

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE PINTADO ELECTROSTATICO DE UNA EMPRESA METALMECANICA EMPLEANDO ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS

Tesis presentada por el Bachiller:

Condori Chire, Deynis Pedro

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Industrial

Asesor:

Rodriguez Salazar, Oswaldo

Arequipa – Perú

2019

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



INFORME DICTAMINATORIO DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

Optimización del Área de pintado electrostático de una
empresa metal mecánica empleando estudio de tiempos y
métodos

PRESENTADO POR EL (LA) BACHILLER:

Deynis Pedro Condori Chire

NUESTRO DICTAMEN ES:

Aprobado

OBSERVACIONES:

Arequipa, 17 de Abril del 2019.



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Oswaldo

Rodríguez S.

Código: 1779



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Jean Carlos Díaz

Saravira

Código: 2432

EL EJEMPLAR FINAL DE TESIS/TRABAJO INFORME, TITULADO:

PRESENTADO POR EL TITULANDO:

TIENE LAS SIGUIENTES OBSERVACIONES:

CAP:	
pag:	
Cap. III	Recomendaciones; la implementación y la distribución de la planta en el proyecto.
Anexos	- Los Formatos DE ACUERDO A
Pag. 1	- MAYOR ESTRUCTURA Y PLANOS
	- Mejorar el organigrama
	- Formato de APA
Pag. 10	+ CUADRO DE VARIABLES REVISAR UNIDADES DE EFICIENCIA
	- DIAGRAMA DE ISHICAWA REVISAR

Arequipa, 06 de Junio del 2019

Firmas del Jurado Evaluador:

~~PRESIDENTE~~

VOCAL

~~SECRETARIO~~

Levantadas las observaciones formuladas anteriormente, se autoriza la impresión y empastado del ejemplar final.

Arequipa, 19 de Julio del 2019

~~PRESIDENTE~~

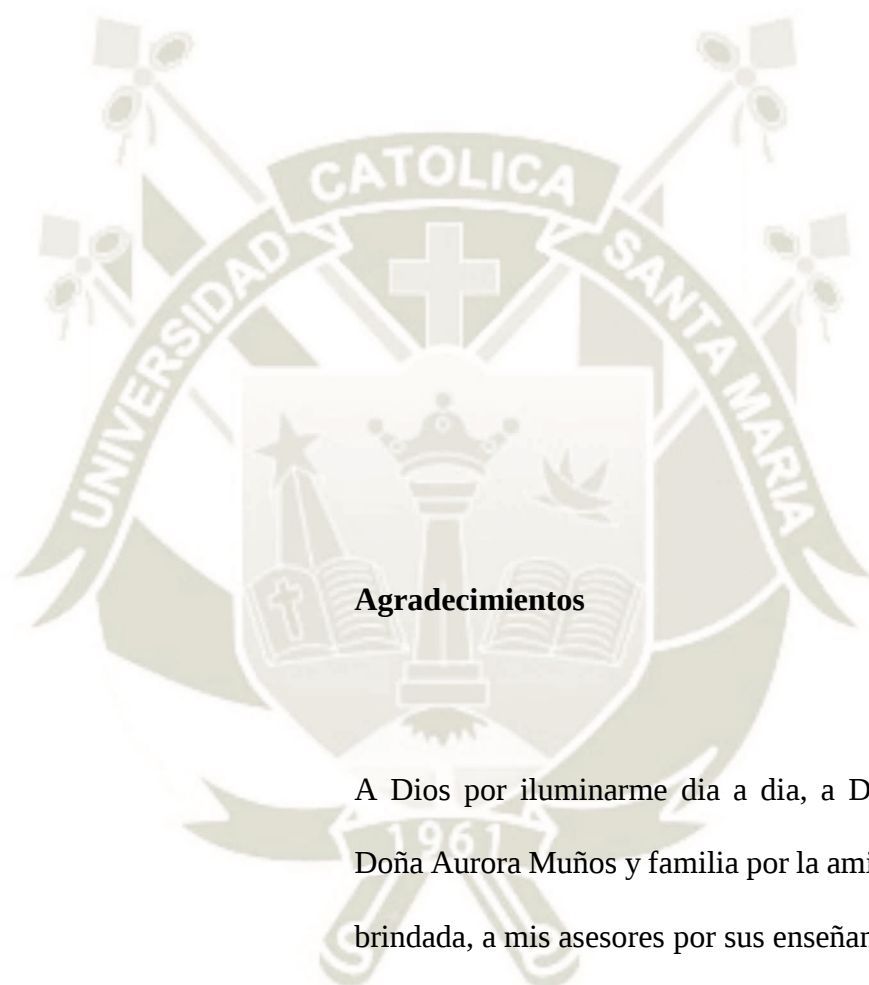
~~VOCAL~~

~~SECRETARIO~~

Dedicatoria

A mis padres por su apoyo y paciencia a lo largo del camino. A mis hermanas por su motivación y enseñanzas día a día. A todo aquel que hace de la perseverancia y creatividad una virtud.





Agradecimientos

A Dios por iluminarme día a día, a Don Vidal Perca,
Doña Aurora Muños y familia por la amistad y confianza
brindada, a mis asesores por sus enseñanzas.

INTRODUCCION

En la presente tesis se realiza un estudio de tiempos y métodos del área de pintado electrostático de una empresa metalmecánica. Este trabajo se compone de cinco capítulos

En el Capítulo I, se identifica, describe y se formula el problema del proyecto, expresando los objetivos y su justificación. En el Capítulo II se muestra los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de un sistema de medición de tiempos, diagramas aplicables y se da énfasis en las bases conceptuales de tanques, cámaras de pintado y hornos de curado.

En el Capítulo III se describe la empresa y analiza la situación actual del proceso de pintado haciendo uso de diagramas y herramientas de medición recabando la información necesaria para estandarizar tiempos de producción.

En el Capítulo IV se analizan las propuestas de mejora describiendo los aspectos técnicos de los equipos y herramientas y su comparación con los métodos actuales.

Finalmente en el Capítulo V se analiza los aspectos económicos del proyecto, resaltando el beneficio económico, la inversión requerida. El valor actual neto y el tiempo de retorno de la inversión.

En la parte final del presente trabajo se dan a conocer las conclusiones finales del proyecto realizado.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en la empresa PERMETAL DEL SUR E.I.R.L. de la ciudad de Arequipa la cual inicia sus operaciones en agosto del año 2016. La empresa fabrica y comercializa sillas metálicas, mesas plegables, al mismo tiempo brinda el servicio de pintado electrostático.

Ya que vivimos en un entorno de constantes cambios e innovaciones y la intensa competencia, la empresa se ve en la necesidad de reducir costos y mejorar la eficiencia de sus procesos con la finalidad de incrementar su rentabilidad. Es por ello que usa herramientas como el estudio de métodos y tiempos.

Se realizó el análisis de las operaciones relacionadas directamente al área de pintado electrostático encontrándose mejoras que permiten lograr el objetivo evidenciándose en el último capítulo el cual detalla la evaluación financiera.

Con los resultados logrados se pretende incrementar la competitividad de la empresa, aprovechar las oportunidades de un sector de mercado en crecimiento y estar preparados para los cambios futuros.

Palabras clave: Adaptación, pintura electrostática, estudio de tiempos, estudio de métodos, optimización, horno, productividad, eficiencia.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the company PERMETAL DEL SUR E.I.R.L. of the city of Arequipa which starts operations in August 2016. The company manufactures and commercializes metal chairs, folding tables, at the same time provides the service of electrostatic painting.

Since we live in an environment of constant changes and innovations and intense competition, the company sees the need to reduce costs and improve the efficiency of its processes in order to increase its profitability. That is why he uses tools such as the study of methods and times.

The analysis of the operations directly related to the area of electrostatic painting was carried out, finding improvements that allow achieving the objective evidenced in the last chapter which details the financial evaluation.

The results achieved are intended to increase the competitiveness of the company, take advantage of the opportunities of a growing market sector and be prepared for future changes

Key words: Adaptation, electrostatic painting, study of time, study of methods, optimization, furnace, productivity, efficiency.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCION

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPITULO I

GENERALIDADES.....	1
1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	1
1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	4
1.4. CLASIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO	4
1.5. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	5
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	5
1.7.1. Objetivo General.....	5
1.7.2. Objetivos específicos	5
1.8. HIPOTESIS	6
1.9. IDENTIFICACION DE VARIABLES	6
1.9.1. Ingeniería de métodos.....	6
1.9.1.1. Elementos que analiza la ingeniería de métodos	6
1.9.2. Estudio del trabajo	7
1.9.3. Estudio de tiempos.....	7
1.9.3.1. Elementos y preparación para el estudio de tiempos	7
1.9.4. Eficiencia	9
1.9.5. Proceso de Producción.....	9
1.9.5.1. Capacidad de producción	9
1.10. DETERMINACION DE VARIABLES	10
1.10.1. Variable independiente	10
1.10.2. Variable dependiente	10
1.11. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	11
1.12. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	12
1.13. MARCO METODOLOGICO.....	12
1.14. TIPO DE INVESTIGACIÓN	13
1.14.1. Instrumento de la investigación	14
1.14.2. Procesamiento y análisis.....	15
1.15. DESARROLLO METODOLOGICO	15
1.15.1. Observación	15
1.15.2. Planteamiento de hipótesis	15
1.15.3. Deducción de conclusiones.....	15
1.15.4. Verificación	16
1.16. ADMINISTRACION DEL PROYECTO.....	17
1.16.1. Cronograma	17
1.16.2. Presupuesto	18

2. CAPITULO II

MARCO TEORICO	19
2.1. TRABAJO	19

2.2. ESTUDIO DEL TRABAJO.....	19
2.2.1. Estudio de métodos.....	19
2.2.1.1. Áreas de actividad de la ingeniería de métodos.....	20
2.2.1.2. Objetivos de la ingeniería de métodos.....	21
2.2.1.3. Procedimientos de la ingeniería de métodos.....	21
2.3. PRODUCTIVIDAD.....	25
2.3.1. Criterios para analizar la productividad.....	25
2.3.2. Indicadores de productividad.....	26
2.4. TECNICAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	26
2.4.1. Diagramas de procesos	27
2.4.2. Diagrama del proceso de operación.....	29
2.4.3. Diagrama de flujo de proceso	31
2.5. ANALISIS DEL TRABAJO	32
2.5.1. Técnicas para el análisis del trabajo	32
2.5.1.1. Técnica de la actitud interrogante:.....	33
2.5.1.2. Lista de comprobación de análisis	33
2.5.1.3. Análisis causa – efecto.....	33
2.5.2. Como examinar o analizar una operación	34
2.6. ESTUDIO DE TIEMPOS	36
2.6.1. Medición del trabajo	36
2.6.2. Tiempo estándar.....	36
2.6.2.1. El estándar de tiempo y sus componentes.....	36
2.6.2.2. Estudio de tiempos con cronometro.....	37
2.6.2.3. Pasos básicos para su realización.....	38
2.6.2.4. Ejecución del estudio de tiempos.....	40
2.7. MEDICION DEL TIEMPO.....	45
2.7.1. Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal.....	45
2.7.2. Valoración del ritmo de trabajo	48
2.7.3. Métodos de valoración.....	49
2.7.4. Suplementos del estudio de tiempos.....	49
2.7.4.1. Asignables al trabajador.....	50
2.7.4.2. Asignables al trabajo estudiado.	50
2.7.4.3. No asignables al método ni al trabajador.	51
2.7.5. Valor de los suplementos.....	51
2.7.6. Tiempo tipo o estándar	52
2.7.6.1. Calculo del tiempo estándar.....	52
2.8. BASES CONCEPTUALES	53
2.8.1. Pintura electrostática.....	53
2.8.1.1. Ventajas y desventajas.	54
2.8.2. Preparación de piezas pre pintado	56
2.8.2.1. Limpieza de las piezas.	56
2.8.2.2. Métodos de limpieza según su naturaleza.....	57
2.8.2.3. Métodos de aplicación.	59
2.8.2.4. Parámetros de control.	60
2.8.3. Pintado electrostático.....	61
2.8.4. Horneado.....	63
2.8.5. Cálculos energéticos	64
2.8.6. Diseño del horno.....	65
2.8.7. Calentamiento de la carga en hornos	65
2.8.7.1. Requerimiento de calor a la carga del horno.	66

2.8.8. Distribución de calor en el horno.....	66
2.8.9. Tasa de transferencia de calor hacia la cámara de combustión	67
2.8.10. Relación aire combustible.....	68
2.8.11. Perdidas de calor por conducción, convección, radiación.	68
2.8.11.1. Flujo calorífico de las sillas.	69
2.8.12. Tiempo de horneado	69

3. CAPITULO III

ANALISIS Y EVALUACION DEL PROCESO..... 70

3.1. PRESENTACION DE LA EMPRESA	70
3.1.1. Reseña histórica	70
3.1.2. Datos generales de la empresa	71
3.1.3. Estructura organizacional de la empresa	72
3.1.3.1. Gerencia General.	72
3.1.3.2. Administración.....	73
3.1.3.3. Operaciones.....	73
3.1.3.4. Comercialización.	73
3.1.4. Productos	74
3.2. PROCESO DE PRODUCCION GENERAL	75
3.2.1. Fases del proceso productivo	75
3.2.1.1. Diseño.	75
3.2.1.2. Corte.....	76
3.2.1.3. Doblado.....	78
3.2.1.4. Desengrasar.....	79
3.2.1.5. Taladrado	80
3.2.1.6. Soldadura.	81
3.2.1.7. Limpiado.	83
3.2.1.8. Baño de Fosfato.	83
3.2.1.9. Baño de pasivación	83
3.2.1.10. Pintado.	84
3.2.1.11. Horneado.....	87
3.2.1.12. Ensamblado.....	88
3.3. DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL DE EMPRESA PERMETAL DEL SUR E.R.L.	90
3.4. PROCESO DE SERVICIO DE PINTADO A TERCEROS	91
3.5. DIAGRAMA DE PRODUCCION SERVICIO TERCEROS	92
3.6. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO.....	93
3.7. DAP PERMETAL	95
3.8. ANALISIS DEL AREA DE PINTADO.....	100
3.8.1. Situación actual del área de pintado	100
3.9. DIVISION DE LAS OPERACIONES DE PINTADO EN SUBSISTEMAS	101
3.9.1. Subsistema de preparación	101
3.9.1.1. Desengrasado.	101
3.9.2. Lista de comprobación para el análisis	104
3.9.2.1. Medición de tiempo desengrasado.....	105
3.9.2.2. Medición de tiempo baño de fosfato.....	110
3.9.2.3. Medición de tiempo baño de pasivación.....	113
3.9.3. Subsistema de pintado	114
3.9.4. Subsistema de horneado	119
3.10. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL	121

3.11. ANALISIS CAUSA EFECTO.....	122
4. CAPITULO IV	
PROPUESTAS DE MEJORA	125
4.1. SUBSISTEMA DE LIMPIEZA.....	125
4.1.1. Tanque de preparación.....	125
4.1.1.1. Solución desengrasante	127
4.1.1.2. Desengrasante corquifa.	127
4.1.1.3. Baño de fosfato	128
4.2. SUBSISTEMA DE PINTADO.....	129
4.2.1. Carrito base de apilamiento	129
4.3. SUBSISTEMA DE HORNEADO.....	131
4.4. MEDICION DE TIEMPOS LUEGO DE CAMBIOS EN LOS PROCESOS	134
4.5. CALCULO DEL NUMERO DE MUESTRAS	142
4.6. NUEVA MEDICION DE TIEMPOS	143
4.7. ESTANDARIZACION DE TIEMPO	150
4.7.1. Suplementos en el área de trabajo	150
4.8. DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO MEJORADO	153
4.9. CAPACIDAD DE PRODUCCION.....	158
4.10. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PROPUESTA	160
5. CAPITULO V	
COSTOS Y ANALISIS FINANCIERO	161
5.1. COSTOS DE MEJORAS.....	161
5.2. BENEFICIOS OBTENIDOS POR EL AHORRO DE TIEMPO	161
5.3. AHORRO ENERGETICO	164
5.4. FINANCIAMIENTO.....	165
5.4.1. Préstamo.	165
5.4.2. Flujo de caja financiero.	166
6. CONCLUSIONES	168
7. RECOMENDACIONES	170
8. BIBLIOGRAFIA	171
9. ANEXOS	174
9.1. ANEXO A: FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS	174
9.2. ANEXO B: CONTROL DE TIEMPO PARA LA OPERACIÓN.....	175
9.3. ANEXO C: PISO DE HORNO	176
9.4. ANEXO D: PARTE FIJA DE HORNO	177
9.5. ANEXO E: PARTE MOVIL DE HORNO.....	178
9.6. ANEXO F: BASE DE TRANSPORTE.....	179
9.7. ANEXO G: TINA DE LIMPIEZA	180
9.8. ANEXO H: CALCULOS ENERGETICOS	181

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1:	Consumo energético por área en porcentajes.....	2
Cuadro 1-2:	Porcentaje de tiempo empleado por área	3
Cuadro 1-3:	Variables	11
Cuadro 1-4:	Costo del estudio.....	18
Cuadro 2-1:	Acciones que tienen lugar durante un proceso	28
Cuadro 2-2:	Resumen de actividades	30
Cuadro 2-3:	Formato diagrama de flujo del proceso	32
Cuadro 2-4:	Guía para actitud interrogante.....	33
Cuadro 2-5:	Como examinar una operación	35
Cuadro 2-6:	Preguntas para analizar un trabajo	35
Cuadro 2-7:	Componentes del tiempo estándar	36
Cuadro 2-8:	Obtención del número de observaciones aplicando datos estadísticos.....	45
Cuadro 2-9:	Calificación de actuación.....	49
Cuadro 2-10:	Tratamientos de limpieza usados en diferentes tipos de metal	60
Cuadro 2-11:	Propiedades de algunos materiales usados en hornos.....	68
Cuadro 2-12:	Poder calorífico de algunos combustibles.....	69
Cuadro 3-1:	Número de trabajadores	74
Cuadro 3-2:	Datos técnicos de tronzadora	77
Cuadro 3-3:	Capacidad de corte	77
Cuadro 3-4:	Especificaciones de dobladora	78
Cuadro 3-5:	Especificaciones de taladro de Banco/pie.....	80
Cuadro 3-6:	Diagrama de operaciones del proceso.....	93
Cuadro 3-7:	DAP Producción	95
Cuadro 3-8:	Componentes del thinner	103
Cuadro 3-9:	Lista de comprobación subsistema preparación	104
Cuadro 3-10:	Medición de tiempos desengrasado	106
Cuadro 3-11:	Medición de tiempos desengrasado	107
Cuadro 3-12:	Medición de tiempos desengrasado	108
Cuadro 3-13:	Medición de tiempos desengrasado	109
Cuadro 3-14:	Medición de tiempo baño de fosfato.....	112
Cuadro 3-15:	Medición de tiempo baño de pasivación.....	113
Cuadro 3-16:	Medición de tiempos O. pintado	118

Cuadro 3-17: Tiempo de horneado	119
Cuadro 4-1: Ciclos de trabajo de las tinas.....	129
Cuadro 4-2: Control de tiempos desengrasado espaldar silla	134
Cuadro 4-3: Control de tiempos desengrasado pata de silla	135
Cuadro 4-4: Control de tiempos desengrasado Transversal.....	136
Cuadro 4-5: Control de tiempos desengrasado lateral asiento	137
Cuadro 4-6: Control de tiempos baño de fosfato	138
Cuadro 4-7: Control de tiempos baño de pasivación	139
Cuadro 4-8: Control de tiempos pintado	140
Cuadro 4-9: Control de tiempos Horneado	141
Cuadro 4-10: Medición de tiempos desengrasado	143
Cuadro 4-11: Medición de tiempos desengrasado.	144
Cuadro 4-12: Medición de tiempos desengrasado.	145
Cuadro 4-13: Medición de tiempos desengrasado.	146
Cuadro 4-14: Medición tiempos baño de fosfato.....	147
Cuadro 4-15: Medición de tiempos baño de pasivación.....	148
Cuadro 4-16: Medición de tiempos pintado.....	149
Cuadro 4-17: Medición de tiempos horneado.....	150
Cuadro 4-18: Eficiencia del trabajador	150
Cuadro 4-19: Economía De Tareas	154
Cuadro 4-20: Tiempos iniciales Vs tiempos estandarizados Óp. Desengrasar.....	154
Cuadro 4-21: Operaciones eliminadas en soldadura.....	155
Cuadro 4-22: Tiempos iniciales Vs tiempos estandarizados baño de fosfato.....	155
Cuadro 4-23: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados Baño de Pasivación.....	156
Cuadro 4-24: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados O. Pintar.....	156
Cuadro 4-25: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados O. Hornear	157
Cuadro 4-26: Operaciones eliminadas O. Ensamblar	157
Cuadro 5-1: Costo de equipos	161
Cuadro 5-2: Tiempo ahorrado aplicable a operarios.....	163
Cuadro 5-3: Energía perdida en operación de curado	164
Cuadro 5-4: Costo anual de gas	164
Cuadro 5-5: Tabla de amortizaciones	166
Cuadro 5-6: Flujo de caja financiero.....	166

INDICE DE FIGURAS

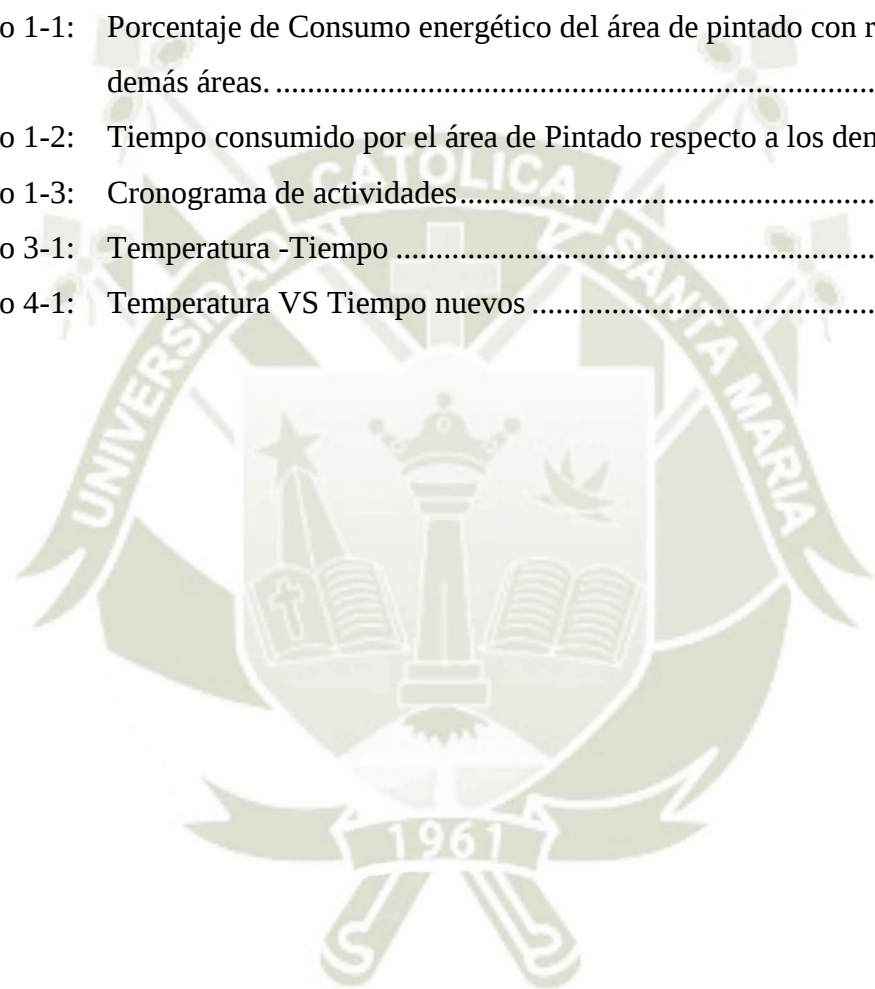
Figura 1:	Adición de la pintura electrostática	61
Figura 2:	Camara de pintado	61
Figura 3:	Principio de pintado electrostático.....	62
Figura 4:	Exterior horno de curado	63
Figura 5:	Interior horno	64
Figura 6:	Productos Permetal del sur	74
Figura 7:	Mesa circular	75
Figura 8:	Silla desarmada.....	76
Figura 9:	Tronzadora.....	78
Figura 10:	Dobladora de tubos	79
Figura 11:	Desengrasado	79
Figura 12:	Taladro.....	80
Figura 13:	Soldadura por arco eléctrico	82
Figura 14:	Equipo de soldadura	82
Figura 15:	Equipo de pintura electrostática.....	85
Figura 16:	Estructura de silla base	86
Figura 17:	Horno de curado	87
Figura 18:	Operación pre - limpieza	102
Figura 19:	Estructura de silla antes del sulfatado.....	110
Figura 20:	Ranura entre componentes de silla	110
Figura 21:	Presencia de pelusas.	111
Figura 22:	Ganchos para sujetar sillas.....	114
Figura 23:	Carga-descarga a la cámara de pintado	114
Figura 24:	Traslado a Horno	115
Figura 25:	Tanque de preparación.....	126
Figura 26:	Tanque de preparación vista superior	126
Figura 27:	Diseño carrito base de apilamiento.....	130
Figura 28:	Propuesta carrito base de apilamiento	131
Figura 29:	Horno parte fija.....	133
Figura 30:	Horno parte móvil.....	133

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 3-1: Organigrama de la empresa	72
Esquema 3-2: Diagrama de Flujo	90
Esquema 3-3: Componentes del área de pintado	101

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1-1: Porcentaje de Consumo energético del área de pintado con respecto a las demás áreas.	2
Grafico 1-2: Tiempo consumido por el área de Pintado respecto a los demás procesos....	3
Grafico 1-3: Cronograma de actividades.....	17
Grafico 3-1: Temperatura -Tiempo	120
Grafico 4-1: Temperatura VS Tiempo nuevos	141



CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Actualmente la empresa no cuenta con un método para controlar sus tiempos y costos energéticos los cuales son generados en mayor porcentaje en el área de pintado. Así mismo se ha detectado perdidas energéticas y amplios tiempos de espera en el proceso de pintado. Para lo cual el presente trabajo de investigación aporta la optimización técnica del horno de curado y un estudio de tiempos dado que en el proceso de pintado existe relación directa entre el costo y el tiempo. A mayor tiempo empleado mayor costo.

