientes:

- Compresor de aire
- Ventilador centrífugo
- Resistencia eléctrica
- Bomba de vacío

Para el arranque de los equipos eléctricos se utilizará arrancadores directos, los cuales son multifuncionales y poseen las siguientes características.

- Contactor
- Guardamotor
- Relé térmico

En la siguiente figura se detalla las funciones y ventajas que presentan estos tipos de dispositivos de maniobra, dada por el fabricante SIEMENS.

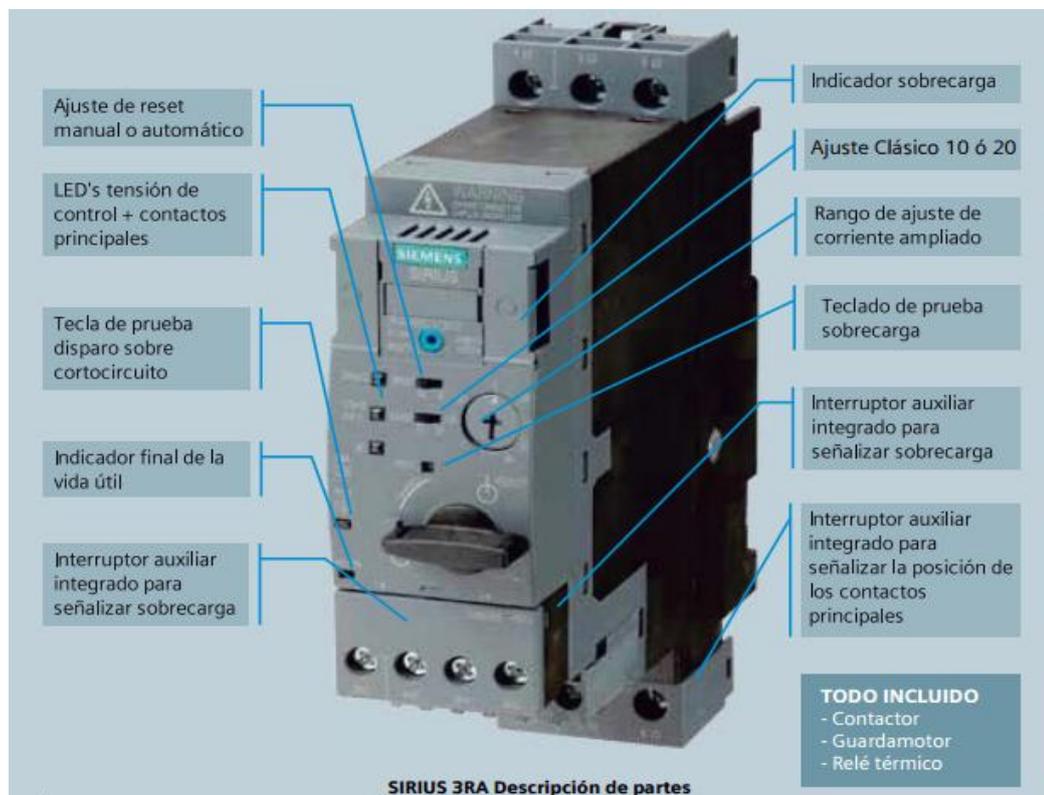


Figura N° 83: Contactor - guardamotor para motores

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (SIEMENS, catálogo)

Cada motor eléctrico (ventilador, compresor, bomba de vacío) y también la resistencia utilizarán un arrancador directo el cual se seleccionó tomando en cuenta la tabla 66 en donde se señala las intensidades que consume cada uno.

De acuerdo al catálogo de SIEMENS y con las intensidades de cada motor se seleccionó los arrancadores directos de la siguiente tabla que consta en su totalidad en el Anexo 6.

Tabla N° 67: Selección de arrancadores directos según la intensidad

SIRIUS 3RA61 Arrancador Directo					
100016491	3RA61 20-18P32	0.32...1.25	0.2	0.37	110..240VAC
100016501	3RA61 20-1CP32	1...4	0.8	1.5	110..240VAC
100016493	3RA61 20-1DP32	3...12	3	5.5	110..240VAC
100016494	3RA61 20-1EP32	8...32	7.5	15	110..240VAC

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (SIEMENS, catálogo)

Como las intensidades de los motores y la resistencia están en el rango de 2.6 a 4.6 A, se seleccionó el tipo de arrancador directo 3RA61 20-1DP32 que soporta en 220V desde 3 a 12A.

Dimensionamiento del cableado eléctrico

El dimensionamiento adecuado del cableado eléctrico se lo hace para evitar un aumento innecesario en la temperatura del conductor, lo que podría generar daños en el recubrimiento, o incluso peor corto circuitos y hasta incendios.

Es necesario conocer el elemento crítico para dicho dimensionamiento, es decir el que mayor potencia va a requerir. Por tratarse de motores trifásicos es necesaria una conexión a 220 V, y tomando en cuenta la tabla 66 en donde están las intensidades de cada equipo y estas están en un rango desde 2.6A a 4.6A, se procede a escoger el número de cable a utilizar y se lo hace en la tabla 68, y se la encuentra completa en el Anexo 7.

Tabla N° 68: Selección de conductores eléctricos

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: <http://www.electricidad-gratuita.com/Images/cables-electricos-2.gif>

El cable que se va a utilizar para conectar los motores y la resistencia es el #14 x 4 como se señala en la tabla 68.

Elementos eléctricos de control

Para el sistema eléctrico se utilizará elementos que permitan la activación de los dispositivos de control de la máquina para su funcionamiento y a continuación se los detallan.

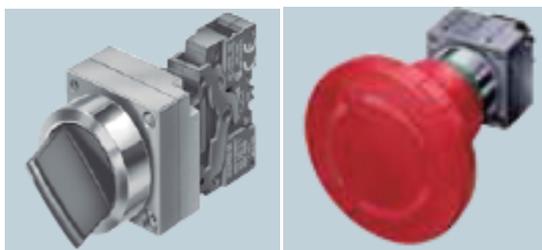


Figura N° 84: Selector de posición y pulsador de emergencia

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (SIEMENS, catálogo)

Un selector de posición es un dispositivo de accionamiento mecánico que sirve para dar inicio a una determinada tarea o labor dentro de un circuito eléctrico, para este proyecto se seleccionará un selector de dos posiciones on – off, y para poder detener toda la máquina en caso de algún incidente imprevisto se colocará un pulsador de emergencia.

Fuente de alimentación



Figura N° 85: Fuente de poder 24 vdc
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (SIEMENS, catálogo)

En electrónica la fuente de alimentación o fuente de poder es un dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas (CC), que alimentan distintos circuitos que requieren de voltajes de corriente continúa relativamente bajos para su correcto funcionamiento.

Esta serie incluye diversas versiones con tensiones de salida de 5 V CC a 48 V CC a intensidades de salida de 1,25 A a 10 A. Su alto rendimiento de hasta el 89% y su bajo nivel de disipación de potencia y calentamiento permiten que estas unidades puedan funcionar sin refrigeración forzada. (htt26)

Relé de accionamiento



Figura N° 86: Relé de accionamiento
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: (SIEMENS, catálogo)

El relé es un dispositivo electromecánico, que funciona por medio de un electroimán, con el que accionamos uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes para el caso del diseño de la máquina se utilizará un relé de accionamiento con bobina de 24Vdc (htt27)

Borneras de conexión

Una bornera es un tipo de conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo. Al cable a veces simplemente se le retira el aislamiento exterior en su extremo, y en otras ocasiones se dobla en forma de U o J para ajustarse mejor al eje del tornillo. Alternativamente, al cable se le puede remachar un terminal para protegerlo



Figura N° 87: Borneras de conexión

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: (SIEMENS, catálogo)

Diseño de estructura

Para diseñar la estructura se debe conocer el peso total que va a soportar la estructura, es decir el peso de todos los componentes, para determinar esto se toma como base los pesos que se indican en cada plano de las partes mecánicas.

