



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

**REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR
PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)**

Sidney José Cobaquil Barahona

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR
PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SIDNEY JOSÉ COBAQUIL BARAHONA

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Carlo Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 6 de marzo de 2019.

Sidney Joé Cobaquil Barahona

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de enero de 2020
REF.EPS.DOC.47.01.2020.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Sidney José Cobaquil Barahona** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201504246, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERS POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarcedo Espeda
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Área de Ingeniería



c.c. Archivo
EDSZ/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de enero de 2020
REF.EPS.D.41.01.2020

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERS POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Sidney José Cobaquil Barahona** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)** del estudiante **Sidney José Cobaquil Barahona**, CUI 3031357780108, Reg. Académico No. 201504246 y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2020
/cej

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)** del estudiante **Sidney José Cobaquil Barahona**, CUI 3031357780108, Reg. Académico 201504246 y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Vo./Bo. Ing.

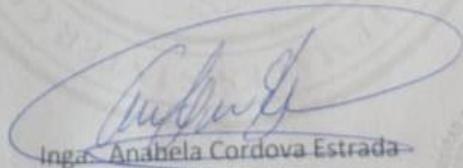
Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2020
/aej

DTG. 177.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **REDISEÑO Y MODIFICACIÓN A UNA MÁQUINA FABRICADORA DE BLÍSTERES POR PARTE DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. (ESINSA)**, presentado por el estudiante universitario: **Sidney José Cobaquil Barahona**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



~~Ing. Anabela Cordova Estrada~~
Decana

Guatemala, agosto de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser la fuente de toda la fuerza, conocimiento y esperanza que me acompaño durante este camino.

Mi madre

María Eugenia Barahona Vela, por ser el motor de todo lo que hago. Por iluminarme con su ejemplo y marcar la ruta de la persona que espero llegar a ser.

Mi padre

Sidney Clifford Cobaquil Reynoso, por sus consejos, tiempo y paciencia a lo largo de toda mi vida forjando mi carácter.

Mis hermanos

Miguel Adolfo y Olga Lucía Cobaquil Barahona, por acompañarme a lo largo de toda la vida siendo incondicionales a lo largo del tiempo.

Mis abuelitos

Olga Estela Reynoso, Miguel Ángel Cobaquil, Julio Cesar Barahona, por ser los pilares y ejemplo

.Mi abuelita

Julia Lucía Vela Mijangos, por acompañarme desde el cielo, haciéndome sentir su amor cuando más lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS:

Facultad de Ingeniería y la Escuela de Mecánica

Por abrirme sus puertas y darme el conocimiento necesario para realizar este trabajo, propiciando mi crecimiento como profesional y como persona.

Mis tíos y tías

Esdrey Cobaquil, Leonor Barahona, Axel Pimentel y Julio Barahona, por ser las personas que creyeron en mí desde el principio y por su apoyo incondicional.

Mis amigos de la Facultad

Alexander Dávila, Armando Sánchez, Carlos Ortiz, Cristina Mollinedo, Edgar Morales, Eric Luna, Gabriela Gonzales, Gustavo Taylor, Javier Lara, Juan Manuel Jiménez, Julio Flores, Karla Molina, María Fernanda Santizo, Pi-ey García y Rocío Paredes, por acompañarme en tantas jornadas de estudios y aventuras haciendo mí tiempo en la universidad inolvidable.

Departamento de automatización de Esinsa

Por darme la oportunidad de realizar este proyecto brindándome todo su apoyo y conocimiento.

Néstor Obdulio Chamalé

Por supervisar este trabajo dándome su conocimiento y su tiempo de manera abierta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A.	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Valores	2
1.1.5. Organigrama.....	3
1.2. Descripción del problema	4
2. FASE DE INVESTIGACIÓN	5
2.1. Funcionamiento de las celdas fotovoltaicas	5
2.1.1. Fotón	5
2.1.2. Silicio	6
2.1.3. Efecto fotoeléctrico	7
2.1.4. Celdas fotovoltaicas.....	9
2.1.5. Sistemas de instalación de celdas fotovoltaicas	10
2.1.5.1. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red	11

2.2.	Análisis del consumo energético en el área de Ingeniería y Automatización.....	12
2.2.1.	Precio del kilowatt hora	13
2.2.2.	Consumo promedio de energía	14
2.3.	Diseño para la instalación de celdas fotovoltaicas	14
2.3.1.	Estudio geográfico.....	15
2.3.1.1.	Orientación óptima	16
2.3.2.	Estudio de luminosidad	17
2.3.3.	Datos meteorológicos.....	17
2.3.3.1.	Inclinación de la instalación.....	18
2.3.3.2.	Temperatura diaria	20
2.3.3.3.	Radiación global y difusa.....	21
2.3.3.4.	Duración de radiación solar.....	22
2.3.3.5.	Precipitación.....	23
2.3.3.6.	Datos obtenidos de Metronorm	24
2.4.	Equipo utilizado	24
2.4.1.	Selección de celdas fotovoltaicas.....	25
2.4.1.1.	Cálculo de celdas utilizadas	27
2.4.2.	Selección de equipos auxiliares	27
2.4.2.1.	Inversor	28
2.4.2.2.	Baterías	30
2.4.2.3.	Medidor	30
2.4.2.4.	Soportes para paneles fotovoltaicos	31
2.5.	Estimado de energía entregada durante el día	32
2.6.	Análisis de inversión.....	33
2.6.1.	Costo total de la inversión	33
2.6.2.	Ahorro neto de energía	34
2.6.3.	Tiempo de recuperación de inversión	34

3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	35
3.1.	Descripción de funcionamiento inicial de la máquina fabricadora de blíster.....	35
3.1.1.	Fase de materia prima	35
3.1.1.1.	Mejoras realizadas.....	38
3.1.2.	Funcionamiento del equipo.....	38
3.1.2.1.	Área de moldeado	39
3.1.2.1.1.	Mejoras realizadas	40
3.1.2.2.	Área de precorte	40
3.1.2.2.1.	Mejoras realizadas	41
3.1.2.3.	Área de corte inferior	42
3.1.2.3.1.	Mejoras realizadas	43
3.1.2.4.	Área de corte superior	44
3.1.2.5.	Recolección de producto terminado y desperdicio del material.....	44
3.1.2.5.1.	Mejoras realizadas	45
3.1.3.	Moldes utilizados	46
3.1.4.	Neumática.....	46
3.2.	Posibilidades de mejora.....	46
3.3.	Presupuesto preliminar.....	47
3.3.1.	Ingeniería inversa	47
3.3.2.	Ingeniería.....	48
3.3.3.	Trabajos mecánicos.....	49
3.4.	Eficiencia general del equipo.....	49
3.4.1.	Disponibilidad	52
3.4.2.	Rendimiento.....	53
3.4.3.	Calidad	53
3.4.4.	Datos Iniciales	54
3.4.4.1.	Disponibilidad inicial	54

	3.4.4.2.	Rendimiento inicial	55
	3.4.4.3.	Calidad inicial	56
	3.4.4.4.	OEE inicial.....	56
3.4.5.		Datos finales.....	57
	3.4.5.1.	Disponibilidad final	57
	3.4.5.2.	Rendimiento final.....	58
	3.4.5.3.	Calidad final.....	59
	3.4.5.4.	OEE final	59
3.4.6.		Clasificación de paradas	60
3.5.		Cambio en el sistema de arranque.....	60
3.6.		Análisis térmicos de los moldes	62
	3.6.1.	Materiales.....	63
	3.6.2.	Resultados	64
	3.6.2.1.	Resistencias calefactoras de moldes para blísteres:.....	64
	3.6.2.2.	Moldes ranurados para <i>blisteres</i>	66
	3.6.2.3.	Superficie lisa del molde de <i>blisteres</i> ...	68
	3.6.2.4.	Superficie lisa del molde de <i>blisteres</i> en vista lateral	70
	3.6.2.5.	Moldes de blíster ubicados en máquina de soplado	71
	3.6.3.	Gráficas	73
3.7.		Instalación de nuevo sistema de control	75
	3.7.1.	PLC	75
	3.7.2.	PLC inicial	76
	3.7.3.	HMI.....	78
	3.7.3.1.	Pantalla de información.....	79
	3.7.3.2.	Pantalla diagnóstico	80
	3.7.3.3.	Pantalla operación manual.....	81

	3.7.3.4.	Pantalla operación manual	82
	3.7.3.5.	Parámetros de operación	83
	3.7.4.	Cableado	84
3.8.		Diagramas	84
	3.8.1.	Diagrama eléctrico.....	84
	3.8.2.	Diagrama neumático.....	85
4.		FASE DE DOCENCIA	87
4.1.		Presentación de resultados	87
4.2.		Manual de operación	88
	4.2.1.	Símbolos.....	89
	4.2.2.	Descripción de funcionamiento y especificaciones	90
	4.2.3.	Instrucciones de funcionamiento	92
	4.2.3.1.	Selector manual automático	92
		4.2.3.1.1. Automático:.....	93
		4.2.3.1.2. Manual.....	94
	4.2.3.2.	Ajustes de temperatura.....	94
	4.2.3.3.	Inicio de operación.....	95
	4.2.4.	Cambio de moldes.....	96
	4.2.5.	Ajustes.....	98
	4.2.6.	Resolución de problemas	100
	4.2.7.	Intervalos de mantenimiento.....	100
4.3.		Capacitación a operarios de empresa AMD Envases	101
	4.3.1.	Correcto uso del equipo.....	102
	4.3.2.	Medidas de seguridad	102
		4.3.2.1. Seguridad del área de trabajo.....	102
		4.3.2.2. Seguridad eléctrica	102
		4.3.2.3. Seguridad personal.....	103

4.3.2.4.	Seguridad industrial.....	103
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
APÉNDICES.....		111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama área de ingeniería ESINSA	4
2.	Fenómenos del comportamiento de un fotón	6
3.	Silicio de grado electrónico	7
4.	Efecto fotoeléctrico.....	8
5.	Experimento fenómeno fotoeléctrico	8
6.	Estructura de una celda fotovoltaica	10
7.	Diagrama de instalación fotovoltaica conectada a red	11
8.	Gráfico de consumo de energía	14
9.	Ubicación geográfica del área de automatización de Esinsa	16
10.	Trayectoria del sol durante diferentes fechas del año	17
11.	Latitud, longitud, altitud y ubicación en el mapa del departamento de Ingeniería de Esinsa.....	18
12.	Pestaña modificaciones Metronorm 7 (Demo)	19
13.	Temperatura mensual	20
14.	Gráfico de temperatura diaria máxima y mínima.....	21
15.	Gráfica de radiación global y difusa	22
16.	Duración de radiación solar.....	23
17.	Precipitación mensual en el territorio de Guatemala	23
18.	Panel solar Jinko modelo JM320PP-72.....	25
19.	Pestaña de datos básicos de módulo fotovoltaico modelo JM320PP-72.....	26
20.	Selección de inversor y paneles solares en área de diseño de instalación de paneles.....	29

21.	Inversor fotovoltaico Sony Boy 3000 U240.	29
22.	Diagrama de conexión de medidor bidireccional	31
23.	Materiales de armado de soporte para celdas fotovoltaicas	32
24.	Área de materia prima	36
25.	Moldes y etiquetas no alineados.....	38
26.	Área de moldeado.....	39
27.	Área de precorte	40
28.	Área de precorte antes de la modificación.....	41
29.	Modificación área del precorte.....	42
30.	Área de corte inferior	43
31.	Desalineamiento del material en el área de corte.....	44
32.	Enrollado producto terminado.....	45
33.	Soporte a producto terminado	45
34.	Planos electricos iniciales	48
35.	Grafico descriptiva función de OEE	51
36.	Pulsador inalámbrico Shneider Harmony XB5RFA02.....	61
37.	Pulsador inalámbrico instalado en la máquina fabricadora de blísteres	62
38.	Cámara termográfica Fluke Ti401 PRO.....	63
39.	Resistencias calefactoras de moldes para blísteres a luz visible.....	65
40.	Imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para blísteres	65
41.	Moldes ranurados para <i>blisteres</i> a luz visible	67
42.	Imagen termográfica de moldes ranurados para <i>blisteres</i>	67
43.	Superficie lisa del molde de blísteres a luz visible	68
44.	Imagen termográfica de superficie lisa de superficie lisa del molde de <i>blisteres</i>	69
45.	Superficie lisa del molde de <i>blisteres</i> en vista lateral a luz visible	70
46.	Imagen termográfica de molde de <i>blisteres</i> viste lateral.....	70

47.	Moldes de <i>blister</i> ubicados en máquina de soplado a luz visible	72
48.	Imagen termográfica moldes de <i>blister</i> ubicados en máquina de soplado.....	72
49.	Gráfica de temperatura resistencias calefactoras de moldes para blísteres.....	73
50.	Gráfica de temperatura moldes ranurados para <i>blisteres</i>	74
51.	Gráfica de temperatura superficie lisa del molde de <i>blisteres</i>	74
52.	Gráfica de temperatura superficie del molde de <i>blisteres</i> vista lateral.....	74
53.	Gráfica de temperatura moldes de <i>blister</i> ubicados en máquina de soplado.....	75
54.	Controlador Mitsubishi FXau-48M.....	77
55.	Controlador Siemens Simatic S7-1200	77
56.	Panel modificado por Esinsa	78
57.	Pantalla Simens Simatic HMI TP900.....	79
58.	Sinóptico pantalla información	80
59.	Sinóptica pantalla diagnóstico	81
60.	Sinóptico pantalla advertencias.....	81
61.	Sinóptico pantalla operación en automático.....	82
62.	Sinóptico pantalla operación en manual.....	83
63.	Sinóptico pantalla parámetros de operación	84
64.	Progreso de avance de actividades en sitio al terminar el proyecto en AMD Envases	88
65.	Carátula de manual de operaciones máquina fabricante de blísteres.....	89
66.	Símbolos utilizados en manual de operaciones de máquina fabricante de <i>blisteres</i>	90
67.	Válvula principal de aire	91
68.	Interruptor principal	91

69.	Llave de encendido y led indicador de encendido	92
70.	Selector manual automático	93
71.	Controladores de temperatura	94
72.	Botón <i>start</i>	96
73.	Manual de operaciones, página 21	97
74.	Manual de operaciones, página 21	97
75.	Manual de operaciones, ajuste de precorte, página 27	98
76.	Manual de operaciones, ajuste de corte inferior, página 29.....	99
77.	Manual de operaciones, ajuste de corte superior, página 30.....	99
78.	Manual de operaciones, resolución de problemas, página 30	100
79.	Manual de operaciones, intervalo de mantenimiento, página 30	101
80.	Equipo de Esinsa impartiendo capacitación a empleados de AMD	
	Envases	101

TABLAS

I.	Consumo energético mensual del área de automatización	13
II.	Ubicación geográfica del área de automatización de Esinsa	16
III.	Irradiación global obtenida a diferentes ángulos de instalación	19
IV.	Datos dados por Metronorm 7 (Demo)	24
V.	Costo de instalación de celdas fotovoltaicas	34
VI.	Presupuesto del proyecto	47
VII.	Tabla de indicación de estado según OEE	51
VIII.	Clasificación de paradas	60
IX.	Información de la imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para <i>blísteres</i>	66
X.	Información de la imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para <i>blisteres</i> II.....	68

XI.	Información de la imagen termográfica de superficie lisa del molde de <i>blisteres</i>	69
XII.	Información de la imagen termográfica de superficie lisa del molde de <i>blisteres</i> II.....	71
XIII.	Información de la imagen termográfica moldes de <i>blister</i> ubicados en máquina de soplado.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Ajustar
Ca	Calidad
Co	Consumo medio de instalación fotovoltaica
PLC	Controlador lógico programable
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
Di	Disponibilidad
Esinsa	Equipos y Servicios Industriales S.A.
OEE	Eficiencia general del equipo
°C	Grados Centígrados
I	Inspeccionar
HMI	Interfaz humano computadora
kWh	Kilowatt hora
msnm	Metros sobre nivel del mar
Np	Número de paneles
PVC	Policloruro de vinilo
PE	Polietileno
LLDPE	Polietileno lineal de baja densidad
Pp	Potencia proporcionada por cada panel
PA	Productos aprobados
Q	Quetzales
Gk	Radiación global en inclinada 15° respecto a la horizontal
Gh	Radiación global en posición horizontal

Dh	Radiación difusa
R	Reemplazar
S	Servicio
TPR	Tasa real producida
Ta	Temperatura máxima promedio mensual

RESUMEN

El trabajo expone el proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado trabajado en la empresa Equipos y Servicios Industriales S.A. Fue realizado bajo la supervisión del Ing. Néstor Obdulio Alejandro Chamalé Chitic en el área de ingeniería y automatización. El presente informe consta de 4 partes principales: Generalidades de la Empresa Equipos y Servicios Industriales S.A., fase de investigación; fase técnico profesional y fase de docencia.

Durante la fase de Generalidades de la Empresa Equipos y Servicios Industriales S.A se describe brevemente la empresa, su funcionamiento y la estructura del área de ingeniería y automatización.

En la fase de investigación se realizó un estudio cuyo objetivo es analizar la instalación de celdas fotovoltaicas en el área de ingeniería y automatización, se realizaron los estudios pertinentes para determinar la factibilidad del proyecto y se seleccionó el equipo a utilizar.

En la fase técnico profesional se realizaron las modificaciones pertinentes a la máquina fabricadora de blísteres. Se sustituyó el sistema de control y se realizaron modificaciones mecánicas para poder mejorar la disponibilidad del equipo. Se realizaron estudios de térmicos a los moldes para determinar su funcionamiento. Se realizó un estudio de eficiencia global del equipo con el fin de contar con un parámetro para determinar el éxito del proyecto.

En la fase de docencia se realizó un manual de operaciones y se capacitó al personal que opera la máquina fabricadora de blísteres. Además, se expusieron los resultados del proyecto.

OBJETIVOS

General

Modificar el diseño original de una máquina fabricadora de *blisteres* para aumentar su confiabilidad e incrementar el nivel de calidad del equipo.

Específicos

1. Determinar mediante ingeniería inversa el funcionamiento de un equipo fabricante de *blisteres*.
2. Mejorar la disponibilidad del equipo corrigiendo sus defectos de diseño.
3. Proveer a los usuarios de un equipo sencillo de utilizar traduciendo los sistemas de control e indicadores.
4. Aumentar la seguridad de los operarios al momento de utilizar el equipo.
5. Crear un manual de operación para que los usuarios tengan una guía para el correcto funcionamiento del equipo.

INTRODUCCIÓN

Durante los 6 meses de ejercicio profesional supervisado se realizó un estudio para determinar la factibilidad de realizar una instalación de sedas fotovoltaicas conectadas a la red con el objetivo de reducir el consumo energético del área de ingeniería y automatización.

Del mismo modo en la empresa AMD Envases se realizó la modificación de una máquina fabricadora de blísteres la cual fue comprada de segunda mano. La documentación que incluía la máquina se encontraba en idioma mandarín, así como su interface.

Presentaba serios problemas de despiece, sin embargo, todos estos problemas no habían sido cuantificados ni medidos de una manera empírica. La máquina funcionaba de manera insegura para los usuarios los cuales no habían recibido una capacitación formal para operar la maquinaria. Era necesario realizar labores de ingeniería inversa para determinar el funcionamiento de la máquina.

La empresa Esinsa. a través del servicio realizó todas estas labores y en este reporte se describen las acciones para conseguirlo.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A.

A continuación, se describen aspectos generales de la empresa Equipos y Servicios Industriales S.A. para tener una perspectiva de su esquema y funcionamiento.

1.1. Descripción de la empresa

Se fundó en Guatemala en 1985. Se especializa en equipo e ingeniería eléctrica. Tienen experiencia en equipo eléctrico, automatización, control, instrumentación, proyectos llave en mano y capacitaciones técnicas.

ESINSA ofrecen todo en instrumentos para equipos industriales y servicios de ingeniería eléctrica. Suministran equipos industriales principalmente de las marcas Schneider, Phoenix Contact, Hubbell, generadores Aska, George Fisher, entre otros proveedores de alta calidad que suplen las necesidades de la industria en Guatemala y Centroamérica.

Cuenta con el Departamento de Automatización e Ingeniería lleva a cabo los proyectos en las empresas que contratan los servicios de Esinsa. Cuentan con ingenieros experimentados en el desarrollo de ingeniería de equipos industriales y en automatización de procesos y máquinas. En esta área se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado bajo la supervisión del Ingeniero Néstor Chamalé y del equipo de ingeniería.

1.1.1. Ubicación

Esinsa se encuentra ubicada en la zona 11 de la ciudad capital de Guatemala. La empresa incluye el área de ventas ubicada en 20 calle 8-63 zona 11 Colonia Mariscal y el área de ingeniería que se encuentra en 20 calle 9-59 zona 11 colonia Mariscal junto con la empresa Depósito Industrial donde trabajan los técnicos que subcontratan para los proyectos de ventas e ingeniería.

1.1.2. Misión

Proveer soluciones integrales y productos de calidad que aseguren a sus clientes su competitividad en mercados globalizados, trabajando en equipo y mejorando continuamente en beneficio de la organización, sus colaboradores y la región.

1.1.3. Visión

Consolidarse y ampliar en el mercado de Centro América, sur de México y el Caribe como proveedores expertos, certificados y confiables de equipos y soluciones para procesos industriales.