1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

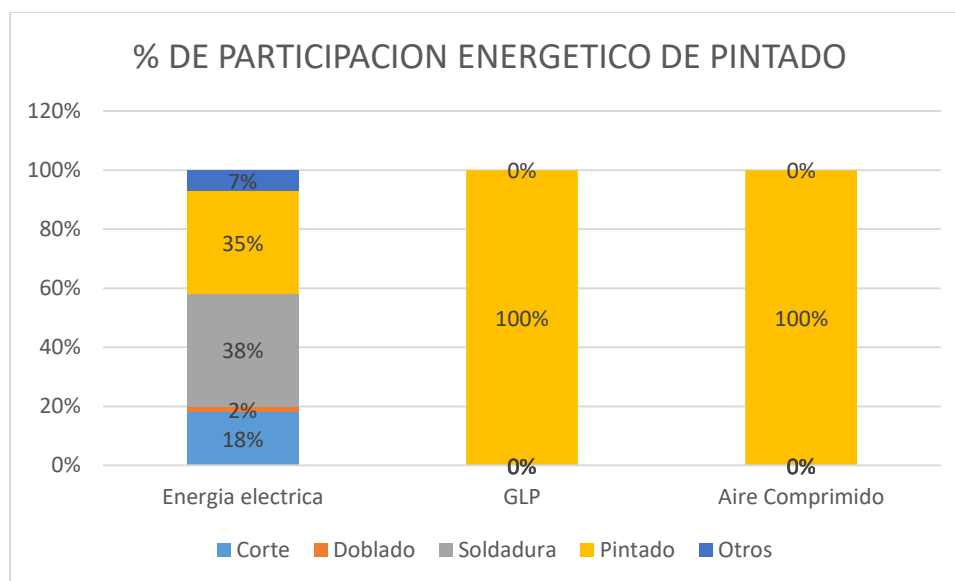
Hoy en día la competitividad de las empresas de manufactura ya sean grandes o pequeñas está directamente relacionados con el tiempo empleado y los costos en los que se incurre para generar una unidad de producción. El entorno cada vez es más exigente debido a los avances tecnológicos, procesos productivos más eficientes, elevados estándares de calidad y expectativas por cumplir.

Un sistema de mediciones ofrece herramientas e información útil para ayudar en la toma de decisiones más acertadas a los ejecutivos para lograr los objetivos trazados por la empresa.

La empresa fabrica sillas y mesas realizando sus procesos de forma vertical, los cuales van desde la adquisición de materiales hasta la comercialización. Además cuenta con su proceso de pintado electrostático el cual incrementa la calidad de los acabados en los productos de la empresa, al mismo tiempo le permite competir con otros fabricantes.

El área de Pintado consta de subprocesos los cuales abarcan más de la mitad del tiempo de producción total y en su totalidad el costo energético por consumo de gas en sus operaciones.

Grafico 1-1: Porcentaje de Consumo energético del área de pintado con respecto a las demás áreas.



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

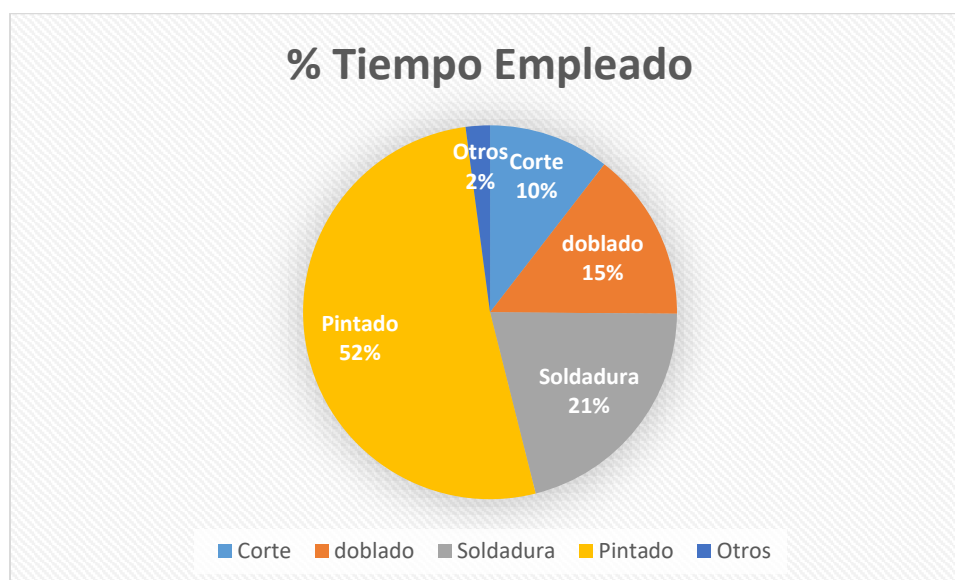
Cuadro 1-1: Consumo energético por área en porcentajes

	Energía eléctrica	GLP	Aire Comprimido
Corte	18%	0%	0%
Doblado	2%	0%	0%
Soldadura	38%	0%	0%
Pintado	35%	100%	100%
Otros	7%	0%	0%

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

Con respecto al tiempo total requerido para la producción de sillas, El área de pintura usa el 52% según las aproximaciones realizadas por los empleados en los últimos 4 meses de funcionamiento de la empresa.

Grafico 1-2: Tiempo consumido por el área de Pintado respecto a los demás procesos



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Cuadro 1-2: Porcentaje de tiempo empleado por área

	% Tiempo Empleado
Corte	10%
doblado	15%
Soldadura	21%
Pintado	52%
Otros	2%
TOTAL	100%

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

En razón a lo anterior vemos que el área de pintado es el que demanda mayor cantidad de tiempo y lo que se quiere es proponer una alternativa de mejora de la eficiencia mediante un estudio de tiempos y métodos adecuado a esta área.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuánto se reducirán los tiempos y costos al realizar cambios en los métodos empleados actualmente en el proceso de pintado electrostático y la capacidad del horno de curado?

1.4. CLASIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Industrial

Aspecto: Gestión de problemas industriales desde la perspectiva técnica, económica y financiera

Delimitación espacial: El siguiente proyecto es llevado a cabo en la empresa PERMETAL DEL SUR S.R.L. En el área de pintado.

1.5. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Cada vez se hace más complicado obtener utilidades a través del incremento de precios. Por ello mejorar la eficiencia y tratar de reducir costos sin perjudicar la calidad se ha vuelto la forma más aplicada para lograrlo. Por tal motivo identificar tiempos no productivos y las pérdidas energéticas son de vital importancia.

La empresa PERMETAL DEL SUR S.R.L. es una microempresa joven en la cual el espíritu innovador está presente y es compartido desde los dueños y sus trabajadores esto ha hecho que en el día a día se implementen herramientas de manera empírica las cuales

sirven para el manipuleo de los productos pintados. Estas herramientas en algunos casos brindan la efectividad requerida y en algunos otros aunque cumplen la función no tienen la efectividad deseada generando que inconscientemente algunas de las operaciones se lleven a cabo empleando mayor cantidad de tiempo. Por tales motivos la propuesta de un estudio de tiempos y métodos ayudara a reducir costos, mejorar la calidad e incrementar la utilidad de la empresa.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

Para el presente proyecto se toma como base la producción de sillas dado que es el artículo que la empresa produce con mayor frecuencia, por ende los tiempos calculados se limitaran a este producto.

La investigación se centra netamente en el área de pintado, El cual por su complejidad se dividirá en tres subestaciones permitiendo analizar con mayor profundidad este proceso. Para las mejoras propuestas se considerara que la empresa también brindara el servicio de pintado a terceros por tal motivo en los diseños de equipos a implementar cumplirán con este requisito de modo que lo efectuado tenga un tiempo de vida superior a los diez años

1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.7.1. Objetivo General

Optimizar el área de pintado electrostático de la empresa metalmecánica PERMETAL DEL SUR aplicando estudio de tiempos y métodos.

1.7.2. Objetivos específicos

- Definir los conceptos necesarios como base para el diagnóstico de la empresa y la mejora de su proceso de pintado.

- Describir el proceso de producción y analizar los tiempos de la empresa Permetal del Sur.
- Proponer y determinar mejoras del proceso de pintado electrostático.
- Evaluar económicamente las propuestas de mejora.

1.8. HIPOTESIS

Al realizar un estudio de métodos y tiempos es posible optimizar el proceso de pintado electrostático de la empresa PERMETAL DEL SUR S.R.L

1.9. IDENTIFICACION DE VARIABLES

1.9.1. Ingeniería de métodos

“Es el conjunto de procedimientos sistemáticos de las operaciones actuales para introducir mejoras que faciliten la realización del trabajo y permita que este sea hecho en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida”. (Garcia Criollo, 1998) La ingeniería de métodos incluye diseñar, crear y seleccionar los mejores métodos, procedimientos, herramientas, equipo y habilidades de manufactura para fabricar un producto.

1.9.1.1. Elementos que analiza la ingeniería de métodos

- Las materias, materiales, herramientas, productos de consumo.
- El espacio, superficies cubiertas, depósitos, almacenes, instalaciones.
- Tiempo de ejecución y preparación.

- La energía tanto humana como física mediante la utilización racional de todos los métodos disponibles.

1.9.2. Estudio del trabajo

(Niebel, 1998) Define el estudio del trabajo como “las técnicas usadas para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras”.

El estudio del trabajo presenta dos ramas:

- Estudio de movimientos.
- Estudio de tiempos.

1.9.3. Estudio de tiempos

(Maynard, 2006). Define como “una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

1.9.3.1. Elementos y preparación para el estudio de tiempos

- Preparación:
 - Se selecciona la operación.
 - Se selecciona al trabajador.
 - Se realiza un análisis de comprobación del método de trabajo.

- Se establece una actitud frente al trabajador.
- Ejecución:
 - Se obtiene y registra la información.
 - Se descompone la tarea en elementos.
 - Se cronometra.
 - Se calcula el tiempo observado.
- Valoración:
 - Se valora el ritmo normal del trabajador promedio.
 - Se aplican las técnicas de valoración
 - Se calcula el tiempo base.
- Suplementos:
 - Análisis de demoras.
 - Estudio de Fatiga
 - Calculo de suplementos y sus tolerancias.
- Tiempo estándar.
 - Error de tiempo estándar.
 - Calculo de frecuencia de los elementos.
 - Determinación de tiempo de inferencia.
 - Calculo de tiempo estándar.

1.9.4. Eficiencia

Según la RAE eficiencia es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir lo que queremos determinadamente. No confundir con eficacia puesto que esta se define como la capacidad de lograr el efecto que se desea o espera, la eficiencia es la capacidad de lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ previsto}{Tiempo\ usado} * 100$$

1.9.5. Proceso de Producción

Según (Chase Aquilano, 2000). Es un conjunto de actividades u operaciones interrelacionadas entre sí para la elaboración de un producto.

1.9.5.1. Capacidad de producción

(Tawfik & Chauvel, 1993). La define como el número de unidades a producir en un lapso de tiempo determinado.

La forma de calcularla es la siguiente:

$$CP = \frac{1}{TS} * TTP$$

Donde:

CP: Capacidad de producción.

TTP: Tiempo total productivo.

TS: Tiempo estándar

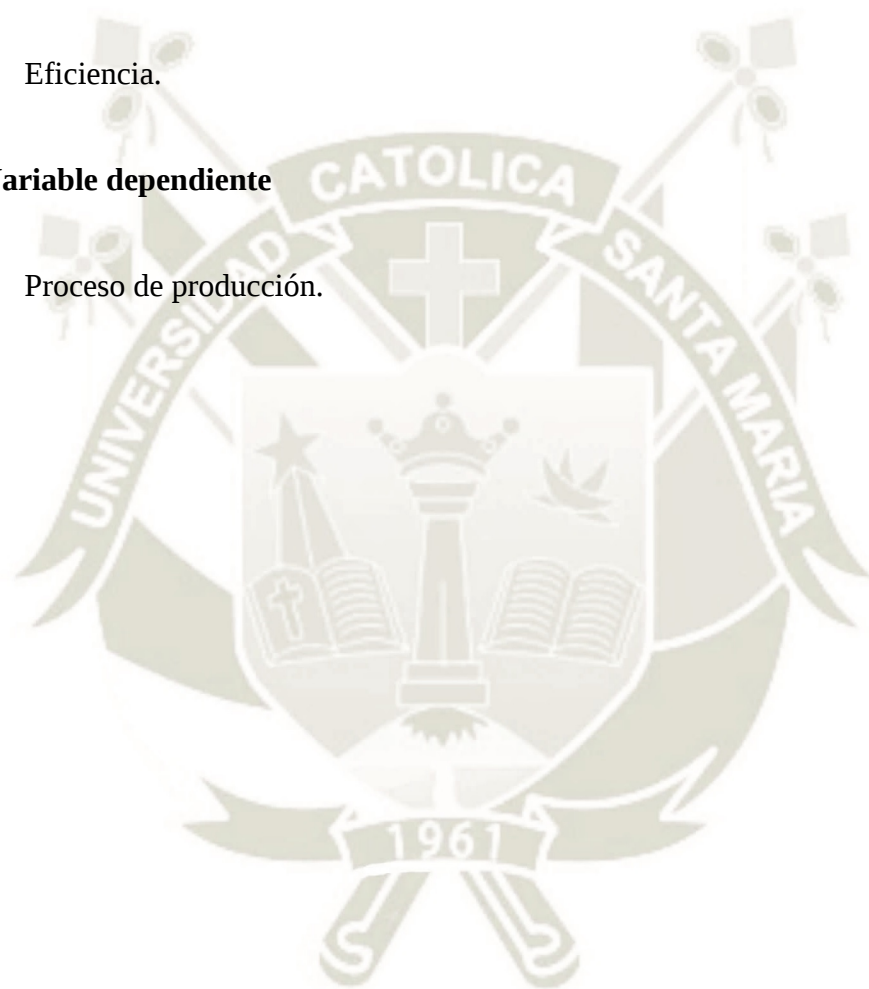
1.10. DETERMINACION DE VARIABLES

1.10.1. Variable independiente

- Estudio de métodos.
- Estudio de tiempos.
- Eficiencia.

1.10.2. Variable dependiente

- Proceso de producción.



1.11. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Cuadro 1-3: Variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	UNIDAD DE MEDIDA	HERRAMIENTAS
Independiente	Estudio métodos	Número de tareas	Cantidad de tareas realizadas para producir un producto	$ET = NTMA - NTMP$	Unidad	DAP
	Estudio de tiempos	Tiempo real	Tiempo total utilizado para obtener una unidad de producción.	$\sum Ti$	Segundos	Formularios de estudio de tiempo Cronómetros DAP
	Eficiencia	Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa	$Eficiencia = (\text{Tiempo previsto} / \text{Tiempo usado}) \times 100$	Porcentual	Datos de tiempos
Dependiente	Proceso de producción	Capacidad de producción	Número de productos obtenidos en un tiempo determinado	$CP = \frac{1}{TS} * TTP$	Unidades/Hora	Tiempos de ciclo

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

LEYENDA

ET: Economía de tareas

NTMA: Número de tareas del método actual.

NTMP: Número de tareas del método propuesto.

$\sum$ Ti: Sumatoria de tiempos.

1.12. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Se han identificado algunos trabajos de tesis sobre pintado electrostático en el país vecino del Ecuador en los cuales se “diseña la cámara de pintado con la finalidad de disminuir la pérdida de pintura” (Paredes Salinas, 2012).

En el 2009 fue presentado en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga el trabajo de grado: Sistema para Acondicionamiento, Recubrimiento y Horneado en el Acabado de Piezas en Hierro Gris por Wilson Antonio Pedraza Sanabria y Camilo Andrés Sanabria Rojas como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico.

En el año 2013 fue presentado en la facultad de ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira el trabajo de grado: Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo “clásico dama” en la empresa Caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación por Nathalia Alzate Guzmán y Julián Eduardo Sánchez Castaño para optar el título de Ingeniero Industrial.

1.13. MARCO METODOLOGICO

El método aplicado será hipotético - deductivo puesto que a partir de lo observado en el área de pintado de la empresa Permetal se formularan hipótesis, posteriormente se aplicara

los pasos que se siguen en un estudio de tiempos, conocimientos de gestión energética para cuantificar la eficiencia del horno actual y la del horno planteado, software de dibujo y finalmente obtener conclusiones respecto al tema.

Los pasos a Seguir serán los siguientes:

- Recolección de datos en cada uno de los procesos.
- Revisión de los datos obtenidos.
- Análisis de la información
- Simulación de propuestas.
- Comparación económica entre el método actual y el propuesto.

Los métodos usados son secuenciales, se inició con una investigación de campo previa, realizada en toda el área de producción de la empresa, en donde se tomó información identificándose oportunidades de disminuir costos e incrementar la eficiencia en el área de pintado.

1.14. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicaran dos tipos de investigación, la investigación exploratoria y descriptiva.

En la investigación exploratoria se recopilo información de los procesos productivos llevados a cabo en la fabricación de sillas dado que es el producto que se fabrica con mayor continuidad. Las ventaja de este tipo de investigación son el bajo costo en el que se incurre, el poder estar presente en el momento en el que se lleva acabo los procesos de producción y también la facilidad para la toma de información del proceso.

La investigación descriptiva: Se han determinado una serie de tareas, midiendo tiempos en cada uno de ellos para así describir lo que se investiga y al final poder hacer las comparaciones necesarias.

1.14.1. Instrumento de la investigación

Para alcanzar los objetivos de la investigación se usaran las siguientes técnicas:

- Entrevistas realizadas al personal que labora en el área de pintado de la empresa.
- Observación directa de las tareas que se realizan en el proceso de producción.
- Técnicas estadísticas.
- Investigación bibliográfica que contribuya con información necesaria para el buen desenvolvimiento de la investigación.
- Técnicas de Ingeniería de Métodos, los cuales son herramientas base para estudios de optimización de recursos usados en procesos productivos.
- Técnicas económicas y financieras las cuales facilitaron las fórmulas para obtener los beneficios que puede tener la empresa al aplicar los métodos propuestos.
- Internet, de donde se obtuvo información preliminar relacionada con el presente trabajo de investigación.

Todas estas técnicas serán usadas en las distintas etapas de la investigación, algunas para identificar problemas y sus causantes, otras para cuantificar pérdidas en los siguientes recursos: económicos, energéticos y tiempo.

1.14.2. Procesamiento y análisis

Para la conversión de datos en información se usaron herramientas informáticas como son los programas computarizados. Se usaron los programas Word, Excel, Visio. Software de diseño de piezas Autodesk Inventor 2015.

Los análisis realizados fueron basados en el contexto de la organización para brindar mayor claridad en la explicación de los problemas de la empresa, así como asegurar la factibilidad y aplicación de las soluciones propuestas.

1.15. DESARROLLO METODOLOGICO

1.15.1. Observación

En el presente estudio el objetivo es identificar cada una de los puestos de trabajo y descubrir mediante la observación los posibles problemas que se presentan en cada uno de ellos. Para ello se realizara un listado con cada uno de los puestos de trabajo y su descripción.

1.15.2. Planteamiento de hipótesis

Posterior a la observación, se analizara sobre los resultados obtenidos de la primera etapa y en base a estos se formularan hipótesis correspondientes a posibles errores presentes y mejoras factibles.

1.15.3. Deducción de conclusiones

En esta tercera etapa se aplicaran técnicas y procedimientos para la determinación de tiempos estándar de fabricación, su análisis para proponer un nuevo estándar factible.

1.15.4. Verificación

Etapa que consistirá en comprobar los nuevos tiempos y las soluciones halladas. Para el subproceso de limpieza, se simulara con un objeto sustituto el tanque propuesto.

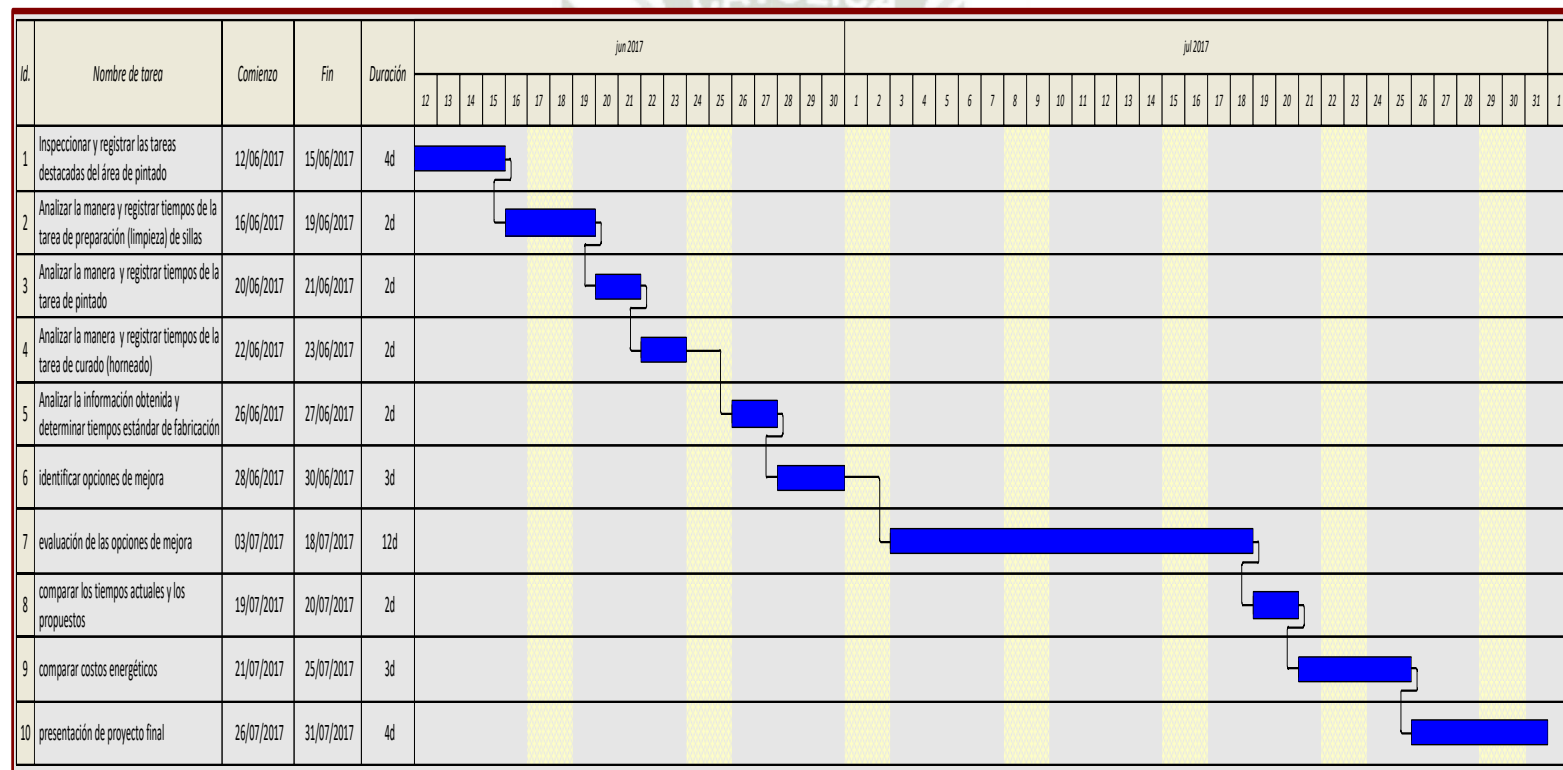
En la tarea de pintado realizada en la cámara de pintado se implementaran los nuevos instrumentos de sujeción, diseñados para obtener mayor ergonomía y facilidad para el levantamiento, descenso y transporte de productos en proceso. Dado su bajo costo.

En la tarea de curado (horneado) se emplearan simulaciones y software libre para realizar los cálculos de consumo energético y con ello mediante ecuaciones termodinámicas calcular los tiempos que se tarda el horno en alcanzar las temperaturas ideales del proceso.

1.16. ADMINISTRACION DEL PROYECTO

1.16.1. Cronograma

Grafico 1-3: Cronograma de actividades



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

1.16.2. Presupuesto

Cuadro 1-4: Costo del estudio

DESCRIPCION	UNIDADES	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
Lapiceros	2	S/. 1.00	S/. 2.00
Lápiz	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Borrador	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Resaltador	1	S/. 2.50	S/. 2.50
Transporte	100	S/. 1.00	S/. 100.00
Papelería	1	S/. 24.50	S/. 24.50
costo de Investigación	1	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
TOTAL			S/. 1,631.00

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. TRABAJO

Actividades para llegar a un fin determinado. Acciones que generan valor

2.2. ESTUDIO DEL TRABAJO

Según (Niebel B. , 2004) el estudio del trabajo se subdivide en dos ramas:

- Estudio de métodos.
- Estudio de tiempos.

2.2.1. Estudio de métodos

También conocido como ingeniería de métodos, son el conjunto de técnicas que tienen por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempos y esfuerzos, además procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos poniéndolos al alcance del mayor número de consumidores.

Los costos se establecen o se presentan cuando los recursos invertidos se utilizan a un nivel determinado de productividad; entonces cuando la productividad crece, los costos disminuyen.

2.2.1.1. Áreas de actividad de la ingeniería de métodos.

- **Simplificación del trabajo:**

Esta área tiene por objetivo aplicar un procedimiento sistemático de control de todas las operaciones de un trabajo dado a un análisis meticulado, con el objeto de introducir mejoras que permitan que el trabajo se realice más fácilmente, en menor tiempo o con menos material, o sea, con menor inversión por unidad.

“En esta fase se incluye como parte importante el diseño, la creación o la selección de los mejores” (OIT, 1977):

- Métodos.
- Procesos.
- Herramientas.
- Equipo.
- Habilidades.

- **Medida del trabajo**

Esta área comprende el levantamiento del trabajo: es decir, en ella se investiga en qué condiciones, bajo que métodos y en qué tiempo se ejecuta un trabajo determinado con el objeto de (Maynard, 2006):

- Balancear cargas de trabajo.
- Establecer costos estándares.
- Implantar sistemas de incentivos.