El peso total que va a soportar es de 117 Kgf o 1146,6 N. Con esta carga se diseñó la estructura.

El elemento que va a soportar el peso de la máquina, tiene la forma indicada en la figura 88.

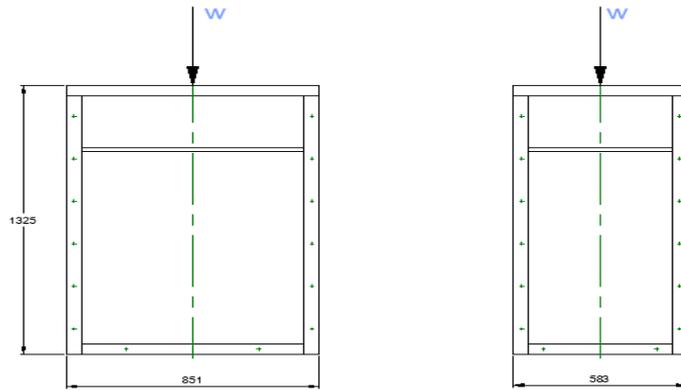


Figura N° 88: Forma de la estructura soporte
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Este peso va a dividirse por cuatro que da un valor de 287 N, pues según el diagrama de cuerpo libre la división de la carga o peso es como se indica en las figuras a continuación.

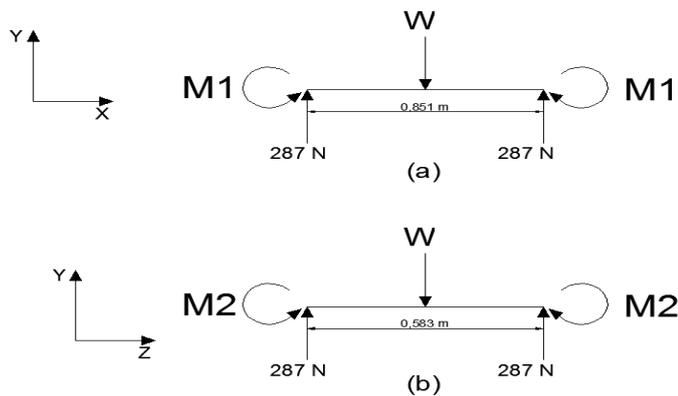


Figura N° 89: Gráfico de las reacciones
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Los valores de cada reacción vienen a ser los 287 N en cada punto donde van colocadas los soportes de la mesa.

Análisis de las fuerzas en cada soporte

Para este caso se separa el análisis en cada plano, esto en el plano x-y y en el plano z-y. Se toma en cuenta el diagrama de cuerpo libre (a) pues en este caso el largo de la viga tiene más longitud y va a ser la más crítica en este caso.

Para el cálculo de las reacciones, se aplica un sumatorio de fuerzas:

$$\sum F_y = 0$$

$$W_T = 287 \text{ N} + 287 \text{ N} = 574 \text{ N} \quad (\text{Ec.38})$$

El gráfico en este caso queda como se ve en la figura 90.

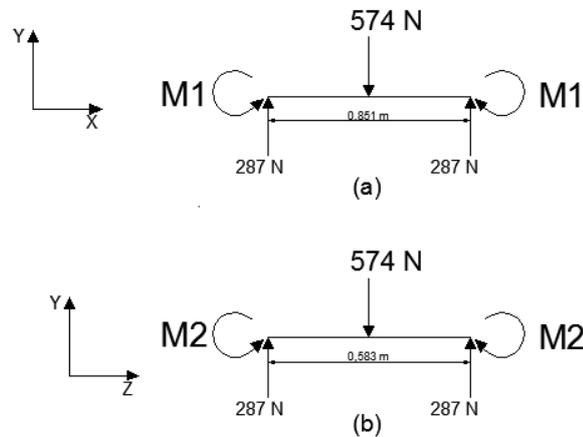


Figura N° 90: Valores de las reacciones
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Diagramas de cortante

Para este propósito se elige el tramo que tiene 0,851 m de longitud que es el que más carga va a soportar, luego se asumirá para los otros tramos por facilidad de construcción y obtención de un solo material.

Para el cálculo de las fuerzas cortantes y su gráfico se utilizan las ecuaciones del libro de Budynas R., pág. 1000, que dice:

$$V_1 = 287 \text{ N}$$

$$V_2 = -287 \text{ N}$$

Con estos valores el gráfico de cortante se puede ver como se muestra a continuación en la figura 91.

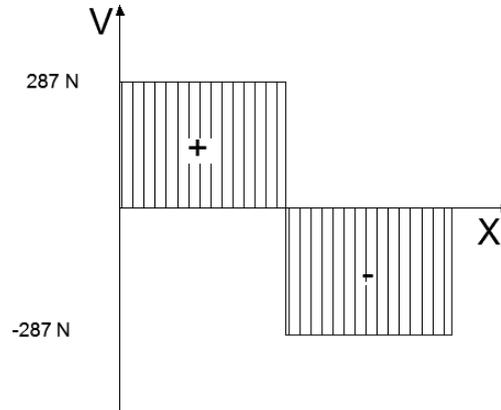


Figura N° 91: Gráfico de cortante
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Diagrama de momento flector

Para el cálculo del momento flector se usa las ecuaciones de Budynas R., pág. 1000 pág. 1000, y los resultados para el momento flector son:

$$M_1 = \frac{W_T * a * b^2}{l^2} \quad (\text{Ec.39})$$

$$M_2 = \frac{W_T * a^2 * b}{l^2} \quad (\text{Ec.40})$$

Para el caso en análisis.

$$a = b = \frac{l}{2} \quad (\text{Ec.41})$$

Reemplazando en la ecuación (39) y (40), se tiene:

$$M_1 = M_2 = \frac{W_T * l}{8} \quad (\text{Ec.42})$$

Reemplazando los valores, se tiene:

$$M_1 = M_2 = \frac{287\text{N} \cdot 0,851\text{m}}{8} = 30,5 \text{ N-m}$$

Para calcular el momento en el punto de cambio de la fuerza cortante, la fórmula según Budynas R., pág. 1000, se tiene:

$$M_o = \frac{W_T \cdot b^2}{l^3} [x \cdot 3 \cdot a + b - a \cdot l] \quad (\text{Ec.43})$$

Igual que en las anteriores ecuaciones se puede aplicar el concepto de la ecuación (48), y se tiene:

Reemplazando por los valores conocidos, se tiene:

$$M_o = \frac{287 \text{ N} \cdot 0,851\text{m}}{8} = 30.5 \text{ N-m}$$

Este valor por la dirección de la fuerza de 287 N y para estar acorde a los signos de los momentos, dicho valor se considera negativo.