1.1.4. Valores

En Esinsa se busca la excelencia y el sentido de superación en cada uno de sus compañeros y colaboradores. Se buscan personas que estén en línea con los valores de:

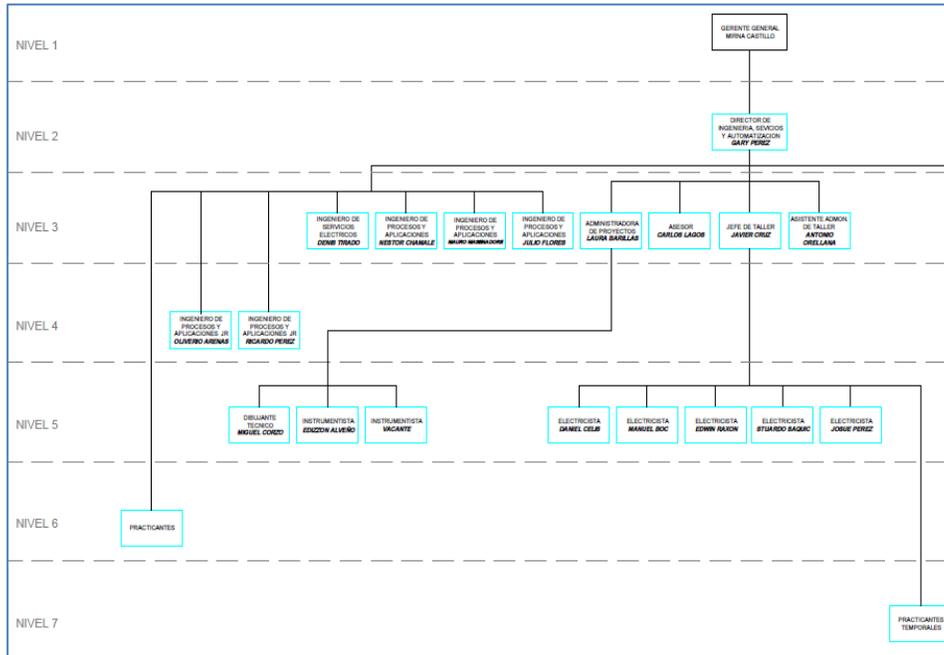
- Excelencia
- Honestidad
- Conocimiento
- Lealtad
- Entusiasmo
- Empatía
- Disciplina
- Positivismo
- Responsabilidad

Están comprometidos con el desarrollo humano y capacitación de su personal. La búsqueda de conocimiento debe ser constante y saber que nunca se deja de aprender.

1.1.5. Organigrama

El departamento de Ingeniería de Esinsa cuenta con un organigrama donde se detallan las posiciones y funciones de cada uno de sus colaboradores.

Figura 1. Organigrama área de ingeniería ESINSA



Fuente: Empresa Esinsa. *Departamento de Recursos Humanos.*

1.2. Descripción del problema

La máquina fabricadora de blísteres en la empresa AMD Embaces presenta problemas de funcionamiento porque este equipo de segunda mano y carece de la documentación para manipularla.

La máquina presentaba paros y mala calidad en los blísteres que producía. sin embargo, nunca se había realizado un estudio en el cual se detallará cuantitativamente los paros de la operación.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

Durante esta fase se estudiaron las repercusiones financieras que producirá la instalación de celdas fotovoltaicas en el techo del área de Ingeniería y Automatización y en taller Deposito Eléctrico producir un menor consumo de energías e implementar fuentes autosustentables produciendo un menor impacto medioambiental.

2.1. Funcionamiento de las celdas fotovoltaicas

El efecto fotovoltaico es el principio por el cual los paneles solares son capaces de producir energía eléctrica. A continuación, se describirán los principios básicos y su funcionamiento.

2.1.1. Fotón

El nombre de fotón se origina del griego cuyo significado se puede traducir como luz. Este nombre fue adoptado por el fisicoquímico Guilver Newton Lewis. El fotón es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética. Tiene masa igual a cero y viaja a una velocidad constante c .

Posee propiedades tanto ondulatorias como corpusculares cuando entra en contacto con la materia transfiriendo una cantidad fija de energía. Sigue las leyes de la mecánica cuántica lo que significa que no establece una cantidad a los valores de movimiento o de polarización y sus cálculos representan posibilidades en las cuales se puede encontrar. En su estado de onda no necesita de un medio físico para propagarse

Los fotones son los responsables de que las leyes de física tengan cierta simetría en los diferentes puntos del espacio tiempo.

Figura 2. **Fenómenos del comportamiento de un fotón**



Fuente: ERNEST. Oscar R. *El Fotón* sites.google.com/site/teoriatiempoespacio/los-fotones.

Consulta: 31 de julio de 2019.

2.1.2. Silicio

Este es el número atómico número 12 de la tabla periódica. Está clasificado como un metaloide. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. Si se encuentra en forma cristalina este puede ser duro y poco soluble con un brillo metálico y color grisáceo.

Dado que es un material semiconductor se utiliza en diversas aplicaciones electrónicas y microelectrónicas como material base para transistores, baterías solares y muchos circuitos electrónicos debido a su gran abundancia en la corteza terrestre. Sus propiedades conductoras pueden ser alteradas agregando cantidades pequeñas de impurezas llamada dopantes.

El silicio es el material fundamental a partir del cual están hechas las celdas fotovoltaicas.

Figura 3. **Silicio de grado electrónico**

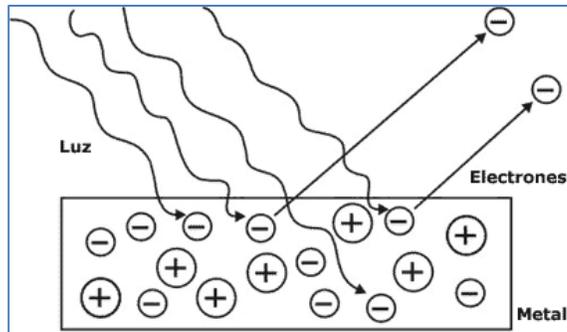


Fuente: BARREDO EGUSQUIZA, Josué. *Estudio de las Propiedades Mecánicas de Obleas de Silicio*, p. 16.

2.1.3. Efecto fotoeléctrico

El fenómeno fotoeléctrico se puede resumir como el efecto que causa iluminar con un fotón de la frecuencia adecuada a un metal, el cual comenzara a emitir la superficie electrones.

Figura 4. **Efecto fotoeléctrico**

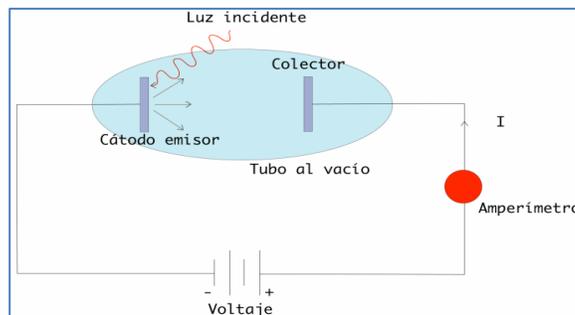


Fuente: *El efecto fotoeléctrico*

bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/32/html/sec_9.html. Consulta: 1 de agosto de 2019.

Este fenómeno se puede comprobar con el experimento colocando dos placas metálicas en el interior de una botella sellada al vacío. Si estas placas se colocan a un amperímetro y a una batería con potenciómetro que permite variar tanto el potencial en las placas y su signo. Al iluminar una de las placas se registrará en el amperímetro una lectura de corriente en el amperímetro se podrá entender que hubo una transferencia de electrones de una placa a otra.

Figura 5. **Experimento fenómeno fotoeléctrico**



Fuente: RODRÍGUEZ-MEZA, M.A. *El efecto fotoeléctrico*, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.

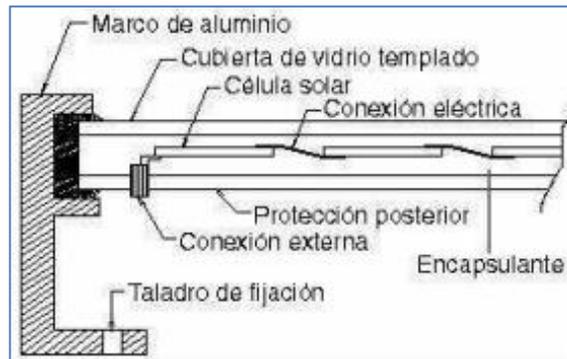
2.1.4. Celdas fotovoltaicas

Las celdas que se utilizan en el comercio son las de silicio cristalino. Para crear la celda, el silicio se extrae, purifica, funde y cristaliza en lingotes o en láminas delgadas que se cortan en obleas delgadas formando láminas individuales y son pulidas en las dos caras. El material dopante que por lo general se le agrega boro y fosforo.

Generalmente, las celdas fotovoltaicas producen, aproximadamente 0,5 V independientemente del área superficial de la celda. Sin embargo, el área superficial es directamente proporcional a la corriente que genera. Estas celdas se interconectan en serie para proporcionar el voltaje adecuado. Del mismo modo, estas celdas se pueden conectar en paralelo aumentando la corriente que entregan.

El grosor promedio del espesor va en el orden de 3 a 4 μm , esto convierte a cada una de estas placas en materiales muy frágiles. Para fortalecerlas, luego de haber realizado las instalaciones eléctricas, las celdas se colocan en medio de dos placas que pueden ser de vidrio ambas o bien la superior de vidrio y la inferior plástica o metálica. Para aumentar su resistencia hacia los esfuerzos mecánicos se le coloca un marco metálico. Esto también ayuda a la instalación de los paneles. A la unidad resultante de estas dos uniones se le llaman paneles o modulo fotovoltaico. Esta combinación de materiales ayuda a que los módulos fotovoltaicos puedan operar en climas cambiantes.

Figura 6. **Estructura de una celda fotovoltaica**



Fuente: Universidad Autónoma de México, *Celdas Fotovoltaicas, Celdas Solar*.

Del mismo modo que las celdas, los módulos pueden conectar en serie o en paralelo para obtener el voltaje y la corriente adecuados.

Las celdas fotovoltaicas son ampliamente utilizadas en instalaciones caseras en la industria. Principalmente en países como Alemania, Japón, España, China y Australia.

2.1.5. Sistemas de instalación de celdas fotovoltaicas

Existen cuatro tipos de instalaciones de celdas fotovoltaicas las cuales son:

- Instalación fotovoltaica autónoma (*Stand alone*).
- Instalación fotovoltaica conectada a la red (*Grid-Connected*).

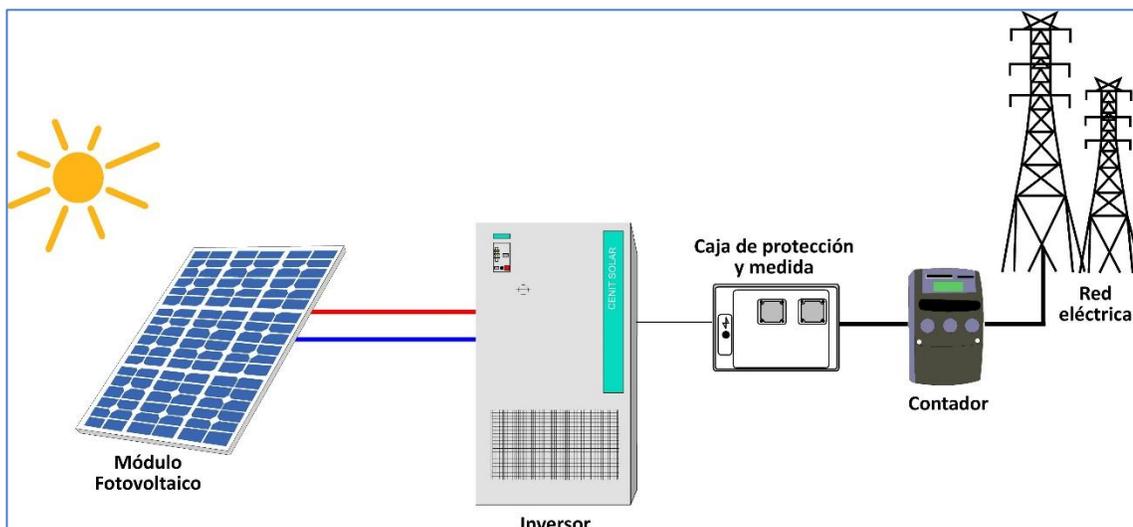
Para la realización de este estudio se determinó que la instalación adecuada para esta aplicación es la instalación fotovoltaica conectada a la red.

2.1.5.1. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red

Estas instalaciones se conectan a la red de distribución local permitiendo suministrar energía eléctrica y en caso de no estar generando utilizar la energía de la distribuidora permitiendo un suministro constante sin la necesidad de baterías. El exceso de producción es dirigido hacia la red eléctrica y medido por un contador especial.

La figura 7 muestra la manera de realizar la instalación de este tipo de red de generación de energía mostrando los componentes fundamentales para realizar la instalación.

Figura 7. Diagrama de instalación fotovoltaica conectada a red



Fuente: Cenit Solar. *Esquema de principio.*

http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_red_esquema.php. Consulta: 31 de julio de 2019.

En el subíndice 2.4 se describirán el funcionamiento de cada uno de los elementos y el equipo seleccionado para la instalación del equipo.

Es importante mencionar que este tipo de instalación no puede funcionar si la red se encuentra fuera de servicio. Esto se debe a que en caso de que algún operario se encuentre realizando trabajos de mantenimiento o reparación el estar conectado representa un peligro para el personal que se encuentre trabajando en la línea.

2.2. Análisis del consumo energético en el área de ingeniería y automatización

Se realizó un estudio para conocer el consumo de energía eléctrica, se estableció un punto de comparación para realizar el estudio de mercado y determinar el tiempo de retorno de la inversión inicial. Se utilizó el contador identificado con el código K10709 que cobra con el régimen de baja tensión simple.

Durante los 6 meses que duró la realización del estudio se determinó el siguiente consumo mensual. El precio del kWh presentó un incremento entre el 2018 y 2019. El total contemplado se toma como la suman entre el total consumido y la tasa municipal que es el 13 % del consumidor. Para este propósito no se tomará el cargo por IVA.

Tabla I. **Consumo energético mensual del área de automatización**

Fecha de Lectura	Consumo (kWh)	Precio del kWh (Q)	Precio total Consumido (Q)	Tasa Municipal (Q)	Total (Q)
21 de diciembre de 2018	522	1,172832	612,22	80,74	692,96
20 de febrero de 2019	505	1,230627	621,47	81,98	703,45
23 de marzo de 2019	598	1,230627	735,91	96,86	832,77
24 de abril de 2019	582	1, 230627	716,22	93,12	809,34
23 de mayo de 2019	553	1, 230627	680,54	88,47	769,01
Total	2 760		3 366,36	441,17	3 807,53

Fuente: Empresa EEGSA.

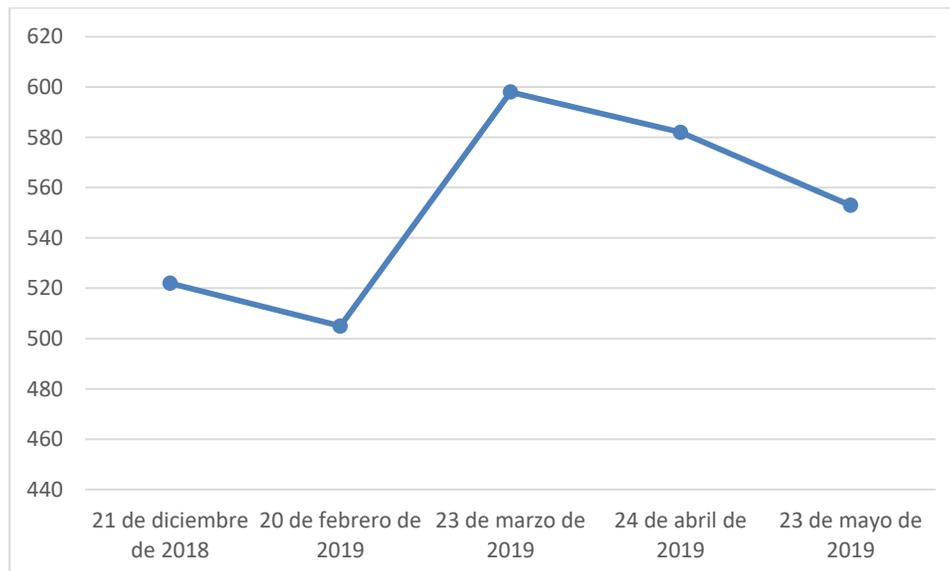
2.2.1. Precio del kilowatt hora

El precio de kWh varía de acuerdo con el año y se mantiene estable durante el año consiguiente. Para la elaboración de este informe se tomará el precio como de Q 1,230627.

2.2.2. Consumo promedio de energía

Como se puede observar en la tabla I en la sección 2.2.1 se obtuvo un total de 2 760 kWh consumidos durante cinco meses. Utilizando estos datos se obtiene que el promedio consumido en el área de automatización y taller es de 552 kWh.

Figura 8. Gráfico de consumo de energía



Fuente: elaboración propia.

Utilizando el precio establecido en la sección anterior se obtiene que mensualmente se consumen Q 679,31 mensualmente.

2.3. Diseño para la instalación de celdas fotovoltaicas

Para la ejecución correcta del proyecto de instalar celdas fotovoltaicas es necesario realizar estudios que determinen la mejor elección de celdas y la

correcta aplicación de los dispositivos a utilizar. Durante este estudio se tomarán en cuenta la ubicación geográfica y las condiciones meteorológicas de la ubicación en las que serán aplicadas, para determinar de manera eficiente y confiable la cantidad de celdas fotovoltaicas por instalar en sitio y la producción de kWh que tendrán.

2.3.1. Estudio geográfico

El dato fundamental es la ubicación geográfica donde se realizará la instalación. Del mismo modo es necesario conocer la altura a nivel del mar en la que será realizada la instalación.

Esto datos son fundamentales porque dependiendo de la ubicación geográfica, así será la cantidad de luz del día que recibirá la celda a través del año.

Con estos datos se determinará el tiempo universal coordinado. Este es estándar de tiempo que se utiliza alrededor del mundo.

La instalación se planifica para ser realizada en el techo del departamento de ingeniería. Este lugar fue seleccionado ya que es el punto más alto sin obstrucciones se sombras y con el área suficiente para poder realizar la instalación de las celdas.

Con ayuda de la aplicación Google Maps se encontró que la latitud, longitud y altura del nivel del mar exacto son:

Tabla II. **Ubicación geográfica del área de automatización de Esinsa**

Ciudad de Guatemala	
Latitud	14,604311°
Longitud	-90,552684°
Altura	1 500 m.s.n.m.

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Ubicación geográfica del área de automatización de Esinsa**



Fuente: Google Maps. *Ubicación geográfica del área de automatización de Esinsa.*

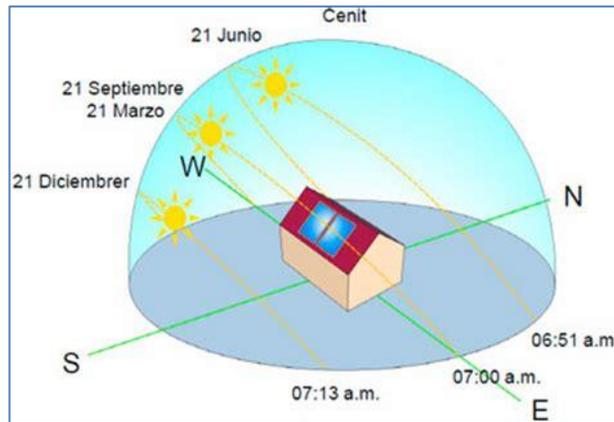
<https://www.google.com/maps>. Consulta: 30 de julio de 2019.

La intensidad con la que el sol golpea la superficie de la tierra está determinada por la posición del sol con respecto a la órbita solar.

2.3.1.1. Orientación óptima

Debido a que el sol se mueve de este a oeste la mejor posición para colocar los paneles solares es hacia el sur. De esta manera, durante el día, se tendrá una posición simétrica. Al medio día experimentarán el mayor impacto del sol.

Figura 10. Trayectoria del sol durante diferentes fechas del año



Fuente: ESCALANTE BOURNE, Teodoro. *Trayectoria del sol durante diferentes fechas del año.*

<https://www.arqhys.com/arquitectura/wp-content/uploads/2012/12/Trayectoria-solar.jpg>.

Consulta: 2 de julio de 2019.

2.3.2. Estudio de luminosidad

Debido a que el análisis debe ser más profundo que un simple estudio de luminosidad se optó por no realizar el estudio.

2.3.3. Datos meteorológicos

Para una correcta estimación de instalación de celdas fotovoltaicas es necesario realizar un estudio meteorológico. El programa PVsyt es cuenta con un registro de lugares con una base de datos de las condiciones climatológicas, sin embargo, los datos para la ciudad de Guatemala no se encuentran almacenados.

El programa Metronorm 7 (Demo) es un software capaz de realizar estimaciones basados en la posición geográfica, por lo cual es idóneo para obtener estos datos.

Se ingresó la latitud y la longitud del lugar donde se realizará la instalación.

Figura 11. **Latitud, longitud, altitud y ubicación en el mapa del departamento de ingeniería de Esinsa**

The screenshot shows a window titled 'Información del sitio' with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two main sections: 'Información general' and 'Detalles'.
Under 'Información general', there are several input fields and dropdown menus:

- Nombre:** A text box containing 'Departamento de automatizacion Esinsa, Guatemala, Guatemala'.
- Tipo:** A dropdown menu with 'Personalizado' selected.
- Coordenadas:** Two text boxes for latitude and longitude. The first contains '14.604311' and is labeled '°N Lat'. The second contains '-90.552681' and is labeled '°E Lon'. To the right is a dropdown menu for the coordinate system, set to 'WGS84'.
- Altitud:** A text box containing '1506' followed by 'm a.s.l.'.
- Huso horario (timezone):** A text box containing '-6' followed by 'UTC'.
- Referencia de tiempo:** A text box containing '-30' followed by 'min'.
- Situación:** A dropdown menu with 'Situación abierta' selected.