- Programar la producción.

2.2.1.2. Objetivos de la ingeniería de métodos

Los más importantes son:

- Mejorar los procesos y procedimientos.
- Mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo.
- Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria.
- Economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.
- Aumentar la seguridad.
- Crear mejores condiciones de trabajo.
- Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo.

2.2.1.3. Procedimientos de la ingeniería de métodos

Este método consta de los siguientes pasos:

- Seleccionar el trabajo que debe mejorarse.
- Registrar los detalles del trabajo
- Analizar los detalles del trabajo.
- Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
- Adiestrar a los operarios en el nuevo método de trabajo.
- Aplicar el nuevo método de trabajo.

- **Seleccionar el trabajo a mejorarse**

Esta selección debe hacerse:

- **Desde el punto de vista humano:** los primeros trabajos cuyo método debe mejorarse son los de mayor riesgo de accidentes, por ejemplo aquellos en los que se manipulen sustancias tóxicas en donde haya prensas, máquinas de corte e instalaciones eléctricas.
- **Desde el punto de vista económico:** En segundo lugar se debe dar preferencia a los trabajos cuyo valor represente un alto porcentaje del costo del producto terminado, ya que las mejoras que se introduzcan, por pequeñas que sean, serán más beneficiosas que grandes mejoras aplicadas a otros trabajos de valor inferior.
- **Desde el punto de vista funcional del trabajo:** Finalmente, se deben seleccionar los trabajos que constituyen “cuellos de botella” y retrasan el resto de la producción, y los trabajos clave de cuya ejecución dependen otros.

- **Registrar los detalles del trabajo**

Para poder mejorar un trabajo, debemos saber exactamente en qué consiste. Excepto en el caso de trabajos muy simples y cortos, rara vez conocemos todos los aspectos de un trabajo por ello debemos registrarlos por observación directa. Consignar todos los datos relevantes acerca del trabajo, tarea, proceso, operación, actividad, etc. Utilizando las técnicas más apropiadas disponiendo de datos de la forma más cómoda para analizarlos.

Para registrar el proceso de fabricación se utilizan los diagramas de proceso de operaciones, diagramas de proceso de flujo, diagramas de recorrido y de hilos. Para el registro de las relaciones hombre máquina en las estaciones de trabajo se emplean las formas llamadas diagrama hombre-máquina y de procesos de grupo.

- **Analizar los detalles del trabajo**

Para poder analizar un trabajo en forma completa, el estudio de métodos utiliza una serie de preguntas que deben hacerse sobre cada detalle con el objeto de justificar su existencia, lugar, orden, persona y forma en que se ejecuta.

Las preguntas a las que nos referimos son las siguientes:

¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Quién?, ¿Cuánto?, ¿Por qué?, ¿Para qué?

- **Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo**

Para desarrollar un nuevo método de trabajo, es necesario considerar las respuestas obtenidas, las que nos pueden conducir a tomar las siguientes acciones:

- **Eliminar:** Si las preguntas porque y para que, no pudieron contestarse en forma razonable, quiere decir que el detalle bajo análisis no se justifica y debe ser eliminado.
- **Cambiar:** las respuestas a las preguntas cuando, donde y quien pueden indicar la necesidad de cambiar las circunstancias de lugar, tiempo y persona en que se ejecuta el trabajo. Es decir, buscar un lugar más conveniente, un orden más adecuado o una persona más capacitada.

- **Cambiar y reorganizar:** Si surge la necesidad de cambiar alguna de las circunstancias bajo las cuales se ejecuta el trabajo, generalmente será necesario modificar algunos detalles y reorganizarlos para obtener una secuencia más lógica.
- **Simplificar:** Todos aquellos detalles que no hayan podido ser eliminados, posiblemente puedan ser ejecutados en una forma más fácil y rápida. La respuesta al cómo, nos llevara a simplificar la forma de ejecución. (Niebel, 1990)

- **Adiestrar a los operadores en el nuevo método de trabajo**

Antes de implementar una mejora es necesario tener la seguridad de que la solución es práctica de acuerdo con las condiciones de trabajo en que va a operar. Para no olvidar nada se debe hacer una revisión final de la idea, la cual debe incluir como partes fundamentales todos los aspectos económicos y de seguridad, así como otros factores tales como calidad del producto, cantidad de producto fabricado, etcétera.

Si se logra el entendimiento y la cooperación del personal, disminuirán enormemente las dificultades de implantación y se asegura el éxito del emprendimiento. Recuerde que la cooperación no se puede exigir, se tiene que ganar (OIT, 1977).

- **Aplicar el nuevo método de trabajo**

Después de haber realizado todos los pasos anteriores, se pone en práctica el nuevo método.

2.3. PRODUCTIVIDAD

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. (Barde, 1979)

En nuestro caso, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas.

2.3.1. Criterios para analizar la productividad

Existe una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo y en especial los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las “M” mágicas, llamadas así porque todas ellas, en inglés, empiezan con EME.

- Hombres (men)
- Dinero (money)
- Materiales
- Métodos
- Mercados (markets)
- Maquinas (machines)
- Mantenimiento del sistema
- Misceláneos: Costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo.
- Dirección (management)
- Manufactura

2.3.2. Indicadores de productividad

- **Eficacia:** Obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos.
- **Eficiencia:** Lograr el resultado deseado con el mínimo de insumos, es decir se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad.

De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

$$Productividad = \frac{Eficacia}{Eficiencia} = \frac{Valor \rightarrow Cliente}{Costo \rightarrow Productor}$$

2.4. TECNICAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

“Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso ordenado, que inicia con la selección del proyecto y termina con su implantación” (Niebel B. , 2004).

Pasos:

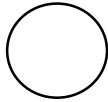
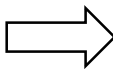
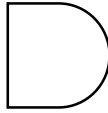
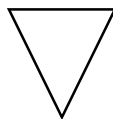
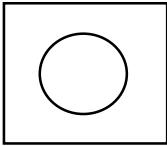
- Seleccionar el proyecto: mediante la aplicación del análisis de Pareto, los diagramas de pescado, las gráficas Gantt, las guías PERT y la guía de análisis de trabajo/lugar de trabajo.
- Obtener y presentar datos por medio de diagramas de operación, de flujo, hombre/máquina y de grupo.
- Desarrollar el método ideal para las relaciones hombre/máquina con servicio sincronizado y aleatorio, así como los cálculos de balanceo de línea.

2.4.1. Diagramas de procesos

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento. Identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.



Cuadro 2-1: Acciones que tienen lugar durante un proceso

ACTIVIDAD	DEFINICION	SIMBOLO
Operación:	Ocorre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo. Ejemplo: tornear una pieza, tiempo de secado se una pintura, cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etcétera.	
Transporte:	Ocorre cuando un objeto o un grupo de objetos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de operación o inspección. Mover material a mano, en una plataforma en monorriel, en banda transportadora, etcétera. Si en una operación como pasteurizado, un recorrido en un horno, etc. los materiales van avanzando sobre una banda y no se consideran como transporte.	
Inspección:	Ocorre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualquiera de sus características. Ejemplo: revisar las botellas que salen de un horno, pesar un rollo de papel, contar cierto número de piezas, leer instrumentos de medición, etc.	
Demora:	Ocorre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado. Ejemplo: esperar un elevador, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada o hay varios materiales en una plataforma esperando el nuevo paso del proceso.	
Almacenaje:	Ocorre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados. Ejemplo: Almacén general, cuarto de herramientas, bancos de almacenaje entre las maquinas, si el material se encuentra depositado en un cuarto para sufrir alguna modificación necesaria para el proceso, no se considera almacenaje sino operación: tal sería el caso de curar tabaco, madurar cerveza.	
Actividad combinada:	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadrado.	

Fuente: Niebel B. W. Ingeniería industrial. Métodos estándares y diseño del trabajo.

2.4.2. Diagrama del proceso de operación

Es la representación gráfica de los puntos en donde se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; además puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis: por ejemplo el tiempo requerido, la situación de cada paso o si los ciclos de fabricación son los adecuados.

Los objetivos de este diagrama son proporcionar una imagen clara de todos los acontecimientos del proceso: por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo.

Cualquier diagrama debe reconocerse por medio de la información inserta en su parte superior. Siempre serán necesarios ciertos datos: método actual o método propuesto, número del plano, número de la pieza u otro número de identificación, fecha de elaboración del diagrama y nombre de la persona que lo hizo.

El material comprado o sobre el cual se efectúa trabajo durante el proceso, se indica con líneas horizontales, es el material que alimenta a las líneas verticales de recorrido.

Se selecciona, en primer lugar, para fines de diagramado, una de las piezas que va a formar parte del producto terminado. Generalmente se obtendrá un diagrama de aspecto más agradable si se escoge el componente en el que se realiza el mayor número de operaciones. Si el diagrama va a ser utilizado como base para disponer una línea de montaje progresivo, la pieza que debe escogerse es la que tenga mayor tamaño y en la que se montan las piezas más pequeñas.

Estando ya escogido el componente que debe ser diagramado, en primer lugar se traza una línea de material horizontalmente en la parte superior derecha del diagrama, arriba del cual se anota una descripción del material. Esta puede ser tan completa como se estime necesario. A continuación se traza una línea vertical de recorrido desde el extremo derecho de la línea horizontal de material. Luego se dibuja el símbolo que representa la primera operación o inspección que se lleve a cabo. A la derecha de este símbolo se anota una breve descripción de la acción, a la izquierda se anota el tiempo concedido para llevar acabo el trabajo requerido.

Las operaciones se enumeran correlativamente para fines de identificación y referencia, en el orden en que son diagramadas. Cuando otro componente en el que se ha realizado algún trabajo se introduce en el proceso, las operaciones llevadas a cabo en el que se numeran en la misma serie.

En la parte inferior se utiliza una tabla en la cual se resume el número total de las actividades.

Cuadro 2-2: Resumen de actividades

SIMBOLO	RESUMEN	CANTIDAD
○	Operación	
□	Inspección	
◻	O. combinada	

Fuente: Niebel B. W. Ingeniería industrial. Métodos estándares y diseño del trabajo.

2.4.3. Diagrama de flujo de proceso

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso, incluye además, la información que se considera deseable para el análisis: por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etcétera (Niebel, 1990).

- **Recomendaciones para la elaboración del diagrama de flujo**

El diagrama de flujo o también conocido como recorrido debe identificarse mediante un título colocado en la parte superior. Es común encabezarlo con las palabras Diagrama del proceso de recorrido.

Se trata de unir con una línea todos los puntos en donde se efectúa una operación, un almacenaje, una inspección o alguna demora, de acuerdo con el orden natural del proceso.

Esta línea representa la trayectoria usual que siguen los materiales o el operador que los procesa, a través de la planta o taller en donde se lleva a cabo.

Una vez terminado el diagrama de flujo podemos darnos cuenta del transporte de un objeto o el itinerario que siguió algún operador durante determinado proceso. Este transporte o itinerario, aun en lugares pequeños, llega a ser algunas veces de muchos kilómetros por día, que sumados anualmente representan una pérdida considerable en tiempo, energía y dinero.

Cuando se sospecha que se realiza un número muy grande de transportes, almacenamientos y demoras en un proceso es necesario elaborar un diagrama de

proceso del recorrido con el fin de visualizar y reducir el número y así disminuir costos (Niebel, 1990).

Cuadro 2-3: Formato diagrama de flujo del proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO										
EMPRESA:	RESUMEN									
FECHA:	ACTIVIDAD			ACTUAL	PROPUESTO					
OBJETIVO:	Operación			○						
	Transporte			⇒						
PRODUCTO:	Espera			⊐						
METODO:	Inspección			□						
LUGAR:	Almacenamiento			▽						
PAGINA:	O. combinada			⊞						
HECHO POR:	DISTANCIA TOTAL									
REVISADO POR:	TIEMPO TOTAL									
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLOS						OBSERVACIONES
	(U)	(M)	(S)	○	□	⊞	⇒	⊐	▽	

Fuente: Niebel. Ingeniería Industrial, métodos, tiempos y movimientos

2.5. ANALISIS DEL TRABAJO

2.5.1. Técnicas para el análisis del trabajo

Existen diversas técnicas para analizar el trabajo, pero las principales son:

- La técnica de la actitud interrogante.

- La lista de comprobación de análisis.
- Análisis causa - efecto

2.5.1.1. Técnica de la actitud interrogante:

Sea cual fuere el objetivo del análisis del trabajo, el analista siempre debe preguntarse: ¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse? (Niebel, 1990).

2.5.1.2. Lista de comprobación de análisis

La siguiente guía es muy importante para apoyar la técnica de la actitud interrogante:

Cuadro 2-4: Guía para actitud interrogante

COMPRENDA	ANALICE
¿Qué se logra?	¿Es necesario?
¿Dónde se hace?	¿Por qué ahí?
¿Quién lo hace?	¿Por qué esa persona?
¿Cómo se hace?	¿Por qué de esa manera?

Fuente: García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo (2ª ed.). Mc Graw Hill.

2.5.1.3. Análisis causa – efecto

Es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa. Por su parecido con el esqueleto de un pescado es también conocido como el diagrama espina de pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones. Esta herramienta se utiliza para detectar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza grafica del diagrama permite que los grupos organicen grandes

cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas.

Pasos a seguir:

- Identificar el problema: Es algo que queremos mejorar o controlar.
- Registrar la frase que resume el problema: Escribir el problema identificado en la parte externa derecha del papel y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda.
- Dibujar y marcar las espinas principales. Estas representan el input principal, categorías de recursos o factores causales. No existen reglas sobre que categorías o causas se deben marcar pero las más comunes son: materiales, métodos, maquinas, personas y/o el medio.
- Realizar lluvia de ideas de las causas del problema.
- Identificar los candidatos para la causa más probable.
- Cuando las ideas ya no puedan ser idénticas, se deberá analizar más a fondo el diagrama para identificar métodos adicionales para la recolección de datos.

2.5.2. Como examinar o analizar una operación

Existen diversas formas de analizar una operación, pero en todas ellas es necesario:

- Ser cautelosos con lo que se ve.
- Colocar el trabajo en el banquillo de los acusados y que se justifique de la siguiente forma:

Cuadro 2-5: Como examinar una operación

SI	NO
Con hechos	Con palabras
Con causas	Con efectos
Con razones	Con excusas

Fuente: García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos.

Se presentaron las más importantes cuestiones que se debe formular quien intente analizar un trabajo.

Cuadro 2-6: Preguntas para analizar un trabajo

DATOS	PREGUNTAS	INTENCION
¿Qué se hace?	¿Por qué se hace eso? ¿Es necesario hacerlo? ¿Cuál es la finalidad? ¿Qué otra cosa podría hacerse para alcanzar el mismo resultado?	Eliminar
¿Dónde se hace?	¿Por qué se hace ahí? ¿Se conseguirían ventajas haciéndolo en otro lado? ¿Podría combinarse con otro elemento? ¿Dónde podría hacerse mejor?	
¿Cuándo se hace?	¿Por qué se hace en ese momento? ¿Sería mejor realizarlo en otro momento? ¿El orden de las acciones es el apropiado? ¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	Combinar y reordenar
¿Quién lo hace?	¿Tiene las calificaciones apropiadas? ¿Qué calificaciones requiere el trabajo? ¿Quién podría hacerlo mejor?	
¿Cómo se hace?	¿Por qué se hace así? ¿Es Preciso hacerlo así? ¿Cómo podríamos hacerlo mejor?	Simplificar

Fuente: García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos.

2.6. ESTUDIO DE TIEMPOS

2.6.1. Medición del trabajo

Es la parte cuantitativa del estudio del trabajo que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado (Niebel, 1990).

2.6.2. Tiempo estándar

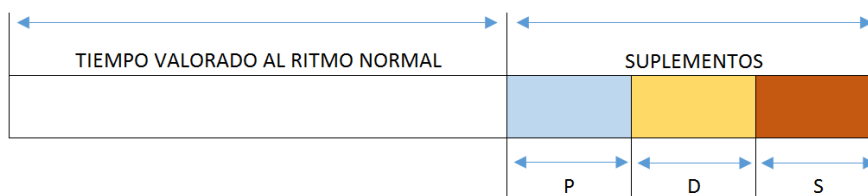
Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día. Sin mostrar síntomas de fatiga (Niebel, 1990).

2.6.2.1. El estándar de tiempo y sus componentes.

El objetivo final de la medida del trabajo es obtener el tiempo tipo estándar de la operación, o proceso objeto de estudio.

Estos términos nos indican un “tiempo” que reúne las características de la siguiente figura:

Cuadro 2-7: Componentes del tiempo estándar



Fuente: García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos.

P = Personal

D= Descanso

S = Suplementos

2.6.2.2. Estudio de tiempos con cronometro.

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido (Barnes, 1961).

Un estudio de tiempos con cronometro se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna maquina o grupo de máquinas.

2.6.2.3. Pasos básicos para su realización

- **Preparación**

- Selección de la operación: Para empezar es, es necesario determinar qué operación vamos a medir. Su tiempo en primer orden, es una decisión que depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de medición. No obstante, podemos emplear los siguientes criterios para hacer la elección:

- a) El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
- b) La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, relacionado con el costo anual de la operación que se calcula mediante la ecuación:

$$\text{Costo Anual de la Op.} = (\text{Actividad Anual})(\text{Tiempo de oper.})(\text{Salario Horario})$$

- c) Según necesidades específicas.

- Selección del trabajador: Cuando se debe elegir al operador es necesario considerar los siguientes puntos:

Habilidad: elegir un trabajador con habilidad promedio.

Deseo de cooperar: Nunca seleccionar un trabajador que se opone.

Temperamento: No debe elegirse a un trabajador nervioso.

Experiencia: es preferible elegir a un trabajador con experiencia.

- Actitud frente al trabajador: En esta etapa, la percepción del subordinado adquiere suma importancia, por lo cual:

- a) El estudio nunca debe hacerse en secreto.
 - b) El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador.
 - c) No debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
 - d) Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.
 - e) El operador espera ser tratado como un ser humano y en general responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.
- Análisis de comprobación del método de trabajo. Nunca debe cronometrarse una operación que no haya sido normalizada. “La normalización de los métodos de trabajo es el procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una norma de método de trabajo para cada una de las operaciones que se realizan en una fábrica” (Krick, 1977). En estas normas se especifica el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, equipo de seguridad.
 - La ventaja de la estandarización del método de trabajo es que genera un aumento en la habilidad de ejecución del operador, lo que mejora la calidad del trabajo y disminuye la supervisión personal por parte de los supervisores. Además el número de inspecciones necesarias será menor, lográndose una reducción de los costos.

2.6.2.4. Ejecución del estudio de tiempos

Es necesario hacer un estudio sistemático del producto y del proceso para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, lo cual constituye el análisis de la operación. Para ello se deben considerar los siguientes aspectos:

I. Objeto de la operación:

- Una operación innecesaria aparece debido a la ejecución impropia de una operación anterior.
- Una operación innecesaria puede aparecer debido al proceso de búsqueda de mejorar en operaciones anteriores.
- Una operación innecesaria puede aparecer debido al uso de herramientas y equipos inadecuados.

II. Diseño de la pieza:

- Empezar con un material mejor.
- Unir mejor las piezas.
- Facilitar el maquinado.
- Simplificar el diseño.

III. Tolerancias y especificaciones:

Las tolerancias y especificaciones nunca deben ser aceptadas a simple vista. A menudo una investigación puede revelar que una tolerancia estricta es

innecesaria o que, por el contrario haciéndola muy rigurosa, se pueden facilitar operaciones subsecuentes de ensamble (Lasheras, 1969).

Es necesario investigar las tolerancias y especificaciones en las siguientes formas:

- Las tolerancias y especificaciones deben ser correctas.
- Corregir las causas de un rechazo cuando este ocurre desde un principio.
- Mejorar la eficiencia de operaciones de inspección.

IV. Material:

Los materiales constituyen un gran porcentaje del costo total de cada producto. En consecuencia, su selección y uso apropiado es de suma importancia.

Un análisis de materiales debe analizarse desde los siguientes ángulos:

- Seleccionar el material que reúna los requisitos que exige el servicio al que está sujeto, y que sea el más barato y se pueda procesar económicamente.
- Seleccionar el material que sea económico en tamaño y condición.
- Usar el material de manera más eficiente.
- Hacer mejor uso de herramientas y accesorios.

V. Proceso de manufactura:

Existen varias formas de producir una pieza pues continuamente se crean mejores métodos para ello.

- Si se cambia una operación es necesario considerar su efecto en otras operaciones.
- Si la operación es manual, tratar de hacerla mecánica.
- Si la operación se hace mecánicamente, tratar de usar una maquina más eficiente.
- Si la operación se efectúa en la maquina adecuada, tratar de operarla más eficientemente.

VI. Preparación de herramientas y patrones

La magnitud de los aditamentos y patrones necesarios para llevar acabo cualquier trabajo se determina principalmente por el número de piezas que van a producirse. En trabajos de baja actividad solo se justifican aditamentos y patrones especiales que sean primordiales. Una alta actividad usualmente justifica herramientas especiales debido a que el costo del mismo se prorratea entre un gran número de unidades (Niebel, 1990).

En trabajos de alta actividad es importante reducir los tiempos unitarios de producción hasta un valor mínimo absoluto. Una buena práctica de preparación y herramientas no sucede por casualidad, debe ser planeada. Para desarrollar mejores métodos se deben investigar lo siguiente:

- Reducir el tiempo para hacer una preparación empleando una mejor planeación.
- Diseñar la preparación para utilizar completamente la capacidad de la máquina.

- Desarrollar mejores utensilios de trabajo.
- Desarrollar mejores métodos para fijar el trabajo.

VII. Condiciones de trabajo

Las condiciones de trabajo deben ser continuamente mejoradas para que la planta esté limpia, saludable y segura pues ellas afectan de manera directa al operador. Consideremos estas cuatro posibilidades:

- Reducir riesgos de trabajo.
- Mejorar el alumbrado, temperatura y ventilación.
- Estimular el buen gobierno de la estación del trabajo.
- Reducir la fatiga del operador proporcionándole comodidad.

VIII. Manejo de materiales

La producción de cualquier producto requiere que sus elementos componentes sean movidos. Aunque la carga sea grande y movida a distancias grandes o pequeñas, este manejo debe ser analizado para determinar si el movimiento se puede hacer de un modo más eficiente. El manejo añade mayor costo al producto terminado, por razón del tiempo y mano de obra empleados, por lo tanto es conveniente:

- Reducir el tiempo y gasto de materiales.
- Reducir el manejo manual a través del equipo mecánico
- Utilizar mejor las instalaciones de manejo existente.

- Manejar el material con mayor cuidado.

IX. Distribución de maquinaria y equipo

Las estaciones de trabajo y las maquinas deben disponerse de tal forma que la serie sistemática de operaciones de fabricación de un producto sea más eficiente y con un mínimo de manejo.

Factores implicados:

- Para producción en línea recta a gran escala se debe alojar el material en posición conveniente para la próxima operación.
- Para producción diversificada, la distribución debe permitir movimientos cortos y entregas convenientes del material al operador.
- Para operaciones de múltiples máquinas, el equipo debe agruparse alrededor del operador.
- Para abastecimiento eficiente, las tareas de almacenamiento deben estar arregladas para reducir al mínimo la búsqueda y el manejo subsecuente de materiales.
- Para mejorar la eficiencia del trabajador, los centros de servicio deben ubicarse cerca de las áreas de producción, de manera que sean de fácil acceso para todos.

2.7. MEDICION DEL TIEMPO

Los aparatos para medir el tiempo son los cronómetros, aparatos movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o detenerse a voluntad del operador.

Cuadro 2-8: Obtención del número de observaciones aplicando datos estadísticos

Elementos	Ciclos										Total	Promedio	Factor de nivelacion	Tiempo normal
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1														
2														
3														
4														

Fuente: García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos.

2.7.1. Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal

La extensión del estudio de tiempos depende de la naturaleza de la operación individual.

El número de ciclos que deberá observarse para obtener un tiempo medio representativo de una operación se determina mediante los siguientes procedimientos:

- Formulas estadísticas.
- Abaco de lifson.
- Tabla de Westinghouse.
- Criterio de la General Electric.

Formulas estadísticas:

• Método estadístico 1

Existen varias fórmulas estadísticas, según (Niebel B. , 1998) generalmente en estudios de tiempos se usan muestras pequeñas ($n < 30$) de una población. Por ende debe usarse una distribución t, para ello la fórmula del intervalo de confianza es:

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde S es la desviación estándar de la muestra la cual puede ser calculada de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

El término con $\pm$ se puede considerar un término de error expresado como una fracción de $\bar{x}$:

$$k\bar{x} = \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

Despejando la n (tamaño de la muestra) se obtiene:

$$n = \left\{ \frac{st}{k\bar{x}} \right\}^2$$

• Método estadístico 2

Este método requiere que se realice una toma de datos preliminar para luego poder aplicar la siguiente formula

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra a calcular (número de observaciones)

n'= número de observaciones del estudio preliminar.

Σ = Suma de valores.

x= Valor de las observaciones.

40= constante para un nivel de confianza de 94.45%

Abaco de Lifson

Se aplica cuando se usa un número fijo de mediciones n=10 y la desviación típica se sustituye por un factor B:

$$B = S - \frac{1}{S + 1}$$

Donde:

S: Tiempo superior

I: Tiempo inferior

Tabla 2-1: Tabla de Westinghouse

Cuando el tiempo por pieza o ciclo es:	Número mínimo de Ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10 000 por año	1000 a 10000	Menos de 1000
1.000 hora	5	3	2
0.800 hora	6	3	2
0.500 hora	8	4	3
0.300 hora	10	5	4
0.200 hora	12	6	5
0.120 hora	15	8	6
0.080 hora	20	18	8
0.050	25	12	10
0.035 hora	30	15	12
0.020 hora	40	20	15
0.012 hora	50	25	20
0.008 hora	60	30	25
0.005 hora	80	40	30
0.003 hora	100	50	40
0.002 hora	120	60	50
Menos de 0.002 hora	140	80	60

Fuente: (Niebel B. , 1998)

2.7.2. Valoración del ritmo de trabajo

El estudio de tiempos no es ciencia exacta aunque se han hecho muchas investigaciones, para tratar de darle base científica. Sin embargo, la valoración de la cadencia del trabajo del operador y los suplementos de tiempo que se deben prever para recuperarse de la fatiga y para otros fines siguen siendo en gran parte cuestión de criterio, y por lo tanto objeto de negociación entre la empresa y los trabajadores.