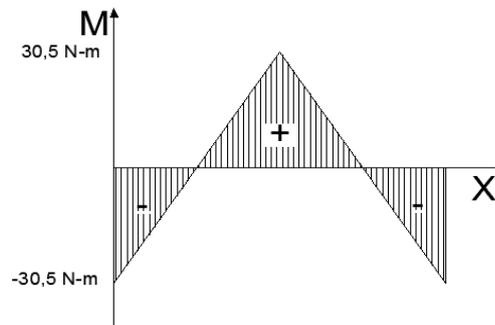


Figura N° 92: Gráfico de momento flector
Elaborado por: Alex Moya
Fuente: Propia

Este momento flector se considera el máximo que se puede generar pues la longitud del elemento así lo define.

Selección del perfil para la estructura

Para dimensionar el perfil con el que se va a construir el soporte se va a hacer según el valor de $S(x)$, cuyo valor se deduce a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{M \cdot c}{I} \leq \frac{S_y}{n} \quad (\text{Ec.44})$$

Donde

- M : Momento flector
- c : Distancia desde el eje neutro a la cara exterior
- I : Momento de inercia del cuerpo
- S_y : Límite de fluencia
- n : Factor de seguridad

La ecuación (44) se la puede transformar a lo siguiente:

$$\frac{M}{\frac{I}{c}} = \frac{M}{S_x} \leq \frac{S_y}{n} \quad (\text{Ec.45})$$

Donde el valor S_x se puede encontrar en tablas y cuyas unidades vienen en cm^3 .
Despejando de la ecuación (14), se tiene:

$$S_x \geq \frac{M \cdot n}{S_y} \quad (\text{Ec.46})$$

- El material del perfil que se va a usar es un A36, por ser el material de mayor existencia en el mercado.
- El valor del factor de seguridad se escoge un valor de 2, por recomendaciones de Robert Mottt, se toma un valor de $n=2$, pues se considera un trabajo de tipo estático.
- El valor de $S_y=36000\text{Psi}=24856,4 \text{ N/cm}^2$.
- El valor de M según la figura 22, es $M=30,5 \text{ N-m}= 3050 \text{ N-cm}$

Los valores anteriores expresados en N-cm porque en tablas los valores de S_x vienen en cm^3 .

Reemplazando en la ecuación (52), se tiene:

$$S_x \geq \frac{3050N-cm*2}{24856,4\frac{N}{cm^2}} = 0,123cm^3=0,0075 plg^3 \quad (\text{Ec.47})$$

Con este valor se busca un valor cercano en el Anexo 8, el dato que más se acerca por la parte superior es de un valor de $0,23 \text{ cm}^3$ que corresponde a un tubo cuadrado de $15 \times 15 \times 1$.

Por lo que el tamaño del perfil seleccionado va a cumplir con las características requeridas para el trabajo a flexión.

Otro cálculo que se debe hacer es comprobar si los perfiles van a trabajar a estabilidad para lo cual se calcula el pandeo de los perfiles que está como columna, para esto se usa la ecuación.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{kL^2} \quad (\text{Ec.48})$$

Dónde:

Pcr: Carga crítica	[N]
E: Módulo de Elasticidad, 192	[GPa]
I: Inercia	[cm ⁴]
L: Longitud de la columna	[cm]
K: Factor de esbeltez	

Para esto se empleará una columna corta con forma rectangular con los siguientes datos:

Datos del Perfil de la columna:

El valor de $I = 0,17 \text{ cm}^4 = 1,7 \times 10^{-9} \text{ m}^4$

El valor de $k=1,0$ según la figura 90 es:

TABLE C-C2.2 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	<ul style="list-style-type: none"> Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free 					

Figura N° 93: Valores aproximados del factor K

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Tomado de (AISC, 1980, p. 114)

Reemplazando en la ecuación (48), se tiene:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 192 * 10^6 \frac{N}{m^2} * 1,7 * 10^{-9} m^4}{1 * 0,115 m^2}$$

$$P_{cr} = 243,6 N$$

Se compara la siguiente relación:

$$P_{cr} (\text{columna}) \geq P (\text{aplicada})$$

$$243,6 N \geq 287 N$$

No sucede por lo tanto el perfil no cumple, por lo que se debe ver otro perfil más grande, se prueba con el perfil cuyo $I = 0.58$ que corresponde a un perfil cuadrado

20*20*1.5. Reemplazando los valores se tiene: tanto el perfil seleccionado SI CUMPLE con el diseño.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 192 * 10^6 \frac{N}{m^2} * 5,8 * 10^{-9} m^4}{1 * 0,115 m^2}$$

$$P_{cr} = 831 N$$

Se compara la siguiente relación:

$P_{cr} (\text{columna}) \geq P (\text{aplicada})$

831 N \geq 287 N

Por lo que el perfil escogido es 20*20*1.5.

De lo que se deduce que el perfil L de 1x1x1/8 soporta la carga vertical.

Costos

Flujo de caja

El flujo de caja es una tabla de resumen financieros donde se detalla los ingresos y egresos de un proyecto en el transcurso del tiempo.

Se realizó el flujo de caja para este proyecto de titulación mediante las siguientes definiciones.

Costos operacionales

Son los costos constantes para mantener el proyecto en funcionamiento, tales como:

- Servicios
- Salarios
- Energía

Mano de obra: Un operador con un sueldo de 400\$ de acuerdo a la tabla de sueldos publicada por el Ministerio de Trabajo del Ecuador.

Energía: El costo de la máquina en energía se calculará con un costo de \$0.08 por KWh para la industria.

Entonces:

$$P = I * V \quad (\text{Ec.49})$$

$$P = 13.1 * 220 = 2882W = 2.82KW$$

$$\text{Costo de energía} = \$0.08 * 8h * 2.82KW = 1.8 \frac{\$}{\text{día}} * 24 \frac{\text{días laborables}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo de energía mensual} = 42.7\$$$

Costos no operacionales

Son los costos de cuota única es decir no son constantes en el tiempo depende de variables como demanda del producto, para este proyecto de titulación el costo no operacional se considera la materia prima que según el dato proporcionado por parte de la empresa Prosergraf es de 2\$ por kilo de lámina de PVC con un peso de aproximado de 50Kg por rollo.

Entonces:

1 rollo de 50 kg de PVC cuesta \$100.

Según dato proporcionado por la empresa Prosergraf por cada kilo de PVC se producen 13 láminas termoformadas, es decir, de un rollo de 50 Kg resulta una producción de 650 unidades.

La capacidad de producción de la máquina termoformadora automática según el cálculo y especificado en la tabla # debe ser de 640 unidades por día (8 horas de trabajo), es decir, que diario se consume un rollo de materia prima, eso indica que tomando en cuenta 24 días laborables al mes el costo mensual en material PVC es de \$2.400.

Tabla N° 69: Ciclo de producción de láminas termoformadas

ESPECIFICACIÓN	Tiempo (s)
Tiempo de alimentación de la materia prima	8
Tiempo de calentamiento de la plancha	13
Tiempo de formado	14
Tiempo de salida del producto	10
Total	45 s

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tasa de inflación

La tasa de inflación es un indicador del valor del dinero a través del tiempo, para definir este valor hemos tomado datos del Banco Central y el dato es 3.41%.

Costo de la máquina

La máquina presenta varios sistemas los cuales sirvió para calcular de una manera ordenada los rubros y son:

- Sistema de vacío
- Estructura
- Sistema neumático

- Sistema de alimentación
- Sistema de calentamiento

En la tabla 70 se detallan los costos por sistemas y en el Anexo 9 se presenta de una manera más detallada cada rubro de cada elemento mecánico.