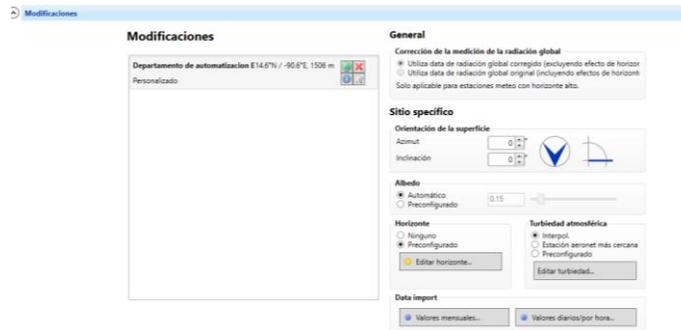
To the right of these fields is a map of Guatemala showing major cities like Guatemala City, Antigua, and Fraijanes. A yellow dot on the map indicates the location of the site.
Under the 'Detalles' section, there is a text box that reads: 'Esto es un sitio definido por el usuario.'

Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm V7 (Demo).

2.3.3.1. **Inclinación de la instalación**

En la pestaña mostrada en la figura 15 se puede determinar la radiación global que incidirá en la celda fotovoltaica dependiendo del ángulo de inclinación que puede darse a la instalación.

Figura 12. Pestaña modificaciones Metronorm 7 (Demo)



Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

Para encontrar el ángulo adecuado se realizaron simulaciones variando este parámetro. La tabla III muestra los resultados de irradiación global a diferentes ángulos de instalación.

Tabla III. Irradiación global obtenida a diferentes ángulos de instalación

	Gh kWh/m ²	Gk 10° kWh/m ²	Gk 15° kWh/m ²	Gk 20° kWh/m ²	Gk 25° kWh/m ²
Enero	148	163	169	174	178
Febrero	146	157	161	164	166
Marzo	179	185	186	186	185
Abril	180	178	176	172	168
Mayo	170	163	159	154	148
Junio	159	152	148	142	136
Julio	176	169	164	158	151
Agosto	175	171	168	163	158
Septiembre	153	156	155	154	153
Octubre	151	159	161	162	163
Noviembre	141	154	159	163	166
Diciembre	143	159	166	172	176
Anual	1921	1965	1970	1964	1946

Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

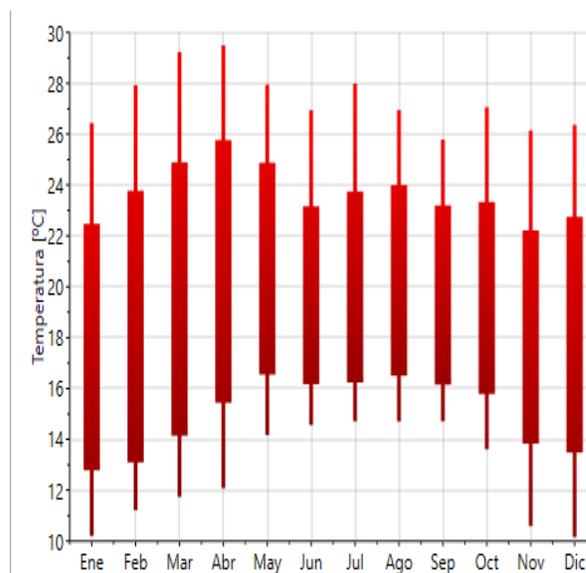
Se observa que el ángulo de 15° con respecto a la horizontal, que recibe más radiación global, anualmente. Con esta información el resto del estudio se basa en este dato.

2.3.3.2. Temperatura diaria

Se refiere al grado de calor específico en el aire en un momento y lugar determinado, en este caso a la ciudad de Guatemala.

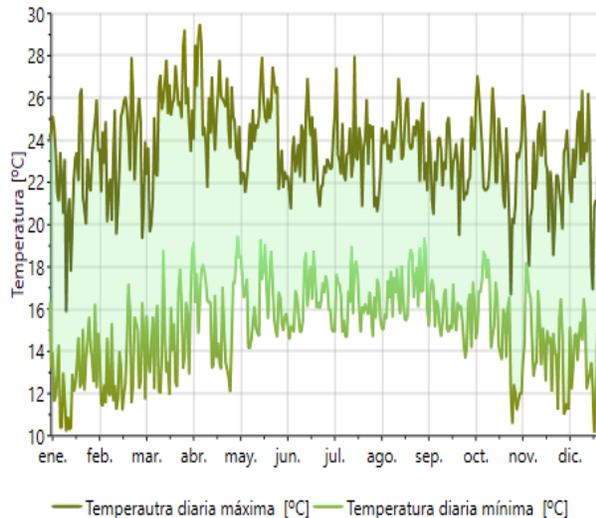
- Temperatura máxima: es la mayor temperatura alcanzada en el día
- Temperatura mínima: es la temperatura menor que se registra en el día

Figura 13. Temperatura mensual



Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

Figura 14. **Gráfico de temperatura diaria máxima y mínima**



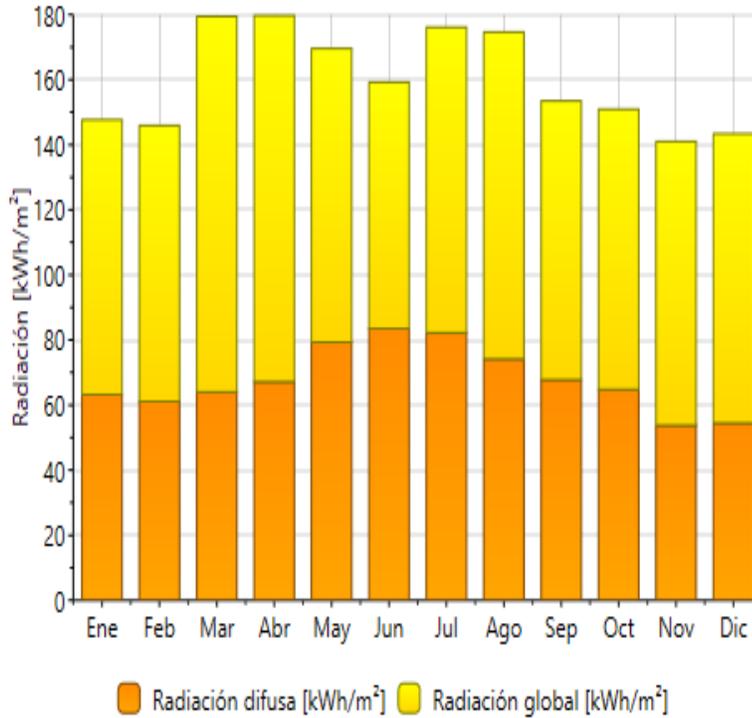
Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

2.3.3.3. Radiación global y difusa

Se define como la radiación solar recibida de un sólido en un ángulo 2π estereorradianes sobre una superficie horizontal. Incluye tanto la radiación solar directamente recibida sobre la superficie terrestre como la radiación difusa. Se mide a través de un pirómetro el cual es un instrumento capaz de medir la radiación solar en un ángulo de 180° de manera precisa.

La radiación difusa se genera cuando, debido a las moléculas de la atmósfera, la radiación solar rebota hacia su dirección original. Del total de la radiación removida por dispersión, aproximadamente dos tercios regresa como radiación difusa.

Figura 15. **Gráfica de radiación global y difusa**

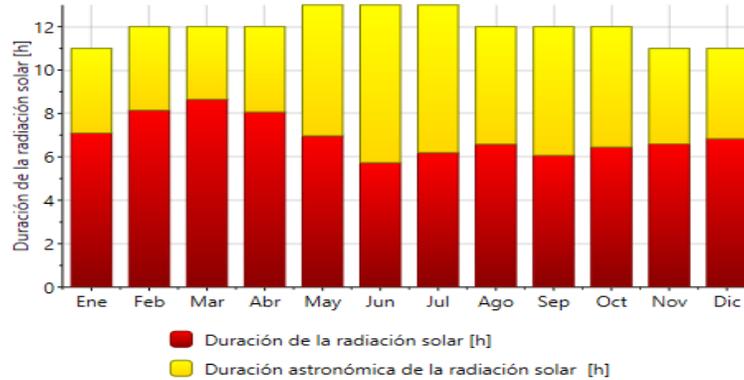


Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

2.3.3.4. Duración de radiación solar

Es el tiempo que el sol permanece por encima del horizonte. Se pueden encontrar estos datos en el anuario astronómico o con la ecuación de Cooper. En este caso, se obtuvo empleando el programa Metronorm 7 (Demo).

Figura 16. Duración de radiación solar

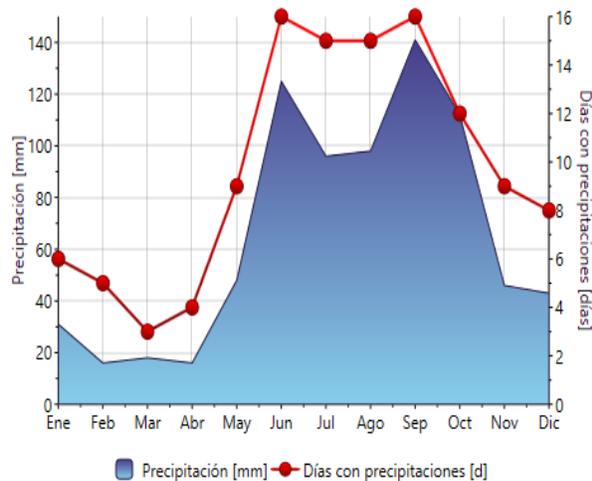


Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

2.3.3.5. Precipitación

Para la meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro (sea lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo). Se mide en mm que sería el grosor de la lámina que se forma causada por la precipitación.

Figura 17. Precipitación mensual en el territorio de Guatemala



Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

2.3.3.6. Datos obtenidos de Metronorm

En la tabla IV se puede observar la descripción de datos dados por Metronorm 7.

Tabla IV. Datos dados por Metronorm 7 (Demo)

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Ta °C	Td °C	Tp °C	FF m/s
Enero	148	169	63	17	12	14,55	6,5
Febrero	146	161	61	18	12	15,15	6,2
Marzo	179	186	64	19	13	16,05	5,5
Abril	180	176	67	21	14	17,15	5,1
Mayo	170	159	79	21	16	18,1	4
Junio	159	148	84	20	16	18,05	3,8
Julio	176	164	82	20	16	17,8	5
Agosto	175	168	74	20	16	17,95	4,9
Septiembre	153	155	68	20	16	18,05	3,5
Octubre	151	161	65	19	16	17,5	4,9
Noviembre	141	159	54	18	13	15,75	6,3
Diciembre	143	166	54	18	13	15,25	6,2
Anual	1921	1970	815	19	14	16,8	5,2

Fuente: elaboración propia, empleando Metronorm 7 (Demo).

2.4. Equipo utilizado

Para la realización de la instalación de una red de celdas fotovoltaicas conectadas a la red, es necesario seleccionar el equipo adecuado para la instalación.

Por lo general, las instalaciones de una red fotovoltaica conectada a la red cuentan principalmente de paneles fotovoltaicos, inversor y el medidor de

energía. También es de suma importancia considerar la soportaría de las celdas. Las baterías se instalan cuando se requiere respaldo, si faltara la energía de la red eléctrica. Si se instala un banco de baterías se debe estimar que el costo de mantenimiento se elevará. Para este proyecto fue la instalación de baterías.

2.4.1. Selección de celdas fotovoltaicas

En el índice 2.1 se detalla el funcionamiento de una celda fotovoltaica. En este punto, solo describirán las características de la celda seleccionada. Se realizará el cálculo del número de celdas fotovoltaicas por utilizar.

Esinsa instala la marca Jinko de paneles para esta aplicación. Se seleccionó el tipo Eagle 72P, modelo JKM320PP-72 con capacidad de entregar un rango de 320-340 watt.

Figura 18. **Panel solar Jinko modelo JM320PP-72**



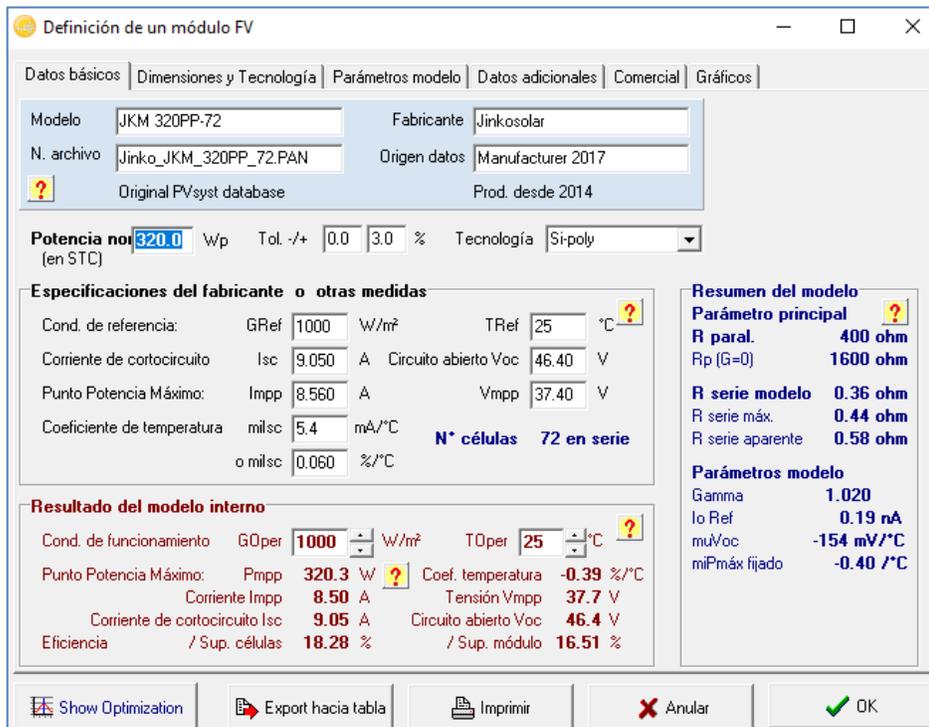
Fuente: Jiko Solar S. A. Panel solar Jinko modelo JM320PP-72.

https://www.jinkosolar.com/product_detail_213.html?lan=sp, consultado el 7 de agosto de 2019.

Ees un módulo policristalino de 72 células de potencia con hasta 315 Wp. Su carga de resistencia al viento es de hasta de 2 400 Pascales. Soporta una carga de nieve de hasta 5 400 Pascales y una humedad relativa de 85%/85 %. Tiene un peso aproximado de 26,5 kgf y una eficiencia arriba del 16,49 %.

El programa PVsyst cuenta con las características de este panel y son los siguientes.

Figura 19. Pestaña de datos básicos de modulo fotovoltaico modelo JM320PP-72



Fuete: elaboración propia, empleando PVsyst 7.0 (Demo).

2.4.1.1. Cálculo de celdas utilizadas

Para realizar una instalación de las celdas fotovoltaicas el área de ingeniería y automatización se calculará el consumo pico que es equivalente a 0,125 kWh.

Según el equipo especializado de ESINSA, el número de paneles solares utilizados se obtiene de la siguiente manera:

$$Np = \frac{Co}{0,125 * Pp}$$

Utilizando el dato de consumo obtenido en el inciso 2.2.2. Se establece que la cantidad de paneles por instalar es igual a y las características del panel obtenidas en el inciso 2.4:

$$Np = \frac{552}{0,125 * 320} = 13,8 \cong 14$$

De esta manera, se garantiza que la instalación de los paneles abastezca la demanda eléctrica. La energía producida en exceso (por lo general a las 12 horas cuando la radiación solar es máxima y la energía consumida es mínima) es introducida nuevamente a la red.

2.4.2. Selección de equipos auxiliares

Las celdas fotovoltaicas generan corriente directa, por eso se puede utilizar en una red eléctrica monofásica e introducirla a la red eléctrica local. Además, es necesario instalar equipo especializado de medición para el control de la energía producida y el almacenaje de respaldo de la corriente eléctrica.

2.4.2.1. Inversor

El inversor es un equipo con capacidad para convertir la corriente directa (DC) a corriente alterna (AC). Esto es fundamental para que la energía generada pueda ser utilizada en la red eléctrica.

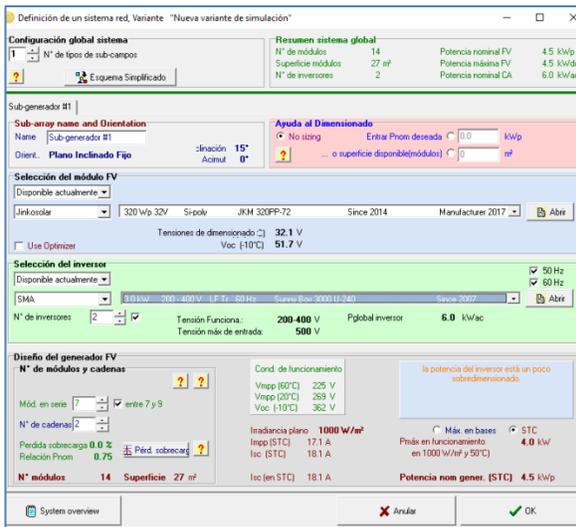
Existen tres diferentes tipos de inversores:

- Inversores *String* (o de cadena)
- Microinversores
- Optimizadores de potencia

Para este estudio se eligió el inversor tipo *string*. El cual es el más utilizado en el mercado de la generación solar de energía. Los paneles solares se conectan en ramales para que generen el voltaje y la corriente requeridos. Cada ramal o *string* se conecta a un único inversor.

Este inversor es el más utilizado en la industria por el tipo de instalaciones que usualmente se utilizan. Sin embargo, presenta diferentes inconvenientes que deben contemplar antes de decidirse por estas conexiones.

Figura 20. Selección de inversor y paneles solares en área de diseño de instalación de paneles



Fuente: elaboración propia, empleando PVsytes.

Figura 21. Inversor fotovoltaico Sony Boy 3000 U240



Fuente: Solar Technology AG. Inversor fotovoltaico Sony Boy 3000 U240.

https://www.sma.de/fileadmin/content/global/Products/Images/Wechselrichter_ohne_Trafo/falcon/sb-falcon_470x420.png. Consulta: 21 de julio de 2019.

Debido a la demanda que implica esta instalación se determinó que es necesario que se instalen dos inversores con una hilera de 7 paneles cada uno. El inversor seleccionado es el Sony Boy 3000 U240.

Se seleccionó un inversor de mayor tamaño, se necesita expandirlo por el crecimiento de la empresa.

2.4.2.2. Baterías

En la industria como baterías o acumuladores, se usan para almacenar la energía generada en las horas de alto nivel de insolación para que al disminuir no se produzca baja en el nivel de suministro. Las baterías también se necesitan para suministrar energía, la instalación, cuando se interrumpe este servicio. Debido al alto costo de instalación y mantenimiento de este equipo, no serán considerados el proyecto.

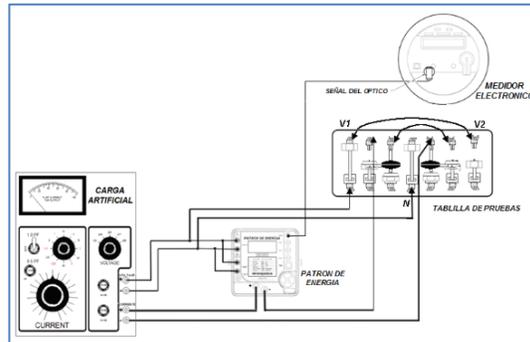
2.4.2.3. Medidor

Este medidor mide el consumo de la red eléctrica y la energía producida. Registra el aporte energético que se produce en el día.

El sobrante que entra a la red es facturado y descontado del total consumido en el mes. Si existe sobrante de energía producida sobre la consumida se puede utilizar en un plazo máximo de 6 meses.

Este equipo lo instala la Empresa Eléctrica.

Figura 22. Diagrama de conexión de medidor bidireccional



Fuente: Comisión Reguladora de Energía. *Diagrama de conexión de medidor bidireccional*

http://www.dof.gob.mx/imagenes_diarios/2017/03/13/MAT/cre2a11_Cimg_1310172.png

Consulta: 22 de agosto de 2019.

2.4.2.4. Soportes para paneles fotovoltaicos

Es indispensable colocar las bases adecuadas para soportar los paneles solares porque de esto depende el nivel de captación de luz que incidirá en el panel. Por lo general, estas estructuras están hechas de aluminio por la ligereza del material y sus características mecánicas que son suficientes para poder soportar las cargas de los paneles.

Con este propósito se utilizan los productos de la empresa Proinso PV Rack. El equipo seleccionado es el Mini 10 pro. Este equipo está diseñado para que los paneles sean instalados sobre techos de lámina. En este caso, se instalará sobre el techo del área de taller porque es el punto más alto y no presenta obstáculos que generen sombras en la instalación.

- Clamps de sujeción
- Finales de clamps

- Riel tipo EPDM
- Tornillos autorroscables
- Roldanas de sujeción

Figura 23. **Materiales de armado de soporte para celdas fotovoltaicas**



Fuente: elaboración propia, con datos de hoja Mini 10 Pro de Proindo PV Rac.

Al realizar la instalación, se deben colocar los encaminamientos para limpiar periódicamente los paneles con ello se mantiene la eficiencia de su producción.

2.5. **Estimado de energía entregada durante el día**

Se realiza con los datos entregados por PVsyttes 7.7 (Demo). cuando se ingresan los datos recopilados para generar una simulación del comportamiento de los paneles solares. Se determina si la instalación estimada es correcta y la configuración seleccionada es adecuada para cubrir la demanda de energía. La hoja de datos obtenidos se encuentra en las figuras 81, 82 y 83 en la sección anexos.

La producción anual es de 7,68 MW la cual es suficiente para cubrir la demanda anual que se obtuvo en el ensayo. El mes con menos producción es junio porque es temporada de lluvias. La mayor producción se realizará en diciembre y esa energía sobrante ingresada a la red tendrá validez de 6 meses.

Esto permite compensar la temporada de baja producción en enero.

Se puede observar que los equipos se encuentran sobredimensionados ya que se contemplaron futuras expansiones de la empresa. Al realizar el tiempo de retorno se debe la tasa de impuesto municipal de la región.

Se puede observar que el programa estima todas las pérdidas que presentara el equipo y los factores medioambientales que se ingresaron para realizar una predicción precisa y confiable.

De acuerdo con los requerimientos para cubrir el consumo del área de automatización, la instalación se conectará como se establece en el diagrama de la figura 83 en la sección de apéndices.