Al terminar el periodo de observaciones, el analista habrá acumulado cierto número de tiempos de ejecución y el correspondiente factor de calificación, mediante cuya combinación puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada.

La *calificación de la actuación* es la técnica para determinar equivalentemente el tiempo requerido por un operador normal para ejecutar una tarea. Entendemos por operador

normal al operador competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativa de un término medio (Niebel, 1990). (Véase la tabla)

Cuadro 2-9: Calificación de actuación

HABILIDAD			ESFUERZO			
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	Habilidad: es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	Esfuerzo: es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro los límites impuestos por la habilidad.
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	Condiciones: Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecten la operación.
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	
CONDICIONES			CONSISTENCIA			
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	Consistencia: Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
B	Media	0.00	B	Media	0.00	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos.

2.7.3. Métodos de valoración

- Valoración o calificación sintética (Factor de corrección y factor de nivelación).
- Valoración por tiempos predeterminados.
- Calificación objetiva.

2.7.4. Suplementos del estudio de tiempos

“Un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea” (Niebel, 1990). Las causas de las demoras pueden ser:

- Asignables al trabajador.

- Asignables al trabajo estudiado.
- No asignables.

2.7.4.1. Asignables al trabajador.

- Que el operador no desempeñe el trabajo al ritmo normal por falta de habilidad y/o esfuerzo.
- Que el trabajador no aproveche totalmente el tiempo disponible de la jornada de trabajo debido a la utilización de tiempos improductivos para satisfacer necesidades personales.

2.7.4.2. Asignables al trabajo estudiado.

Se consideran así aquellas relacionadas con las características del método y tipo de trabajo estudiado, como pueden ser:

- Que el operador no desempeñe el trabajo al ritmo normal durante la jornada de trabajo debido a la fatiga acumulada.
- Por elementos extraños en el método de trabajo, por ejemplo variaciones en las especificaciones del material y de la herramienta, operación del equipo fuera de condiciones normales y cambios temporales de las normas de calidad.
- Por elementos contingentes, que son poco frecuentes en el método de trabajo y no están considerados en el estudio de tiempos realizado.

2.7.4.3. No asignables al método ni al trabajador.

- Demora en la actividad del trabajador a consecuencia de dar instrucciones o recibir información.
- Tiempos improductivos debido a interrupciones del proceso productivo, como por ejemplo falta de material, descompostura del equipo, falta de energía eléctrica, etcétera.

2.7.5. Valor de los suplementos

Aunque más adelante se explicara que ya existen valores predeterminados para algunos de los casos, a continuación se estudiara cómo determinar la tolerancia en cada uno de ellos. En ausencia de un estudio minucioso, a continuación se dan algunos lineamientos que pueden servir para su determinación:

- a) En general, los suplementos personales son constantes para un mismo tipo de trabajo. Para personas normales fluctúan entre 4% y 7%
- b) Los suplementos para compensar los retrasos especiales pueden variar entre amplios límites, aunque en trabajos bien estudiados no es raro encontrar que sean de entre 1% y 5%.
- c) Los suplementos para vencer la fatiga, en trabajos relativamente ligeros, son en general del orden de 4%.
- d) Los suplementos totales para trabajos ligeros bien estudiados fluctúan entre 8% y 15%.

- e) Los suplementos totales para trabajos medianos bien estudiados oscilan entre 12% y 40%.
- f) Los suplementos totales para trabajos pesados no son fáciles de estimar, pero en general son mayores de 20%.
- g) En general cuando los suplementos totales suman más de 20%, no es necesario añadir el suplemento por fatiga.

2.7.6. Tiempo tipo o estándar

El tiempo tipo o estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (Repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos (Niebel, 1990).

A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales.

2.7.6.1. Calculo del tiempo estándar.

- Se analiza la consistencia de cada elemento.
- En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.
- Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.
- Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas: el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$Te = \frac{\sum Xi}{n}$$

- Se multiplica el tiempo “promedio” (Te) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo de minuto, obteniéndose el tiempo base elemental:

$$Tn = Te(Valoracion\ en\ \%)$$

- Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento.

$$Tt = Tn(1 + tolerancias)$$

- Se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento cíclico y contingente.
- Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A este elemento se le denomina tiempo total concedido.
- Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación, pieza, etc.

2.8. BASES CONCEPTUALES

2.8.1. Pintura electrostática

“La pintura electrostática es un compuesto en polvo, que resulta de mezclar resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas” (colors, 2018). Los porcentajes en los que estos se presentan son variables ya que esto le otorgara propiedades específicas como el color, la resistencia, la flexibilidad y el acabado. Sin embargo existen algunos

lineamientos que permiten ir variando las proporciones hasta lograr el producto requerido para una determinada aplicación.

La resina es el componente encargado de darle el brillo y la mayoría de propiedades mecánicas a la pintura, para que la pintura tenga un buen desempeño esta debe contener resina entre 50 a 55% del peso total (Aplyrec, 2017).

Los endurecedores son los compuestos que al reaccionar con la resina permiten que se dé la polimerización. Para cada tipo de resina empleado existe un endurecedor específico.

Los pigmentos son los encargados de darle el color a la pintura. Este debe ser especial para evitar sufrir decoloración debido a la exposición a altas temperaturas en el proceso de polimerización (DQ Powder coating, 2017).

Las cargas le brindan al producto final propiedades mecánicas como la resistencia a impactos y el brillo excesivo resultante de la resina. Los aditivos son los que le dan el acabado homogéneo.

La temperatura de fusión promedio es de 60 °C a 100 °C, la temperatura de polimerizado está en el rango de 180C° a 200C° la misma que debe realizarse durante un tiempo de 10 a 20 minutos.

2.8.1.1. Ventajas y desventajas.

- **Ventajas**
 - Ausencia de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles).
 - Generan bajo nivel de residuos.
 - No necesita solventes para su dilución.

- No son inflamables.
- Reducen el costo de seguros.
- Reducen el área de depósito.
- Reducen los costos de deposición de residuos.
- Excelente reciclaje del polvo, generando a lo sumo 5% de pérdida en el proceso.
- Reducen los riesgos para la salud. Elimina programas de insalubridad.
- Proceso independiente de la humedad y la temperatura del aire.
- Producto listo para su uso.
- Aumento de la productividad con reducción del tiempo de proceso (aplicación/curado).
- Elevada resistencia físico - química dentro de las especificaciones de los clientes.
- Reducción del espesor de capa con preservación de la integridad del producto pintado.
- Amplia gama de productos y entregas según la necesidad del cliente.

- **Desventajas**

- No pueden utilizarse en materiales que no soporten temperaturas superiores a los 200°C.

- Una vez elaborado el polvo es muy difícil modificar su color.
- El costo inicial del polvo es mayor que el de la pintura líquida pero el rendimiento final es superior. (Los costos de aplicación que se tienen en cuenta en la planta de producción deben ser calculados mediante la calidad del acabado y ésta se refleja en el rendimiento de la pintura en polvo que se mide en kilogramos usados por metro cuadrado pintado kg/m^2).
- Aunque tiene un buen acabado final, nunca es tan bueno como el de la pintura líquida.

2.8.2. Preparación de piezas pre pintado

2.8.2.1. Limpieza de las piezas.

Para asegurar la más alta calidad en los acabados después del proceso de pintado, se requiere que las piezas estén libres de impurezas tales como grasa, polvo, pelusas y cualquier otro agente que influya de forma negativa en este proceso.

Cualquier tipo de contaminación ara que no se lleve a cabo la unión uniforme entre la capa de pintura y la superficie, por otro lado si el contaminante se levanta lo mismo ara la pintura. Por lo cual para asegurar la adherencia y un buen acabado la pieza debe estar totalmente limpia.

Adicional a la limpieza, se aplica un recubrimiento de conversión para impedir la reacción de los metales con el aire lo cual genera la formación de una capa de óxido en su superficie a excepción de algunos metales preciosos como la plata, el oro y el platino.

La pintura en polvo aumenta al objeto la apariencia y la calidad en su desempeño. La capa final que se adhiere en el proceso de limpieza funciona como una barrera física a la humedad. De modo tal que el pretratamiento cumple la función de incrementar la adherencia de la pintura a la superficie de la pieza y también ayuda a prevenir la aparición de corrosión por debajo de la capa, incrementando valor al producto y aumentando su vida útil (CHEMISA SRL., 2017).

2.8.2.2. Métodos de limpieza según su naturaleza.

El método a usarse en una pieza o un conjunto depende de la situación y tipo de agente contaminante y los requerimientos de desempeño del producto acabado.

Según su naturaleza los métodos son:

- Limpieza mecánica
- Limpieza química.
- **Limpieza mecánica**

Los contaminantes son retirados de manera efectiva por abrasión mecánica de la superficie. Estos métodos incluyen:

- Cepillo de alambre y/o con arena.
- Procesos automatizados
- Proceso de abrasión mecánica o decapado.

Estos procesos ayudan a remover la adherencia pero presentan desventajas tales como generar contaminación por el contacto con el elemento abrasivo. No

adicionan ningún tipo de barrera contra la corrosión por humedad. Uso de mayores recursos como horas hombre, energía eléctrica, mayor cantidad de espacio y uso de sistemas de seguridad más complejos.

- **Limpieza química**

Es un proceso mediante el cual se logra remover grasas, aceites y otros agentes contaminantes que interfieren con la actividad de un fosfato, la adherencia del recubrimiento y otros que puedan causar algún tipo de defecto en la superficie.

- Agente desengrasante:

El desengrasante a ser usado dependerá de los sólidos a ser removidos, el tamaño y tipo de pieza y de pintura a ser aplicada, los desengrasantes alcalinos son los más comunes pero también hay los ácidos y emulsiones. El desengrasante elegido deberá cumplir con lo siguiente:

- ✓ Quitar una amplia variedad de sólidos.
- ✓ Impedir la redeposición.
- ✓ Suministrar limpieza incluso cuando este contaminado.
- ✓ Ser fácilmente enjuagable
- ✓ Ser económico.

a) Limpiadores alcalinos: son el método más común de remoción de sólidos para la preparación de metales, previa a la aplicación de pintura en polvo. Compuestos de hidróxido de sodio (soda caustica). Este tipo de desengrasante es altamente reactivo con superficies no ferrosas, en

el aluminio causan resquebrajamiento y en superficies de zinc crean limaña por lo cual le agregan zinc a la solución.

Los residuos de soda caustica son complicados de enjuagar, por lo tanto se recomienda usar una solución alcalina suave (PH de 9 a 10), la cual proveerá una mejor remoción de sólidos y una vida de baño mayor. Un limpiador alcalino suave, previo al fosfato ayudara en la formación de un recubrimiento de fosfato denso y uniforme facilitando la adherencia de la pintura y mayor protección contra la corrosión.

- b) Limpieza ácida: En este caso se usa una solución ácida la cual puede ser sulfúrica, hidroclicóricas, nítricas, fosfóricas o crómicas y varias sales de estos ácidos. Estas generalmente incluyen tenso activos, secuestrante de iones de metal, solventes tipo alcohol y un inhibidor para prevenir el ataque en exceso del metal. Los ácidos son menos usados debido a que son altamente corrosivos. En superficies metálicas susceptibles de endurecimiento por hidrogeno tales como los aceros de aleación y los grados de carbono alto del acero, la limpieza ácida no es una opción. Este tipo de solución puede ser útil para remover contaminantes difíciles.

2.8.2.3. Métodos de aplicación.

- **Por aspersión:** en este proceso las piezas son sometidas a un baño de agente desengrasante utilizando sistemas de espray, es el método más apropiado para partes de gran tamaño y altos volúmenes de producción. Permite procesos automatizados.

- **Por inmersión:** en este proceso se sumergen las piezas en un tanque el cual contiene determinadas soluciones, permitiendo con esto realizar el tratamiento de las piezas cuyos volúmenes son grandes y sin formas definidas, dicho proceso permite llegar a sectores de las piezas donde no sería posible mediante un proceso por aspersión

2.8.2.4. Parámetros de control.

Los parámetros para el control de una solución desengrasante son: Tiempo de proceso, concentración química, temperatura, volumen de contaminantes en la solución, tiempo de contacto.

Tratamientos de limpieza usados en diferentes tipos de metal

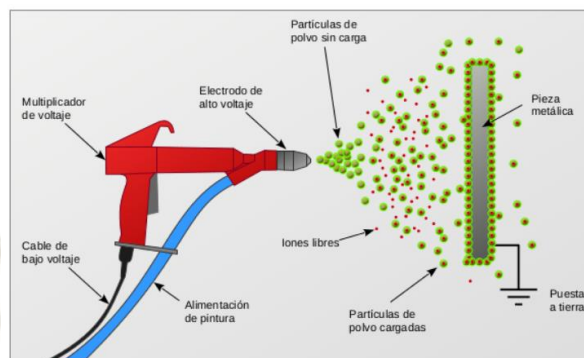
Cuadro 2-10: Tratamientos de limpieza usados en diferentes tipos de metal

METAL	CONTAMINANTE	TRATAMIENTO
Acero inoxidable	Mugre, aceites, capa de óxido pasivo.	Arenado, ácido para quitar capa de óxido, limpieza alcalina y enjuague
Acero Galvanizado	Mugre, aceites de manipulación.	Limpieza alcalina y fosfato de zinc o hierro.
Aluminio extruido	Capa de óxido, mugre y aceites de manipulación.	Limpieza alcalina para mayor resistencia a la corrosión.
Aluminio vaciado	Componentes emitidos por el vaciado, mugre y aceite.	Arenado o brillado para quitar sobrantes en el vaciado, limpieza alcalina.
Zinc vaciado	Componentes emitidos por el vaciado, mugre y aceite.	Arenado o pulido para quitar excesos del vaciado, limpieza alcalina y fosfato de hierro.

Fuente: Manual industrias pintuco s.a.

2.8.3. Pintado electrostático

Figura 1: Adición de la pintura electrostática



Fuente: Mipsa.com

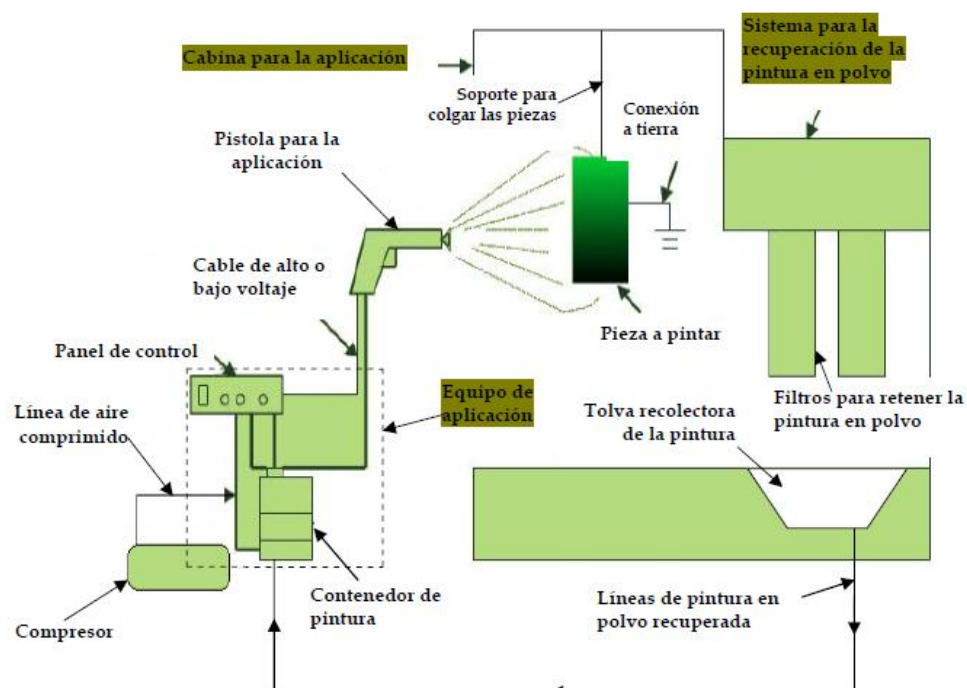
“En el proceso se cargan eléctricamente las partículas de pintura en polvo con un voltaje entre 60 a 90 kV. Se utiliza un equipo que genera cargas que son transferidas a las partículas de pintura utilizando una fuente externa de alta tensión para cargar el aire” (Puebla, 2017). Donde se liberan iones libres y el polvo adquiere una carga eléctrica negativa. Las partículas de pintura se adhieren por atracción electrostática con la superficie de la pieza que está conectada a tierra.

Figura 2: Camara de pintado



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia.

Figura 3: Principio de pintado electrostático



Fuente: Manual industrias PINTUCO S.A.

Este sistema comprende de:

- Cabina de pintado:
 - Soporte para colgar piezas.
 - Conexión a tierra.
- Equipo de aplicación:
 - Pistola de aplicación.
 - Conexión de alto o bajo voltaje.
 - Panel de control.

- Contenedor de pintura.
- Sistema de recuperación de pintura en polvo:
 - Mangas retenedoras de pintura en polvo.
 - Tolla recolectora de pintura.
 - Aspirador de aire.
- Sistema de Aire comprimido:
 - Compresor de aire.
 - Mangueras conductoras.

2.8.4. Horneado

Una vez que la pieza ya paso por el proceso de recubrimiento luego sigue el proceso de curado el cual se lleva a cabo en un horno. Este proceso permite que la pintura se derrita y se entrecruce, los componentes de la pintura reaccionan, convirtiéndose en una película dura sobre el sustrato y se completa el proceso.

Figura 4: Exterior horno de curado



Fuente: Permetal del Sur. Toma Propia

Figura 5: Interior horno



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia

2.8.5. Cálculos energéticos

Consumo energético:

Caudal: Para ello se toma en cuenta el número de quemadores y su consumo. El caudal debe estar en m³/seg

$$q_c = \text{caudal}$$

$$q_c = \text{Num. de quemadores} * \text{consumo unid.}$$

Numero de quemadores: unidades

Consumo por unidad: gal/hr

Para calcular la masa de combustible:

La densidad del gas GLP (ρ_{gas}) se encuentra en tablas.(2kg/m³)

$$m_{\text{combustible}} = q_{\text{caudal}} \times \rho_{\text{gas}}$$

Masa del combustible resulta en Kg/s

Para saber la entrada de energía que proveen los quemadores al horno es necesario calcular con respecto al poder calorífico superior del combustible (PCS)

$$Q_{\text{combustible}} = \text{PCS} * m_{\text{combustible}}$$

$Q_{\text{combustible}}$: en KW

2.8.6. Diseño del horno

Volumen: debe estar en litros

$$V_t = L_b * L_h * L_p$$

Donde:

L_b : lado de la base

L_h : altura

L_p : profundidad

2.8.7. Calentamiento de la carga en hornos

Un horno debe calentar el aire contenido en su interior, las piezas de soporte y los objetos pintados. Para ello se deben cumplir parámetros tales como: temperatura final de la carga, uniformidad de la temperatura, y el tiempo a temperatura constante, en algunas ocasiones se debe contar con la velocidad de calentamiento y velocidad de enfriamiento.

Para facilitar el proceso de calentamiento, es recomendable saber las propiedades físicas del material que se va a calentar. Esta información se puede encontrar en libros que tocan temas de transferencia de calor, de los cuales se recopilara información útil para el cálculo de los calores específicos.

2.8.7.1. Requerimiento de calor a la carga del horno.

La fórmula que cuantifica el requerimiento de calor es:

$$q = C_e * m * \Delta t$$

Donde:

q: Flujo de calor (KJ)

C: calor específico (KJ/Kg.°C)

M: masa (Kg)

Δt : Variación de temperatura (°C)

En el interior del horno se tendrán objetos que varían de composición metálica, pero para el caso de estudio se analizará las sillas y los sujetadores sumado a la cantidad de aire en el interior del horno por lo cual se tiene:

$$q_t = \sum q_i$$

2.8.8. Distribución de calor en el horno

La mayor parte de calor se libera en la zona de combustión. Pero el calor tiende a desplazarse en todas las direcciones, un porcentaje de este calor pasa a través de las paredes del horno perdiéndose en el ambiente, así como también se puede perder calor que por conducción se va al suelo. Se pierde calor cada vez que se abre la puerta del horno.

De acuerdo con los materiales del que está hecho el horno las superficies sólidas mantienen contacto con el medio fluido manteniendo una transferencia de calor, donde se mezclan

las formas de transferencia por convección y por radiación, especialmente esta última cuando el fluido es gaseoso.

El coeficiente de transferencia de calor “h” usualmente en $W/m^2 \cdot ^\circ C$. Se define como la cantidad de flujo de calor que pasa a través de una superficie en estado estacionario, dividida por la diferencia de temperatura entre dicha superficie y su entorno.

2.8.9. Tasa de transferencia de calor hacia la cámara de combustión

El combustible que se usa en el horno de curado es el gas licuado de petróleo compuesto por propano (60%) y butano (40%).

Según su composición química el propano es C_3H_8 y del butano C_4H_{10} . Y su flujo másico es:

$$M_{\text{combustible}} = \text{Kg/s}$$

Para determinar la tasa de transferencia de calor de la cámara de combustión es necesario la reacción de estequiometría:



$$C \longrightarrow 3 = x$$

$$H_2 \longrightarrow 2 = y$$

$$O_2 \longrightarrow at = 3 + (2/2) = 4$$

$$N_2 \longrightarrow 3.76 at = Z \quad Z = 15.04$$

Luego la ecuación de estequiometría es:



2.8.10. Relación aire combustible

La temperatura ambiente en la ciudad de Arequipa es variable a lo largo del año teniendo en promedio como temperatura máxima 23°C y como temperatura mínima se tiene 9°C. Para realizar los cálculos tomando en cuenta que los trabajos se realizan en el día, consideraremos una temperatura ambiente de 14°C.

Los valores de las masas molares de los diferentes elementos se pueden encontrar en libros de termodinámica.

$$AC = \frac{\text{Masa de aire}}{\text{Masa de combustible}} = \frac{(N_{\text{moles aire}} * M_{\text{molar aire}})_{\text{aire}}}{(NM)_C + (NM)_{H_2}}$$

Este factor nos da como resultado cuanto de masa de aire se necesita por cada kilogramo de combustible utilizado.

2.8.11. Perdidas de calor por conducción, convección, radiación.

- PERDIDAS EN PAREDES LATERALES Y PUERTA

Datos de la lámina metálica, fibra de vidrio y del ángulo que los une.

Cuadro 2-11: Propiedades de algunos materiales usados en hornos

Descripción de Materiales	Espesores (m)	Conductibilidad térmica k $W / m \cdot ^\circ C$
Ladrillo construcción (k_2)	0.1143	0.69
Cemento refractario (k_3)	0.00962	2.08
Ladrillo aislante (k_4)	0.1143	0.15
Ladrillo refractario (k_5)	0.1143	1.37
Chapa de acero (k_6)	0.01	54
Hormigón (k_{13})	0.11	0.128

Fuente: Transferencia de calor, (Holman, 1998).

2.8.11.1. Flujo calorífico de las sillas.

- CONSUMO TOTAL DE CALOR

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{perdidototal}} + Q_{\text{sillas}}$$

2.8.12. Tiempo de horneado

A continuación se presenta la fórmula para calcular el tiempo que se necesita para que las sillas alcancen la temperatura final.

$$T_{\text{calentamiento}} = \frac{q_t}{Q_{\text{combustible}}}$$

q_t : en KJ

$Q_{\text{combustible}}$ en KJ/Seg

Cuadro 2-12: Poder calorífico de algunos combustibles

Combustible	Poder calorífico (kcal/kg)	Masa volumétrica (kg/m3)	Dosificación estequiométrica
Gasolina 98 N.O.	10.400	720/770	14,7
Queroseno	10.300	760/840	15
Gasoleo	10.200	840/890	14,5
GPL	10.900 aprox.	2 aprox.	16 aprox.
Metano	8.300	0,74	17,4
Benzol	9.600	0,74	13
Alcohol metílico	4.500	795	6,5

Fuente: Transferencia de calor, (Holman, 1998).

CAPITULO III

3. ANALISIS Y EVALUACION DEL PROCESO

3.1. PRESENTACION DE LA EMPRESA

EMPRESA PERMETAL DEL SUR S.R.L.

3.1.1. Reseña histórica

La empresa **PERMETAL DEL SUR S.R.L.** comenzó sus operaciones en agosto del 2016. Dada la decisión de continuar con la tradición y pasión por trabajar en la construcción de estructuras metálicas. La empresa está dedicada a la fabricación de sillas metálicas, mesas plegables y otros artículos metálicos. Cuenta con su local propio para la venta, alquiler, transporte de los bienes producidos y brinda el servicio de pintado electrostático.

La señora Aurora Muños Llerena esposa del señor Vidal Perca Chávez, Al ver la dedicación, esmero, creatividad, innovación, calidad y arte con el que laboraba su padre político en su taller de herrería, se inspira y con ayuda de su esposo optan por llevar el taller a un siguiente nivel. Incentivados en incrementar la calidad de sus productos y continuar con su desarrollo implementaron el sistema de pintado electrostático. Actualmente en la ciudad de Arequipa existen varias empresas que usan el sistema de pintado electrostático pero al enfocarse en la estrategia de precios bajos no llegan a cubrir los niveles de calidad requeridos por los clientes.

El inicio de la empresa se remonta al año 1944 Cuando el señor Luis Perca Zegarra y su señora esposa doña Anastasia Chávez de Perca abren un taller formalizado con licencia municipal y denominado como *“Taller de Herrería y Estructuras Metálicas”*.

Inicialmente estuvo ubicado en la Calle Beaterio 106 Arequipa. Desde sus inicios tubo la determinación de brindar productos con el mejor acabado posible, de este modo el pequeño taller fue creciendo y se fueron comprando los equipos necesarios para facilitar las tareas y contribuir con la calidad. En el taller se fabricaban puertas, rejas, ventanas, Escaleras caracol. Sus Hijos heredaron el gusto de su padre, apoyaban en las labores al mismo tiempo que se formaban profesionalmente. Conforme transcurría el tiempo los hijos se iban casando y desarrollaban sus labores profesionales alejándose poco a poco del taller, es así que con el tiempo algunos de ellos llegan a migrar a México.