Tabla N° 70: Resumen de costos de fabricación de la maquina

DESCRIPCIÓN	VALOR
SISTEMA DE VACIO	\$ 1.933,91
ESTRUCTURA	\$ 761,89
SITEMA NEUMÁTICO	\$ 1.685,00
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	\$ 187,63
SISTEMA DE CALENTAMIENTO	\$ 915,78
COSTO DE FABRICACIÓN DE LA MÁQUINA	\$ 5.296,58
Costo de montaje (10%)	\$ 529,66
Costo de diseño (10%)	\$ 529,66
Improvisos (15%)	\$ 794,49
COSTO FINAL	\$ 7.150,38

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Ingresos

Unidades producidas por día

Para el cálculo de las unidades producidas se ha tomado en cuenta los tiempos del proceso de acuerdo a la tabla 69.

La capacidad de producción de la maquina es de 80 Planchas/hora, el flujo de caja se calculó con una producción de planchas por día, que corresponde a 8 horas de funcionamiento diarios.

$$640 \text{ planchas al día} * 24 \text{ días} = 15.360 \text{ planchas al mes}$$

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN = 15.360 planchas/mes

El valor de cada unidad según dato proporcionado por la empresa Prosergraf es de 0,40 ctvs. /lámina de PVC.

Entonces:

$$0,40 \text{ ctvs.} * 15.360 \text{ unidades} = \$ 6.144$$

Teniendo los valores de ingresos y egresos se calculó el tiempo de recuperación del monto invertido, y para esto se utilizó el TIR y el VAN.

TIR (Taza Interna de Retorno)

Este indicador determina cuál es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Es decir, que se expresa como un porcentaje (TIR=12%, por ejemplo). En términos conceptuales, puede entenderse como la tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto, sin que genere pérdidas.

El TIR es un indicador que nos permite determinar qué tan viable es el proyecto, los parámetros de medición para que el proyecto sea viable varían de acuerdo al lugar donde se realice el mismo en el Ecuador se utiliza la base de datos del Banco Central para determinar la tasa de interés a favor del dinero que se invierte en entidades financieras, el porcentaje promedio de las entidades bancarias es el 12%, por esta razón se utilizó este porcentaje para aceptar o rechazar el proyecto.

TIR < 12% SE RECHAZA

TIR > 12% SE ACEPTA

El TIR se lo puede calcular de forma manual utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{TIR} = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + \text{TIR})^t} - I = 0$$

F_t = es el flujo de caja en el periodo t .

I = es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = es el número de períodos considerado.

El VAN

Es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

El VAN de igual forma se lo puede calcular de forma manual utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 = es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = es el número de períodos considerado

Por estar acorde a la tecnología y para este proyecto estos indicadores económicos se los calculó en el programa Excel, como se muestra a continuación en las siguientes tablas.

Tabla N° 71: Flujo de caja

FLUJO DE EFECTIVO= INGRESOS (entrada de efectivo) - EGRESOS (salidas de efectivo)

FLUJO DE CAJA						
1. DETALLE DE INGRESOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	
1.1 Ingreso por ventas	\$ 8.448,00	\$ 8.448,00	\$ 8.448,00	\$ 8.448,00	\$ 8.448,00	\$ 8.448,00
1.2 Otros ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL INGRESOS	\$ 8.448,00					
2. DETALLE DE EGRESOS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	
2.1. MATERIA PRIMA						
2.1.1 Compras de mercadería	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00
	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00
2.2. MANO DE OBRA						
2.2.1 Salarios	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93
	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93	\$ 527,93
2.3. CIF						
2.3.1 Gastos administrativos y ventas	\$ 2.705,66	\$ 2.705,66	\$ 2.705,66	\$ 2.705,66	\$ 2.705,66	\$ 2.705,66
2.3.2 Impuestos	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
2.3.3 Servicios básicos	\$ 42,70	\$ 42,70	\$ 42,70	\$ 42,70	\$ 42,70	\$ 42,70
2.3.4 Insumos	\$ 80,00	\$ 80,00	\$ 80,00	\$ 80,00	\$ 80,00	\$ 80,00
	\$ 2.928,36	\$ 2.928,36	\$ 2.928,36	\$ 2.928,36	\$ 2.928,36	\$ 2.928,36
TOTAL EGRESOS	\$ 5.856,29					
FLUJO DE CAJA NETO	\$ 2.591,71					

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Tabla N° 72: Flujo neto de efectivo proyectado

DETALLE	PERIODOS MENSUALES					
	0	1	2	3	4	5
flujo neto de efectivo proyectado	\$ 7.150,38	\$ 2.591,71	\$ 2.591,71	\$ 2.591,71	\$ 2.591,71	\$ 2.591,71

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Para cada mes se espera tener en el flujo neto de efectivo proyectado la cantidad de \$ 2.591.71

Tabla N° 73: Valor actual neto (VAN)

N°	FNE	(1-I)n	FNE / (1-I)n
0	\$ -7.150,38		\$ -7.150,38
1	\$ 2.591,71	110%	\$ 2.356,10
2	\$ 2.591,71	121%	\$ 2.141,91
3	\$ 2.591,71	133%	\$ 1.947,19
4	\$ 2.591,71	146%	\$ 1.770,17
5	\$ 2.591,71	161%	\$ 1.609,25
TOTAL			\$ 2.674,23

VAN= \$ 2.674,23

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Para el proyecto de la máquina termoformadora automática, se tiene como resultado del VAN la cantidad de \$ 2.674,23 como se muestra en la tabla 73.

Tabla N° 74: Tasa interna de retorno (TIR)

TASA DE DESCUENTO	VAN
0%	\$ 5.808,16
5%	\$ 4.070,36
10%	\$ 2.674,23
15%	\$ 1.537,43
20%	\$ 600,41
25%	\$ -180,55
30%	\$ -838,09
35%	\$ -1.396,89
40%	\$ -1.875,83
45%	\$ -2.289,56
50%	\$ -2.649,55
55%	\$ -2.964,89

TIR = 24%

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

El resultado del TIR para el presente proyecto de la termoformadora automática es de 24%.

Entonces:

Se puede decir que el proyecto de diseño, construcción e implementación de una máquina termoformadora automática en la empresa Prosergraf es viable, porque según los resultados económicos obtenidos indican que a partir del cuarto mes va a existir ganancia para la empresa.

De igual manera el TIR dio como resultado un 24%, y al ser mayor a 12% que es el porcentaje promedio de las entidades bancarias, el proyecto se acepta.

Análisis del beneficio de la productividad

La productividad mediante el proceso automático de termoformado de recipiente de PVC, se estima aumente más del 50% por producir en promedio unas 220 láminas más al día. Como se muestra en la tabla 75 y figura 94.

Tabla N° 75: Tabla comparativa de procesos

Tabla comparativa del proceso manual y proceso semiautomático				
manual			semiautomático	
Láminas producidas x día	420	unidades	640	unidades
Tiempo utilizado	480	minutos	480	Min.