2.6. Análisis de inversión

La compra de los equipos representa una ventaja porque aunque el equipo no se mantiene, generalmente, en las bodegas de almacenamiento se cuenta con un precio especial porque se compra directamente con el distribuidor.

Las horas de instalación no se incluyen porque la realizan los operarios de taller eléctrico.

2.6.1. Costo total de la inversión

La inversión total de las celdas fotovoltaicas fue la siguiente:

Tabla V. **Costo de instalación de celdas fotovoltaicas**

Cantidad	Descripción	Costo Individual	Total
14	Panel solar Jinko Modelo JM320PP-72	Q1 200,00	Q16 00,00
2	Inversor fotovoltaico Sony Boy 3000 U240	Q7 200,00	Q14 400,00
1	Dispositivo de protección contra sobretensiones tipo 1 SDSA1175	Q67,00	Q670,00
	Trámite para la instalación de medidor bidireccional		Q2 265,00
	2 semanas de técnico tipo C		Q4 642,50
	Ingeniero en servicios eléctricos		Q3 375,15
	Total		Q42 152,65
	Total con IVA		Q42 153,77

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Ahorro neto de energía

Con la instalación instalada se cubre por completo el consumo energético de toda el área de ingeniería se estima que con el cálculo hecho en el inciso 2.2.2. Se ahorrarán 522 kWh mensualmente.

2.6.3. Tiempo de recuperación de inversión

Con el total obtenido del inciso 2.6.3. y el cálculo de ahorro mensual se estima que el tiempo de recuperación será de 5 años con 1 mes.

3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

Durante esta fase se realizó la mejora de una máquina fabricadora de blísteres para supositorios y óvulos vaginales la cual presenta problemas de diseño. La máquina carecía de diagrama o manual lo cual dificultaba la realización del proyecto.

Durante la visita inicial se realizó un diagnóstico de los problemas que presentaba. Los solucionados en el proyecto fueron los siguientes:

- Pantallas, PLC, diagramas y manuales en idioma mandarín
- Delineamiento en los moldes
- Cálculo de OEE
- Análisis térmico de los moldes

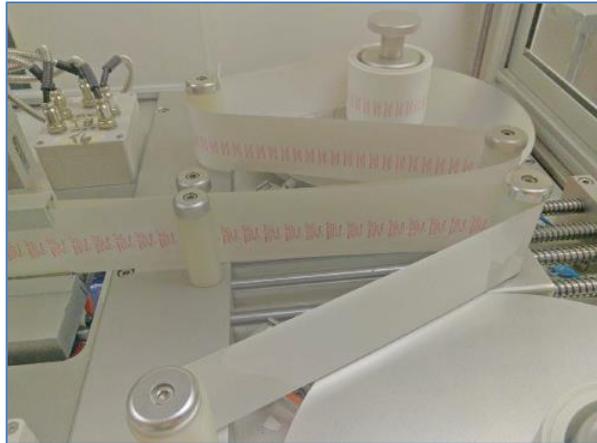
3.1. Descripción de funcionamiento inicial de la máquina fabricadora de *blíster*

Debido a la falta de información del equipo se realizaron trabajos de ingeniería inversa para determinar el funcionamiento del equipo. Este es un estudio profundo de la máquina en el cual se registran los parámetros de operación del equipo y los tiempos de ejecución.

3.1.1. Fase de materia prima

Antes del proceso se coloca el material en el borde con ayuda de una pinza la cual sostiene la materia prima en su lugar.

Figura 24. **Área de materia prima**



Fuente: elaboración propia.

Para fabricar los *blisters* se utilizan estos tres materiales en diferentes capas las cuales se une en el área de moldeado. A continuación se describen.

- PVC: El policloruro de vinilo (C_2H_3Cl)_n con un n desde n=700 a n= 1 500. Es de los materiales más utilizados en la actualidad. Es un derivado del petróleo y, por lo general, se presenta como un material blanco que se ablanda alrededor de los 80 °C. Este material cuenta con muchas propiedades químicas y mecánicas las cuales para fines de este proyecto, se resaltan las siguientes:
 - Tiene una elevada resistencia a la abrasión.
 - Es estable e inerte por lo que se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad.
 - No se quema con facilidad ni arde por sí solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado.

- Se vuelve flexible y moldeable sin necesidad de someterlo a altas temperatura.
 - Resistente al agua.
 - Es muy resistente a la corrosión.
- PVDC: el cloruro de polivinilideno con fórmula química $C_2H_2Cl_2$. Es un polímero de recubrimiento de barrera, es decir, aísla el contenido en su interior, de diferentes factores del entorno, como la humedad, bacterias, entre otros, para conservarlas por más tiempo y libres de contaminación. Algunas de sus propiedades son:
 - Buenas propiedades de barrera (O_2 , CO , H_2O)
 - inerte y muy buena resistencia a la combustión
 - Tiene buena estabilidad térmica, pero por encima de $125\text{ }^\circ\text{C}$ se descompone para producir cloruro de hidrógeno (HCl).

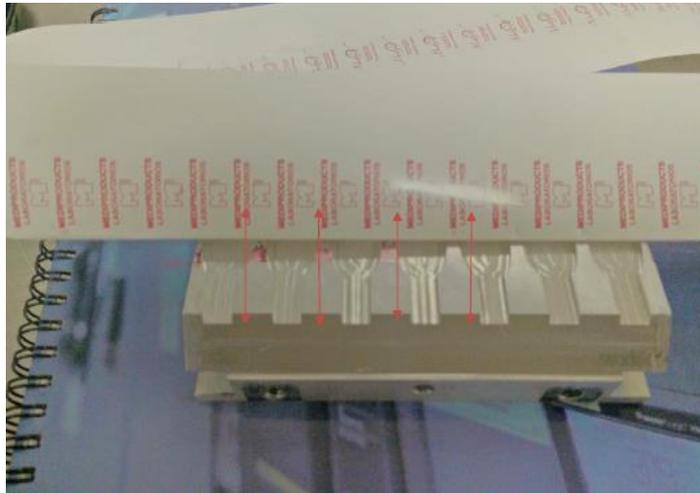
PE: el polietileno es un polímero cuyo principal uso es el empaquetado de productos para alargar su vida. Para el proyecto se utiliza LLDPE (polietileno lineal de baja densidad). Algunas de sus características son:

- Tiene una mayor resistencia a la tracción.
- Es muy dúctil y se alarga bajo esfuerzos de tensión.
- Se puede usar para hacer películas más delgadas, con una mejor resistencia a agrietamiento por tensión ambiental.
- Tiene buena resistencia a productos químicos.

3.1.1.1. Mejoras realizadas

Durante la primera visita se descubrió que el logotipo no era del mismo tamaño que el lóbulo que se estaba moldeando. Esto imposibilitaba la realización de un lóbulo limpio y uniforme.

Figura 25. **Moldes y etiquetas no alineados**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Funcionamiento del equipo

La máquina funciona en cuatro estaciones.

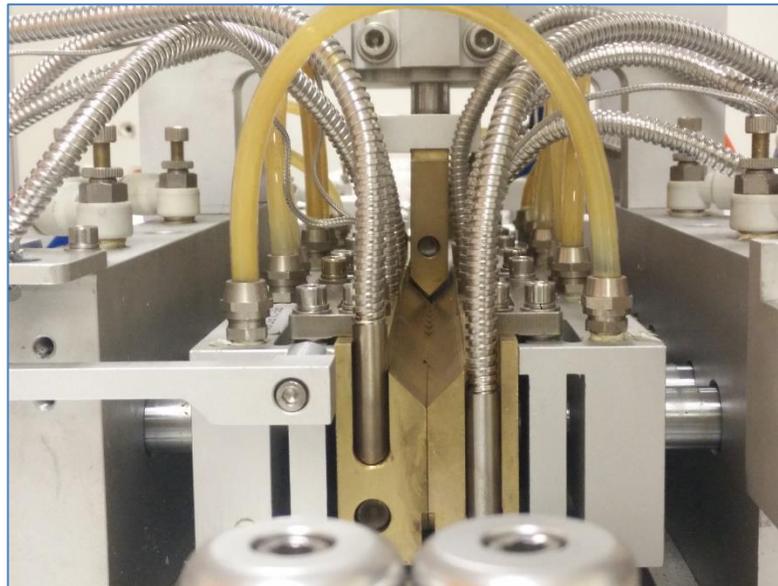
- Fase de moldeo
- Fase de precorte
- Área de corte inferior
- Área de corte inferior

A continuación, se presenta el funcionamiento de cada uno de estas fases y las modificaciones que se les realizaron.

3.1.2.1. Área de moldeado

El primer paso de la fabricación de blíster es el moldeado y pegado de las capas del material.

Figura 26. Área de moldeado



Fuente: elaboración propia.

Esta área está dividida en tres sectores de precalentado, calentado y moldeo. A cada paso de la banda transportadora la materia permanece en cada una de las etapas. Las primeras dos sirven para que el material llegue a una temperatura adecuada. Los moldes de las primeras dos fases son completamente planos mientras que en la fase de moldeado el molde tiene la

forma con la que se desee dar forma al molde. A la vez, se le inyecta aire a una temperatura de 70° para que expanda acomodándose al molde.

3.1.2.1.1. Mejoras realizadas

La máquina no estaba haciendo un soplado uniforme en los supositorios, ya que las boquillas inyectoras de aire no estaban alineadas con el molde de sellado. Por lo que se procedió a modificar la pieza.

3.1.2.2. Área de precorte

Consiste en cuchillas colocadas perpendiculares al material para que corten parcialmente los *blisteres*. Esto les confiere una marca para separarlos individualmente, pero sin cortar completamente el material.

Las cuchillas se ajustan colocándolas en medio de dos bloques, uno que permanece fijo y otro que cuenta con un tornillo avellanado con agujero hexagonal. Este tornillo expande la pieza de acero inoxidable al que está conectado para sujetar la cuchilla.

Figura 27. **Área de precorte**



Fuente: elaboración propia.

Debido a que en esta máquina se utiliza para diferentes tamaños de blísteres es necesario ajustar el espaciamiento de las diferentes áreas para evitar que se produzcan deformaciones. El corte es accionado por un pistón neumático el cual al comprime las dos mordazas realizando el corte.

3.1.2.2.1. Mejoras realizadas

Durante las observaciones se notó que cuando se introducían *blisteres* grandes se desalineaba. Por eso se implementó una pieza especial que deben cambiar los operarios cuando cambian el molde.

La varilla que guía el material también fue reubicada porque deformaba el material.

Figura 28. Área de precorte antes de la modificación



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Modificación al área del precorte**



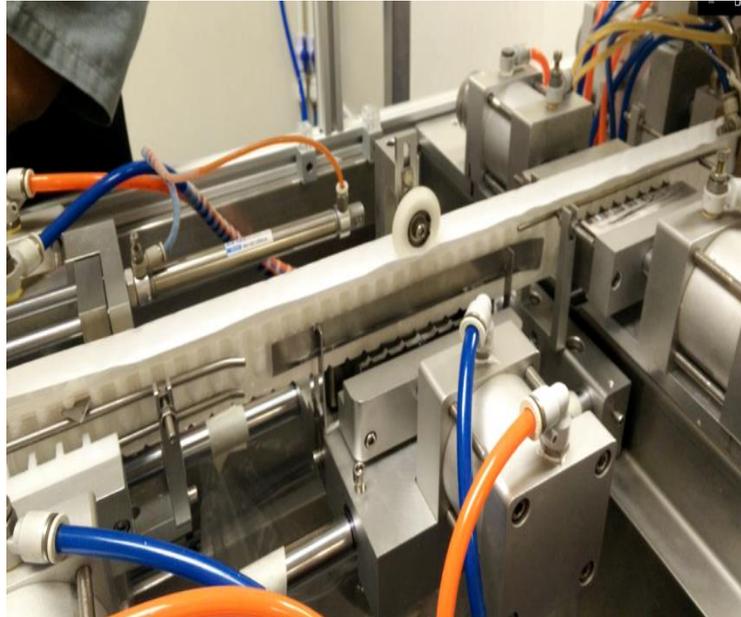
Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. Área de corte inferior

Después de moldearlo, el blíster se traslada al área de corte inferior. Esta consiste en una cuchilla colocada perpendicular al rollo del material, accionada por un pistón. Esta actúa una vez por paso.

En la parte superior se cuenta con un rodillo que cumple con la doble función de separar el material para el área de corte superior y de guiar el resto del producto. Solo se separa el producto final del residuo superior.

Figura 30. **Área de corte inferior**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3.1. Mejoras realizadas

Durante la cuarta visita se identificó que el material se desalineaba con respecto a la guía. Esto provocaba que el corte por realizar resultara corrido afectaba la separación de las grageas. Se realizó una verificación general de la máquina, para nivelar las guías. También se lubricaron las bobinas, se cambió, su posición, porque no accionaban los cilindros y permitían que giraran libremente sin tensar el material.

Figura 31. **Desalineamiento del material en el área de corte**



Fuente: elaboración propia.

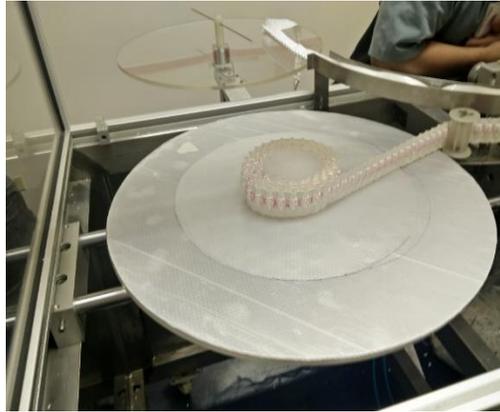
3.1.2.4. Área de corte superior

Aquí se corta la parte superior del producto para dar el acabado final. Cuenta con un actuador sobre una guía el cual tiene una cuchilla ajustable a la presentación del *blister*. Se mueve horizontalmente para realizar el corte.

3.1.2.5. Recolección de producto terminado y desperdicio del material

Al finalizar el proceso se separa el residuo del corte superior de los *blisters* fabricados. Luego, una guía dirige el producto hacia un eje que enrolla por separado el residuo del producto terminado. Estos enrollan el producto final sin dañarlo.

Figura 32. **Enrollado producto terminado**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2.5.1. Mejoras realizadas

Se agregó un tope para mantener el producto terminado de una manera ordenada.

Figura 33. **Soporte a producto terminado**



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Moldes utilizados

La máquina trabaja con moldes de aluminio y bronce. Se manejan presentaciones de 7 y 10 ml.

3.1.4. Neumática

La máquina trabaja a una presión de 6 psi. Se detectó que la calidad de aire es baja. Presenta alto grado de humedad y muestra señales de lubricante lo que indica que el filtro del compresor utilizado se encuentra dañado.

Como medida de precaución se instaló una unidad de mantenimiento en la entrada de aire comprimido de la máquina.

Los diagramas neumáticos se exponen de la figura 108 a la 113 de la sección anexos.

3.2. Posibilidades de mejora

La máquina presentaba posibilidades de mejora. Era necesario el cambio del sistema de control y la modificación mecánica de muchas de las guías.

Debido a que no se tenía un registro claro del funcionamiento del equipo fue necesario plantear un estudio objetivo para contar con un parámetro de referencia.

3.3. Presupuesto preliminar

Para realizar el proyecto se presentó el presupuesto siguiente y el alcance que tenía cada una de las acciones.

Tabla VI. **Presupuesto del proyecto**

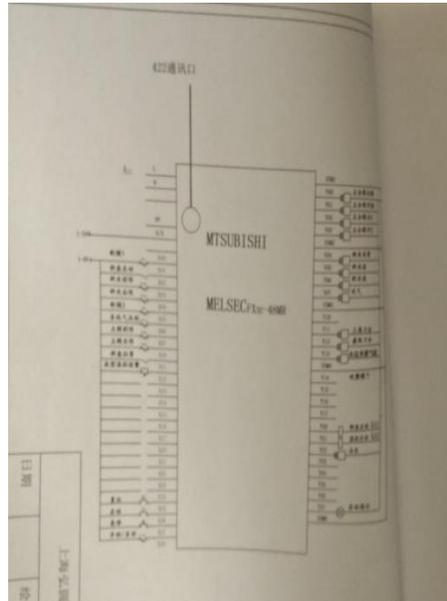
Línea	Descripción	Pecio
A	Ingeniería inversa	Q. 18 504,00
Etapa 1		
B	Equipos	Q. 63 136,96
	Ingeniería	Q. 61 988,40
	Trabajos mecánicos	Q. 31 790,87
	Total	Q. 175 420,23

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Ingeniería inversa

Es un estudio profundo de los equipos realizado de la máquina. Antes de modificar las máquinas se realizó un estudio completo del funcionamiento del equipo. Durante esta etapa registraron los parámetros de operación actuales. Se levantaron los planos de los circuitos eléctricos y neumáticos. Los planos eléctricos estaban disponibles en idioma mandarín, lo cual dificultaba la recolección de los datos.

Figura 34. **Planos electricos iniciales**



Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Ingeniería

Este apartado incluye la programación del PLC y la HMI. Consistió en escribir la lógica de control de la máquina en lenguaje IEC 61131-3. Desarrollar la interfaz humano máquina de los parámetros de operación y que estos puedan ser modificados por el operario desde la pantalla táctil.

El comisionamiento consiste en las pruebas de lectura de las señales de los sensores al PLC y las pruebas de las escrituras de los comandos del PLC a los accionamientos finales.

La puesta en marcha consiste en los ajustes finales de la lógica de control y los parámetros de operación para un proceso productivo estable.

3.3.3. Trabajos mecánicos

Incluye la ejecución de un riel corredizo para los cilindros de precorte. Se independizará el aire comprimido para la sección de precalentado, moldeado y sellado.

Además, de todas las alineaciones realizadas y las piezas maquinadas detalladas anteriormente.

3.4. Eficiencia general del equipo

La eficiencia general del equipo o OEE por sus siglas en inglés (*Overall Equipment Effectivness*) es un indicador que señala la capacidad que tiene un equipo de producir sin defectos. Para desarrollar este indicador de la manera adecuada se recolecta información diaria del proceso. Este indicador puede ser utilizado para comparar diferentes elementos en el proceso de producción.

El OEE une tres variables para representar la eficiencia de un equipo: la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos.

La ecuación del indicador se tiene como:

$$OEE = Di * Re * Ca$$

Cada uno de estos factores se relaciona entre sí y serán explicados a continuación.

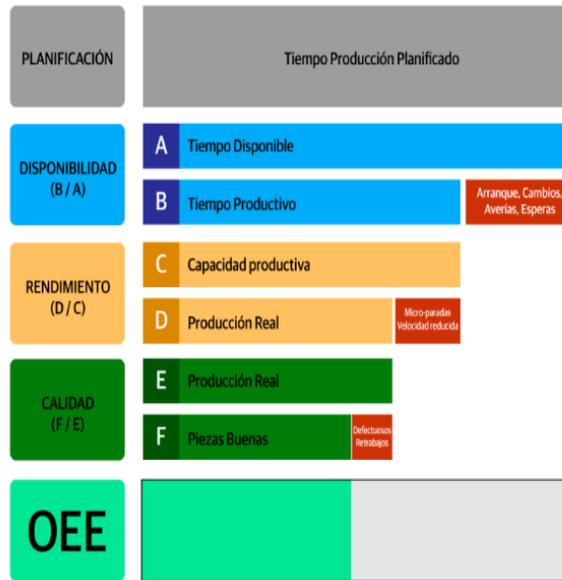
Este factor puede ser aplicado a un equipo o una línea de producción, incluso puede ser aplicado a una planta entera.

Para un equipo existen 6 grandes fallas estas son:

- Averías o fallas de equipos: es cuando el equipo no se encuentra disponible al momento de ser requerido.
- Preparación y ajustes de máquinas: ocurre cuando la máquina se encuentra en un paro debido a trabajos que se le estén realizando.
- Pérdidas por disponibilidad: es la unión entre averías y pérdidas por preparación.
- Pérdidas de rendimiento: conocida como detecciones menores y velocidad reducida. Estas ocurren cuando el fallo se produce ocasionalmente.
- Pérdidas de defectos y repetición de trabajos: Surgen cuando el producto final de una máquina no cumple con los estándares de calidad.
- Pérdidas por puesta en marcha: ocurre en los ajustes iniciales previos a que dé inicio la producción.

Una vez analizado el equipo es necesario realizar un análisis causa raíz para estudiar cada aspecto que coadyuve en la identificación de las causas por las cuales el equipo no alcanza el rendimiento adecuado.

Figura 35. Gráfico descriptiva función de OEE



Fuente: Sistemas OEE. *Gráfico descriptiva función de OEE*. <https://www.sistemasoe.com/calcular-oe>. Consulta: el 27 de junio de 2019.

El criterio para el análisis de la OEE fue el siguiente:

Tabla VII. **Tabla de indicación de estado según OEE**

Factor OEE	Calificación	Características
<65 %	Bajo	Importantes pérdidas económicas (muy baja competitividad)
≥65 % ≤75 %	Regular	Aceptable solo si está en proceso de mejora (baja competitividad)
≥75% ≤85 %	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas (competitividad ligeramente baja)
≥85 % ≤ 100 %	Excelente	Entra en valores de estándares de calidad clase mundial (buena competitividad)

Fuente: elaboración propia.

3.4.1. Disponibilidad

Este indicador mide el tiempo en que se encuentra la máquina funcionando comparándolo con el tiempo teórico en que la máquina podría funcionar. El indicador muestra tanto paros programados como paros no programados. La fórmula para calcularlo es el siguiente:

$$Di = \left(\frac{TO}{TOP} \right)$$

Donde:

TO = tiempo real de operación

TOP= tiempo ideal de operación

El tiempo operacional puede ser tomado como el tiempo disponible que el equipo pudiera estar funcionando continuamente. Por ejemplo, si la planta tiene turno de matutino y nocturno de 4 hrs cada uno el tiempo operacional de un equipo que funciona será de 8 horas.