Con el paso del tiempo el penúltimo de los hijos retomando su afición por las estructuras metálicas toma las riendas del taller y con ayuda de su esposa optan por reflotar el taller al mismo tiempo en coordinación con sus hermanos en México ven la oportunidad de la implementación de sistemas de pintura sintuco y optan por la apertura otro taller en la ciudad de México para producir sillas, mesas plegables y brindar el servicio de pintado en polvo en ambas sedes al mismo tiempo tener un local en cada una de las sedes para el alquiler y venta de los artículos producidos.

En gratitud a todo el cariño y enseñanza ofrecidos por don Luis es que optan por mantener una parte de el en el nombre de la empresa y se comprometen a continuar cumpliendo con los altos estándares de calidad a fin de hacer crecer el negocio, generar trabajo para terceras personas y visionar un futuro mejor

3.1.2. Datos generales de la empresa

Nombre: PERMETAL DEL SUR S.R.L.

RUC: 20601462592

Inicio de Operaciones: 01/09/2016

Tipo: Sociedad de Responsabilidad Limitada

CIIU: 2511

Dirección: Calle Buenos Aires 100 Mza J, Lote 1 Pampa de Camarones

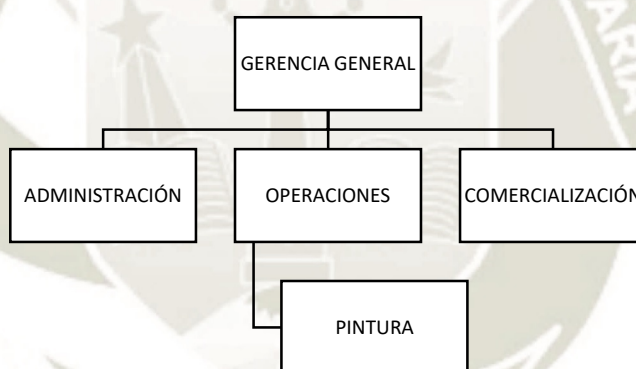
Departamento: Arequipa

Provincia: Arequipa

Distrito: Sachaca

3.1.3. Estructura organizacional de la empresa

Esquema 3-1: Organigrama de la empresa



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.1.3.1. Gerencia General.

Es el representante legal de la empresa, teniendo a su cargo la dirección y administración. Lideran la gestión empresarial, genera las políticas que la empresa seguirá a futuro. Desarrolla la estrategia comercial, para conquistar un determinado segmento de mercado y lograr la fidelidad del cliente. También es el que da la decisión final en cuanto a la elaboración de nuevos productos.

3.1.3.2. Administración.

Realiza el control documentario (facturas, órdenes de compra, guías de remisión) para lograr una mejor gestión. Coordina con el contador. Gestiona las compras.

Evalúa a los proveedores, controla a los trabajadores y actualiza los datos de los trabajadores. Distribuye los recursos económicos necesarios a las otras áreas.

En esta área también encontramos una persona que cumple las funciones de diseños de productos, verificación y control de calidad de los artículos producidos por la empresa y los artículos pintados a terceros.

3.1.3.3. Operaciones.

Es el corazón de la empresa, trabaja en coordinación con las demás áreas para facilitar la parte productiva. Realizan las tareas de Diseño, corte, doblado, preparación, pintado, curado. Dentro de esta área se encuentra el área de pintado la cual se activa cuando hay que realizar un trabajo a terceros.

3.1.3.4. Comercialización.

Busca y evalúa bienes y servicios para poder adquirirlos seleccionando el más rentable, promueve el producto, negocia el alquiler y el transporte de los bienes.

La empresa está compuesta por:

Cuadro 3-1: Número de trabajadores

CARGO	NUMERO DE PERSONAS
Gerente general	1
Administración	2
Operaciones	5
Comercialización	2
TOTAL	10

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Permetal lleva a cabo varios procesos los más resaltantes son los de producción y comercialización, para esta tesis nos enfocaremos en analizar el proceso de pintado el cual es una etapa de su proceso productivo a fin de conseguir mejoras significativas.

3.1.4. Productos

Figura 6: Productos Permetal del sur



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia

Figura 7: Mesa circular



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia

3.2. PROCESO DE PRODUCCION GENERAL

3.2.1. Fases del proceso productivo

El proceso Actual que se sigue para la producción de sillas es el siguiente:

3.2.1.1. Diseño.

Se toma una silla ya existente a la cual se identifican sus características tales como tipo de material, medidas, cantidad de puntos de soldadura entre otras con la finalidad de poder hacer una réplica o de mejorar el diseño.

Figura 8: Silla desarmada



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia.

Luego del análisis y definición del producto se procede a generar 5 muestras de cada uno de los componentes con la finalidad de ir experimentando al mismo tiempo encontrar posibles complicaciones que pudieran surgir como por ejemplo en la etapa de doblado dependiendo del espesor del tubo metálico este puede doblarse con mayor facilidad y requerir de menos esfuerzo. Un tubo de un espesor mayor brinda mayor resistencia al doblado y genera un acabado no muy agradable a la vista, por lo tanto se hace necesario encontrar el material adecuado.

De estos se selecciona la muestra de mayor calidad y se procede a generar una subestructura conocida en el taller como machina en la cual se colocan las partes a soldar de modo que la tarea de unir con soldadura se facilita al igual que se disminuye el tiempo requerido para la tarea.

3.2.1.2. Corte.

En este proceso se fracciona los tubos metálicos de acuerdo a las medidas obtenidas en el proceso de análisis.

El método de corte usado es abrasivo para ello se usa una sierra circular de metal conocida como tronadora cuyas características son las siguientes:

- Sierra tronadora para metal 14" CSUNITEC
 - Profundidad de corte máxima de 6".
 - Corta en seco acero inoxidable, metales ferrosos y no ferrosos, tubos de plástico y aluminio, perfiles y más sin necesidad de usar refrigerante.
 - Motor de funcionamiento continuo.

Cuadro 3-2: Datos técnicos de tronadora

Sierra tronadora	
Potencia del motor	19 amp / 115 V*
Diámetro de la hoja	14" (355 mm)
Profundidad de corte máx.	6" a 90°
Velocidad (libre)	1400 RPM
Tamaño del árbol	1"
N.º de dientes de la hoja	90T
Peso	55 libras

Fuente: CSunitek.com

Cuadro 3-3: Capacidad de corte

Capacidades de corte máximas del modelo 9435		
	Corte a 90°	Corte a 45°
Redondo	5.5"	4.72"
Cuadrado	4.92"	3.15"
Rectangular	4.13" x 6.1"	2.95" x 3.93"

Fuente: CSunitek.com

Figura 9: Tronzadora



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

3.2.1.3. Doblado.

El doblado es un proceso mediante el cual se deforma un material debido a su propiedad plástica.

En este caso los materiales deformados son tubos metálicos, para llevar acabo la deformación se usa una maquina manual cuyas características son las siguientes:

Dobladora manual de tubo TM-1.5

Cuadro 3-4: Especificaciones de dobladora

Especificaciones	Milímetros	Pulgadas
Capacidad de tubo redondeado	12.7 a 38.1	1/2" a 1 1/2"
Capacidad de tubo cuadrado	12.7 a 25.4	1/2" a 1"
Radio Máximo	101.6	4"
Calibre	18, 20	
Angulo de dobles	de 0 a 180 grados	
Dados	Incluye 2 juegos	

Fuente: OTM Soluciones integrales.

Figura 10: Dobladora de tubos



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia

3.2.1.4. Desengrasar.

Para evitar la corrosión los tubos metálicos vienen recubiertos con una capa de grasa, Por ello para poder continuar con el siguiente proceso que es el de soldadura es necesario retirar esta capa para ello se hace uso de una fuente, thinner y trapo industrial. De esta manera se retira la capa de grasa.

Figura 11: Desengrasado



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia

3.2.1.5. Taladrado

Proceso mediante el cual se producen agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta.

La empresa cuenta con 2 taladros. Uno de banco y otro de pie.

Figura 12: Taladro



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Cuadro 3-5: Especificaciones de taladro de Banco/pie

PARAMETRO	TALADRO DE BANCO	TALADRO DE PIE
Capacidad del taladro (mm)	1.5-1.6	20-25
Potencia del motor	0.5 HP	1.5 HP
Numero de velocidades	5 - 12	12 - 16
Rango de velocidad (rpm)	620 - 2620	150 – 2940
Tamaño de la mesa (mm)	260 (radio)	350 x 350
Altura total de la maquina (m)	0.95	1.70

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

3.2.1.6. Soldadura.

Es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, generalmente metales o termoplásticos. Dicho proceso se da por un material de aporte que al fundirse forma un charco entre las piezas a soldar y al enfriarse se convierte en una unión fija a la que se denomina cordón. A veces se usa conjuntamente presión y calor para producir soldadura (Castillo, 2015)

Tipos de soldadura aplicados

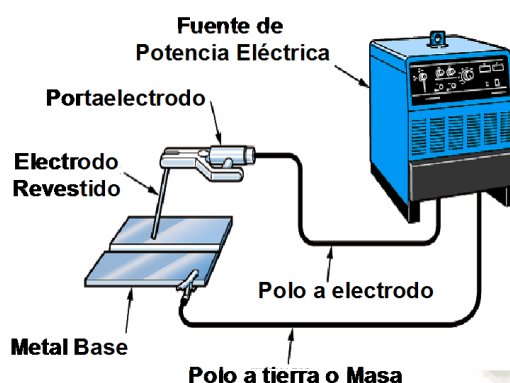
- **Soldadura por Arco Manual**

La soldadura por arco se conoce desde el siglo pasado. En la antigüedad se usaba una varilla de metal sin recubrimiento alguno que servía de material de aporte.

Actualmente se usa una varilla cuyo núcleo es metálico revestido con una capa de minerales y orgánicos. El núcleo es transferido hacia el metal base a través de una carga eléctrica generada por el equipo de soldadura.

El revestimiento del electrodo tiene la finalidad de producir gases para evitar la contaminación atmosférica, producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación.

Figura 13: Soldadura por arco eléctrico



Fuente: <https://tiposde.eu/tipos-de-soldadura/>

- **Soldadura por electrodo consumible protegido**

Soldadura conocida como MIG por sus siglas en inglés (Metal Inerte Gas). Fue introducida a fines de 1940.

En este tipo de soldadura un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre electrodo hacia el trabajo o baño de fusión, mientras el operario posiciona la pistola de soldadura a un ángulo y distancia adecuados generalmente de 10 mm (Soldexa, 2018).

Figura 14: Equipo de soldadura



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

3.2.1.7. Limpiado.

Este proceso es de preparación de la estructura metálica para posteriormente ser pintado. En este proceso se limpia la escoria resultante de la soldadura, en caso de ser necesario se lleva a cabo el proceso de arenado mediante el cual por fricción usando arena a presión se elimina la corrosión existente.

Aunque es un proceso sencillo requiere de paciencia y tolerancia para identificar puntos de corrosión a fin de eliminarlos y que estos no se propaguen afectando la calidad final del producto después del pintado. Luego se prosigue con el sulfatado – fosforizado de las piezas para que de esta manera queden con una capa protectora ante la corrosión y adicionalmente esta capa permite la mejor adherencia de la pintura electrostática.

3.2.1.8. Baño de Fosfato.

En esta etapa se baña o sumerge el producto a pintar de modo tal que el artículo este totalmente en contacto con el sulfato, así de este modo se forme una delgada película en todo el producto lo cual brindará protección al producto contra la corrosión y contribuirá con facilitar que el metal se cargue negativamente haciendo que la pintura se adhiera en mayor nivel engrosando así la capa de pintura.

3.2.1.9. Baño de pasivación

Se realiza con la finalidad de proteger la capa de fosfato y cierre de los poros entre los cristales de fosfato de la arena expulsada. Para ello se hace uso de agua la cual funciona como dispersante

3.2.1.10. Pintado.

“La pintura electrostática es un compuesto en polvo, que resulta de mezclar resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas. Los porcentajes en los que estos se presentan son variables ya que esto le otorgara propiedades específicas como el color, la resistencia, la flexibilidad y el acabado” (tronic, 2018). Sin embargo existen algunos lineamientos que permiten ir variando las proporciones hasta lograr el producto requerido para una determinada aplicación.

La resina es el componente encargado de darle el brillo y la mayoría de propiedades mecánicas a la pintura, para que la pintura tenga un buen desempeño esta debe contener resina entre 50 a 55% del peso total.

Los endurecedores son los compuestos que al reaccionar con la resina permiten que se dé la polimerización. Para cada tipo de resina empleado existe un endurecedor específico.

Los pigmentos son los encargados de darle el color a la pintura. Este debe ser especial para evitar sufrir decoloración debido a la exposición a altas temperaturas en el proceso de polimerización.

Las cargas le brindan al producto final propiedades mecánicas como la resistencia a impactos y el brillo excesivo resultante de la resina. Los aditivos son los que le dan el acabado homogéneo.

Para aplicar la pintura usamos el principio de los imanes en los cuales dos cargas opuestas se atraen. Para conseguir esto se usa equipo especial. Primeramente se traslada la pintura por mangueras a través de un sistema de vacío creado por aire comprimido a alta velocidad hasta la pistola de aplicación. La pistola carga la pintura

con voltaje aproximado de 90 000V. Y un muy bajo amperaje para evitar problemas de riesgo eléctrico.

La pieza a ser pintada se aterriza para que de ese modo se cargue positivamente y así atraer a la pintura en polvo.

Figura 15: Equipo de pintura electrostática



Fuente: www.pintacolors.com/pintura-en-polvo/

Para aprovechar al máximo la pintura, este proceso se lleva a cabo en una cámara de pintado el cual posee un extractor para recuperar la pintura que no se adhirió al objeto a pintar siendo esta pintura reusable. Es decir trabajar con este tipo de pintura es mucho más eficiente.

La cámara de pintado actualmente es de las dimensiones siguiente:

Ancho: 2 m.

Alto: 2.10 m.

Profundidad: 1.20 m.

Y tiene capacidad para colocar en su interior dos sillas, las cuales son colgadas aprovechando pequeños orificios presentes en la estructura a pintar.

Figura 16: Estructura de silla base



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Algunas observaciones identificadas son las siguientes:

- La capa de pintura mientras no haya pasado por el proceso de polimerización (curado) es sensible al tacto generándose desprendimiento de la pintura en la zona en la que se dio el contacto.
- Dificultad para descolgar la pieza pintada debido a lo mencionado en la observación anterior y al uso de herramientas de sujeción no adecuadas, lo que genera incremento del tiempo empleado para pintar una silla.
- Los orificios de los cuales se cuelga la estructura fueron identificados casualmente con el desarrollo de la actividad, es decir si no se hubieran detectado se tendría el problema de como colocar la estructura para el pintado y su posterior transporte una vez ya pintado.

3.2.1.11. Horneado.

Actividad conocida como curado, proceso mediante el cual se activa la reacción química de las resinas por medio de la aplicación de calor. El balance entre las sustancias y el periodo de exposición a la temperatura se tienen como datos en los boletines de especificaciones técnicas.

Tener en cuenta y aplicar correctamente las especificaciones del fabricante de las pinturas en este proceso permitirá mantener el color, brillo y propiedades mecánicas iniciales.

Existen diferentes tipos de hornos de acuerdo al tipo de conducción de calor que se da en ellos. El horno empleado actualmente por la empresa Permetal del Sur conduce el calor por convección. Para generar el calor requerido el horno usa quemadores de gas los cuales transfieren calor al aire y este a los objetos en el interior del horno.

Figura 17: Horno de curado



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

El horno trabaja por lotes. La capacidad del horno fue diseñado para 8 sillas, las cuales son distribuidas en dos niveles.

Características del horno:

- Dimensiones:

Largo: 2 m

Profundidad: 1 m

Altura: 2.10 m

- Capacidad volumétrica: 4.2 m³
- Temperaturas de trabajo: la temperatura inicial está dada por la temperatura ambiental, la temperatura final se ha establecido en 225°C dado que para que se active el proceso de curado solo se requiere alcanzar los 190°C.
- Componentes y Accesorios: El Horno para poder aprovechar la energía del combustible requiere que la combustión sea completa para ello se requiere de mezclar aire con comburente en cantidades precisas. Por ello es que se hace uso de un mezclador aire/combustible llamado manifold, tanque de gas, tanque de aire, válvulas reguladoras de caudal.

3.2.1.12. Ensamblado.

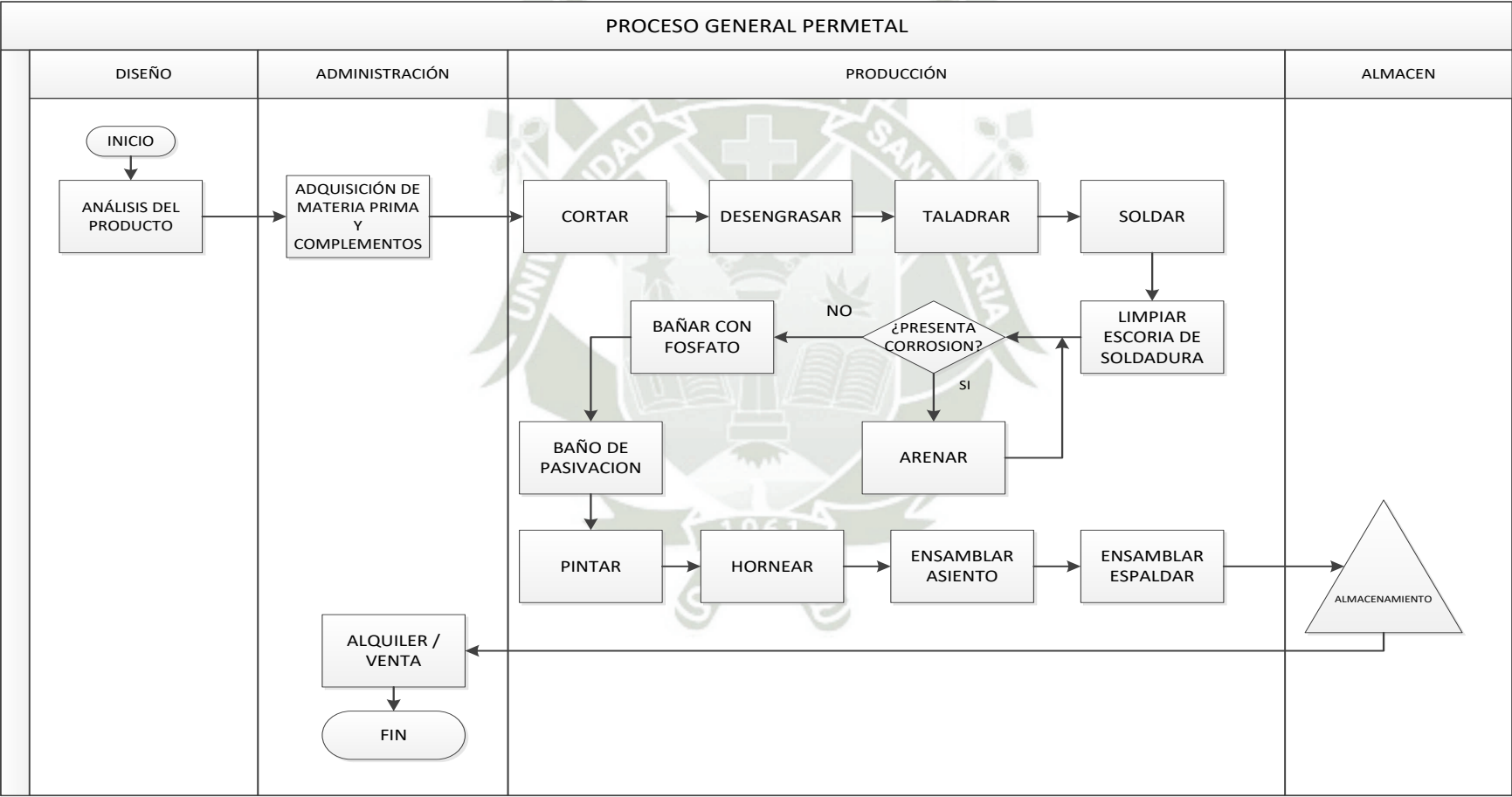
Proceso final, en el cual las piezas complementarias que provienen de actividades realizadas por terceros como son trabajo de carpintería y tapicería dependiendo del artículo producido se une con la estructura ya sean de mesas o sillas.

- **Ensamblado de asiento:** Mediante pernos se une la estructura metálica con el asiento proveído por un tercero el cual está compuesto de una base de madera tapizada.
- **Ensamblado de espaldar:** Este componente es unido a la estructura de la silla mediante pernos al igual que el asiento este componente es proveído por un tercero y cuenta con los mismos componentes, madera espuma y tapiz.



3.3. DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL DE EMPRESA PERMETAL DEL SUR E.R.L.

Esquema 3-2: Diagrama de Flujo



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

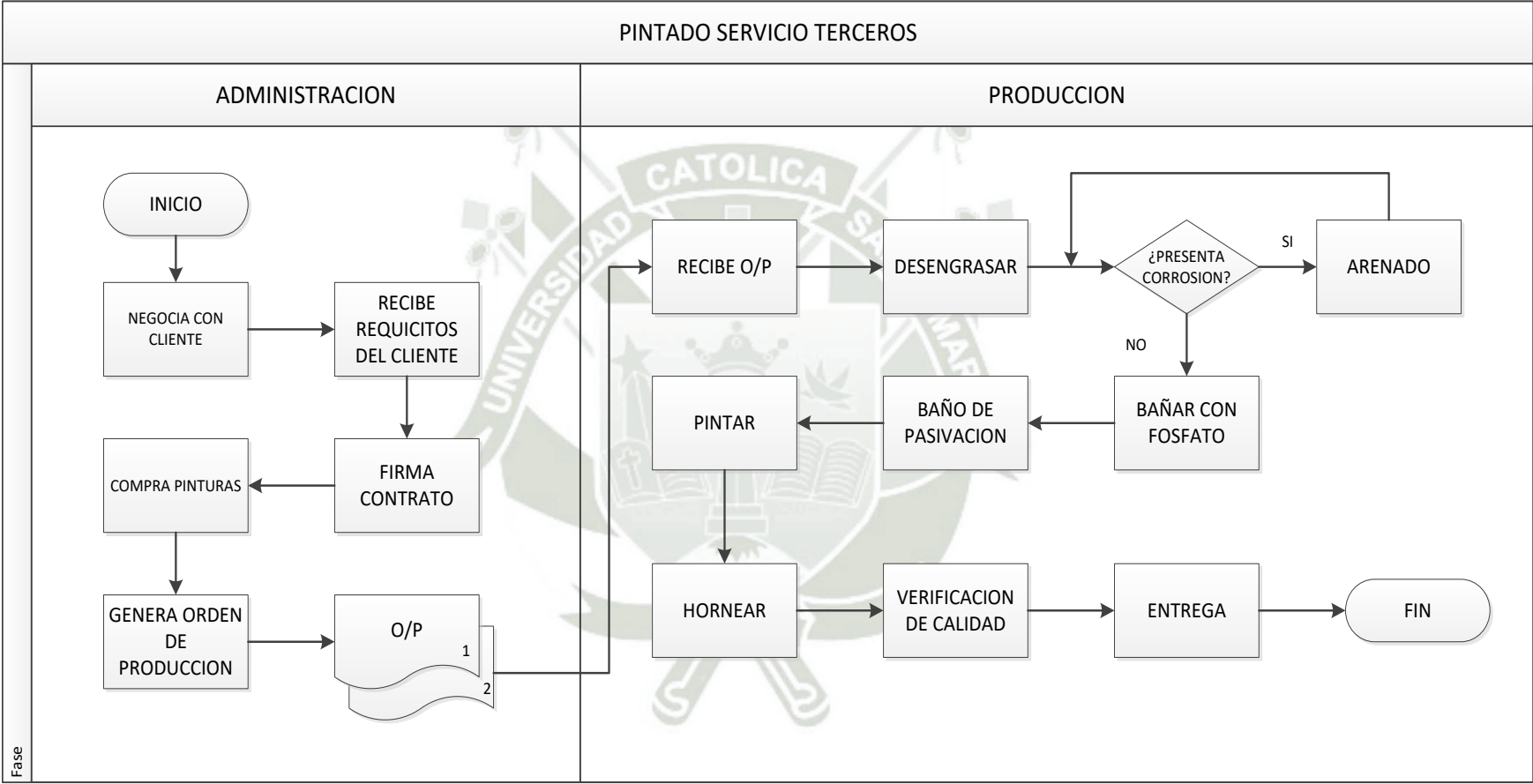
3.4. PROCESO DE SERVICIO DE PINTADO A TERCEROS

La empresa brinda el servicio de pintado electrostático, para poder realizarlo la empresa adecua sus planes de producción, en la mayoría de los casos a pesar de los esfuerzos realizados dependiendo de la demanda se hace necesario usar horas extras de trabajo para así poder cumplir con la entrega a tiempo.

Generalmente cuando un tercero requiere del servicio este trae sus artículos ya elaborados casi listos para ser pintados. Decimos casi ya que siempre es necesario realizar la limpieza y tratamiento de fosfatado para asegurar la calidad del servicio brindado.

A nivel interno del área de administración se realizan los trámites administrativos, firmas de contratos conteniendo los requisitos del cliente entre otros para finalmente poder general la orden de producción del servicio.