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

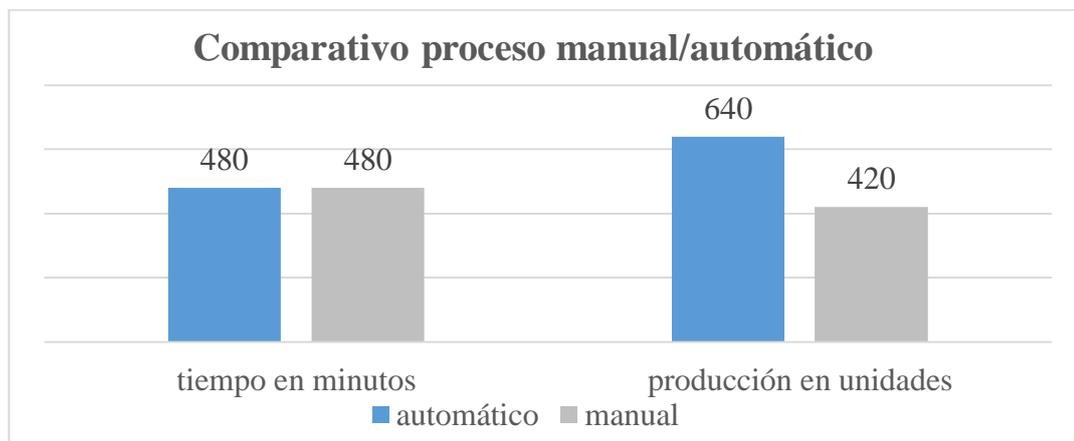


Figura N° 94: Comparativo de proceso manual con automático

Elaborado por: Alex Moya

Fuente: Propia

Mantenimiento preventivo de la máquina termoformadora

Es de vital importancia que se realice mantenimiento de acorde con las características de la máquina para lo cual se centrará en el mantenimiento preventivo que tiene como principal objetivo evitar fallas de funcionamiento, con lo que se evitará paros no programados en la producción y la generación de gastos imprevistos.

El mantenimiento preventivo permitirá la detección temprana de fallas y averías que pueden afectar a las condiciones de funcionamiento seguro de los equipos, garantizando así el óptimo desempeño de la máquina de acuerdo con los parámetros de diseño y construcción, logrando así prolongar la vida útil de la misma.

El mantenimiento se lo realizará semanalmente, mensualmente, trimestralmente y semestralmente de acuerdo a lo planeado en el Anexo 10, y tomando en cuenta que en la empresa trabajan solo de lunes a viernes el mantenimiento se lo ejecutará los días sábados evitando de esta manera el paro de la producción. De las actividades de mantenimiento estará a cargo el técnico de la empresa.

Recomendaciones para operar la máquina termoformadora

El recurso más valioso con el que cuentan las empresas, es su gente, pero no basta con decirlo, hay que demostrarlo y una de las maneras más ejemplares es implementando en sus estaciones de trabajo, el mejor sistema de seguridad e higiene.

Para operar la máquina termoformadora se debe utilizar equipos de protección personal, ya que la esta tiene partes que estarán a elevadas temperaturas, así como también contiene piezas que se hallarán en constante movimiento y generando ruido. Por eso resulta obligatorio el uso de:

- Gafas
- Protectores auditivos
- Guantes para temperatura
- Mandil
- Adecuada ropa de trabajo
- Casco

Conclusiones

- Se concluye mediante la presente investigación que la propuesta de diseñar una máquina termoformadora automática, es muy importante porque aumentará la productividad de la empresa Prosergraf, incrementando su producción y reduciendo desperdicios obteniendo de esta manera mejores ingresos económicos.
- Mediante la selección de elementos de la máquina y cálculos que se planteó en esta investigación, se logró diseñar una máquina automática termoformadora que cumpla con las expectativas tanto del diseñador como del cliente final que serán los propietarios de la empresa Prosergraf.
- Se realizó los respectivos planos de la parte eléctrica, mecánica e hidráulica que permitirá realizar el acople de la máquina termoformadora automática sin ninguna complicación y cumpliendo normas establecidas para el diseño de máquinas.

Recomendaciones

- Se recomienda que la empresa Prosergraf realice la inversión para la implementación de una máquina automática para el proceso de termoformado, porque es importante que la empresa este a la par con los avances tecnológicos permitiéndole ser más competitiva, y otra de las razones para la implementación será que le ayudará a crecer económicamente ya que aumentará su productividad.
- De igual manera se recomienda que para el diseño de máquinas se tome en cuenta varias alternativas de diseño, porque estas nos permiten escoger las mejores opciones que existen en la actualidad, para que las máquinas puedan alcanzar su máxima efectividad.
- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de la máquina mediante un programa establecido, para de esta manera prolongar la vida útil de la máquina y sus componentes tanto eléctricos como mecánicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ IBARROLA, José María, I. Á. (2006). Introducción a la calidad.
- BONTA. (1994). Pregunatas sobre marketing y publicidad.
- Catálogo de Festo. (s.f.).
- Catálogo de la marca CAMPBELL HAUSFELD. (s.f.).
- Catálogo de siemens. (s.f.).
- Catálogo marca Gatti. (s.f.).
- Catálogo marca Weg. (s.f.).
- Empresa, R. d. (s.f.). Obtenido de <http://es.slideshare.net/pepelucholuyoluyo/14-va-semana-rh-rf-rm-rt-re>
- España, J. (2016).
- GROOVER, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna.
- Inter aprendizaje de probabilidades y estadística inferencial. (s.f.).
- JURADO, J. E. (2005). Termoformadora al vacio alimentada por rodillo. Diseño y construcción. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Manual Técnico de termoformado . (2009).
- NAVARRETE, H. M. (2001). Gerencia de procesos.
- Pce-iberica. (11 de Agosto de 2016). pce-iberica. Obtenido de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/laboratorio/bomba-vacio-serie-r.htm>
- RIBA. (2002).
- RIVA. (2002). Diseño concurrente.
- ROMÁN, A. (2002). Como ganar tiempo y ser más eficaz.
- ROMÁN, A. (2002). Como ganar tiempo y ser más eficaz.
- SCHMID, K. (s.f.).
- SCHMID, K. y. (2002). Manufactura ingeniería y tecnología.
- SIEMENS, catálogo. (s.f.).
- STEPHENS, F. E. (s.f.). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales.
- TEJERO, J. J. (2007). Logística integral.
- Tomada del libro de Principios de Transferencia de calor. Kreith. (s.f.).
- WALPOLE, R. (2012).

http://www.clay-king.com/kilns/heat_treating_kilns_and_furnaces.html. (s.f.).

<http://www.directindustry.es/prod/ebmpapst/product-66514-1299077.html>. (s.f.).

<http://www.directindustry.es/prod/sedis/product-7490-490277.html>. (s.f.).

<http://www.ggm.es/tienda/ferreteria/1194-cuchilla-recambio-cutter-61-mm-10-uds-blister-stanley.html>. (s.f.).

<http://www.ultrafriolab.com.ar/bombasaltovacio.php>. (s.f.).

<http://www.ultrafriolab.com.ar/bombasaltovacio.php>. (s.f.).