El tiempo operacional es el tiempo de funcionamiento del equipo. Para este parámetro se debe de tomar en cuenta tanto los paros programados como los no programados.

Al realizar la operación de este indicador verifica si el equipo está cumpliendo con sus horas de trabajo o si presenta muchas fallas. Si el indicador resulta bajo esto significa que el equipo se encuentra mucho tiempo fuera de servicio.

3.4.2. Rendimiento

El rendimiento del equipo es la cantidad de producto que la máquina produce comparada con la cantidad de producto que debería producir. Se calcula de la siguiente manera.

$$Re = \frac{TPR}{TPT}$$

Donde:

TPR= tasa de producción real

TPT= tasa de producción teórica

La tasa de producción real es necesaria obtenerla por medio de la observación y el muestreo del equipo.

La tasa de producción teórica se obtiene en función del tiempo de producción real que se obtuvo con la anterioridad. En función de esto, es necesario calcular la cantidad teórica de productos en producción.

3.4.3. Calidad

Este último factor a evaluar contabiliza las unidades producidas durante un periodo establecido de tiempo y determina si cumplen los requerimientos mínimos establecidos para que el producto sea apto para cumplir su función. Este parámetro se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$Ca = \frac{PA}{TPR}$$

Este factor es importante porque se debe tener en cuenta que los fallos de la maquinaria pueden provocar defectos en el producto y pérdidas de tiempo y materia prima. Es fundamental establecer los estándares de calidad que se desean alcanzar en el producto final para medir este parámetro.

3.4.4. Datos iniciales

Antes de realizar modificaciones se debe tener un parámetro empírico con el cual se diagnosticará en qué falla el equipo y se estructura la referencia para determinar la mejora realizada y el alcance de las reparaciones.

3.4.4.1. Disponibilidad inicial

Para la disponibilidad se recolectaron los siguientes datos previos a realizar las mejoras.

- Tiempo total: el tiempo del cálculo de los datos se tomaron durante 5,5 días. La duración del día se tomó de 24 horas. El resultado fue un tiempo de 132 horas equivalentes a 7 920 minutos.
- Descansos programados: durante el tiempo de observación se tomaron en cuenta 13 descansos programados de 30 minutos cada uno cuyo total es de 390 minutos.
- Paradas y averías: se tomó el tiempo total de las paradas y averías del equipo durante el tiempo total, incluyendo las microparadas consecuencia del mal alineamiento del equipo. El tiempo total fue de 3 394 minutos.

Según la fórmula vista en el punto 3.3.1 se aplica la fórmula siguiente:

$$Di = \frac{TO}{TOP} \frac{(3\,394 \text{ min})}{(7\,530 \text{ min})} = 0,4507$$

Según la tabla VI la disponibilidad del equipo es baja. Este fue el parámetro principal por mejorar durante este trabajo.

3.4.4.2. Rendimiento inicial

Para obtener los siguientes datos se entrevistó a los operarios y al personal que compró el equipo. Dado que se carecía de manuales del equipo, se preguntó sobre la tasa real que este debería producir. En este proceso se verificaron las unidades en buen estado y las averiadas.

También se incluyeron unidades producidas en las microparadas y las unidades producidas de manera defectuosa. A cada unidad producida se le conoce en la planta como grajeas.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- Tiempo de ciclo ideal = 8 000 grajeas por hora = 134 grajeas por minutos. Medido por los operarios cuando la máquina fue comprada y tenía un funcionamiento óptimo.
- Se contabilizaron la cantidad de producto terminado que se produjo durante el tiempo de evaluación y se obtuvo como resultado un total de 312 860 unidades producidas.

3.4.4.3. Calidad inicial

El número de unidades en buen estado se obtuvo del recuento de las cajas aprobadas por control de calidad durante el tiempo del estudio. Cada caja contenía 14 rollos con 600 unidades por rollo.

$$35 \text{ cajas} \times 14 \text{ rollos} \times 600 \text{ unidades} \approx 294\,000 \text{ unidades}$$

Dado que en el apartado anterior se encontraron 312 860 unidades producidas, se puede decir que:

$$\text{Calidad} = \frac{PA}{TPR} \frac{294\,000 \text{ unidades}}{312\,860 \text{ unidades}} \times 100 = 93,97$$

A pesar de los inconvenientes de la máquina es capaz de producir grageas de calidad. Este parámetro no fue prioridad en el trabajo realizado ya que según la tabla VI la calidad se encuentra en un nivel excelente.

3.4.4.4. OEE inicial

Con los datos se calculó la eficiencia general del equipo. El resultado final fue el siguiente:

$$\text{OEE} = 93,97 \% \times 45,07 \% \times 68,79 \% = 29,14$$

Como se puede observar la causa principal de la ineficiencia del equipo es la disponibilidad. Es evidente que el equipo no produce adecuadamente y genera pérdidas en la línea de más del 60 %.

3.4.5. Datos finales

Después de realizar las mejoras, se realizó un nuevo estudio de OEE para determinar si estas fueron efectivas para la producción del equipo. Se redujo el tiempo de toma de datos de 5,5 días a 4,5 días. Dado que los datos obtenidos son porcentuales, es posible realizar la comparación directa entre ellos.

Utilizando los mismos parámetros que en el estudio realizado al inicio se consiguieron datos con notorias mejoras presentadas a continuación.

3.4.5.1. Disponibilidad final

Para la disponibilidad se recolectaron los siguientes datos posteriores a realizar las mejoras:

- Tiempo total: el tiempo del cálculo de los datos fueron tomados durante 4,5 días tomando el día con un total de 24 horas. El resultado fue de 108 horas equivalentes a 6 480 minutos. Sin embargo, no se incluyó un turno de 8 horas en el que se produjo un lote de óvulos diferentes a 100 mg de Clomazol. Esto significa 6 000 minutos de operación.
- Descansos programados: se tomaron en cuenta 24 descansos programados de 30 minutos cada uno cuyo total es de 720 minutos.
- Paradas y averías: se tomó el tiempo total de las paradas y averías del equipo. Durante el tiempo total no se incluyeron las microparadas menores a 5 min. El tiempo total fue de 830 minutos. Es notoria la diferencia entre el tiempo tomado en el primer estudio.

Según la fórmula punto 3.3.1 debe aplicar la siguiente:

$$D_i = \frac{TO}{TOP} = \frac{(4\,450 \text{ min})}{(5\,280 \text{ min})} \times 100 = 84,28 \%$$

3.4.5.2. Rendimiento final

Durante este proceso se contaron las unidades en buen estado y las unidades que se encontraban fuera del estándar de calidad. En estos datos se consideraron del mismo modo unidades producidas en las microparadas y las unidades producidas de manera defectuosa. A cada unidad producida se le conoce en la planta como grageas.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- Tiempo de ciclo ideal = 8 000 grageas por hora = 134 grageas por minutos. Medido por los operarios cuando la máquina fue comprada y tenía un funcionamiento óptimo. Al multiplicar las grageas por minuto con el tiempo real de operación se obtiene que en teoría se deberían producir un total de 596,300 grageas en el tiempo del estudio.
- Se contabilizó la cantidad de producto terminado que se produjo durante el tiempo de evaluación y se obtuvieron 407 000 unidades.

Aplicando la ecuación establecida en el Inciso 3.3.2 para el rendimiento se obtiene que:

$$Re = \frac{TPR}{TPT} = \frac{407\,000}{596\,300} = 68,25 \%$$

3.4.5.3. Calidad final

El número de unidades en buen estado se obtuvo del recuento de las cajas aprobadas por control de calidad durante el tiempo del estudio. Cada caja contiene 14 rollos con 600 unidades por rollo.

$$56 \text{ cajas} \times 14 \text{ rollos} \times 600 \text{ unidades} \approx 386\,400 \text{ unidades}$$

Teniendo en cuenta que en el apartado anterior encontramos un total de 407,000 unidades producidas. Con estos datos podemos decir que:

$$\text{Calidad} = \frac{PA}{TPR} = \frac{386\,400 \text{ unidades}}{407\,000 \text{ unidades}} \times 100 = 94,94 \%$$

A pesar de la calidad se encontraba en un nivel alto fue posible mejorarlo en más de 1 % con las mejoras realizadas.

3.4.5.4. OEE final

Con los datos se realizó los cálculos para determinar la eficiencia general del equipo. El resultado final fue el siguiente:

$$OEE = 94,94 \% \times 68,25 \% \times 84,28 \% = 54,61 \%$$

En la imagen 84 mostrada en anexos se muestra un resumen de los datos obtenidos durante el estudio anterior.

Al comparar los datos obtenidos con la tabla VI podemos observar que el resultado no es suficiente para lograr un nivel de rendimiento aceptable en el

equipo. Sin embargo, se puede observar que se realizó una mejora de un 25,47 % con el OEE inicial.

3.4.6. Clasificación de paradas

Para realizar el análisis se identificaron y clasificaron los diferentes tipos de pérdida. Los más perjudiciales son el cambio y el ajuste de los moldes que puede abarcar hasta día y medio de trabajo. Las microparadas se realizan en un tiempo no mayor a 5 minutos. La tabla VIII muestra las pérdidas encontradas y clasificadas.

Tabla VIII. **Clasificación de paradas**

Top pérdidas	Tiempo (minutos)
Configuración y ajustes	660
Falla en equipos	100
Perdida en rendimiento	1 486
Rechazo de producción	150
Total	2 369

Fuente: elaboración propia.

3.5. Cambio en el sistema de arranque

Cuando la máquina arranca el material pierde la línea, por ello debe alinearse fase por fase, nuevamente. Antes de las modificaciones, los operarios alineaban con la máquina fusionando con el peligro consiguiente a su integridad física. Si el arreglo del problema se complicaba, se paraba la máquina y generaba pérdida en el tiempo de producción.

Los botones inalámbricos pueden funcionar sin una batería instalada, como en este proyecto. Con la acción de pulsar el botón, mecánicamente, acciona un dinamo que energiza el circuito y envía la señal al receptor, que cambia de estado sus contactos. Es importante enfatizar en que solo es posible enviar un pulso, no una señal continua.

Para solucionar este problema se instaló en el modo automático un control inalámbrico Harmony. Este es un pulsador de la gama de productos Schneider. En concreto se solicitó el catalogo XB5RFA02. Este catálogo incluye el pulsador inalámbrico y un receptor programable AC/DC.

Figura 36. **Pulsador inalámbrico Schneider Harmony XB5RFA02**



Fuente: Shnider Electric. *Pulsador inalámbrico Schneider Harmony XB5RFA02.*

<https://www.se.com/mx/es/product/XB5RFA02/pack-22mm-xb5r-programable-receiver-ac-dc/>.

Consulta: el 29 de septiembre de 2019.

Además, se utilizó un cobertor especial que simula un control remoto. Este cobertor fue el catalogo ZBRACS.

Esta medida fue efectiva porque el número de micro paradas se redujo drásticamente porque los operarios puedan alinear las cintas de la materia de mejor manera.

Figura 37. **Pulsador inalámbrico instalado en la máquina fabricadora de blísteres**



Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis térmicos de los moldes

Durante la operación de la máquina se observó que un problema frecuente es la falta de regularidad en el moldeo de los blísteres. Por este motivo, se decidió realizar un análisis térmico de los moldes.

Con este fin se subcontrató a la empresa Sistemas de Ingeniería Eléctrica para presentar un informe sobre los análisis térmicos de los diferentes moldes utilizados durante el proceso.

Para analizar el molde es necesario analizar el material del que están hechos y sus propiedades físicas y mecánicas bajo las condiciones de temperatura a las que son sometidas.

La cámara termográfica utilizada fue una Fluke Ti401 PRO.

Figura 38. **Cámara termográfica Fluke Ti401 PRO**



Fuente: Fluke Corporation. *Cámara termográfica Fluke Ti401 PRO*. <https://www.fluke.com/es-es/producto/camara-termografica/ti25>. Consulta: 30 de septiembre de 2019.

El estudio abarcó los moldes que se utilizan en las diferentes fases de la máquina y las resistencias que los calientan. Los resultados fueron abundantes, pero en este trabajo se reportarán los más importantes para la producción.

3.6.1. Materiales

Los moldes de la máquina para realizar blísteres son de bronce.

Es una aleación entre cobre y estaño. El cobre se usa como material base y el estaño estar en una relación del 3 % al 20 %. Dado que los operarios carecen de información, no se pudo obtener con exactitud el porcentaje de estaño utilizado en la aleación.

Cuenta con un punto de fusión entre los 830° C a los 1 020 °C. Este material cumple con las normativas de salubridad de resistencia a la corrosión y presenta un bajo costo de producción.

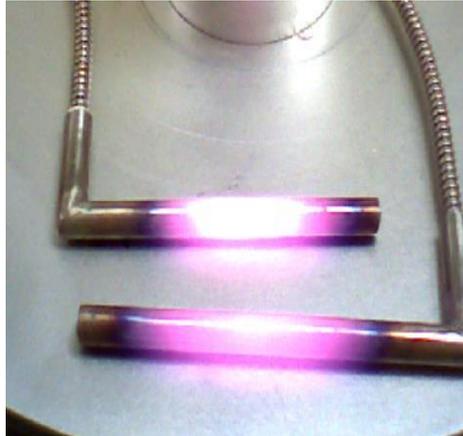
3.6.2. Resultados

El estudio fue realizado analizando diferentes estados y ángulos del molde utilizado de manera que arrojará una perspectiva completa de los datos obtenidos en el estudio.

3.6.2.1. Resistencias calefactoras de moldes para blísteres

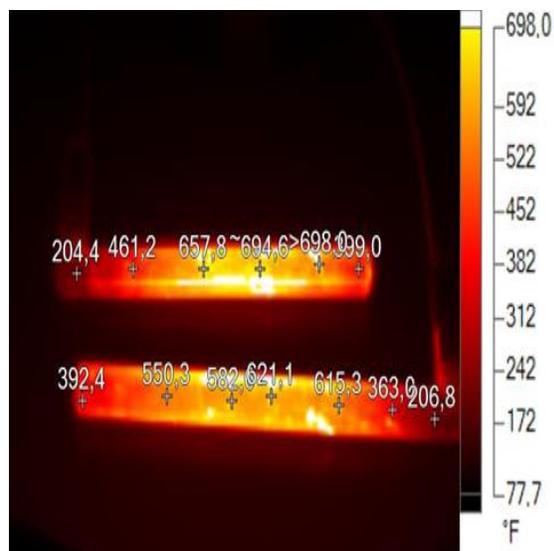
Como primer análisis se extrajeron las resistencias utilizadas para calentar el molde y se realizó una prueba con el fin de observar su comportamiento estando aisladas.

Figura 39. Resistencias calefactoras de moldes para blísteres a luz visible



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para blísteres



Fuente: elaboración propia.

Las imágenes ir indican temperaturas en las resistencias calefactoras de moldes, con una distribución de mayor temperatura al centro y menor en los extremos. En los extremos las temperaturas se encuentran entre 204 °F y 399 °F. Al centro las temperaturas se encuentran entre 550 °F y 694 °F. Ver gráfico 3d-ir e imagen ir. Esto hace que el calor interno transmitido a los moldes de metal no sea completamente homogéneo.

Tabla IX. **Información de la imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para blísteres**

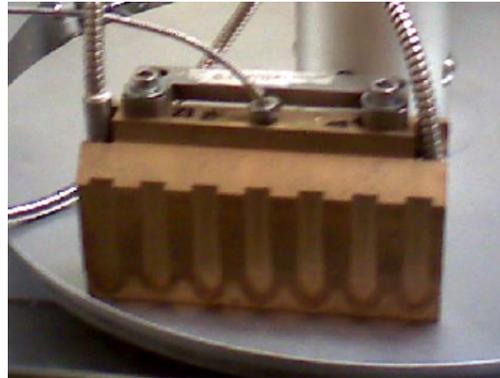
Información de la imagen	
Temperatura de fondo	70,0 °F
Emisividad	0,92
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	80,2 °F
Modelo de cámara	Ti25
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Número de serie de la cámara	08020211
Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Descripción de la lente	20 mm
Gravedad	None

Fuente: elaboración propia.

3.6.2.2. Moldes ranurados para blísteres

Se realizaron las fotografías desde el área ranurada del molde, la cual es la encargada de dar la forma al material con las especificaciones volumétricas requeridas.

Figura 41. **Moldes ranurados para blísteres a luz visible**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Imagen termográfica de moldes ranurados para blísteres**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

La distribución de temperaturas en molde lado ranurado no presenta variaciones elevadas fuera de ranuras, las mayores temperaturas se encuentran en la parte superior del molde y yugo fijador.

Tabla X. **Información de la imagen termográfica de resistencias calefactoras de moldes para blísteres II**

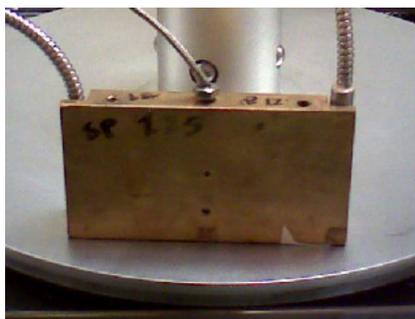
Información de la imagen	
Temperatura de fondo	70,0 °F
Emisividad	0,92
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	96,1 °F
Modelo de cámara	Ti25
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Número de serie de la cámara	08020211
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20 mm
Gravedad	None

Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

3.6.2.3. Superficie lisa del molde de blísteres

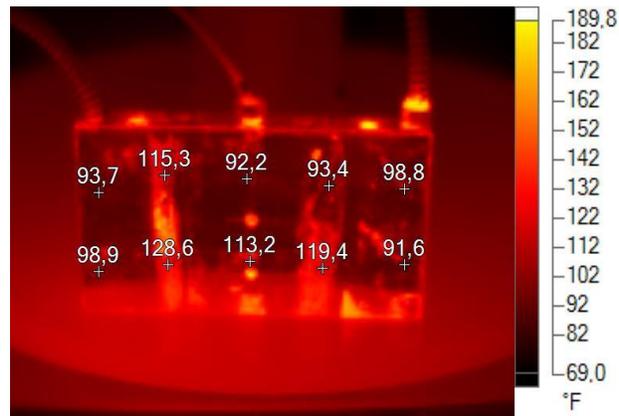
A continuación, se presentarán las imágenes del molde en su superficie lisa.

Figura 43. **Superficie lisa del molde de blísteres a luz visible**



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Imagen termográfica de superficie lisa de superficie lisa del molde de blísteres**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

La distribución de temperaturas en superficie de molde lado no ranurado presenta variaciones de temperaturas como se muestra en la figura 44.

Tabla XI. **Información de la imagen termográfica de superficie lisa del molde de blísteres**

Información de la imagen	
Temperatura de fondo	70,0 °F
Emisividad	0,92
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	100,0 °F
Modelo de cámara	Ti25
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Número de serie de la cámara	08020211
Fabricante	<i>Fluke Thermography</i>
Descripción de la lente	20 mm
Gravedad	<i>None</i>

Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

3.6.2.4. Superficie lisa del molde de blísteres en vista lateral

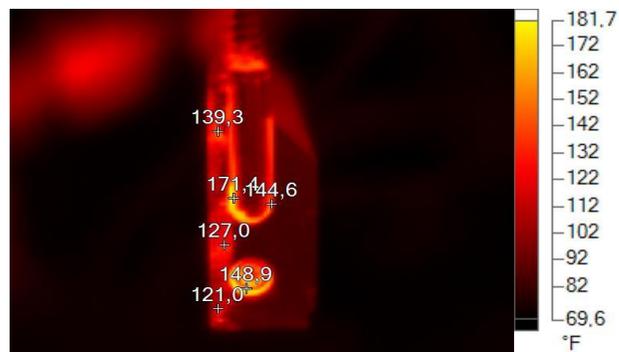
Se realizó una fotografía a la vista lateral del molde, donde se pudo observar la interacción entre la resistencia y el molde con el fin de analizar su transferencia calorífica.

Figura 45. **Superficie lisa del molde de blísteres en vista lateral a luz visible**



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Imagen termográfica de molde de blísteres viste lateral**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Las imágenes ir muestran la distribución de temperaturas en molde. Las fuentes de calor son las dos resistencias internas.

Tabla XII. **Información de la imagen termográfica de superficie lisa del molde de blísteres II**

Información de la imagen	
Temperatura de fondo	70,0 °F
Emisividad	0,92
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	80,5 °F
Modelo de cámara	Ti25
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Número de serie de la cámara	08020211
Fabricante	<i>Fluke thermography</i>
Descripción de la lente	20 mm
Gravedad	<i>None</i>

Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

3.6.2.5. Moldes de blíster ubicados en máquina de soplado

Por último se realizó un análisis de los moldes en sus condiciones de operación mostrando como funcionarían durante el proceso.

Figura 47. **Moldes de blíster ubicados en máquina de soplado a luz visible**



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Imagen termográfica moldes de blíster ubicados en máquina de soplado**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Se muestra la distribución de temperaturas en las superficies de moldes.

Tabla XIII. **Información de la imagen termográfica moldes de blíster ubicados en máquina de soplado**

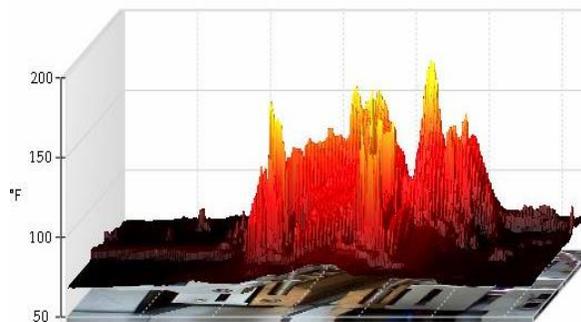
Información de la imagen	
Temperatura de fondo	70,0 °F
Emisividad	0,92
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	80,2 °F
Modelo de cámara	Ti25
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Número de serie de la cámara	08020211
Fabricante	<i>Fluke thermography</i>
Descripción de la lente	20 mm
Gravedad	<i>None</i>

Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

3.6.3. Gráficas

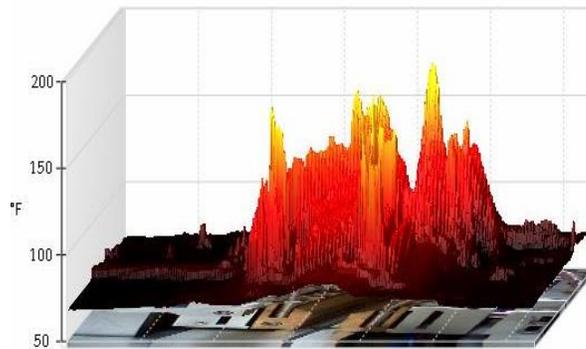
Las gráficas siguientes se obtuvieron con la ayuda de la cámara termográfica. Se mostrarán las gráficas de los mismos resultados expuestos en el subtema 3.5.2.