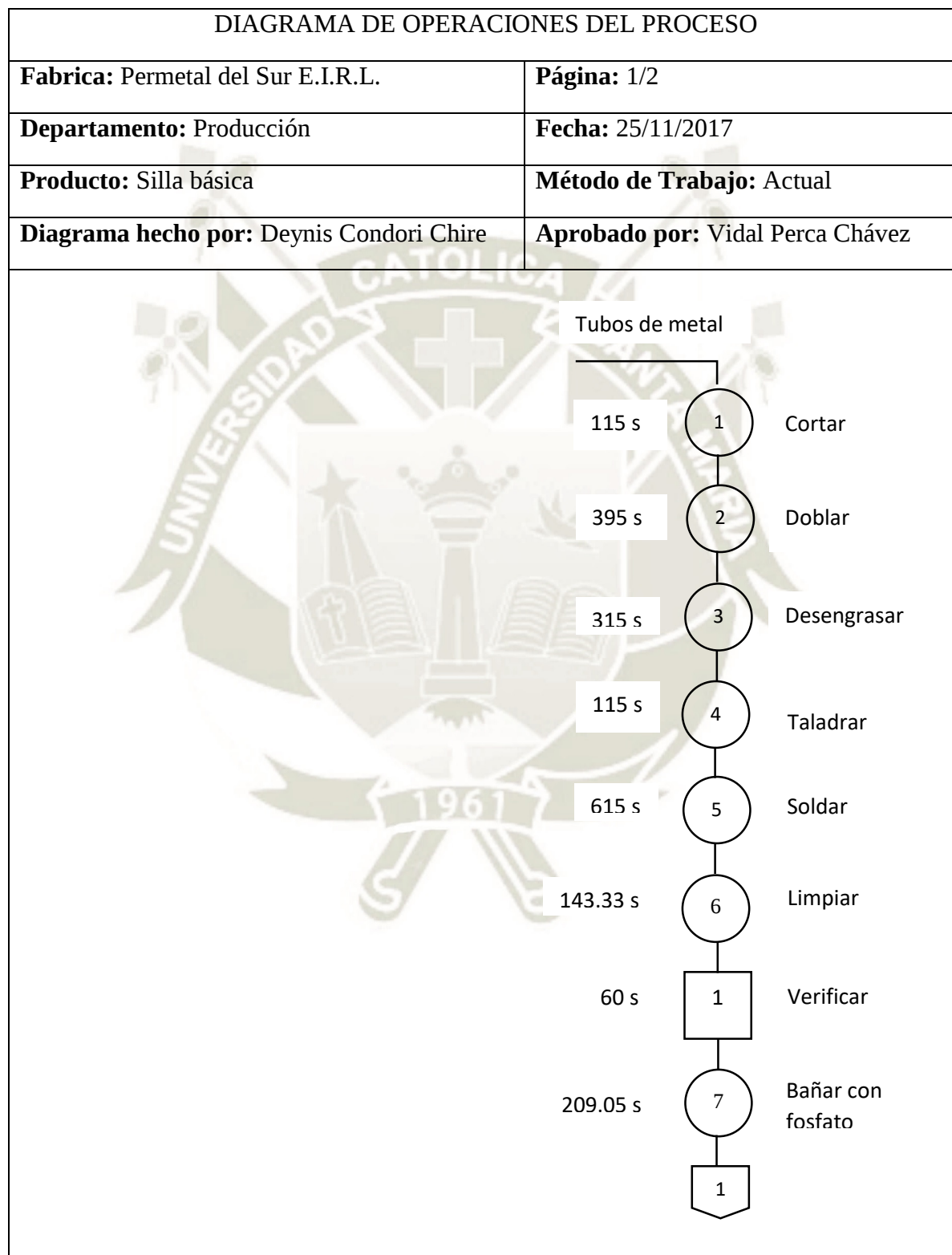
3.5. DIAGRAMA DE PRODUCCION SERVICIO TERCEROS



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.6. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

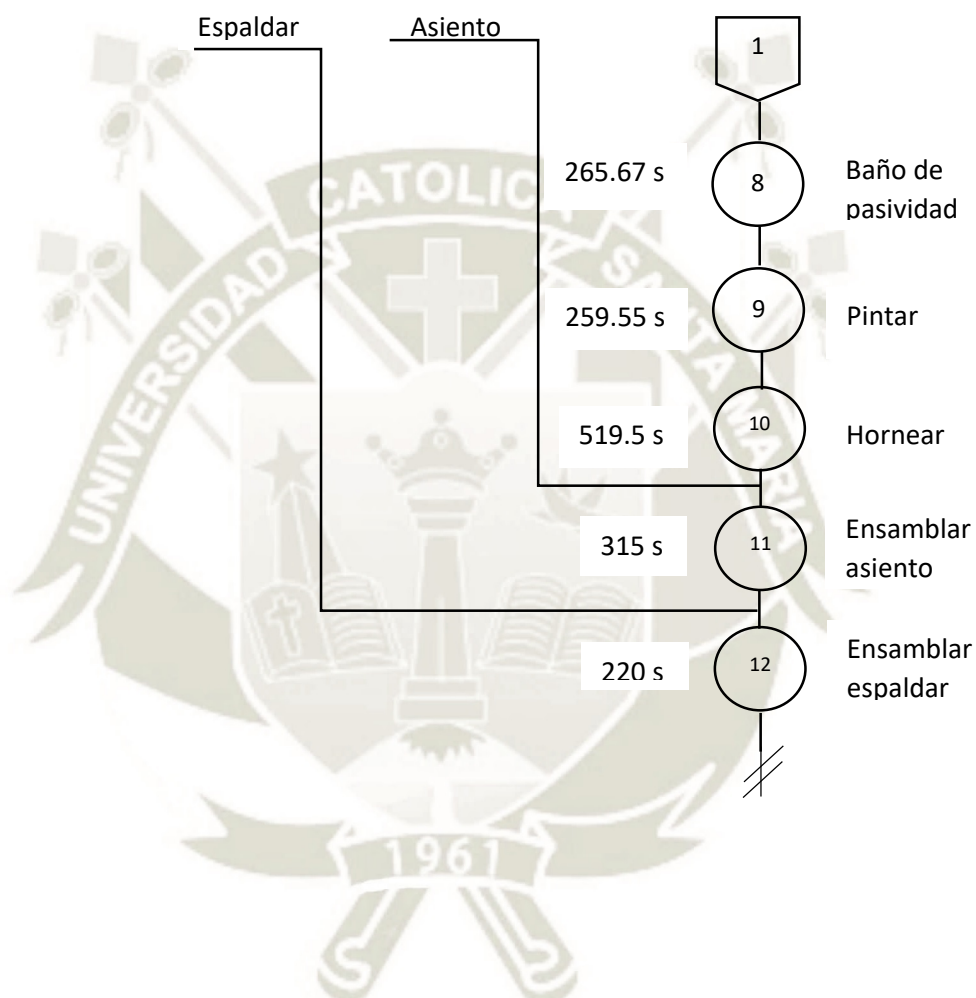
Cuadro 3-6: Diagrama de operaciones del proceso



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Fabrica: Permetal Del Sur	Página: 2/2
Departamento: Producción	Fecha: 25/11/2017
Producto: Silla básica	Método de Trabajo: Actual
Diagrama hecho por: Deynis Condori Chire	Aprobado por: Vidal Perca Chávez



SIMBOLO	RESUMEN	CANTIDAD	TIEMPO (s)
○	Operación	12	3172.1
□	Inspección	1	60

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.7. DAP PERMETAL

Cuadro 3-7: DAP Producción

EMPRESA:		Permetal del Sur E.I.R.L.		RESUMEN								
FECHA:		25/11/2017		ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTO			
OBJETIVO:		Representación del proceso general		Operación		○						
				Inspección		□						
PRODUCTO:		Silla básica		Op. Combinada		☑						
METODO:		Actual		Transporte		⇒						
LUGAR:		Área de Producción		Espera		▷						
PAGINA:		1 de 3		Almacén		▽						
HECHO POR:		Deynis Condori Chire		Distancia total								
REVISADO POR:		Vidal Perca Chávez		tiempo total								
OPER.	TAREA		C (U)	D (M)	T (S)	SIMBOLOS						OBS
						○	□	☑	⇒	▷	▽	
Diseñar	Identificación de características					X						
	Desarmado					X						
	Toma de medidas					X						
Cortar	Selección de material				25		X					
	Trazado de medidas				60	X						
	Cortar				30	X						
Doblar	Doblar patas		1 pz		120	X						
	Doblar espaldar		1 pz		190	X						
	Doblar lateral asiento		1 pz		70	X						
	Colocar en Alm. temporal			3	15						X	

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

EMPRESA:		Permetal del Sur E.I.R.L.		RESUMEN							
FECHA:		25/11/2017		ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTO		
OBJETIVO:		Representación del proceso general		Operación		○					
				Inspección		□					
PRODUCTO:		Silla básica		Op. Combinada		☑					
METODO:		Actual		Transporte		⇒					
LUGAR:		Área de Producción		Espera		▷					
PAGINA:		1 de 3		Almacén		▽					
HECHO POR:		Deynis Condori Chire		Distancia total							
REVISADO POR:		Vidal Perca Chávez		tiempo total							
OPER.	TAREA	C (U)	D (M)	T (S)	SIMBOLOS						OBS
					○	□	☑	⇒	▷	▽	
Desengrasar	Sujetar columna de espaldar	1 pz		10	X						
	Frotar columna de espaldar	1 pz		45	X						
	Pasar a Operario 2	1 pz	1	15				X			
	Secar columna de espaldar	1 pz		35	X						
	Sujetar pata de silla	1 pz		9	X						
	Frotar pata de silla	1 pz		35	X						
	Pasar a Operario 2	1 pz	1	9				X			
	Secar pata de silla	1 pz		28	X						
	Sujetar lateral asiento	1 pz		10	X						
	Frotar lateral asiento	1 pz		30	X						
	Pasar a Operario 2	1 pz	1	9				X			
	Secar lateral asiento	1 pz		25	X						
	Sujetar transversal asiento	1 pz		8	X						
	Frotar transversal asiento	1 pz		20	X						
	Pasar a Operario 2	1 pz	1	9				X			
	Secar transversal asiento	1 pz		18	X						

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

EMPRESA:		Permetal del Sur E.I.R.L.		RESUMEN								
FECHA:		25/11/2017		ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTO			
OBJETIVO:		Representación del proceso general		Operación		○						
				Inspección		□						
PRODUCTO:		Silla básica		Op. Combinada		▣						
METODO:		Actual		Transporte		⇒						
LUGAR:		Área de Producción		Espera		▷						
PAGINA:		2 de 3		Almacén		▽						
HECHO POR:		Deynis Condori Chire		Distancia total								
REVISADO POR:		Vidal Perca Chávez		Tiempo total								
OPER.	TAREA		C (U)	D (M)	T (S)	SIMBOLOS						OBS
						○	□	▣	⇒	▷	▽	
Taladrar	Taladrado espaldar		2 pz		25	X						
	Taladrado lateral asiento		1 pz		45	X						
	Taladrado transversal		1 pz		45	X						
Soldar	Colocar piezas en machina		1 s		180	X						
	Ajustar herramientas		1 s		150	X						
	Soldar		1 s		210	X						
	Enfriamiento		1 s		45					X		
	Verificar soldadura		1 s		55		X					
	Almacenamiento		1 s	1	25						X	
Limpiar	Lijar Salpicaduras de soldadura		1 s		48.33	X						
	Arenado		1 s		50	X						
	Inspección		1 s		45			X				
Bañar con fosfato	Colocar silla		1 s		21	X						
	Bañado con reactivo		1 s		97.88	X						
	Secado		1 s		90.17	X						
Baño de pasivación	Colocar silla en tina		1 s		35	X						
	Bañar con agua		1 s		60	X						
	Retirar silla		1 s		40	X						
	Secar con trapo		1 s		60	X						
	Despeluzado		1 s		20.67	X						
	Traslado a cámara de pintado		1 s	4	50				X			

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

EMPRESA:		Permetal del Sur E.I.R.L.		RESUMEN									
FECHA:		25/11/2017		ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTO				
OBJETIVO:		Representación del proceso general		Operación		○							
				Inspección		□							
PRODUCTO:		Silla básica		Op. Combinada		☒							
METODO:		Actual		Transporte		⇒							
LUGAR:		Área de Producción		Espera		▷							
PAGINA:		2 de 3		Almacén		▽							
HECHO POR:		Deynis Condori Chire		Distancia total									
REVISADO POR:		Vidal Perca Chávez		Tiempo total									
OPER.	TAREA			C (U)	D (M)	T (S)	SIMBOLOS						OBS
							○	□	☒	⇒	▷	▽	
Pintar	Encender compresores			1 unid		20	X						
	Colocar ganchos en silla			1 pz		9.09	X						x 2
	Colgar silla			1 s		24.50	X						
	Pintar			1 s		122.17	X						
	Descolgar silla			1 s		53.83	X						
	Trasladar al horno			1 s	3	56.45				X			
	Retirar ganchos			1 s		29.96	X						
Hornear	Encender quemadores			1 q		60	X						
	Calentamiento			1 s		210					X		x 8
	Curado			1 s		112					X		x 8
	Enfriado			1 s		262.5					X		x 8
	Retirar silla			1 s		25			X				
	Almacén temporal			1 s	1	112.5				X			x 8
Ensamblar espaldar	Colocar estructura de silla			1 s		40	X						
	Coger espaldar			1pz		20	X						
	Empernar espaldar			1pz		120	X						
	Pasar estructura			1 s		40				X			

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

EMPRESA:		Permetal del Sur E.I.R.L.		RESUMEN								
FECHA:		25/11/2017		ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTO			
OBJETIVO:		Representación del proceso general		Operación		○		50				
				Inspección		□		3				
PRODUCTO:		Silla básica		Op. Combinada		☒		1				
METODO:		Actual		Transporte		⇒		9				
LUGAR:		Área de Producción		Espera		D		4				
PAGINA:		3 de 3		Almacén		▽		3				
HECHO POR:		Deynis Condori Chire		Distancia total				23				
REVISADO POR:		Vidal Perca Chávez		Tiempo total				3886.05				
OPER.	TAREA		C	D	T	SIMBOLOS						OBS
						(U)	(M)	(S)	○	□	☒	
Ensamblar asiento	Colocas estructura de silla		1 s		40	X						
	Coger asiento		1 pz		105	X						
	Empernar asiento		1 pz		30	X						
	Bajar silla		1 s		140	X						
Almacenar	Traslado al almacén		1 pz	6	30				X			
	Almacenamiento		24 pz								X	

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.8. ANALISIS DEL AREA DE PINTADO

3.8.1. Situación actual del área de pintado

La empresa inicia su proceso con la adquisición de materias primas e insumos luego se lleva a cabo los procesos necesarios que permitan la más alta calidad y los mejores acabos que concluyen con el proceso de pintado y posterior ensamblado.

El proceso de pintado en el cual están agrupados los subprocesos de preparación, pintado y horneado. Estos tres subprocesos se organizaron como un grupo dado que la empresa cuando presta el servicio de pintado a terceros solo se realizan estas operaciones.

En este capítulo se analizara estas tres operaciones de manera independiente con la finalidad de facilitar su comprensión, realizar sus mediciones de tiempos respectivas para ello se tomaran como muestra la producción de sillas las cuales se producen en lotes de 24 unidades y generar las mejoras respectivas.

En el siguiente cuadro se aprecia las tareas que se llevan a cabo en cada sub proceso del área de pintado.

Esquema 3-3: Componentes del área de pintado



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.9. DIVISION DE LAS OPERACIONES DE PINTADO EN SUBSISTEMAS

3.9.1. Subsistema de preparación

3.9.1.1. Desengrasado.

Dentro de la estructura organizacional esta etapa pertenece al área de pintura a pesar de no existir secuencia lineal en el proceso general de la empresa, pero si cuando la empresa realiza trabajos a terceros. En donde los clientes traen sus artículos listos para la etapa de limpieza y continuar con el resto del proceso de pintura.

El proceso de desengrasado actualmente se da por frotación, en cual se usa una fuente con una cantidad de solvente en el cual se sumerge un paño y luego este se usa para

frotar la pieza a limpiar retirando así la capa de grasa con la que viene el material. A penas se culmina esta operación otro trabajador realiza un proceso similar de frotación con el objetivo de secar los residuos del solvente y de retirar los pocos restos de grasa que pudieran seguir adheridas al material debido a la manipulación que realiza el primer operario. El solvente usado es thinner.

Figura 18: Operación pre - limpieza



Fuente: Permetal del Sur. Toma propia.

- **Thinner como solvente:**

Es un líquido incoloro de olor a petróleo, insoluble en agua.

Está compuesto por un disolvente activo, un solvente y un diluyente. El disolvente es el que incide directamente sobre lo que se está disolviendo, el solvente potencia los efectos del disolvente y el diluyente dará volumen al compuesto. Esta mezcla tiene como disolvente principal al tolueno, como solvente al benceno y como diluyente a una serie de disolventes, los cuales son todas toxicas para el ser humano.

Los principales componentes son:

Cuadro 3-8: Componentes del thinner

SUSTANCIA	PORCENTAJE
Tolueno	5-50%
Alcohol metílico	15-50%
Cetonas	5-40%
Hexano	5-30%
Alcoholes	5-40%
Xileno	5-20%
Esteres	3-50%

Fuente: Proyecto para una empresa de tintes para madera, a partir de colorantes de complejo metálico (Pamela, 2014)

Las cantidades varían según el producto deseado.

Los agentes químicos mencionados en la tabla pertenecen a un grupo de sustancias altamente volátiles con propiedades para disolver o dispersar productos de naturaleza orgánica natural o sintética insolubles en agua.

Precauciones de manejo

- Es un líquido inflamable.
- Puede acumular cargas estáticas.
- El vapor es más pesado que el aire y puede dispersarse distancias largas y acumularse en zonas bajas.
- Debe mantenerse en lugares ventilados.
- No deben respirarse los vapores.

• Riesgos para la salud

Inhalación: vapores con concentraciones superiores a 1000 ppm causan irritación en los ojos y el tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, dolor de

cabeza, deterioro y fatiga intelectual, anestesia, somnolencia pudiendo incluir la muerte.

Ingestión: provoca náuseas, vomito, mareo y daño al tracto digestivo. Es letal si su ingestión es de 3 a 5 ml por cada kg de peso. Es decir una persona de 70 kg muere si ingiere 350 ml.

Ojos: provoca irritación, conjuntivitis, visión borrosa. No causa daño a los tejidos de los ojos.

3.9.2. Lista de comprobación para el análisis

Cuadro 3-9: Lista de comprobación subsistema preparación

LISTA DE COMPROBACION PARA EL ANALISIS			
OPERACIÓN:	PREPARACION		
DEPARTAMENTO:	PRODUCCION		
ANALIZADO POR:	DEYNIS CONDORI CHIRE		
PREGUNTAS	SI	NO	NOTAS
HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS ¿Las herramientas que se emplean son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?		NO	Las herramientas actuales si cumplen con las funciones pero se pueden mejorar.
¿Están todas las herramientas en buenas condiciones de utilización?		NO	Las fuentes para realizar el trabajo de pre-limpieza sufren desgaste rápido debido rayones generados por el rozamiento entre la pieza tratada que es metálica y los recipientes que son de plástico sumándose a ello la resequedad, que se genera por el uso de thinner.
¿Se podrían cambiar por otras herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?	SI		Se podrían usar fuentes de mayor tamaño, lo que facilitaría que varias piezas puedan sumergirse en la fuente haciendo que se incremente el contacto entre el solvente y la pieza en tratamiento, así mismo disminuir el tiempo en el que se realiza la operación.

¿Se emplea toda clase de accesorios convenientes, tales como transportadores, planos inclinados, soportes apropiados, etc.?		NO	Hasta el momento las piezas con las que se ha trabajado son de tamaños menores y de poco peso por lo cual no ha sido necesario el uso de algún transportador como fajas u otros dispositivos.
MATERIALES E INSUMOS ¿Los insumos cumplen su función eficientemente?	SI		El objetivo de esta etapa es la de retirar la película de grasa y otros contaminantes como polvo de las piezas. Por lo cual el thinner que se usa si cumple con el objetivo. Aunque si nos referimos a costos podemos decir que es ligeramente económico, la deficiencia que presenta es su alta volatilidad y su toxicidad.
¿Podrían sustituirse los que se usan por otros más baratos?		NO	El thinner es uno de los solventes más económicos del mercado, cercano se encuentran la gasolina y el petróleo, la gasolina también es volátil. El problema de estos insumos es que no son reutilizables ya sea por la alta volatilidad o porque se hace complicado separar la grasa disuelta en estos tipos de solvente.

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

3.9.2.1. Medición de tiempo desengrasado.

Cada componente de la estructura de la silla tiene una forma y medidas específicas por lo cual se deberá realizar la toma de tiempo por cada pieza. Luego se procederá a sacar el promedio para poder calcular cuánto tiempo se requiere actualmente para la limpieza de cada pieza.

Cuadro 3-10: Medición de tiempos desengrasado

TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO COLUMNA DE ESPALDAR				
Empresa:	PERMETAL		Método:	ACTUAL
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Sujetar columna de espaldar	Frotar columna de espaldar	Pasar a operario 2	Secar columna de espaldar
N°	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)
1	11	46	16	38
2	10	46	16	38
3	10	47	15	36
4	9	46	15	36
5	10	46	15	35
6	10	46	15	35
7	11	46	15	34
8	10	45	14	35
9	10	45	15	35
10	10	45	15	36
11	10	45	15	35
12	11	45	15	34
13	9	46	15	34
14	10	44	15	34
15	10	44	14	34
16	9	43	14	33
17	10	44	15	34
18	10	44	15	35
19	10	44	15	35
20	10	45	15	35
21	10	45	16	36
22	11	44	15	35
23	10	44	15	34
24	9	45	15	34
X	10.00	45	15.00	35.00

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

Tiempo promedio de desengrasado para las piezas columna de espaldar por unidad es 105 segundos.

Cuadro 3-11: Medición de tiempos desengrasado

TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO PATA DE SILLA				
Empresa:	PERMETAL		Método:	ACTUAL
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Sujetar pata de silla	Frotar pata de silla	Pasar a operario 2	Secar pata de silla
Nº	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)
1	11	37	10	30
2	10	37	9	30
3	10	36	9	29
4	9	36	9	28
5	9	35	9	28
6	9	35	9	28
7	9	34	9	28
8	9	35	10	28
9	9	35	10	27
10	8	36	10	27
11	10	35	10	28
12	10	35	9	28
13	9	34	9	28
14	9	34	9	27
15	9	34	9	28
16	8	34	8	28
17	8	34	8	28
18	7	35	7	29
19	9	35	9	28
20	9	35	9	28
21	8	36	8	27
22	9	35	8	27
23	9	34	9	28
24	9	34	10	27
X	9.00	35	9.00	28.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio para el desengrasado de la pata de la silla se utiliza 81 segundos en promedio.

Cuadro 3-12: Medición de tiempos desengrasado

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO LATERAL ASIENTO				
Empresa:	PERMETAL		Método:	ACTUAL
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Sujetar lateral asiento	Frotar lateral asiento	Pasar a operario 2	Secar lateral asiento
Nº	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)
1	11	32	9	27
2	11	32	10	27
3	10	31	10	26
4	9	30	9	26
5	10	30	9	25
6	10	30	9	25
7	9	31	9	24
8	9	30	9	24
9	10	30	10	25
10	10	29	10	25
11	10	30	9	26
12	11	30	9	26
13	10	29	9	25
14	10	29	10	25
15	10	30	9	25
16	10	30	8	25
17	10	30	8	24
18	10	30	8	24
19	10	30	9	25
20	10	29	9	25
21	10	30	8	24
22	11	30	8	24
23	10	29	9	24
24	9	29	9	24
X	10.00	30	9.00	25.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio para el desengrasado de la pieza lateral asiento de la silla se utiliza 74 segundos en promedio.

Cuadro 3-13: Medición de tiempos desengrasado

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO TRANSVERSAL ASIENTO				
Empresa:	PERMETAL		Método:	ACTUAL
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Sujetar transversal asiento	Frotar transversal asiento	Pasar a operario 2	Secar transversal asiento
N°	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)
1	9	21	11	18
2	9	20	10	19
3	8	20	10	19
4	8	21	10	18
5	8	20	9	18
6	8	20	9	18
7	7	20	9	17
8	8	20	8	18
9	8	20	10	18
10	9	19	9	18
11	9	20	9	19
12	8	20	9	18
13	8	20	9	18
14	7	20	10	18
15	7	20	9	18
16	9	20	8	18
17	8	21	8	18
18	8	20	8	17
19	8	20	9	18
20	9	19	8	18
21	8	20	8	18
22	7	20	8	18
23	7	20	9	18
24	7	19	9	17
X	8.00	20	9.00	18.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio para el desengrasado de la pieza transversal asiento de la silla se utiliza 55 segundos en promedio.

En el proceso de desengrasado de las partes metálicas que componen una silla (2 patas, 1 espaldar, 1 transversal, 1 lateral de asiento) se demora en total en promedio:

$$2(81)+105+74+55=396 \text{ segundos}$$

3.9.2.2. Medición de tiempo baño de fosfato

Para el caso de las sillas el procedimiento es similar al de desengrasado, puesto que también se realiza por frotación usando un trapo empañado. Las variaciones que se presentan son: Uso de sulfato fosfórico y mayor complejidad de la estructura a sulfatar dado que las piezas llegan a esta etapa unidas por soldadura.

Figura 19: Estructura de silla antes del sulfatado



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Figura 20: Ranura entre componentes de silla



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Como se observa en la imagen anterior al unir las piezas se forman ranuras en las cuales difícilmente se puede aplicar la solución de sulfato lo que generaría a futuro facilidad para la formación de corrosión y por ende disminución en la calidad y el tiempo de vida del producto.

Otro inconveniente encontrado es la adhesión de pelusas en la estructura mecánica como consecuencia de realizar el secado, ya que para llevar a cabo se usa trapo industrial el cual es netamente algodón el cual se electriza por la frotación realizada. Esto influye negativamente en el proceso de pintado por que la pintura no se adhiere uniformemente al producto, quedando como una especie de salpicadura.

Figura 21: Presencia de pelusas.



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Detectado este problema se decidió incorporar el proceso de soplado de piezas en el cual el artículo o producto en proceso es expuesto a una corriente de aire a presión de modo tal que la pelusa sea retirada, a pesar de ello el problema no es eliminado en su totalidad. Para ello es necesario investigar a profundidad o modificar el procedimiento a fin de eliminar totalmente la pelusa.

Una alternativa de solución puede ser cambiar el método de secado, es decir dejar de usar trapo industrial, y aplicar directamente aire a presión al producto con la finalidad

de retirar la humedad de la pieza. Esto implicaría mayor consumo de recursos como energía eléctrica, tiempo. Otra opción podría ser usar el horno para secar las sillas lo cual incrementa el costo de consumo de gas.