(s.f.). Obtenido de

<http://www.chospab.es/calidad/archivos/Documentos/NormaInternacionalISO9001.pdf>

(s.f.). Obtenido de

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/termoformado.html>

(s.f.). Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/tipos-termoformado-info_233606

(s.f.). Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/tipos-termoformado-info_233606/

(s.f.). Obtenido de (<http://www.eoi.es/blogs/mariavictoriaflores/definicion-de-mejora-continua/>)

(s.f.). Obtenido de <http://www.grandespymes.com.ar/2012/04/17/mejoramiento-continuo/>)

(s.f.). Obtenido de <http://definicion.mx/recursos>

(s.f.). Obtenido de https://prezi.com/u55eylybw_0v/mapa-mental-rrhh/)

(s.f.). Obtenido de (<http://www.definicionabc.com>)

(s.f.). <http://gallerily.com/industrialconveyorovens>. (s.f.).

www.uti.edu.ec. (2010). Obtenido de

<https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTFq=uti>

ANEXOS

ANEXO 1

Guía de datos para la selección de actuadores neumáticos

Cilindros normalizados DSBC, ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Referencias – Productos disponibles en almacén					
Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Con amortiguación PPV		Con amortiguación PPS	
		Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo
50	20	2098969	DSBC-50-20-PPVA-N3	2102628	DSBC-50-20-PPSA-N3
	25	1366948	DSBC-50-25-PPVA-N3	1376301	DSBC-50-25-PPSA-N3
	30	2098970	DSBC-50-30-PPVA-N3	2102629	DSBC-50-30-PPSA-N3
	40	1366949	DSBC-50-40-PPVA-N3	1376304	DSBC-50-40-PPSA-N3
	50	1366950	DSBC-50-50-PPVA-N3	1376305	DSBC-50-50-PPSA-N3
	60	2098972	DSBC-50-60-PPVA-N3	2102630	DSBC-50-60-PPSA-N3
	70	2098973	DSBC-50-70-PPVA-N3	2102631	DSBC-50-70-PPSA-N3
	80	1366951	DSBC-50-80-PPVA-N3	1376306	DSBC-50-80-PPSA-N3
	100	1366952	DSBC-50-100-PPVA-N3	1376307	DSBC-50-100-PPSA-N3
	125	1366953	DSBC-50-125-PPVA-N3	1376308	DSBC-50-125-PPSA-N3
	150	2098974	DSBC-50-150-PPVA-N3	2102632	DSBC-50-150-PPSA-N3
	160	1366954	DSBC-50-160-PPVA-N3	1376309	DSBC-50-160-PPSA-N3
	200	1366955	DSBC-50-200-PPVA-N3	1376310	DSBC-50-200-PPSA-N3
	250	1366956	DSBC-50-250-PPVA-N3	1376311	DSBC-50-250-PPSA-N3
	300	2098975	DSBC-50-300-PPVA-N3	2102633	DSBC-50-300-PPSA-N3
	320	1366957	DSBC-50-320-PPVA-N3	1376312	DSBC-50-320-PPSA-N3
	400	1366958	DSBC-50-400-PPVA-N3	1376313	DSBC-50-400-PPSA-N3
	500	1366959	DSBC-50-500-PPVA-N3	1376314	DSBC-50-500-PPSA-N3
	1 ... 2800	1463766	DSBC-50-...-PPVA-N3	1463768	DSBC-50-...-PPSA-N3
63	20	2125490	DSBC-63-20-PPVA-N3	2126684	DSBC-63-20-PPSA-N3
	25	1383578	DSBC-63-25-PPVA-N3	1383632	DSBC-63-25-PPSA-N3
	30	2125491	DSBC-63-30-PPVA-N3	2126685	DSBC-63-30-PPSA-N3
	40	1383579	DSBC-63-40-PPVA-N3	1383633	DSBC-63-40-PPSA-N3
	50	1383580	DSBC-63-50-PPVA-N3	1383634	DSBC-63-50-PPSA-N3
	60	2125492	DSBC-63-60-PPVA-N3	2126686	DSBC-63-60-PPSA-N3
	70	2125493	DSBC-63-70-PPVA-N3	2126687	DSBC-63-70-PPSA-N3
	80	1383581	DSBC-63-80-PPVA-N3	1383635	DSBC-63-80-PPSA-N3
	100	1383582	DSBC-63-100-PPVA-N3	1383636	DSBC-63-100-PPSA-N3
	125	1383583	DSBC-63-125-PPVA-N3	1383637	DSBC-63-125-PPSA-N3
	150	2125494	DSBC-63-150-PPVA-N3	2126688	DSBC-63-150-PPSA-N3

ANEXO 2

Guía de datos para selección del compresor

VT500188, VT627700, VA500002, VT622202, VT626901, VT623302, VT619602 and VT629000

For Replacement Parts, Call 1-800-543-8622

Please provide following information:
 -Model number
 -Serial number (if any)
 -Part description and number as shown in parts list

Address parts correspondence to:
 The Campbell Group / Attric Parts Department
 100 Production Drive
 Harrison, OH 45030