Figura 49. **Gráfica de temperatura resistencias calefactoras de moldes para blísteres**



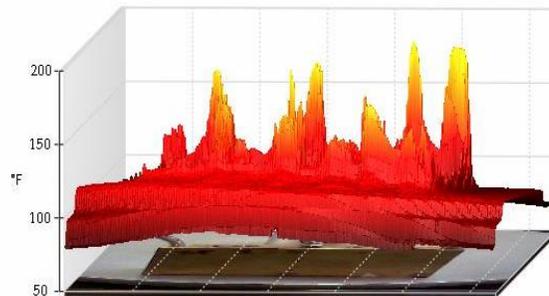
Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Figura 50. **Gráfica de temperatura moldes ranurados para blísteres**



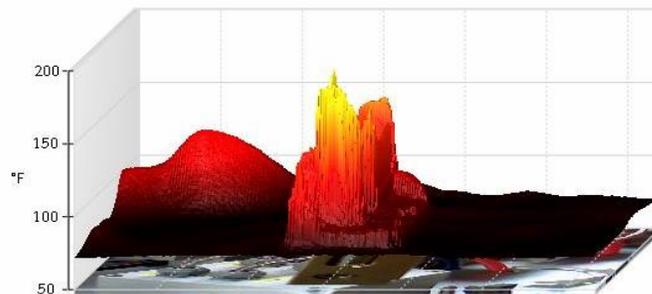
Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Figura 51. **Gráfica de temperatura superficie lisa del molde de blísteres**



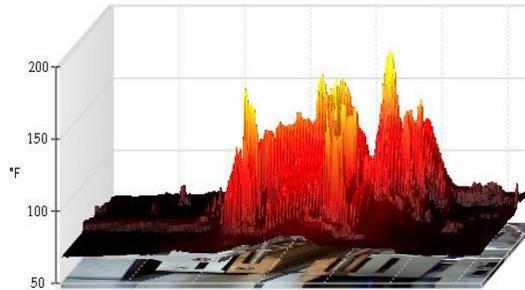
Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Figura 52. **Gráfica de temperatura superficie del molde de blísteres
vista lateral**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

Figura 53. **Gráfica de temperatura moldes de blíster ubicados en máquina de soplado**



Fuente: elaboración propia, empleando cámara termográfica Fluke Ti25.

3.7. Instalación de nuevo sistema de control

El objetivo principal del trabajo era cambiar el sistema de control del equipo. Como se mencionó, el mayor problema para utilizar la máquina de blísteres era la falta de instrucciones en español para su funcionamiento y en los manuales. Para cambiar estos sistemas se modificó el sistema de control.

3.7.1. PLC

Un controlador lógico programable, PLC (siglas de su nombre en inglés), es básicamente una computadora industrial capaz de procesar los datos de una máquina. Lo conforman:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central
- Módulos de entradas/ salidas
- Módulo de memoria
- Unidad de programación

Su función es procesar los datos que se envían desde diferentes fuentes, como los sensores, pulsadores, temporizadores y cualquier tipo de señal externa. Estos datos son procesados de acuerdo con la programación realizada y a través de las salidas controla actuadores, válvulas, resistencias, motores u otro elemento capaz de regular el funcionamiento de una máquina o de un proceso de producción industrial.

Las señales se dividen en analógicas y digitales.

Existen diferentes lenguajes para programar un PLC, pero los estandarizados por la norma IEC 1131-3 se utilizan los siguientes:

- *Ladder* o escalera (LD)
- Diagrama de bloques de funciones (FBD)
- Texto estructurado (SD)
- Lista de instrucciones (IL)
- Funciones secuenciales (SFC)

Para realizar la programación del controlador se utilizó el lenguaje *Ladder*. En la figura 54 se muestra la programación para la secuencia de manual y automático.

3.7.2. PLC inicial

Se encontró un controlador Mitsubishi FX4U-48M inicialmente, en la máquina.

Figura 54. **Controlador Mitsubishi FXau-48M**



Fuente: elaboración propia.

A pesar de que el controlador aparentaba estar en buen estado no se pudo acceder al programa ni realizar una copia de seguridad para obtener la configuración original.

El controlador fue reemplazado por un controlador Siemens Simatic S7-1 200. Se reprogramó con ayuda del Ingeniero Néstor Chamalé.

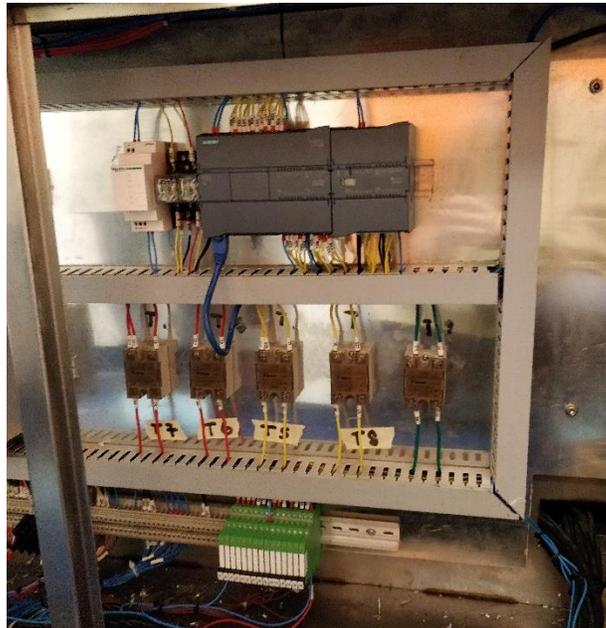
Figura 55. **Controlador Siemens Simatic S7-1 200**



Fuente: Siemens AG. *Controlador Siemens Simatic S7-1 200*. <https://pt.rs-online.com/web/p/cpus-para-automatas-programables/8624477/>. Consulta: 1 de octubre de 2019.

Se instaló también un módulo de entradas análogas 8AIXRTD. Este es un módulo especializado en recibir señales de medidores de temperatura de resistencia variable. Este módulo se colocó para leer la señal de entrada de los detectores de temperatura resistivo de los moldes y dirigirlas a los controladores de temperatura.

Figura 56. **Panel modificado por Esinsa**



Fuente: elaboración propia.

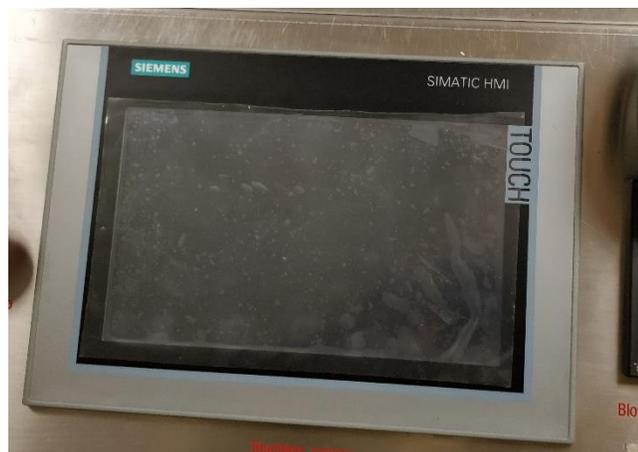
3.7.3. HMI

Interfaz humano computadora (HMI siglas *human-machine interface*) es un panel de control diseñado para que el operador se comuniquen con el proceso o máquina. A través de esta interfaz se pueden transmitir órdenes, visualizar los medidores de los parámetros de operación u obtener una situación del proceso.

La pantalla inicial de la máquina era Delta B07S411K. Como el resto de la máquina el problema es que está escrita en idioma mandarín.

La pantalla HMI fue sustituida por una marca Siemens Simatic HMI TP900 *Confort*.

Figura 57. **Pantalla Simens Simatic HMI TP900**



Fuente: elaboración propia.

Se realizaron los sinópticos de cada una de las pantallas de los menús. Estas pantallas se diseñaron para interactuar fácil e intuitivamente con el operario. Con ayuda del Ingeniero Néstor Chamalé se programó la pantalla HMI para comunicarse con el controlador.

3.7.3.1. Pantalla de información

En esta pantalla, por medio de un código QR se accede a un enlace donde se encuentran los documentos en PDF de los diagramas hechos para el

proyecto. De esta manera el equipo de mantenimiento de la planta obtiene información fácilmente para realizar sus labores.

Figura 58. **Sinóptico pantalla información**



Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

3.7.3.2. **Pantalla diagnóstico**

En esta pantalla se guarda un histórico de las alarmas del equipo. De esta forma se obtiene un registro de actividades y se conforma un historial que facilitará la creación de un plan de mantenimiento.

Figura 59. **Sinóptica pantalla diagnóstico**



Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

Figura 60. **Sinóptico pantalla advertencias**



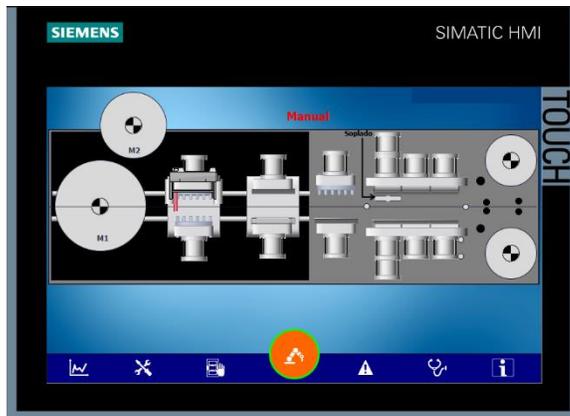
Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

3.7.3.3. **Pantalla operación manual**

Las letras indicarán en qué modo se encuentra operando la máquina.

En este modo indicará en qué estado se encuentra cada una de las partes de la máquina y si la operación se encuentra funcionando de manera adecuada.

Figura 61. **Sinóptico pantalla operación en automático**



Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

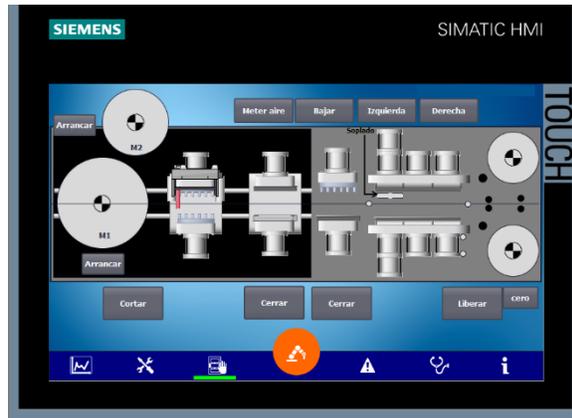
3.7.3.4. Pantalla operación manual

El letrero indica en qué modo de operación se encuentra la máquina.

Durante la operación manual los pasos de la máquina podrán activarse a través de la HMI seleccionando los cuadros grises que se tornarán de color anaranjado para indicar que el actuador se encuentra funcionando.

Al activar este modo se debe cuidar de que, si el equipo de mantenimiento está usando el equipo, al activar los pasos se pueden producir lesiones graves.

Figura 62. **Sinóptico pantalla operación en manual**

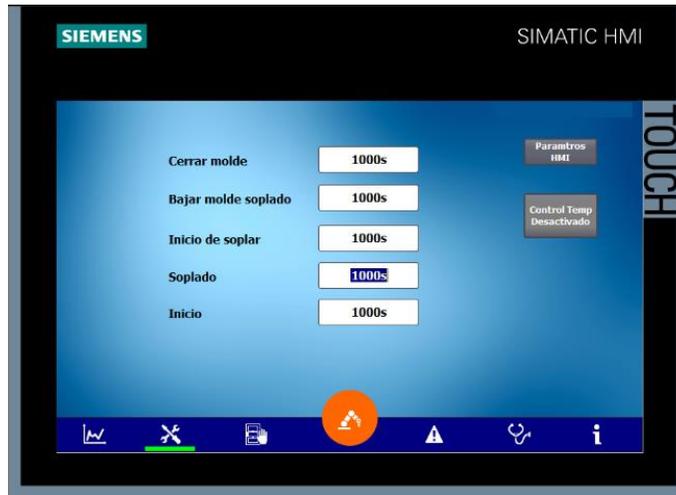


Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

3.7.3.5. **Parámetros de operación**

En esta pantalla se pueden modificar los tiempos de operación de cada una de las fases de la operación. Para modificar estos parámetros es necesario ingresar un usuario con la contraseña.

Figura 63. **Sinóptico pantalla parámetros de operación**



Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.

3.7.4. Cableado

Se realizó el cableado de los equipos nuevos además de los sistemas de comunicación.

3.8. Diagramas

Como se mencionó, los diagramas de la máquina estaban escritos en idioma mandarín. Por eso, con ayuda del diagramador Daniel Celis se realizaron nuevos diagramas eléctricos y neumáticos.

3.8.1. Diagrama eléctrico

El diagrama de control y el de potencia alimentan los componentes del sistema eléctrico de la máquina.

La primera fase es determinar la disposición física de los elementos eléctricos. Se mostrará en la figura 86 de anexos.

3.8.2. Diagrama neumático

Para llevar a cabo una instalación neumática correcta es necesario realizar diagramas neumáticos que muestren claramente cómo conecta el circuito neumático.

Estos diagramas se realizaron durante la fase de levantamiento a través de la ingeniería inversa se muestran en la en las figuras 108 a 113 en la sección de anexos.

4. FASE DE DOCENCIA

Durante esta fase se mostraron los avances y las mejoras realizadas a la maquinaria.

Se redactó un manual de operación para que los usuarios manipulen el nuevo sistema de control instalado. Se detallan los pasos para interactuar con la interfaz de la máquina.

Además, se capacitó a los operarios para operar adecuadamente la máquina. Durante la charla se entregaron las versiones físicas y digital del manual.

4.1. Presentación de resultados

Se entregaron once reportes que detallan las actividades realizadas durante cada una de las visitas a la planta y un reporte especializado para los análisis termográficos de los moldes.

El análisis de la OEE se entregó en un reporte con el resumen presentado en la figura 84 en el apartado de anexos.

Al finalizar, se realizó el comisionamiento del equipo con el cual se realizó la revisión de su correcto funcionamiento. Este reporte se enviaba semanalmente para mantener informado a AMD Envases del estado del equipo.

Figura 64. Progreso de avance de actividades en sitio al terminar el proyecto en AMD envases

ESINSA		LISTADO DE ACTIVIDADES EN SITIO				Código DPRO-FOR-002		Versión 3		Página 4 de 4	
PROYECTO		CLIENTE									
MIGRACION PLC MAQUINA DE ALVEOS		AMD ENVASES									
ACTIVIDADES		VERIFICACIÓN								VALIDACIÓN	
ID	TAC	DESCRIPCION	Cobrada	Implementada	Cancelada	AVANCE (%)	Completada	Comunicación a Social (Comentarios)	Paralelo	Paralelo	AVANCE (%)
1	ZE-B4	Suited Posición bandeja alveolar (posición de reposo)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	ZE-B2	Posición bandeja alveolar (módulo PVC)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
3	PS-B1	Suited de posición de aire aspirada	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
4	ZE-B3	Posición módulo cerrado	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
5	ZE-B4	Posición módulo abierto	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
6	ZE-B5	Sistema de abollado la salida	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
7	TR-B1	Sistema de limpieza de los sustratos	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
8	ZE-B6	Balza final (posición de reposo)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
9	ZE-B7	Balza final (posición automática)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
10	ZE-B8	Balza para de emergencia	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
11	ZE-B9	Sistema manual de emergencia	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
12	CHM-C	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
13	CHM-D	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
14	CHM-E	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
15	CHM-F	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
16	CHM-G	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
17	CHM-H	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
18	CHM-I	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
19	CHM-J	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
20	CHM-K	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
21	CHM-L	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
22	CHM-M	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
23	CHM-N	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
24	CHM-O	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
25	CHM-P	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
26	CHM-Q	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
27	CHM-R	Comando accionamiento para el módulo de control	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
						AVANCE INSTALACIÓN	100.00%	AVANCE GLOBAL		100.00%	100.00%
								FECHA ACTUALIZACIÓN		00000000	

Fuente: MELÉNDREZ, Lucía. DPRO-FOR-Actividades en sitio_AMD.xlsx.

4.2. Manual de operación

Para que los operarios manipulen adecuadamente el equipo se presentó un documento donde se detallan los procedimientos para que el equipo funcione correctamente.

Figura 65. **Carátula de manual de operaciones máquina fabricadora de blísteres**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen los puntos más importantes tratados en este manual.

4.2.1. Símbolos

En esta sección se presentaron los símbolos en la interfaz para desplazarse de una pantalla a otra.

Figura 66. **Símbolos utilizados en manual de operaciones de máquina fabricadora de blísteres**

SÍMBOLOS

	Temperaturas
	Ajustes
	Modo manual
	Modo automático
	Alarmas
	Diagnóstico general
	Información

Fuente: elaboración propia.

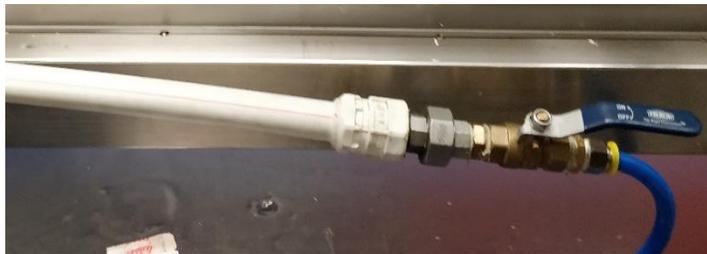
4.2.2. Descripción de funcionamiento y especificaciones

En este apartado se especificó cómo encender el equipo y los pasos previos a operar la máquina.

Los pasos son los siguientes:

- Verificar que la válvula de agua se encuentre abierta
- Abrir la válvula principal de la línea de aire
- Girar el interruptor principal a posición de ON
- Girar la llave de encendido en sentido antihorario, lo que encenderá un indicador *led* demostrando que la máquina ha encendido.

Figura 67. **Válvula principal de aire**



Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Interruptor principal**



Fuente: elaboración propia.

Figura 69. **Llave de encendido y led indicador de encendido**



Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Instrucciones de funcionamiento

En este apartado se describió cómo debe operar el equipo operario

4.2.3.1. Selector manual automático

En la figura 70 se describe el selector manual automático.

Figura 70. **Selector manual automático**



Fuente: elaboración propia.

Este interruptor tiene dos posiciones de funcionamiento que se describen a continuación.

El funcionamiento de la HMI ese explicó en el subíndice 3.7.3.

4.2.3.1.1. Automático

El estado automático obedece las señales del PLC para activar los accionamientos. Más obedece la lógica predeterminada por el PLC, donde los sensores deben tener una señal en buen estado para ejecutarse. La máquina deberá de estar en posición de reposo para ejecutar la secuencia automática en caso de no estar en posición de reposo oprimir el botón rojo.

4.2.3.1.2. Manual

Al pasar el interruptor en estado manual se podrán controlar los accionamientos por separado desde la HMI. Se desactivará cuando se pase el interruptor al estado automático.

4.2.3.2. Ajustes de temperatura

La máquina cuenta con cinco controladores de temperatura independientes al PLC:

- Precaentado T6
- Precaentado T7
- Moldeado T8
- Moldeado T5
- Soplado T9

Figura 71. Controladores de temperatura



Fuente: elaboración propia.

Dichas temperaturas introducen en los controladores de temperatura, hay dos tipos de temperatura:

- Temperatura actual: es la temperatura medida con los sensores de temperatura ubicados en los moldes.
- Temperatura objetivo: es la temperatura que se debe de colocar después de haber arrancado la máquina automáticamente.

La temperatura se introduce a los controladores de la siguiente manera:

- Con los botones arriba y abajo se aumenta o disminuye la temperatura, respectivamente.
- Después de tener la temperatura adecuada en el valor objetivo, el controlador aumentará la temperatura actual hasta llegar al valor deseado.

4.2.3.3. Inicio de operación

Para iniciar la operación con la máquina, primero se ingresa al sistema con el usuario y contraseña del operario correspondiente, esta se encuentra en la pantalla de ajustes.

Luego con el pulsador inalámbrico (JOG) mostrado en el Inciso 5.3 inicia la corrida hasta que el operario considere necesario, ajustando niveles, realizando cortes limpios con la cuchilla y asegurando el producto con el clip del motor principal, y el exceso al motor secundario.

Cuando la corrida sea fluida y el producto se encuentre asegurado con el clip en la rueda giratoria, el operario accionará el botón verde del panel para que la máquina entre en modo automático y comience a producir en serie.

Figura 72. **Botón start**



Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Cambio de moldes

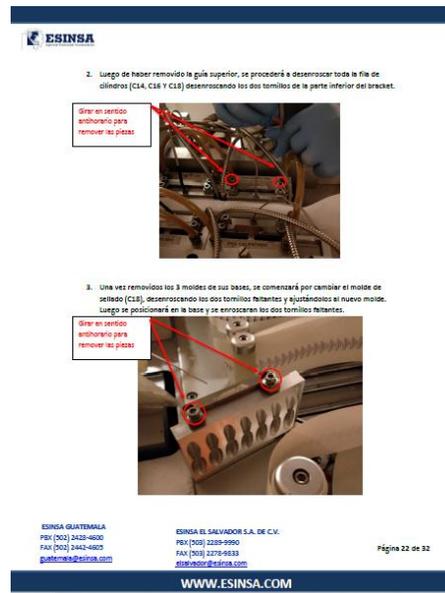
En este apartado se describieron los ajustes para realizar el cambio de moldes porque la máquina debe solventar la demanda de más de una presentación de blísteres mientras produce.