Cuadro 3-14: Medición de tiempo baño de fosfato

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BAÑAR CON FOSFATO			
Empresa:	PERMETAL		Método:
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:
	Colocar silla	Bañar con reactivo	Secado
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	20	98	90
2	21	98	91
3	20	97	89
4	20	98	89
5	21	99	90
6	22	99	90
7	22	97	90
8	21	98	91
9	21	98	91
10	20	98	90
11	23	98	91
12	21	97	91
13	20	99	90
14	22	99	90
15	21	97	89
16	21	97	90
17	21	97	89
18	22	98	89
19	20	98	89
20	20	97	90
21	21	97	92
22	21	99	91
23	22	98	90
24	21	98	92
X	21.00	97.88	90.17

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio cada estructura de silla utiliza 209.05 segundos en promedio por unidad

3.9.2.3. Medición de tiempo baño de pasivación

Cuadro 3-15: Medición de tiempo baño de pasivación

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BOÑO DE PASIVACION						
Empresa:	PERMETAL			Método:	ACTUAL	
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE			Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ	
	Colocar silla en tina	Bañar con agua	Retirar silla	Secar con trapo	Despeluzado	transportar a cámara de pintado
N°	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)
1	37	62	40	60	22	53
2	37	60	41	60	21	49
3	35	59	40	59	20	48
4	36	59	39	60	20	50
5	35	60	40	60	20	50
6	35	60	40	60	22	50
7	35	61	39	61	21	51
8	35	61	39	59	21	52
9	35	60	39	60	20	50
10	34	60	40	60	20	50
11	35	60	41	60	21	50
12	35	59	40	59	21	50
13	36	59	40	59	20	49
14	35	59	39	60	20	49
15	35	60	39	61	20	50
16	34	60	39	60	20	50
17	34	60	39	60	21	51
18	35	60	40	60	20	50
19	35	61	39	61	20	50
20	35	61	39	62	21	50
21	34	60	40	60	22	50
22	34	60	40	60	21	49
23	35	59	39	59	21	49
24	34	60	49	60	21	50
X	35.00	60	40.00	60.00	20.67	50.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio cada estructura de silla utiliza 265.67 segundos en promedio por unidad

3.9.3. Subsistema de pintado

Se des apilan las sillas, se les inserta un gancho para luego ser colgadas en la cámara de pintado, se pintan, se bajan cuidadosamente, se cambia de sujetadores y se traslada de forma manual al horno de curado.

Figura 22: Ganchos para sujetar sillas



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Figura 23: Carga-descarga a la cámara de pintado



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Figura 24: Traslado a Horno



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

El traslado y la ubicación en el horno de curado corresponde al área de pintado dado que si ocurriera un incidente con el artículo en proceso, éste tiene que ser reprocesado en el área de pintura para de ese modo cumplir con las especificaciones de calidad impuestas por la empresa.

Los ganchos inicialmente no tienen tanta importancia puesto que solo cumplen la función de soporte para trasladar la estructura de la silla del piso y colgarla en la cámara de pintado. Su importancia comienza en la aplicación de la capa de pintura ya que deben permitir el giro de la estructura metálica para facilitar la labor de pintado y disminuir el tiempo empleado en la aplicación de pintura de otra manera tendría que ser el operario el que gire alrededor de la silla. Después de la aplicación de la capa de pintura se procede a descolgar la silla y se cambia de ganchos ya que los primeros ganchos no brindan la solides ni la ergonomía necesaria. Luego se traslada la estructura pintada al horno de curado. En este traslado se tiene que evitar totalmente cualquier tipo de rozamiento con

la estructura pintada puesto que la pintura está adherida muy superficialmente sobre la estructura, siendo muy fácil su desprendimiento. En las ocasiones cuando ocurre un accidente el artículo tiene que volver a ser pintado en la zona accidentada.

La cámara de pintado actualmente tiene capacidad para colocar dos sillas pero cuenta con una sola pistola por lo tanto se tiene que pintar una por una.

En pintado laboran 2 personas, el pintor y un ayudante, Primero cuelgan las dos sillas, y luego conforme el pintor va pintando la segunda silla, el ayudante descuelga la primer silla ya pintada, cambia de ganchos para trasladarla y colocarla en el horno, regresa colocando ganchos a otra silla y la cuelga en la cabina en el lugar de la que se llevó. El ciclo se repite hasta completar las 8 unidades que es la capacidad del horno.

Durante el tiempo que el horno esta en operación el pintor y su ayudante van realizando otras labores.

LISTA DE COMPROBACION PARA EL ANALISIS			
OPERACIÓN:	PINTADO		
DEPARTAMENTO:	PRODUCCION		
ANALIZADO POR:	DEYNIS CONDORI CHIRE		
PREGUNTAS	SI	NO	NOTAS
HERRAMIENTAS Y OTROS ACCESORIOS ¿Las herramientas que se emplean son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?		NO	Los dos tipos de ganchos usados solo sirven para las sillas pero no brindan la misma comodidad para los demás productos. Al trasladar los productos se observa que estos se realizan con algo de incomodidad dada la poca solides de los ganchos.
¿Se podrían cambiar por otras herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?	SI		Los ganchos al no brindar la sensación de confianza hace que los músculos de los brazos se cansen más por ende para disminuir el esfuerzo que realizan los trabajadores se aconseja usar un equipo que tenga ruedas.
¿Se emplea toda clase de accesorios convenientes, tales como transportadores, planos inclinados, soportes apropiados, etc.?		NO	Dados los volúmenes de producción que no son muy elevados no es necesario el uso de fajas transportadoras pero si es necesario el uso de una herramienta que brinde más facilidades y se adecue a los demás productos que produce la empresa
MATERIALES E INSUMOS ¿Los insumos cumplen su función eficientemente?	SI		Los componentes de la pintura electrostática son los que encaminan al resto del proceso como por ejemplo la temperatura necesaria para que esta cambie de estado físico. Actualmente solo existe un proveedor de pintura en la ciudad de Arequipa lo que complica conseguir pintura con características que permitan disminuir costos.
¿Podrían sustituirse los que se usan por otros más baratos?		NO	Como ya se mencionó solo existe un proveedor de pintura. Lo que complica el remplazo.

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 3-16: Medición de tiempos O. pintado

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: PINTADO						
Empresa:	PERMETAL			Método:	ACTUAL	
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE			Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ	
	Colocar ganchos en silla	Colgar silla	Pintar	Descolgar silla	Trasladar a horno	Retirar ganchos
Nº	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)
1	19	24	121	54	58	29
2	18	24	121	54	53	29
3	18	24	122	55	58	28
4	19	25	123	53	59	30
5	19	25	122	53	56	30
6	19	26	122	52	56	31
7	19	24	122	53	56	29
8	18	24	122	53	56	29
9	18	24	123	53	57	30
10	17	23	123	54	57	30
11	18	25	124	54	58	30
12	18	25	122	54	56	30
13	18	25	122	54	56	30
14	19	25	122	55	56	31
15	19	25	123	54	55	30
16	18	24	123	54	55	29
17	18	24	123	55	56	29
18	18	23	123	54	57	32
19	19	25	122	53	57	31
20	16	25	122	52	56	31
21	18	26	121	54	56	31
22	18	25	120	55	57	31
23	18	24	122	55	57	30
24	17	24	122	55	57	29
X	18.17	24.50	122.17	53.83	56.46	29.96

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

En promedio se usa 305.08 segundos por cada unidad pintada.

3.9.4. Subsistema de horneado

Estando ya distribuidas las sillas al interior del horno se procede con el encendido de los quemadores, la calibración de la llama y se siguen los pasos mencionados en el cuadro siguiente:

Cuadro 3-17: Tiempo de horneado

TAREAS	TIEMPO (Min)	TIEMPO (Seg)	Temperatura (°C)	TIEMPO ACUMULADO (Min)
Inicio			14	0
Encendido del horno (1 min)	1	60	14	1
Calentamiento (28 min)	28	1680	190	29
Curado (15 min)	15	900	190	44
Enfriamiento (25 min)	35	2100	14	79
Retirar sillas	3.5	200	14	82.5
Encendido del horno (1 min)	1	60	14	83.5
Calentamiento (28 min)	28	1680	190	111.5
Curado (15 min)	15	900	190	126.5
Enfriamiento (25 min)	35	2100	14	161.5
Retirar sillas	3.5	200	14	165
Encendido del horno (1 min)	2	120	14	167
Calentamiento (28 min)	28	1680	190	195
Curado (15 min)	15	900	190	210
Enfriamiento (25 min)	35	2100	14	245
Retirar sillas	3.5	200	14	248.5
			TIEMPO TOTAL	248.5

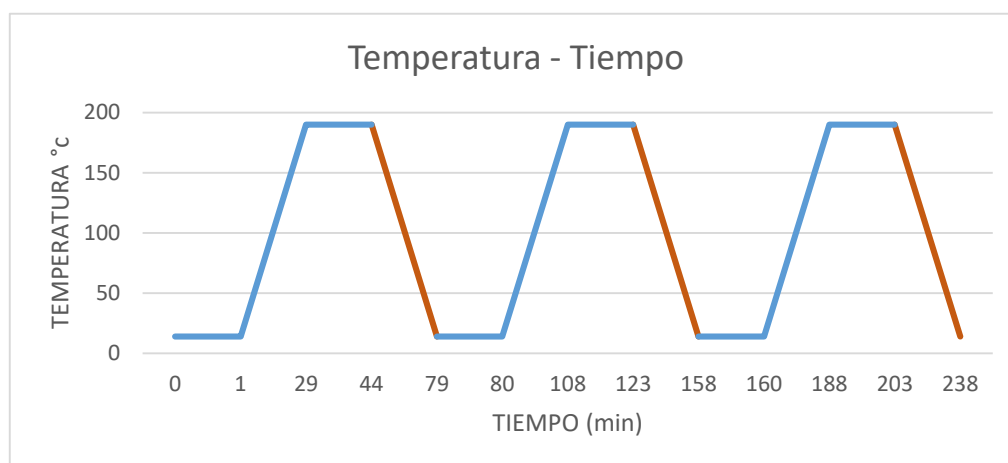
Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Lo que en segundos resulta en 14910 segundos.

Como se puede observar en el cuadro el proceso de horneado se vuelve cíclico por lo que se tiene que calentar el horno hasta en tres ocasiones para que alcance la temperatura de curado, analizando la estructura del horno tenemos que una parte del calor generado es consumido por las paredes del horno no generando algún tipo de benéfico por ello es que se considera perdida de energía en las paredes del horno.

Teniendo en cuenta que los materiales usados en las paredes del horno aun no son muy costosos, por ello es que se tiene que analizar opciones como el tamaño del horno, la distribución interna de los productos en el horno,

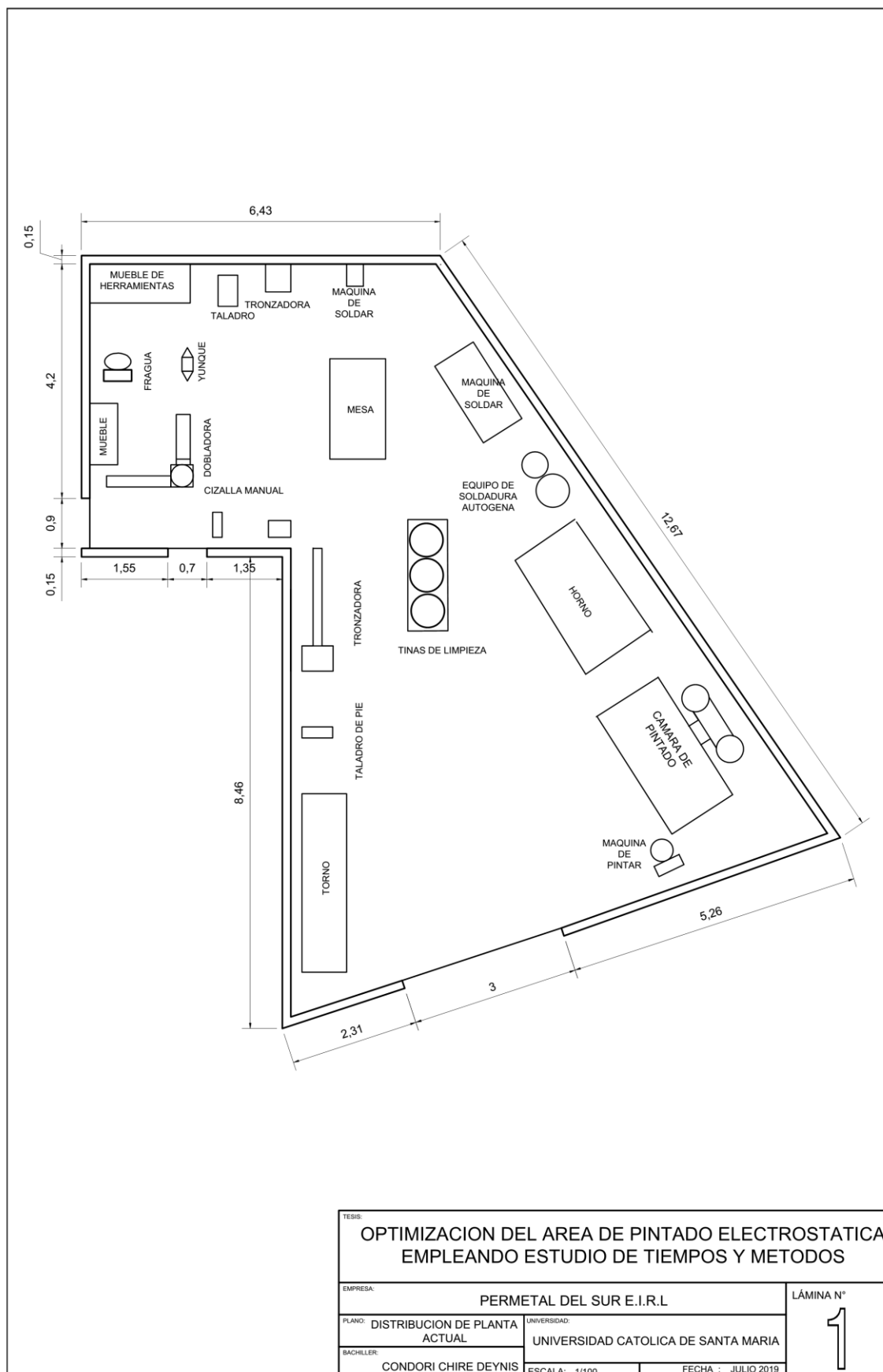
Grafico 3-1: Temperatura -Tiempo



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

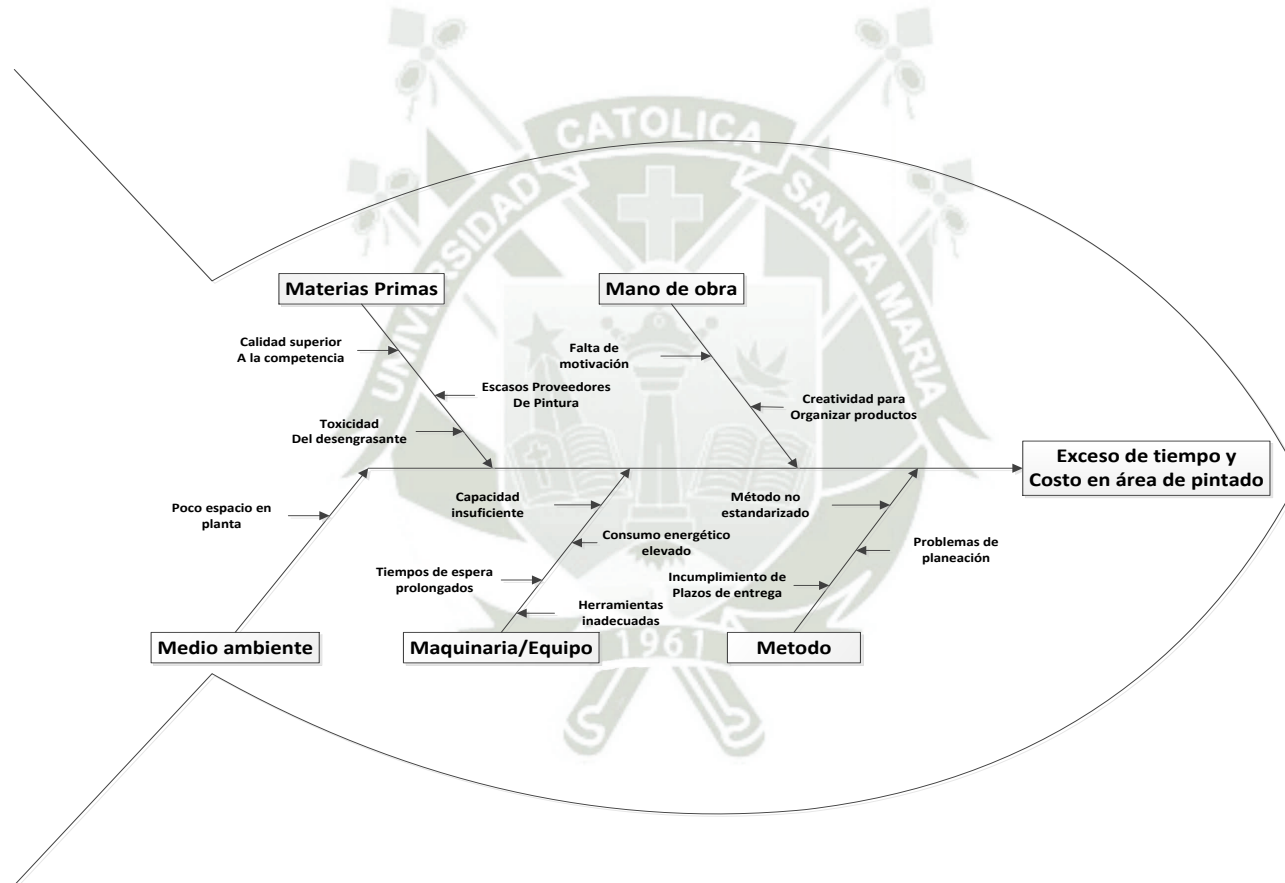
- LINEA AZUL: Calor requerido para poder llevar a cabo la polimerización de la pintura.
- LINEA CAFÉ: Etapa de enfriamiento, Se considera como perdida de calor a la energía disipada a través de las paredes del horno y la repetitividad de los ciclos, al igual que se requiere de tiempos de espera repetidos para poder cumplir con la producción de las 24 unidades diarias.

3.10. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL



3.11. ANALISIS CAUSA EFECTO

DIAGRAMA DE ISHICAWA EXCESO DE TIEMPO Y COSTO AREA DE PINTADO



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia.

De todos los artículos que fabrica la empresa se escogió el producto silla como base de análisis y se pudo identificar que el proceso de pintado consta de tres subprocesos: preparación-limpieza, cobertura y horneado. Dado que los subprocesos anterior también se aplican de igual manera cuando la empresa brinda el servicio de pintura a terceros.

Los problemas detectados se dan mayormente en los traslados realizados de la cámara de pintura al horno y la capacidad de este último. A través de un estudio de tiempos realizado durante dos meses se obtuvo información de los subprocesos y se identificó los problemas existentes. Actualmente el tiempo de ciclo por silla es de 3388.81 segundos, es decir aproximadamente 56 minutos. Para identificar problemas en el subsistema de preparación se aplicó como instrumento una lista de comprobación y análisis en donde se analizan las herramientas, accesorios, materiales e insumos. Luego se corroboró mediante un estudio de tiempos. Los principales problemas detectados son la incomodidad al realizar la tarea en recipientes básicos en los cuales para algunas estructuras quedan cortos de tamaño y para otras muy amplios gastando liquido de limpieza más de lo que se debería. Adicional a esto la solución usada para la limpieza es muy volátil lo que la hace no tan amigable para el ser humano.

En cuanto al subsistema de pintado y horneado están relacionados con el transporte que se realiza de la cámara de pintura al horno, puesto que después de haberse pintado el producto este tiene que ser descolgado, cambiar de instrumentos de sujeción, ser llevado y colocado en el horno con todos los cuidados necesarios de modo tal que se evite cualquier contacto directo con el objeto pintado. Esto genera que el traslado del objeto sea más lento.

Para el subsistema de horneado se identifica las pérdidas de energía calorífica en las paredes del horno y esta se incrementa con la repetitividad de los ciclos de trabajo así como los excesivos tiempos de espera en el enfriamiento. Finalmente se mapean estos problemas

en un diagrama causa efecto para facilitar la identificación de soluciones prosiguiendo la presentación de las propuestas de mejora.



CAPITULO IV

4. PROPUESTAS DE MEJORA

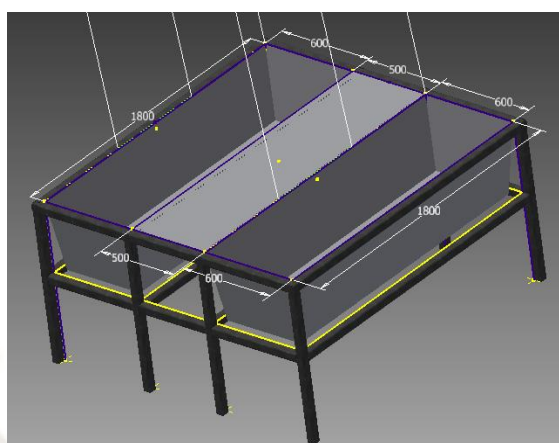
4.1. SUBSISTEMA DE LIMPIEZA

Viendo que esta parte del proceso presenta el problema de realizar la tarea con implementos no adecuados, aunque funcionales como es el caso de las tinas donde se realiza la pre-limpieza, otro aspecto a analizar es el solvente usado ya que dentro de sus propiedades físicas presenta alta volatilidad lo que genera mayor consumo de este recurso y a su vez es causante a largo plazo de problemas para la salud de los trabajadores.

4.1.1. Tanque de preparación.

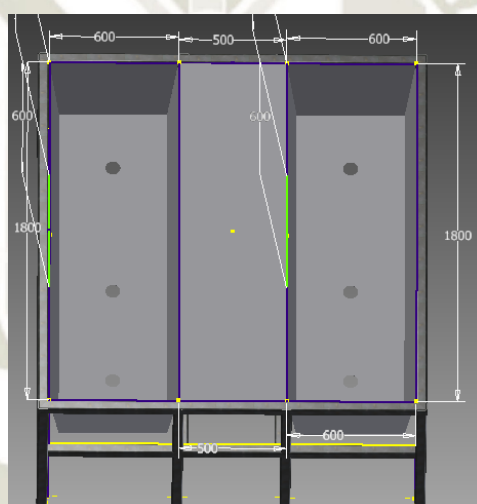
En el proceso de inmersión se observa la necesidad de usar recipientes de dimensiones adecuadas que permitan el uso de soluciones liquidas a un nivel determinado. Los tanques de paredes planas se usan cuando la presión que ejerce el líquido es baja ya que por su forma estructural mecánicamente son débiles. La cantidad requerida de material en estos tanques es mayor que de los tanques cilíndricos de igual capacidad. Pero, en ocasiones se prefiere los tanques rectangulares debido a la facilidad de su fabricación y mayor utilización de su espacio.

Figura 25: Tanque de preparación



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Figura 26: Tanque de preparación vista superior



Fuente: Permetal del Sur. Elaboración propia

Se ha diseñado 2 tanques que reemplacen a las tinas, el beneficio de cada uno de estos tanques se centra en la facilidad que tienen para expandir su capacidad lo que permite usar los solventes en cantidades adecuadas generando ahorro para la empresa.

El diseño contempla compuertas separadoras al interior de los tanques lo que permite reducir o ampliar la capacidad del tanque con el fin de usar la solución desengrasante en cantidades adecuadas logrando un mayor aprovechamiento del solvente y mayor efectividad en los tiempos empleados.

A diferencia de las tinas los tanques nos permiten sumergir varias piezas al mismo tiempo en los solventes usados de acuerdo al proceso que se esté realizando. Por lo tanto se disminuye el tiempo empleado en la frotación de las piezas.

4.1.1.1. Solución desengrasante

El consumo de thinner al realizar la limpieza de las piezas antes de ser unidas es de un galón y medio, lo que resulta en costo de S/. 37.50.

El thinner al ser una solución volátil a temperatura ambiente se pierde en el ambiente en mayor porcentaje, quedando solo en el recipiente un porcentaje del 25% el cual está totalmente contaminado con la suciedad de los metales siendo este irrecuperable.

Para ser más rentable este proceso se propone el uso de un desengrasante soluble en agua el cual no se evapora a temperatura ambiente y que sea amigable en su aplicación. Este viene en presentación de 5 galones a un precio de S/. 140.00 resultando el costo por galón de S/. 28.00 con la diferencia que se tiene que diluir una parte de desengrasante por 2 a 4 partes de agua. En nuestro caso para tener una solución desengrasante más consistente solo la disolveremos en 2 partes de agua de este modo de un galón se obtendría tres galones de solución para el lavado por lo cual se reduce el costo.

4.1.1.2. Desengrasante corquifa.

- **Descripción:**

Poderoso desengrasante líquido para motores, con alto poder emulsionante de grasas. USOS:

De gran utilidad para la limpieza y desengrasado de motores, chasises y auto partes en general.

Propiedades físicas:

- ASPECTO: Liquido transparente
- OLOR: Característico a solvente
- COLOR: Rojo

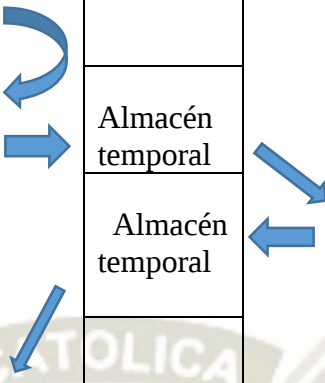
- **Aplicaciones y dosificación:**

No usar sobre piezas calientes. Diluya una parte de producto por dos de agua y hasta una parte de producto por 20 litros de agua, se recomienda realizar pruebas antes de aplicarlo. Puede usarse por inmersión de las piezas o por aspersión. Luego enjuagar con agua.