Ref. No.	Description	Part Numbers						Qty
		VT500188 VT627700	VA500002	VT622202	VT626901	VT623302	VT629000 VT619602	
1	Tank	AR043100KK	AR040700JY	AR040700JY	AR040700KK	AR040500KK	AR040700KK	1
	Tank (Model VT627700 Only)	AR043400QG	—	—	—	—	—	1
2	Drain cock	D-1401	D-1401	D-1401	D-1401	D-1401	D-1401	1
3	Foot	ST041600AV	ST041600AV	ST041600AV	ST041600AV	ST041600AV	ST041600AV	2
4	NOT USED	—	—	—	—	—	—	—
5	Wheel	WA002400AV	WA002500AV	WA002500AV	WA002500AV	WA002500AV	WA002500AV	2
6	Adle bolt	ST033400AV	ST033400AV	ST033400AV	ST033400AV	ST033400AV	ST033400AV	2
7	Hex keps nut	ST033500AV	ST033500AV	ST033500AV	ST033500AV	ST033500AV	ST033500AV	2
8	Handle	HL001800BH	HL001800BH	HL001800BH	HL001800BH	HL001800BH	HL001800BH	1
9	Handle screw	ST073236AV	ST073236AV	ST073236AV	ST073236AV	ST073236AV	ST073236AV	1
10	Pressure switch	CW207563AV	CW207563AV	CW207563AV	CW207563AV	CW207563AV	CW207563AV	1
11	Strain relief (Motor cord)	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	1
12	Motor cord	EC011302AV	EC011302AV	EC011302AV	EC011302AV	EC011302AV	EC011302AV	1
13	Strain relief (Power cord)	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	ST043200AV	—	1
	Strain relief (VT6290 Only)	—	—	—	—	—	ST044800AV	1
14	Power cord	EC002104AV	EC002104AV	EC002104AV	EC002104AV	EC002104AV	EC002104AV	1
15	ASME Safety valve	V-215100AV	V-215100AV	V-215100AV	V-215100AV	V-215100AV	V-215100AV	1
16	1/4" Nipple	HF002401AV	HF002401AV	HF002401AV	HF002401AV	HF002401AV	HF002401AV	2
17	Outlet pressure gauge	GA016101AV	GA016101AV	GA016101AV	GA016101AV	GA016101AV	GA016101AV	1
18	Gauge	GA016300AV	GA016300AV	GA016300AV	GA016300AV	GA016300AV	GA016300AV	1
19	Unloader valve	CW000100AV	CW000100AV	CW000100AV	CW000100AV	CW000100AV	CW000100AV	1
20	Check valve	CV220301AJ	CV220301AJ	CV220301AJ	CV220301AJ	CV220301AJ	CV220301AJ	1
21	Ferrule	ST067300AV	ST067300AV	ST067300AV	ST067300AV	ST067300AV	ST067300AV	1
22	Compression nut	ST033001AV	ST033001AV	ST033001AV	ST033001AV	ST033001AV	ST033001AV	1
23	Discharge tube	VT043700AP	VT043500AP	VT043500AP	VT043500AP	VT043500AP	VT043500AP	1
24	Push-in fitting	ST081301AV	ST081301AV	ST081301AV	ST081301AV	ST081301AV	ST081301AV	1
25	Unloader tube	ST117804AV	ST117804AV	ST117804AV	ST117804AV	ST117804AV	ST117804AV	1
26	Oil drain cap	ST150100AV	ST150100AV	ST150100AV	ST150100AV	ST150100AV	ST150100AV	1
27	Oil drain extension	ST083800AV	ST083800AV	ST083800AV	ST083800AV	ST083800AV	ST083800AV	1
28	1/8-27 Oil drain plug	ST022300AV	ST022300AV	ST022300AV	ST022300AV	ST022300AV	ST022300AV	1
29	Pump	VT470200KB	VT470200KB	VT470200KB	VT470200KB	VT470200KB	VT470200KB	1
30	5/16-18 x 5/8" Hex head bolt	ST070692AV	ST012800AV	ST012800AV	ST012800AV	ST012800AV	ST012800AV	4
31	Compression connector assembly	ST018300AV	ST018300AV	ST018300AV	ST018300AV	ST018300AV	ST018300AV	1
32	Belt guard (back)	BG217902AV	BG217902AV	BG217902AV	BG217902AV	BG217902AV	BG217902AV	1
33	#10-24 x 5/16 Self-tapping screw	ST042400AV	ST042400AV	ST042400AV	ST042400AV	ST042400AV	ST042400AV	5
34	3mm x 31mm Self-tapping screw	ST129303AV	ST129303AV	ST129303AV	ST129303AV	ST129303AV	ST129303AV	1
35	Flywheel	PU005900AG	PU005900AG	PU005900AG	PU005900AG	PU005900AG	PU005900AG	1
36	3/16" Key	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	1
37	3/8-16 x 3/4" Setscrew	ST026200AV	ST026200AV	ST026200AV	ST026200AV	ST026200AV	ST026200AV	1
38	Wiley	PU015200AG	PU015200AG	PU015200AG	PU015200AG	PU015200AG	PU015200AG	1
39	1/8 - 20 x 1/2" Setscrew	ST012200AV	ST012200AV	ST012200AV	ST012200AV	ST012200AV	ST012200AV	1
40	Belt	BT020400AV	BT020400AV	BT020400AV	BT020400AV	BT020400AV	BT020400AV	1
41	Belt guard (front)	BG217800AV	BG217800AV	BG217800AV	BG217800AV	BG217800AV	BG217800AV	1
42	Plascrew	ST058502AV	ST058502AV	ST058502AV	ST058502AV	ST058502AV	ST058502AV	1
43	Electric Motor	MC015500AJ	MC017200AJ	MC015500AJ	MC017200AJ	MC017200AJ	—	1
	Electric Motor (VT6290 Only)	—	—	—	—	—	MC018100AJ	1
44	3/16 sq. x 1 1/4" Key	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	KE000903AV	1
45	5/16 - 18 Hex head bolt	ST016000AV	ST016000AV	ST016000AV	ST016000AV	ST016000AV	ST016000AV	4
46	5/16 Washer	ST011200AV	ST011200AV	ST011200AV	ST011200AV	ST011200AV	ST011200AV	4
47	5/16 - 18 Locknut	ST146000AV	ST146000AV	ST146000AV	ST146000AV	ST146000AV	ST146000AV	8
48	Regulator	RE206202AV	RE206202AV	RE206202AV	RE206202AV	RE206202AV	RE206202AV	1
49	1/4" x 1/8" Reducer	ST071407AV	ST071407AV	ST071407AV	ST071407AV	ST071407AV	ST071407AV	1

ANEXO 3

Guía de datos para la selección de la bomba de vacío

Especificaciones técnicas de la bomba de vacío

Vacío máximo	600 mm. Hg	
	Velocidad de vacío (2,5 L tanque)	
	R 300	R 400
0 mm Hg	17 l/min = 0,6 CFM	34 l/min = 1,2 CFM
100 mm Hg	14 l/min = 0,49 CFM	31 l/min = 1,09 CFM
200 mm Hg	12 l/min = 0,42 CFM	29 l/min = 1,02 CFM
300 mm Hg	9,5 l/min = 0,34 CFM	23 l/min = 0,81 CFM
400 mm Hg	7 l/min = 0,25 CFM	19 l/min = 0,67 CFM
500 mm Hg	4,5 l/min = 0,16 CFM	13 l/min = 0,46 CFM
600 mm Hg	1,5 l/min = 0,05 CFM	4 l/min = 0,14 CFM

ANEXO 4

Guía de datos para la selección del ventilador

		● Datos Técnicos		Technical Data				
Series	Modelo	Motor			Caudal Air volume m ³ /min.	Presión Pressure mm c. a.	Transmisión Transmission	
		Carcasa motor Housing	C.V.	R.P.M.				
RA RB	RA-120	-	0.18	2810	9	38	-	
	RA-150	-	0.2	1376	10	14	-	
	RA-250	80	0.75	1420	25 40	40 30	T20	
	RA-330	90 S	1	920	55 60	30 25	T30	
		90 L	2	1400	40 65	60 75	T30	
		100 L	3	1420	67 97	84 78	T30	
	RA-390	100 L	2	940	60 110	45 40	T30	
		100 L	4	1420	50 100	100 130	T30	
		112M	5.5	1420	70 155	97 95	T30	
	Rotor multipala SIROCCO	RA-450	132 S	4	980	100 150	70 50	T40
		RA-450	132 S	7.5	1430	100 120	140 150	T40
			132 M	10	1430	150 160	150 140	T40
	Multibla SIROCCO rotor	RB-200	71	0.34	1400	8 15	25 20	T20
			80	1.5	2850	10 22	80 100	T20
		RB-250	90 L	3	2830	28 50	160 145	T30
		RB-330	112 M	5.5	2850	38 50	250 230	T30
			112 M	7.5	2850	60 68	265 270	T30
			132 S	10	2870	75 85	286 280	T40
		RB-330	132 M	12.5	2890	80 100	296 280	T40
			180 M	20	2890	115 145	305 250	T80
180 L				25	2890	120 140	403 405	T80
RB-450		180 M	30	2900	150 170	403 395	T80	
	RG-330	80	1	1400	60	25	T20	
RG RH	RG-450	100 L	3	1420	100 140	67 80	T30	
	RH-200	71	0.33	2800	10	24	T20	
Pantalla abierta RADIAL	RH-250	80	1	2820	20	60	T20	
	RH-330	90 L	3	2830	28 40	170 145	T30	
		100 L	4	2830	50 64	125 8.0	T30	
	RH-450	90 L	2	1430	50 70	80 60	T30	
RADIAL open screen	RG-600	180M	15	1420	250 320	110 80	T40	
	RH-600	132M	12.5	1430	150 200	130 90	T40	