Figura 73. Manual de operaciones, página 21



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 74. Manual de operaciones, página 21



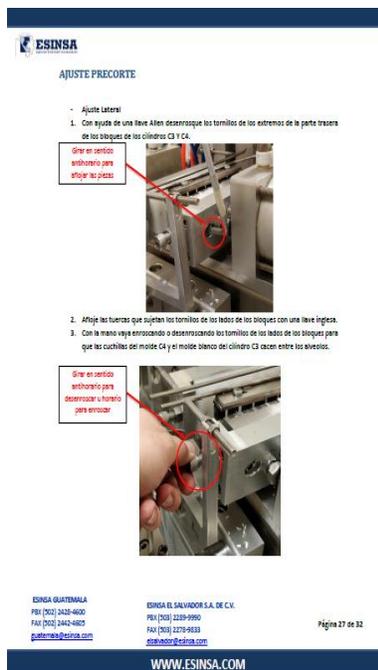
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.2.5. Ajustes

Cada vez que se cambian los moldes se ajusta el equipo para acoplarlo a la nueva medida del blíster el cual debe encajar perfectamente para que cumpla el estricto estándar de calidad que mantiene AMD Embaces.

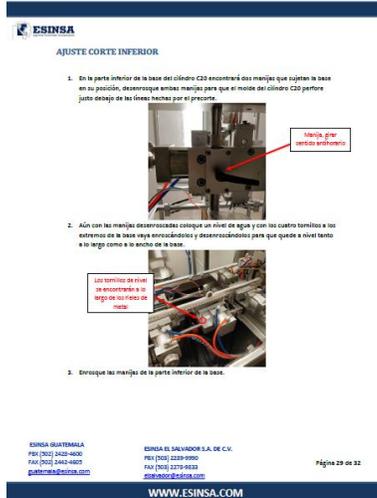
Se deben realizar ajustes en todas las áreas a excepción del área de moldeado ya que, en el cambio de molde, este debe quedar perfectamente alineado.

Figura 75. Manual de operaciones, ajuste de precorte, página 27



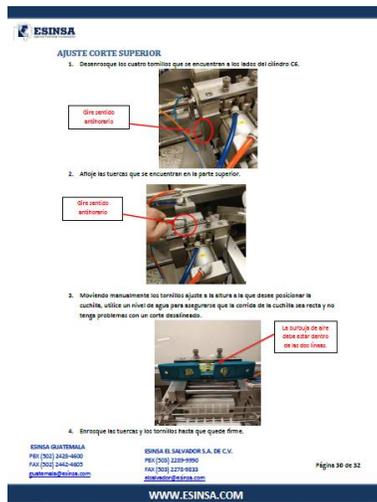
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 76. Manual de operaciones, ajuste de corte inferior, página 29



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 77. Manual de operaciones, ajuste de corte superior, página 30



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.2.6. Resolución de problemas

Para facilitar labores del operario y del técnico de mantenimiento se realizó esta tabla con posibles fallos superficiales del equipo cuando opera.

Figura 78. Manual de operaciones, resolución de problemas, página 30



RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Causa	Solución Recomendada
La máquina no funciona	No hay energía eléctrica.	Revise el suministro eléctrico, el cable, los interruptores de circuito, los fusibles.
	Cable defectuoso.	Desenchufe y revise el cable eléctrico.
Reducción de eficiencia	Voltaje de red bajo.	Contacte a la compañía eléctrica.
	Baja presión de aire.	Regule la perilla del nivel de presión en la unidad de mantenimiento (6 psi).
Existe una grada en el corte inferior	Cilindros mal nivelados.	Con ayuda de un nivel, empiece a compensar la altura del cilindro del corte inferior con ayuda de los tornillos posicionados en la base del cilindro.
Corte superior a una altura incorrecta	El cilindro de la cuchilla se encuentra a una altura inadecuada.	Ajuste la altura del cilindro con los tornillos en su base o con las tuercas que se encuentran en la parte superior de la cuchilla.
Corte superior irregular	Cuchilla mal nivelada.	Con ayuda de un nivel, empiece a compensar la altura del cilindro del corte inferior con ayuda de las tuercas posicionadas en la parte superior de la cuchilla.
	Cuchilla sin filo.	Reemplace la cuchilla.
No realiza el pre-corte	Cuchillas de pre-corte no hacen contacto con la base de plástico.	Modifique las carteras del cilindro para que hagan contacto de unos 2mm de profundidad y que se encuentren en la mitad de las guías inferiores.
Se atora la línea de producción	No se realiza un corte limpio con la cuchilla y obstaculiza el paso de los óvulos/supositorios.	Cambie a modo manual y haga un corte limpio desde la interfaz del HMI y regrese a modo automático. Reemplace la cuchilla.
Ruido excesivo y falta de llenado de los alveolos	Mala alineación del cilindro de aire comprimido con los de sellado.	Ajuste la cámara de el cilindro de aire comprimido para que encaje con los moldes de sellado sin que los empuje.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.2.7. Intervalos de mantenimiento

Basados en las indicaciones de los fabricantes se establecieron tiempos para realizar mantenimientos preventivos en el equipo instalado. Se incluyeron para aumentar la disponibilidad del equipo.

Figura 79. **Manual de operaciones, intervalo de mantenimiento, página 30**

INTERVALO DE MANTENIMIENTO

Intervalo de Mantenimiento	No. de meses											
	Meses	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
SISTEMA NEUMÁTICO												
Cilindros neumáticos	I	I	S	I	I	S	I	I	S	I	I	S
Mangueras	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Unidad de mantenimiento	I	I	S	I	I	S	I	I	S	I	I	S
Racores	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SISTEMA CALIBRADOR												
Resistencias	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
Termopares	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R
CORTE												
Cuchilla	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
SISTEMA ELÉCTRICO												
Bornes	I	I	A	I	I	A	I	I	A	I	I	A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.3. Capacitación a operarios de empresa AMD Envases

Como última parte del proyecto se realizó una visita especial con el ingeniero Néstor Chamalé para brindar una capacitación a los operarios. Se abordó el funcionamiento de la máquina y seguridad industrial.

Figura 80. **Equipo de Esinsa impartiendo capacitación a empleados de AMD Envases**



Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Correcto uso del equipo

Mientras se les demostraba el funcionamiento de la máquina se leyó para los operarios el manual de operación.

Se ingresaron sus usuarios y contraseñas para que realizaran la operación y se resolvieron dudas relacionadas con el funcionamiento del equipo.

4.3.2. Medidas de seguridad

Se indicó a los operarios la manera correcta de realizar su trabajo de manera eficiente y segura.

Los puntos a tratar e indicaciones fueron las siguientes:

4.3.2.1. Seguridad del área de trabajo

Mantener limpia y bien iluminada el área de trabajo. Las áreas desordenadas u oscuras invitan a que se produzcan accidentes.

4.3.2.2. Seguridad eléctrica

No usar enchufes y adaptadores con herramientas mecánicas conectadas a tierra (puestas a tierra). Los enchufes no modificados y los tomacorrientes coincidentes reducirán el riesgo de sacudidas eléctricas. Deben evitar el contacto del cuerpo con las superficies conectadas o puestas a tierra, tales como tuberías, radiadores, estufas y refrigeradores. Hay un aumento del riesgo de sacudidas eléctricas si el cuerpo del operador se conecta o pone a tierra.

Mantener el cordón alejado del calor, el aceite, los bordes afilados o las piezas móviles. Los cordones dañados o enganchados aumentan el riesgo de que se produzcan sacudidas eléctricas.

4.3.2.3. Seguridad personal

Mantenerse alerta, fijarse en lo que está haciendo y usar el sentido común cuando se esté produciendo.

Usa equipo de protección personal, como la protección de oídos, una máscara antipolvo, calzado de seguridad antideslizante, casco o protección de oídos, utilizado para las condiciones apropiadas, reducirá las lesiones corporales.

Evitar el arranque accidenta ya que puede provocar lesiones corporales en otras personal o usted mismo.

Vístase adecuadamente. No usar ropa ni alhajas holgadas. Mantener el pelo, la ropa y los guantes alejados de las piezas móviles. La ropa holgada, las alhajas holgadas o el pelo largo pueden quedar atrapados en las piezas móviles.

4.3.2.4. Seguridad industrial

Debido a que se trata de una industria farmacéutica se enfatizó en este tema ya que constantemente son capacitados en este sentido. Además, se recordó qué equipo deben utilizar mientras laboran.

CONCLUSIONES

1. Con la ayuda de los diagramas eléctricos y neumáticos se determinó el funcionamiento de la máquina fabricadora de *blisteres*.
2. Se incrementó la disponibilidad del equipo a un 84,28 % gracias a la modificación del sistema de control de la máquina.
3. Con la instalación de la HMI Siemens se proveyó a los usuarios de una interfaz, traduciendo los controles del idioma mandarín al español permitiendo facilitar su operación.
4. El nuevo sistema de arranque mediante pulsos garantiza que los usuarios puedan utilizar la máquina de manera segura previniendo accidentes.
5. La creación un manual de usuarios que puede ser utilizado por los operarios para utilizar de manera adecuada la máquina facilito la capacitación y estandarizo la operación del equipo.

RECOMENDACIONES

1. Al jefe de mantenimiento: sustituir el compresor que alimenta la red de aire por uno completamente libre de aceite para cumplir con los requerimientos sanitarios establecidos.
2. Contar con un *stock* de repuestos para la máquina fabricadora de *blisteres* para aumentar la disponibilidad del equipo reduciendo los tiempos de espera en caso de falla.
3. Realizar la instalación de celdas fotovoltaicas en el área de ingeniería. para reducir los costos de operación.
4. Realizar un plan de mantenimiento preventivo para la máquina fabricadora de blísteres para obtener un proceso estandarizado y disminuir el mantenimiento correctivo.
5. Al gerente de producción: capacitar a los técnicos encargados del área de producción acerca de las correctas prácticas de ingeniería para garantizar su seguridad y mejorar la calidad del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

1. BELOHLAVEK, Peter. *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. 1a ed., Buenos Aires: Blue Eagle Grurp. 2006. 18 p.
2. CATALÁN CABRERA, Melvin Alejandro. *Estudio de prefactibilidad Técnica y económica e Inserción al mercado eléctrico Guatemalteco de una planta fotovoltaica de 1mw*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 43 p.
3. CREUS SOLÉ, Antonio. *Neumatica e Hidráulica*. 2a ed. España: Marcombo, S.A. 2007. 15 p.
4. CREUS SOLÉ, Antonio. *Instrumentación Industrial*. 8ª. ed. México: Alfaomega Grupo Editor. 2010. 643 p.
5. Schneider Electric. Modicon M221 Logic Controller *Guía de programación*. México. 2018. 77 p.

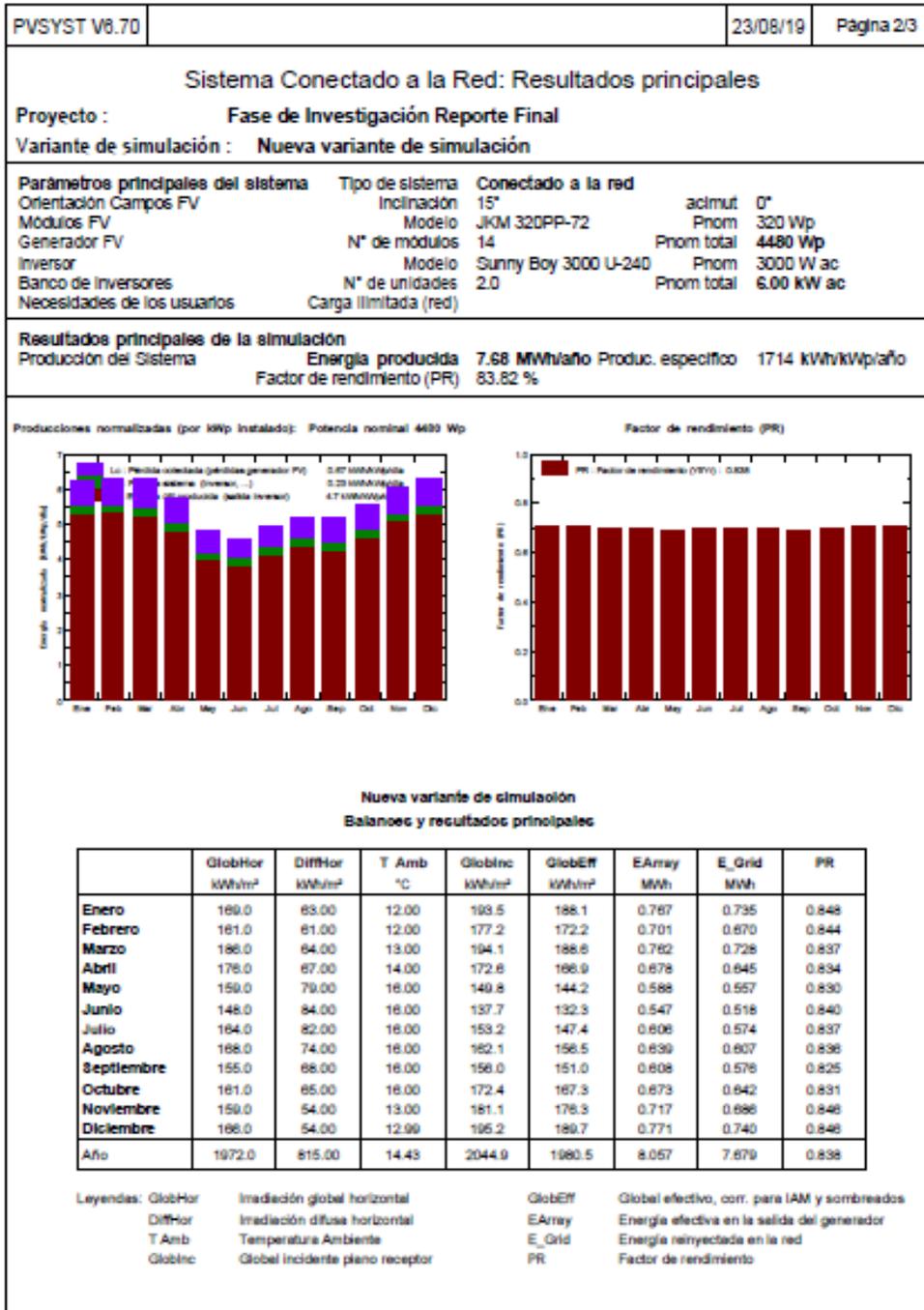
APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados obtenidos de simulación, página 1

PVSYST V6.7.0		23/08/19		Página 1/3	
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación					
Proyecto : Fase de Investigación Reporte Final					
Lugar geográfico: Edificio de automatización de Esinsa				País: Guatemala	
Ubicación		Latitud: 14.60° N	Longitud: -90.55° W		
Hora definido como		Hora Legal: UT-6	Altitud: 1500 m		
Datos climáticos: Edificio de automatización de Esinsa		Metronorm 7 (Demo) - Sintesis			
Variante de simulación : Nueva variante de simulación					
		Fecha de simulación: 23/08/19 10h22			
Parámetros de la simulación					
Orientación Plano Receptor		Tipo de sistema: No 3D scene defined			
		Inclinación: 15°	Acimut: 0°		
Modelos empleados		Transposición: Perez	Difuso: Perez, Meteonorm		
Perfil obstáculos		Sin perfil de obstáculos			
Sombras cercanas		Sin sombreado			
Características generador FV					
Módulo FV		Si-poly: Modelo	JKM 320PP-72		
Original PVSyst database		Fabricante: Jinkosolar			
Número de módulos FV		En serie: 7 módulos	En paralelo: 2 cadenas		
N° total de módulos FV		N° módulos: 14	Phom unitaria: 320 Wp		
Potencia global generador		Nominal (STC): 4480 Wp	En cond. funciona.: 4034 Wp (50°C)		
Caract. funcionamiento del generador (50°C)		V mpp: 236 V	I mpp: 17 A		
Superficie total		Superficie módulos: 27.2 m²	Superf. célula: 24.5 m²		
Inversor					
Original PVSyst database		Modelo: Sunny Boy 3000 U-240			
Características		Fabricante: SMA			
Banco de Inversores		Tensión Funciona.: 200-400 V	Phom unitaria: 3.00 kWac		
		N° de Inversores: 2 unidades	Potencia total: 6.0 kWac		
			Relación Phom: 0.75		
Factores de pérdida Generador FV					
Factor de pérdidas térmicas		Uc (const): 20.0 W/m²K	Uv (viento): 0.0 W/m²K / m/s		
Pérdida Óhmica en el Cableado		Res. global generador: 233 mOhm	Fracción de Pérdidas: 1.5 % en STC		
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas: -0.8 %		
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas: 1.0 % en MPP		
Strings Mismatch loss			Fracción de Pérdidas: 0.10 %		
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE		IAM = 1 - bo (1/cos I - 1)	Param. bo: 0.05		
Necesidades de los usuarios : Carga ilimitada (red)					

Fuente: elaboración propia, empleando PVSyst 6.7.0 (Demo).

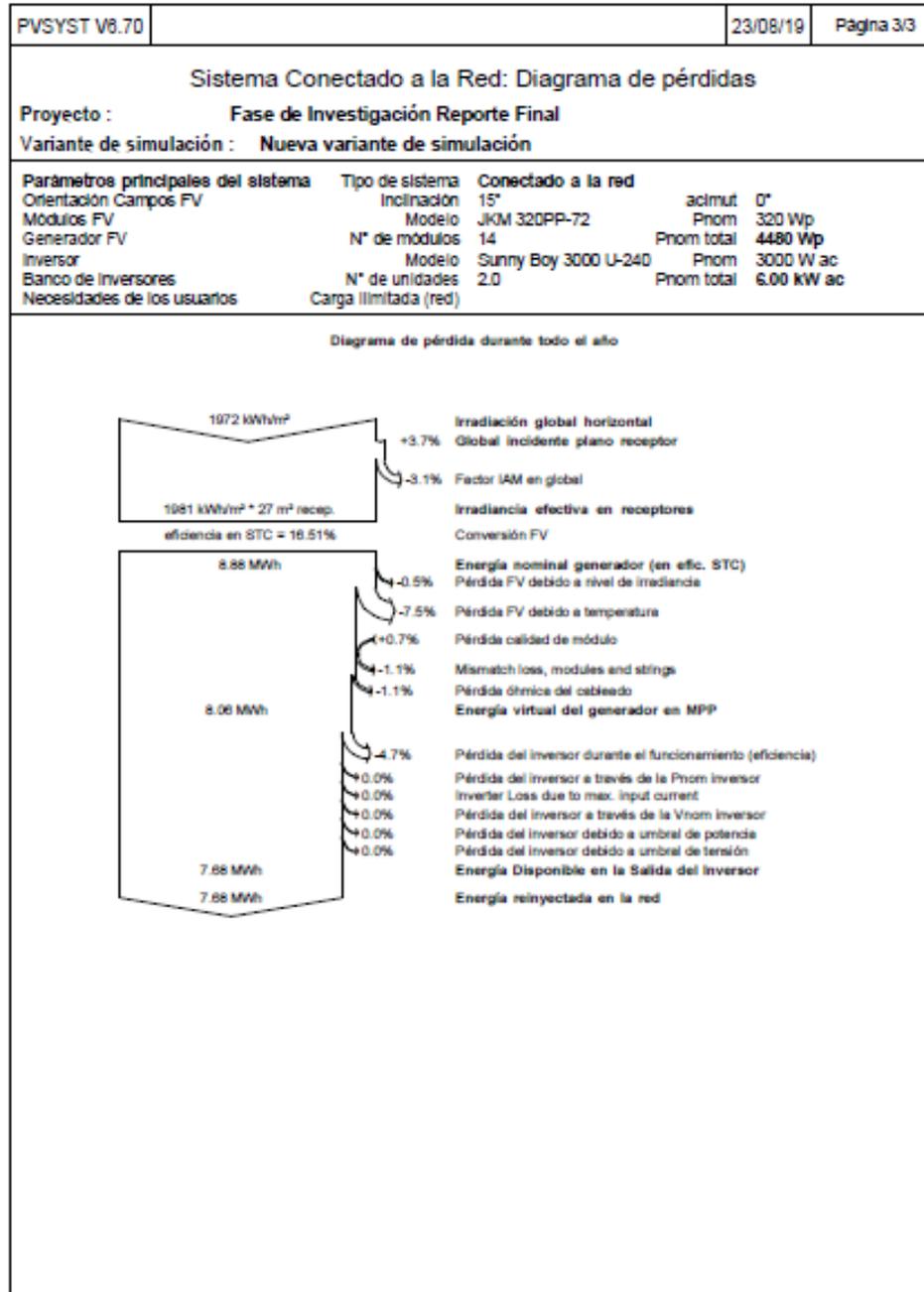
Apéndice 2. Reporte obtenidos de simulación con PVsytes, página 2



Traducción al español. Sólo el texto inglés está certificado.

Fuente: elaboración propia, empleando PVsytes 6.7.0 (Demo).

Apéndice 3. Reporte obtenido de simulación con PVsytes, página 3



Traducción sin garantía, sólo el texto inglés está garantizado.

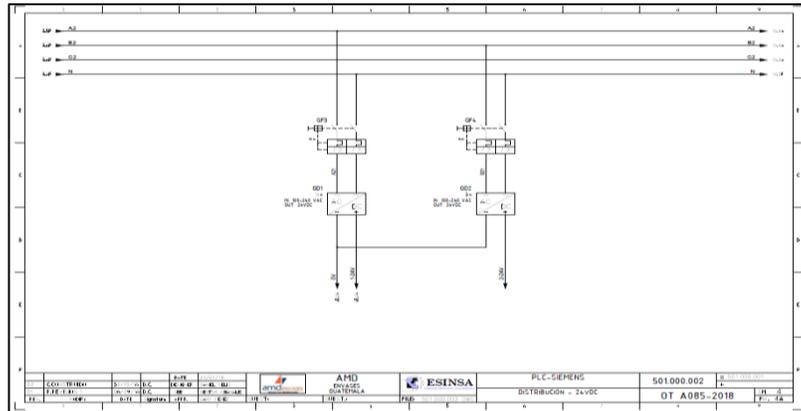
Fuente: elaboración propia, empleando PVsytes 6.7.0 (Demo).