● Orientación boca de salida

Outlet orientation

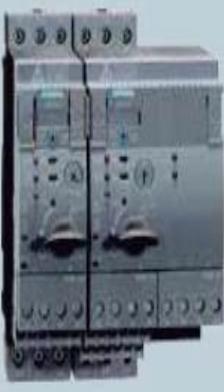
ANEXO 5

Guía de datos para la selección del breaker principal

No. de Depósito	Descripción				
	<p>Breaker 3VT1, Marco hasta 160 Amp, Versión fija y regulable Capacidad de interrupción (Icu) : 6 kA 690 VAC 25 kA 440/480 VAC 40 kA 220- 240 VAC</p>  <p>Corriente de corte de servicio (Ics) a 415VAC: 70% de Icu Incluye Terminales Tensión de empleo: Alterna: hasta 690VAC 60Hz Continua: hasta 440VDC Categoría de empleo al trabajar como seccionador AC-23B, DC-23B</p>				
	Tipo	Corriente nominal (A)	Capacidad de Interrupción (kA)		
			240 VAC	440 VAC	690 VAC
	Breakers regulables 3VT1				
	Con unidad de disparo termomagnética regulable, capacidad de interrupción normal				
100020991	3VT1701-2DC36-0AA0	12,5-16	40	25	6
100020992	3VT1702-2DC36-0AA0	16-20	40	25	6
100020679	3VT1792-2DC36-0AA0	20-25	40	25	6
100020994	3VT1703-2DC36-0AA0	25-32	40	25	6
100020995	3VT1704-2DC36-0AA0	32-40	40	25	6
100020993	3VT1705-2DC36-0AA0	40-50	40	25	6
100020982	3VT1706-2DC36-0AA0	50-63	40	25	6
100020996	3VT1708-2DC36-0AA0	63-80	40	25	6
100020984	3VT1710-2DC36-0AA0	80-100	40	25	6
100020680	3VT1712-2DC36-0AA0	100-125	40	25	6
100020983	3VT1716-2DC36-0AA0	125-160	40	25	6

ANEXO 6

Guía de datos para la selección del arrancador directo

No. de Depósito	Descripción				
	Incluye: Seccionamiento, control, protección MÓDULO DE COMUNICACIÓN AS-I dentro de un solo elemento				
					
	Arrancador directo e inverso SIRIUS 3RA		3RA62		SIRIUS 3RA61
Tipo	Regulación	Potencia del motor (HP)		Voltaje de control	
		220VAC	440VAC		
SIRIUS 3RA61 Arrancador Directo					
100016491	3RA61 20-1BP32	0.32...1.25	0.2	0.37	110..240VAC
100016501	3RA61 20-1CP32	1...4	0.8	1.5	110..240VAC
100016493	3RA61 20-1DP32	3...12	3	5.5	110..240VAC
100016494	3RA61 20-1EP32	8...32	7.5	15	110..240VAC
SIRIUS 3RA62 Arrancador Inversor					
100016496	3RA62 50-1BP32	0.32...1.25	0.2	0.37	110..240VAC
100016485	3RA62 50-1CP32	1...4	0.8	1.5	110..240VAC
100016505	3RA62 50-1DP32	3...12	3	5.5	110..240VAC
100016506	3RA62 50-1EP32	8...32	7.5	15	110..240VAC

ANEXO 7

Guía de datos para la selección de conductores eléctricos

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

ANEXO 8

Guía de datos para la selección del perfil cuadrado

Perfiles Cuadrados ASTM

Especificaciones Generales	
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A270ES • A240ES • SAE 1010 • SAE 1008
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAC.

Dimensiones nominales		Peso teórico	Area A	Ejes X-X e Y-Y		
A	Espesor			I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,0	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	1,5	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74
25	2,0	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
30	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
40	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
50	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
60	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
75	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48
	1,5	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
100	2	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
125	4	5,45	9,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79
150	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
200	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82
250	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
300	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89
350	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79

ANEXO 9

Costos detallados de la máquina

SISTEMA DE CALENTAMIENTO	
RUBRO	VALOR (\$)
ELEMENTOS NORMALIZADOS	\$ 668,50
MANO DE OBRA	\$ 62,10
PERFILERIA	\$ 17,93
CONSUMIBLES	\$ 84,0
SUBTOTAL 1	\$ 832,53
IMPREVISTOS (10%)	\$ 83,25
TOTAL	\$ 915,78

SISTEMA NEUMÁTICO	
RUBRO	VALOR (\$)
ELEMENTOS NORMALIZADOS	\$ 1.685,00
MANO DE OBRA	\$ 5,90
PERFILERIA	\$ 1,66
CONSUMIBLES	\$ 17,5
SUBTOTAL 1	\$ 1.710,06
IMPREVISTOS (10%)	\$ 171,01
TOTAL	\$ 1.881,07

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
RUBRO	VALOR (\$)
ELEMENTOS NORMALIZADOS	\$ 10,00
MANO DE OBRA	\$ 70,10
PERFILERIA	\$ 6,47
CONSUMIBLES	\$ 84,0
SUBTOTAL 1	\$ 170,57
IMPREVISTOS (10%)	\$ 17,06
TOTAL	\$ 187,63

SISTEMA DE VACÍO	
RUBRO	VALOR (\$)
ELEMENTOS NORMALIZADOS	\$ 1.397,80
MANO DE OBRA	\$ 61,40
PERFILERIA	\$ 232,40
CONSUMIBLES	\$ 66,5
SUBTOTAL 1	\$ 1.758,10
IMPREVISTOS (10%)	\$ 175,81
TOTAL	\$ 1.933,91

ESTRUCTURA	
RUBRO	VALOR (\$)
ELEMENTOS NORMALIZADOS	\$ 50,00
MANO DE OBRA	\$ 108,80
PERFILERIA	\$ 292,33
CONSUMIBLES	\$ 241,5
SUBTOTAL 1	\$ 692,63
IMPREVISTOS (10%)	\$ 69,26
TOTAL	\$ 761,89

Costo de montaje (10%)	\$ 529,66
Costo de diseño (10%)	\$ 529,66

ANEXO 10

Plan de mantenimiento preventivo

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Parte de la máquina y trabajos a realizarse	Frecuencia del Mantenimiento Preventivo			
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral
Sistema de alimentación de la máquina				
Verificar estado de uniones estructurales				x
Chequeo de actuadores y lubricación			x	
Limpieza general	x			
Sistema de sujeción y transporte de material				
Verificar el estado de las uniones estructurales				x
Chequeo de actuadores y lubricación		x		
Limpieza general	x			
Sistema de calentamiento				
Revisar el estado de dispositivos eléctricos			x	
Chequeo de la resistencia eléctrica		x		
Limpieza general	x			
Sistema de formado				
Verificar es estado de juntas y bocines			x	
Chequeo de la matriz de formado	x			
Chequeo de actuadores y lubricación		x		
Limpieza general	x			
Sistema de vacío				
Chequeo de mangueras y acoples		x		
Revisión de la bomba de vacío			x	
Limpieza general	x			
Sistema de enfriamiento				
Verificar el estado de dispositivos eléctricos			x	
Chequeo general del ventilador			x	
Limpieza General	x			

INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Parte de la máquina y trabajos a realizarse	Frecuencia del Mantenimiento Preventivo			
	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral
Sistema de corte				
Verificar estado de disco de corte	x			
Chequear los deslizadores y lubricación		x		
Limpieza general	x			
Compresor de aire 1 CAMPBELL HAUSFELD				
Verificar el estado del aceite del compresor y el filtro de aire		x		
Revisar fugas de aire en conexiones		x		
Comprobar si hay grietas, corrosión, fugas u otros daños en el depósito.			x	
Revisar de aceite, chequeo de válvulas			x	
Revisar del motor y de todo el equipo.				x
Limpieza general	x			
BOMBA DE VACÍO				
Verificar el estado del motor				x
Revisar fugas de aire en conexiones		x		
Comprobar si hay grietas, corrosión, fugas u otros daños en el depósito			x	
Revisar el aceite		x		
Calibración y revisión general de todo el equipo.				x
Limpieza general	x			