Apéndice 4. Resumen de datos obtenidos en OEE

INFORME OEE				
Datos de Producción				
Tiempo Total	132 Horas =	7920 Minutos		
Descansos Cortos	0 Descansos @	Minutos =	0 Total Minutos	
Descansos Largos	13 Descansos @	30 Minutos =	390 Total Minutos	
Paradas y/o Averías	4136 Minutos			
Tiempo de Ciclo Ideal	134 PPM (Piezas Por Minuto)			
No.Total de Unidades Producidas	312,860 Piezas			
Unidades Rechazadas	18,860 Piezas			
Variables de Soporte Cálculos Resultados				
Tiempo Planeado de Producción	Tiempo Total - Descansos		7,530 Minutos	
Tiempo de Operación	Tiempo Planeado de Producción - Paradas y/o Averías		3,394 Minutos	
Unidades Aprobadas	No. Total de Unidades - Unidades Rechazadas		294,000 Piezas	
Factor OEE Cálculos OEE%				
Disponibilidad	Tiempo de Operación / Tiempo Planeado de Producción		45.07%	
Rendimiento	(No. Total de Unidades / Tiempo de Operación) / Tiempo de Ciclo		68.79%	
Calidad	Unidades Aprobadas / No. Total de Unidades		93.97%	
OEE	Disponibilidad x Rendimiento x Calidad		29.14%	
Factor OEE World Class %OEE MÁQUINA				
Disponibilidad	90.00%	45.07%		
Rendimiento	95.00%	68.79%		
Calidad	99.90%	93.97%		
OEE	85.00%	29.14%		

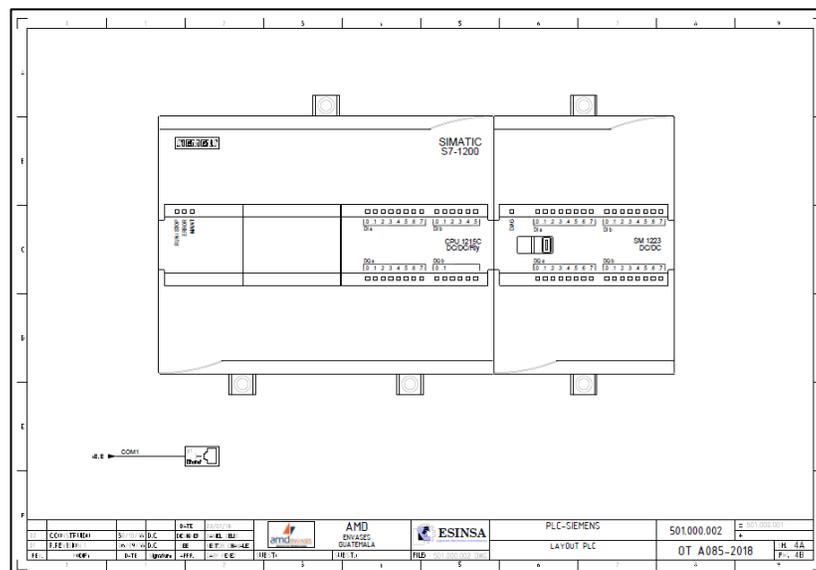
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Distribución 24- VDC diagrama eléctrico máquina fabricadora de blíster**



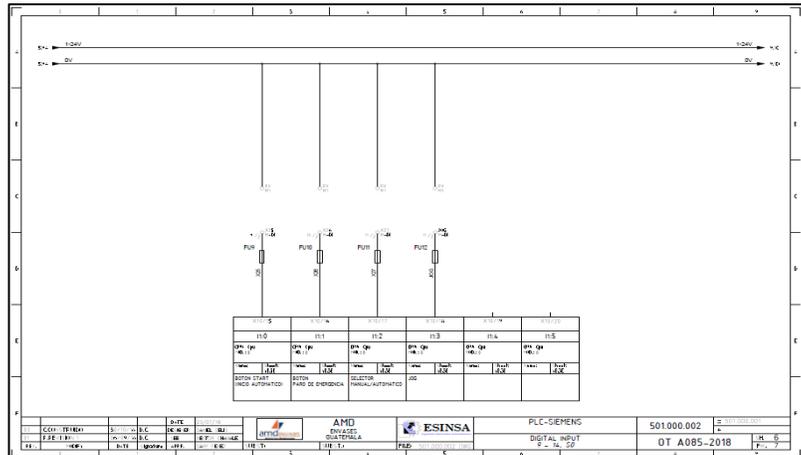
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 9. **Layout PLC diagrama eléctrico máquina fabricadora de blísteres**



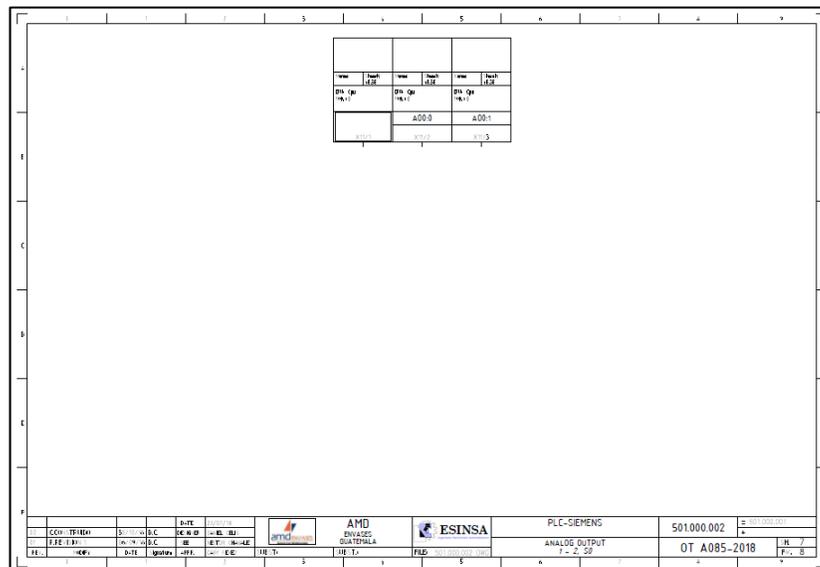
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 12. **Digital Input 9-14 S0 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blister***



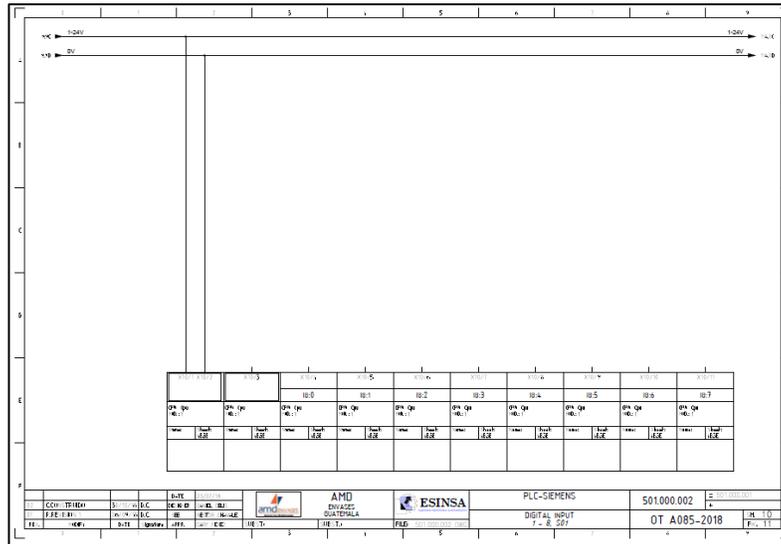
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 13. **Analog Output 1-2 S0 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blisteres***



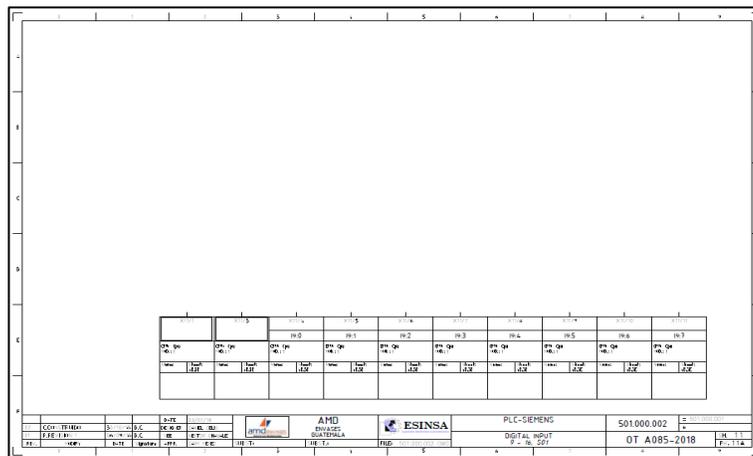
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 16. **Digital Input 1-8 S01 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blister***



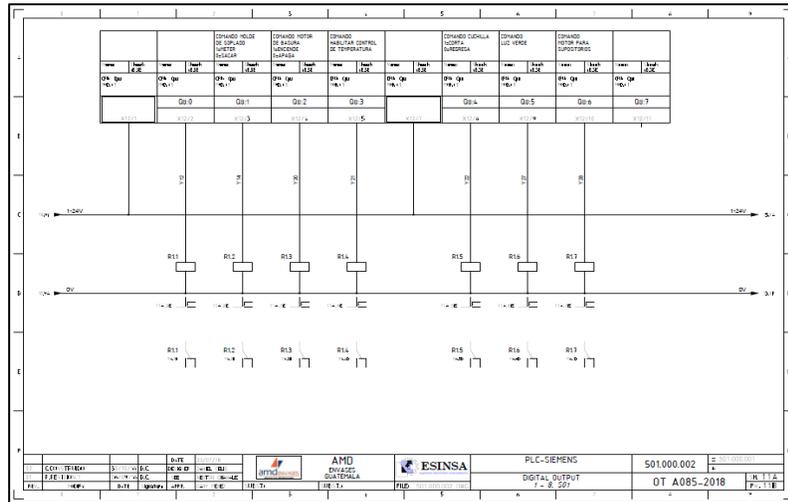
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 17. **Digital output 9-16 S01 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blisteres***



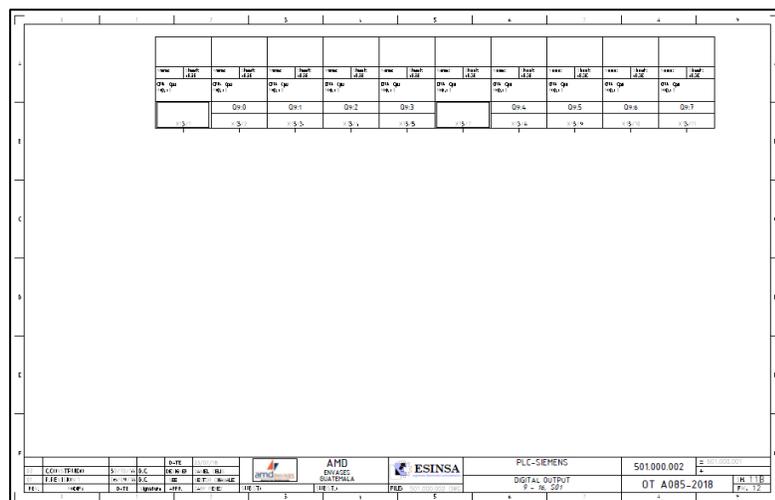
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 18. **Digital output 1-8 S01 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blister***



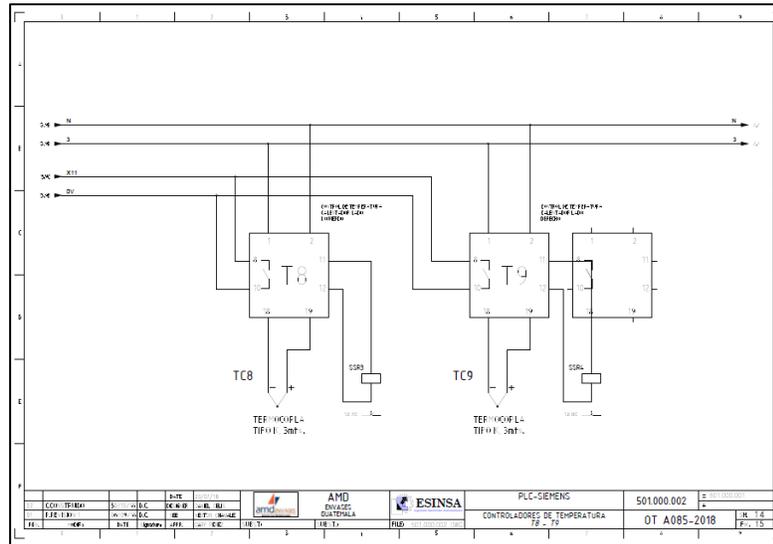
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 19. **Digital output 9-16 S01 diagrama eléctrico máquina
fabricadora de *blisteres***



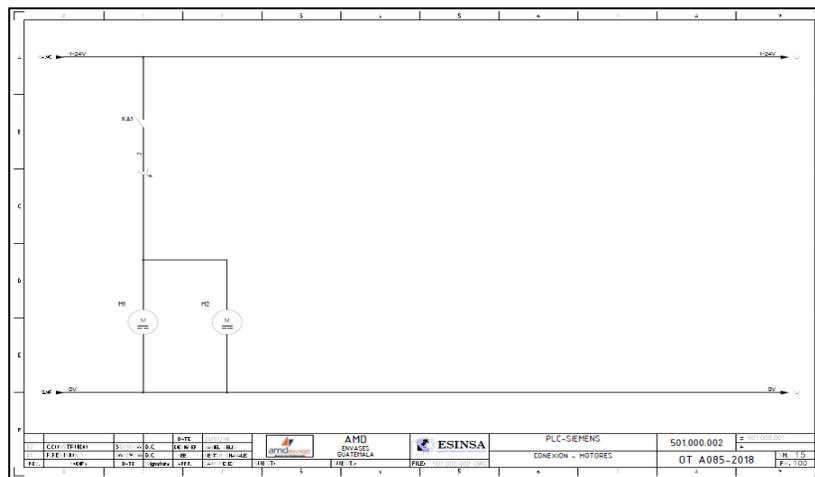
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 22. **Controladores de temperatura T8 y T9 diagrama eléctrico máquina fabricante de *blister***



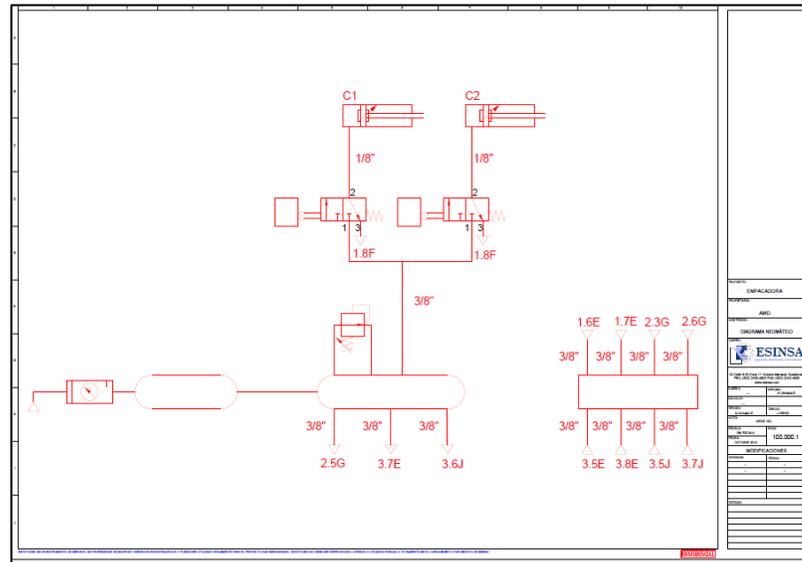
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 23. **Conexión motores diagrama eléctrico máquina fabricante de *blisteres***



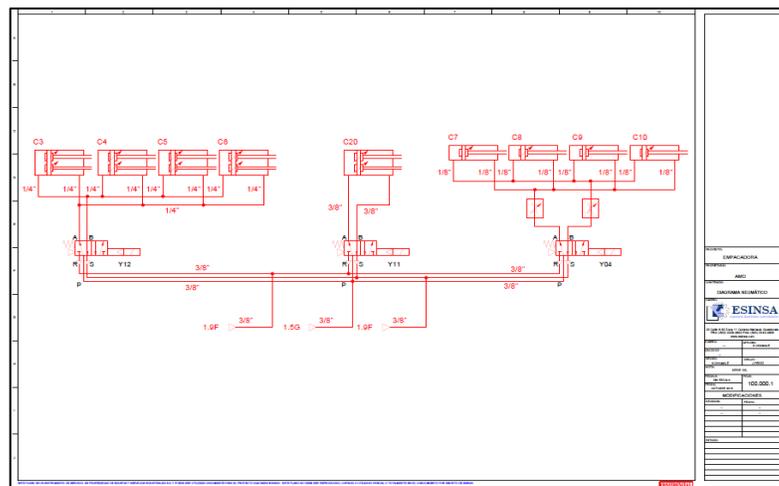
Fuente: elaboración propia, empleando Spac Automazione.

Apéndice 28. **Diagrama neumático máquina fabricante de *blister*,
página 2**



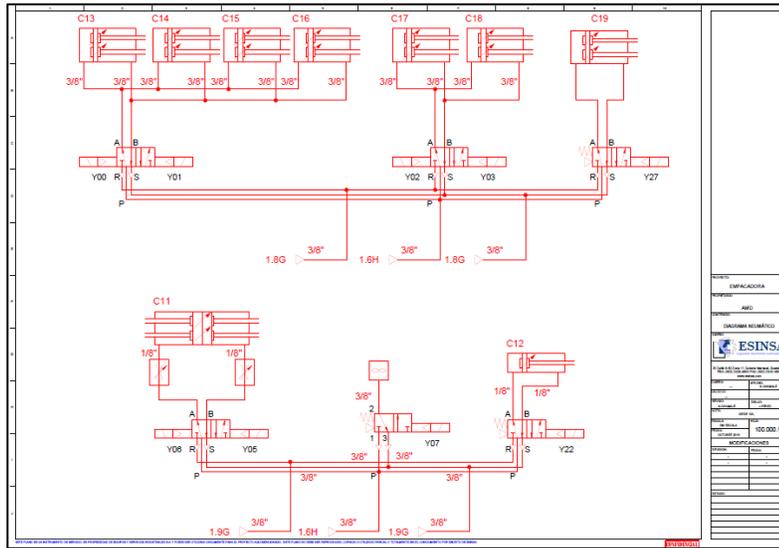
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Apéndice 29. **Diagrama neumático máquina fabricante de *blister*,
página 2**



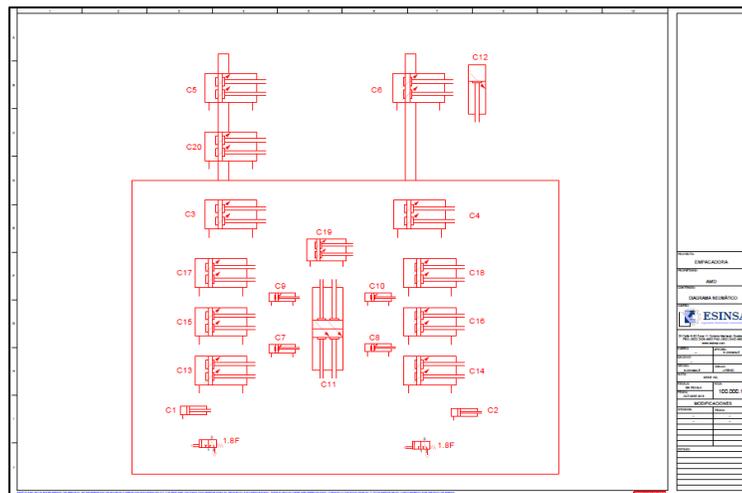
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Apéndice 30. **Diagrama neumático máquina fabricante de *blister*,
página 3**



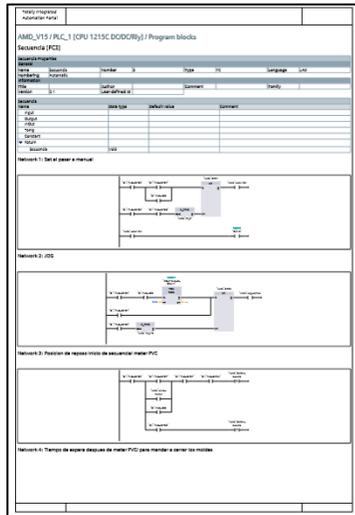
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Apéndice 31. **Diagrama neumático máquina fabricante de *blister*,
página 4**



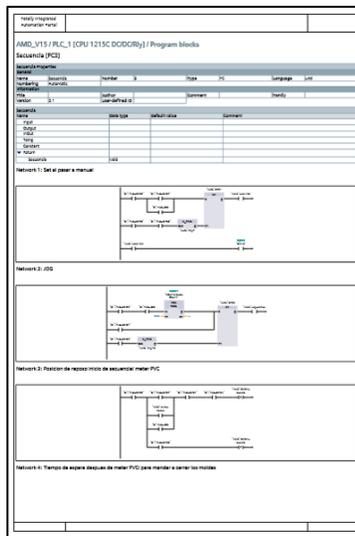
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Apéndice 34. Programación automático página 1



Fuente: elaboración propia, empleando Tía portal.

Apéndice 35. Programación manual página 1



Fuente: elaboración propia, empleando Tia Portal.