4.1.1.3. Baño de fosfato

Al contar con dos tanques se facilita la continuidad de los procesos dado que mientras se realiza operaciones en uno el otro puede estar en preparación o llevándose a cabo la siguiente operación.

Cuadro 4-1: Ciclos de trabajo de las tinas

TANQUE 1		MESA		TANQUE 2
Preparación solución desengrasante				
Desengrasado		Almacén temporal		Llenado con sulfato
Cambio de desengrasante por agua		Almacén temporal		Baño de sulfato
Baño de pasivación				

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Tomando en cuenta el tamaño en promedio de los artículos producidos y analizando sus formas, las medidas de los tanques son suficientes para poder albergar más de una estructura a la vez. Para que las dimensiones del tanque no sean demasiado extensas se aprovecha el modelo de las sillas el cual permite que estas puedan ser apiladas de 3 en 3 y sumergidas en el tanque de forma horizontal.

La operación de colocar las sillas se realiza de tres en tres por lo cual genera una pequeña diferencia de tiempo que al colocarlas una por una, el ahorro de tiempo se hace más notable al acabar la producción de un lote diario de 24 unidades.

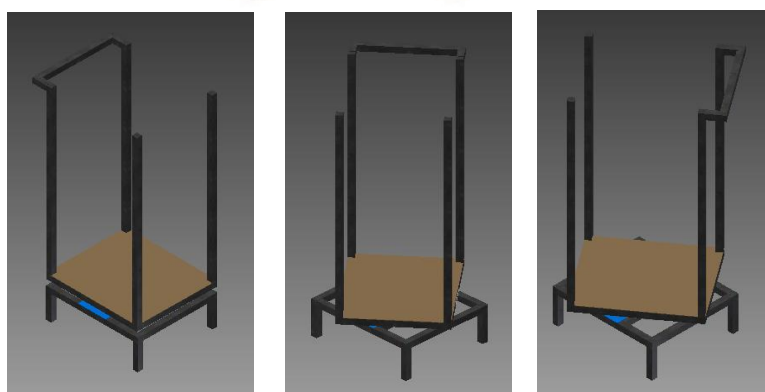
4.2. SUBSISTEMA DE PINTADO

4.2.1. Carrito base de apilamiento

Una base diseñada especialmente para este tipo de trabajos y que cumple varias funciones:

- **Apilado:** Es una base sobre la cual se pueden colocar sillas apiladas ya sea para su transporte al interior de la planta o exteriores. También se puede apilar las sillas dejando una pequeña separación para poder realizar el trabajo de pintado.
- **Pintado:** La capacidad de la cámara de pintado era de dos sillas colgadas. Con la introducción de esta base de apilamiento y considerando la altura de la cámara de pintado ahora se amplía a ocho unidades la capacidad de la cámara de pintado. Cada una de las bases permite apilar cuatro sillas con espacio entre ellas teniendo en cuenta la seguridad y ergonomía de los trabajadores que realizan la tarea de pintado.
- **Transporte:** Cualquier error en el traslado de la cámara de pintado al horno significa regresar el objeto a repintarse. De tal forma que la rigidez y diseño de la estructura permita su traslado sin que se afecte su estabilidad, seguridad y confianza en el traslado de los objetos pintados permitiendo ahorrar tiempo y energía a los trabajadores del área de pintado
- **Espacio:** No solo se usa mejor la capacidad de la cámara de pintado, a ello se adiciona las mejoras en la distribución interna del producto en el interior del horno, debido a que en el espacio donde se colocaban dos unidades ahora se colocan cuatro.

Figura 27: Diseño carrito base de apilamiento



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Propuesta carrito base de apilamiento



Fuente: Elaboración propia.

4.3. SUBSISTEMA DE HORNEADO

Las sillas son producidas en lotes de 24 unidades para ello se implementara un horno de mayor tamaño el cual va permitir disminuir el tiempo requerido para llevar acabo el horneado de las 24 unidades.

El incremento de la capacidad del horno ha permitido que se disminuya el costo en el que se incurre por consumo de gas licuado de petróleo (GLP) debido a la disminución de ciclos de calentamiento y enfriamiento en los cuales se tenían que gastar energía en calentar y luego se cedía calor al ambiente en el enfriamiento.

Al tener las 24 sillas en un solo ciclo se eliminan las demoras generadas por el enfriamiento, con ello se logra que el horno quede libre para poder realizar el servicio de pintado de terceros. Con ello logramos mejorar tanto a nivel operativo y administrativo al tener controlados los procesos y poder planificar los momentos en los que se realizan las tareas correspondientes al servicio de terceros.

La solución de incrementar la capacidad del horno es aplicable claramente al producto silla. Pero dado que la empresa también produce mesas circulares y rectangulares, esto en sí mismo genera que también se incremente la capacidad para los demás productos. Adicionalmente hay que considerar la variabilidad infinita de formas y volúmenes de los artículos que se pueden presentar al brindar el servicio de pintado a terceros.

Dada la infinidad de casos que se pueden presentar es que se hace necesario tener un horno el cual permita adecuar su capacidad a dichos volúmenes. Si bien es cierto que aún no existe un horno con esas cualidades dada la falta de existencia de materiales que cumplan con esas características de expansión y compresibilidad. En lo que sí se puede trabajar es en el rediseño de hornos existentes de modo tal que puedan ofrecer incrementar o disminuir su capacidad los cuales permiten mayor eficiencia entre el uso del tiempo, del gas y espacio en la empresa.

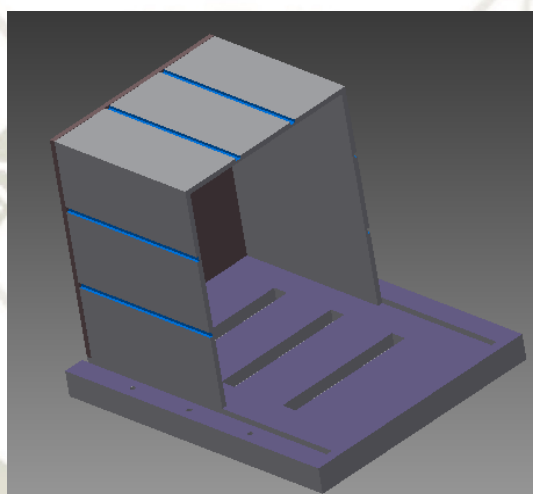
La empresa PERMETAL DEL SUR a considerado innovar en su horno para mejorar sus ingresos, por tal motivo asume el reto de generar una solución basada en los conocimientos y modelos de hornos existentes. Para poder lograrlo se analizó los tipos de hornos en los que se identificaron las características y aplicabilidad de cada uno de estos optándose por generar un híbrido entre los dos hornos existentes. Las variables consideradas en los hornos analizados fueron: Capacidad interior, espacio usado en planta, consumo energético, tecnologías necesarias, costos de implementación y mantenimiento.

El diseño del horno final contempla dos capacidades considerando una como mínima y otra como máxima y entre ellas la capacidad es variable permitiendo tener un horno de dimensiones variables y se adecua a la demanda de volumen que se requiera. Para poder definir el volumen mínimo y máximo se tomó en cuenta sus productos sillas, mesas y el

historial de servicios realizados a terceros con los cuales se ha obtenido volúmenes promedio.

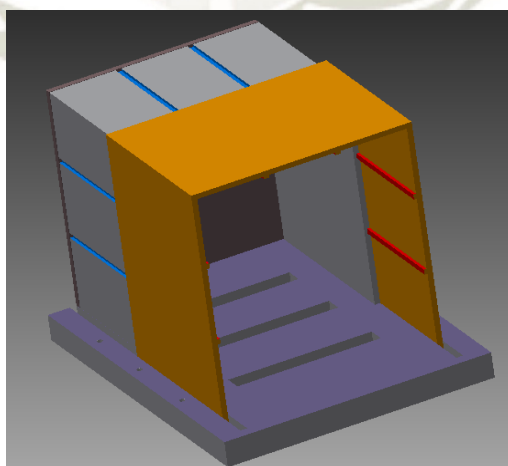
El horno contempla un volumen inicial fijo de 5.67 m^3 . Fue denominado fijo dado que su estructura permanece inamovible. Es decir es igual a los hornos existentes, resultando esta la capacidad mínima.

Figura 29: Horno parte fija



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Figura 30: Horno parte móvil



Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

La capacidad máxima se da cuando se recorren las paredes, obteniéndose una capacidad máxima de 10.58 m^3 .

4.4. MEDICION DE TIEMPOS LUEGO DE CAMBIOS EN LOS PROCESOS

Al ser modificados algunos procesos y otros eliminados procedemos a tomar una muestra.

Cuadro 4-2: Control de tiempos desengrasado espaldar silla

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Metodo: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar columna de espaldar	Frotar columna de espaldar	Secado columna de espaldar
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	13.00	25.00	20.00
2	12.00	25.00	19.00
3	11.00	26.00	19.00
4	12.00	25.00	22.00
5	12.00	25.00	22.00
6	13.00	27.00	21.00
7	13.00	26.00	20.00
8	12.00	26.00	21.00
9	12.00	25.00	20.00
10	14.00	24.00	20.00
11	13.00	26.00	19.00
12	13.00	26.00	20.00
13	13.00	27.00	19.00
14	13.00	26.00	19.00
15	14.00	25.00	20.00
16	12.00	24.00	20.00
17	13.00	24.00	21.00
18	13.00	24.00	20.00
19	14.00	25.00	20.00
20	12.00	26.00	19.00
21	13.00	26.00	20.00
22	13.00	25.00	20.00
23	11.00	25.00	21.00
24	12.00	26.00	22.00
X	12.63	25.38	20.17

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-3: Control de tiempos desengrasado pata de silla

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Metodo: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar pata de silla	Frotar pata de silla	Secar pata de silla
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	16	22	18
2	16	22	19
3	17	21	18
4	16	23	20
5	15	23	19
6	15	22	19
7	16	21	19
8	15	22	18
9	18	21	19
10	17	21	19
11	17	22	18
12	15	22	17
13	14	21	18
14	15	22	18
15	14	21	18
16	14	21	19
17	14	23	18
18	15	22	17
19	14	21	18
20	15	21	18
21	15	21	17
22	14	20	17
23	15	21	18
24	15	21	18
X	15.29	21.54	18.21

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-4: Control de tiempos desengrasado Transversal

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Metodo: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar transversal	Frotar transversal	Secado Transversal
Nº	T (S)	T (S)	T (S)
1	14	17	14
2	14	16	15
3	14	16	16
4	15	16	14
5	14	17	16
6	15	18	16
7	15	17	16
8	15	17	15
9	16	16	15
10	14	16	14
11	16	17	15
12	15	17	15
13	14	16	14
14	14	17	15
15	15	16	16
16	15	16	15
17	15	17	15
18	14	17	14
19	14	16	14
20	15	16	14
21	15	16	14
22	15	18	15
23	14	18	15
24	14	18	14
X	14.63	16.71	14.83

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-5: Control de tiempos desengrasado lateral asiento

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Metodo: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar lateral asiento	Frotar lateral asiento	Secado lateral asiento
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	13	23	16
2	13	22	16
3	13	23	15
4	14	23	15
5	14	23	15
6	15	22	15
7	13	23	16
8	14	23	15
9	14	24	14
10	14	24	15
11	13	23	15
12	12	22	16
13	13	22	15
14	14	22	14
15	13	22	15
16	13	23	14
17	13	23	15
18	12	23	15
19	13	23	15
20	13	23	14
21	14	22	16
22	14	22	15
23	13	23	15
24	12	23	16
X	13.29	22.75	15.08

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-6: Control de tiempos baño de fosfato

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BAÑO DE FOSFATO			
Empresa:	PERMETAL	Metodo:	MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE	Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar silla	Bañar con reactivo	Secado
N°	T(S)	T (S)	T (S)
1	32	89	87
2	32	89	88
3	32	89	87
4	32	88	87
5	32	88	87
6	33	88	88
7	33	89	88
8	33	87	88
9	32	88	88
10	31	88	87
11	33	88	87
12	32	87	88
13	31	88	87
14	32	87	87
15	32	87	88
16	33	87	88
17	32	87	88
18	32	89	87
19	32	89	87
20	32	88	88
21	33	88	87
22	32	88	87
23	31	89	87
24	32	88	88
X	32.13	88.04	87.46

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-7: Control de tiempos baño de pasivación

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BAÑO DE PASIVACION			
Empresa:	PERMETAL		Metodo: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar silla	Retirar silla de tina	Sopleteado de silla
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	15	19	32
2	16	19	32
3	16	18	33
4	16	18	33
5	15	18	33
6	15	17	31
7	16	18	31
8	15	18	32
9	14	19	32
10	14	19	33
11	16	19	34
12	15	18	32
13	15	18	32
14	16	19	33
15	14	18	32
16	15	18	32
17	15	18	32
18	15	19	31
19	16	19	32
20	16	19	32
21	15	18	32
22	15	18	33
23	15	19	32
24	16	19	31
X	15.25	18.42	32.17

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-8: Control de tiempos pintado

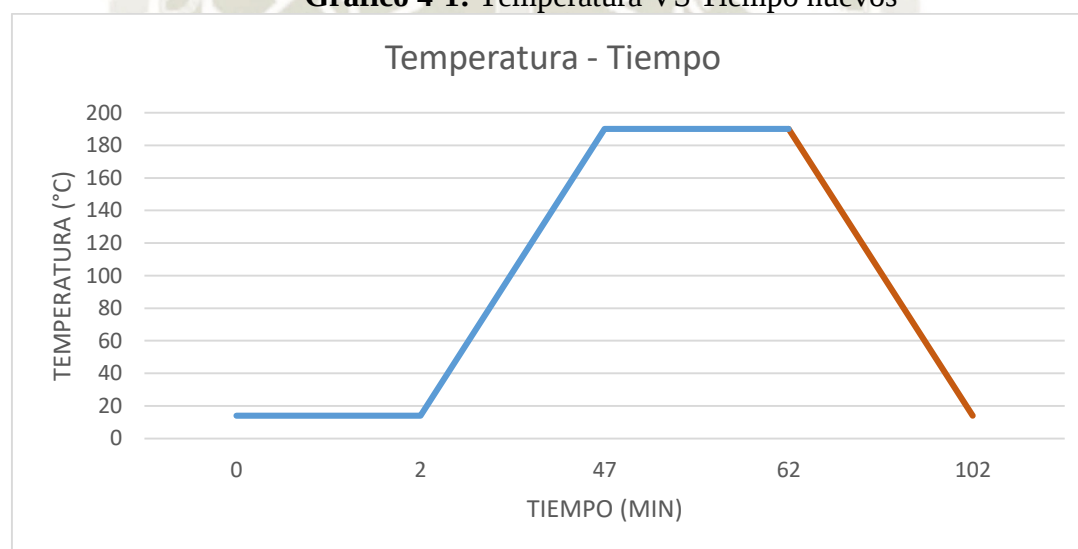
CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: PINTADO					
Empresa:	PERMETAL		Metodo:	MEJORADO	
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ	
	Colocar silla en base	Trasladar a camara de pintado	Pintado	Traladar a horno	Descargar silla
Nº	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)
1	36	28	109	41	24
2	34	28	110	41	25
3	34	29	110	41	25
4	35	29	111	40	26
5	35	28	111	40	26
6	36	28	110	40	26
7	36	27	110	40	25
8	35	28	110	40	25
9	36	28	110	41	25
10	36	28	111	41	25
11	35	29	111	40	25
12	35	29	113	40	26
13	36	28	110	40	26
14	35	28	110	40	25
15	35	28	110	39	25
16	36	28	109	40	25
17	36	28	110	40	24
18	34	29	110	41	25
19	35	28	110	40	25
20	35	28	109	40	25
21	35	28	109	39	26
22	34	27	110	40	26
23	34	28	110	40	25
24	35	28	110	40	24
X	35.13	28.13	110.13	40.17	25.17

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-9: Control de tiempos Horneado

TAREA	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO POR CICLO (MIN)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
Inicio	16											
Encendido del horno	16	2	2.2	2	1.9	2	2.1	2	1.9	1.9	2	2.00
Calentamiento	190	45	47	44	45	42	46	45	45	44	46	44.90
Curado	190	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15.00
Enfriamiento	25	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Grafico 4-1: Temperatura VS Tiempo nuevos

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

4.5. CALCULO DEL NUMERO DE MUESTRAS

ITEM	TAREA	TIEMPOS ACTUALES																								METODO ESTADISTICO 1					METODO ESTADISTICO 2				Tabla de Westinghouse
																										$\bar{X}$	S	T=n-1	t	$k=5\%$ $n = \left(\frac{st}{k\bar{x}}\right)^2$	$\sum X^2$	$\sum X$	$\sum (X)^2$	$n = \left(\frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x}\right)^2$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24										
1	Colocar columna de espaldar	13	12	11	12	12	13	13	12	12	14	13	13	13	14	12	13	13	14	12	13	13	11	12	12.63	0.82	23	2.07	7.3	3841.00	303	91809	6.54	40	
2	Frotar columna de espaldar	25	25	26	25	25	27	26	26	25	24	26	26	27	26	25	24	24	24	25	26	26	25	25	26	25.38	0.88	23	2.07	2.0	15471.00	609	370881	1.82	30
3	Secado columna de espaldar	20	19	19	22	22	21	20	21	20	20	19	20	19	19	20	20	21	20	20	19	20	20	21	22	20.17	0.96	23	2.07	3.9	9782.00	484	234256	3.50	30
4	Colocar pata de silla en tina	16	16	17	16	15	15	16	15	18	17	17	15	14	15	14	14	14	15	14	15	15	14	15	15	15.29	1.12	23	2.07	9.2	5641.00	367	134689	8.26	40
5	Frotar pata de silla	22	22	21	23	23	22	21	22	21	21	22	22	21	22	21	21	23	22	21	21	21	20	21	21	21.54	0.78	23	2.07	2.2	11151.00	517	267289	2.01	30
6	Secar pata de silla	18	19	18	20	19	19	19	18	19	19	18	17	18	18	18	19	18	17	18	18	17	17	18	18	18.21	0.78	23	2.07	3.1	7971.00	437	190969	2.81	50
7	Colocar transversal en tina	14	14	14	15	14	15	15	15	16	14	16	15	14	14	15	15	15	14	14	15	15	15	14	14	14.63	0.65	23	2.07	3.4	5143.00	351	123201	3.00	40
8	Frotar transversal	17	16	16	16	17	18	17	17	16	16	17	17	16	17	16	17	16	16	16	16	18	18	18	18	16.71	0.75	23	2.07	3.5	6713.00	401	160801	3.09	40
9	Secado Transversal	14	15	16	14	16	16	16	15	15	14	15	15	14	15	16	15	15	14	14	14	14	15	15	14	14.83	0.76	23	2.07	4.5	5294.00	356	126736	4.04	40
10	Colocar lateral asiento en tina	13	13	13	14	14	15	13	14	14	14	13	12	13	14	13	13	13	12	13	13	14	14	13	12	13.29	0.75	23	2.07	5.5	4253.00	319	101761	4.89	40
11	Frotar lateral asiento	23	22	23	23	23	22	23	23	24	24	23	22	22	22	22	23	23	23	23	23	22	22	23	23	22.75	0.61	23	2.07	1.2	12430.00	546	298116	1.09	40
12	Secado lateral asiento	16	16	15	15	15	15	16	15	14	15	15	16	15	14	15	14	15	15	15	14	16	15	15	16	15.08	0.65	23	2.07	3.2	5470.00	362	131044	2.88	40
13	Colocar silla	32	32	32	32	32	33	33	33	32	31	33	32	31	32	32	33	32	32	32	32	33	32	31	32	32.13	0.61	23	2.07	0.6	24777.00	771	594441	0.56	30
14	Bañar con reactivo	89	89	89	88	88	88	89	87	88	88	88	87	88	87	87	87	87	89	89	88	88	88	89	88	88.04	0.75	23	2.07	0.1	186045.00	2113	4464769	0.11	20
15	Secado	87	88	87	87	87	88	88	88	88	87	87	88	87	87	88	88	88	87	87	88	87	87	87	88	87.46	0.51	23	2.07	0.1	183581.00	2099	4405801	0.05	20
16	Colocar silla en tina	15	16	16	16	15	15	16	15	14	14	16	15	15	16	14	15	15	15	16	16	15	15	15	16	15.25	0.68	23	2.07	3.4	5592.00	366	133956	3.01	40
17	Retirar silla de tina	19	19	18	18	18	17	18	18	19	19	19	18	18	19	18	18	18	19	19	19	18	18	19	19	18.42	0.58	23	2.07	1.7	8148.00	442	195364	1.54	40
18	Sopleteado de silla	32	32	33	33	33	31	31	32	32	33	34	32	32	33	32	32	32	31	32	32	32	33	32	31	32.17	0.76	23	2.07	1.0	24846.00	772	595984	0.86	30
19	Colocar silla en base	36	34	34	35	35	36	36	35	36	36	35	35	36	35	35	36	36	34	35	35	35	34	34	35	35.13	0.74	23	2.07	0.8	29623.00	843	710649	0.68	25
20	Trasladar a camara de pintado	28	28	29	29	28	28	27	28	28	28	29	29	28	28	28	28	28	29	28	28	28	27	28	28	28.13	0.54	23	2.07	0.6	18991.00	675	455625	0.56	30
21	Pintado	109	110	110	111	111	110	110	110	111	111	113	110	110	110	109	110	110	110	109	109	110	110	110	110	110.13	0.85	23	2.07	0.1	291077.00	2643	6985449	0.09	15
22	Trasladar a horno	41	41	41	40	40	40	40	40	41	41	40	40	40	40	39	40	40	41	40	40	40	39	40	40	40.17	0.56	23	2.07	0.3	38728.00	964	929296	0.30	25
23	Descargar sillas	24	25	25	26	26	26	25	25	25	25	25	26	26	25	25	25	24	25	25	25	26	26	25	24	25.17	0.64	23	2.07	1.1	15210.00	604	364816	0.98	30
24	Encendido del horno	2.0	2.2	2.0	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0														2.00	0.09	9	2.26	4.5	40.08	20	400	3.20	15	
25	Calentamiento	45	47	44	45	42	46	45	45	44	46														44.90	1.37	9	2.26	1.9	20177.00	449	201601	1.34	3	
26	Curado	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15														15.00	0.00	9	2.26	0.0	2250.00	150	22500	0.00	5	
27	Enfriamiento	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40														40.00	0.00	9	2.26	0.0	16000.00	400	160000	0.00	3	

Fuente: Permetal del Sur. Elaboración Propia.

4.6. NUEVA MEDICION DE TIEMPOS

Cuadro 4-10: Medición de tiempos desengrasado

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL DEL SUR		Método: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar columna de espaldar	Frotar columna de espaldar	Secado columna de espaldar
Nº	T (S)	T (S)	T (S)
1	14	27	22
2	13	26	22
3	13	26	21
4	13	25	20
5	12	24	21
6	12	25	20
7	13	24	20
8	13	24	19
9	12	24	20
10	12	25	20
11	14	25	19
12	13	26	19
13	12	25	20
14	11	25	21
15	12	26	20
16	12	26	19
17	13	27	19
18	13	26	20
19	12	25	19
20	13	25	19
21	11	25	20
22	12	26	20
23	12	25	21
24	13	26	22
X	12.50	25.33	20.13

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-11: Medición de tiempos desengrasado.

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Método: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar pata de silla	Frotar pata de silla	Secar pata de silla
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	18	23	20
2	17	23	19
3	17	22	19
4	16	22	18
5	16	22	18
6	16	21	19
7	16	21	18
8	15	22	18
9	16	22	19
10	15	21	19
11	15	22	18
12	15	21	17
13	14	21	17
14	15	22	18
15	13	21	18
16	14	21	19
17	14	21	18
18	15	22	17
19	14	21	17
20	15	21	18
21	15	21	17
22	14	20	17
23	15	21	18
24	15	21	18
X	15.21	21.46	18.08

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-12: Medición de tiempos desengrasado.

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO			
Empresa:	PERMETAL		Método: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar transversal	Frotar transversal	Secado Transversal
Nº	T (S)	T (S)	T (S)
1	15	17	14
2	15	16	15
3	14	16	15
4	15	17	14
5	15	17	15
6	14	16	16
7	14	16	16
8	14	16	15
9	15	17	15
10	15	18	14
11	15	17	15
12	15	17	15
13	14	16	14
14	14	17	15
15	13	16	16
16	15	16	14
17	15	17	14
18	14	17	14
19	14	16	15
20	15	16	15
21	14	17	14
22	15	17	15
23	14	18	15
24	14	16	14
X	14.46	16.63	14.75

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-13: Medición de tiempos desengrasado.

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: DESENGRASADO				
Empresa:	PERMETAL		Método:	MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar lateral asiento	Frotar lateral asiento	Secado lateral asiento	
Nº	T (S)	T (S)	T (S)	
1	14	23	16	
2	13	23	15	
3	14	22	14	
4	14	23	15	
5	13	22	15	
6	13	22	14	
7	13	23	15	
8	14	23	16	
9	14	24	16	
10	14	23	15	
11	13	23	15	
12	13	22	15	
13	14	22	14	
14	13	22	14	
15	12	22	15	
16	13	23	14	
17	13	23	16	
18	12	23	15	
19	13	22	15	
20	13	23	14	
21	13	22	15	
22	14	22	15	
23	12	23	14	
24	12	23	16	
X	13.17	22.63	14.92	

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-14: Medición tiempos baño de fosfato.

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BAÑO DE FOSFATO			
Empresa:	PERMETAL	Método:	MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE	Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar silla	Bañar con reactivo	Secado
Nº	T(S)	T (S)	T (S)
1	32	88	87
2	32	89	88
3	33	87	88
4	32	88	88
5	31	88	87
6	32	88	87
7	31	89	88
8	32	89	87
9	32	88	87
10	32	87	87
11	33	88	87
12	32	87	88
13	31	88	87
14	32	88	87
15	31	89	87
16	32	88	88
17	32	87	87
18	32	87	88
19	33	87	88
20	32	87	87
21	31	88	87
22	32	88	87
23	31	89	87
24	32	88	87
X	31.88	87.92	87.33

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-15:Medición de tiempos baño de pasivación.

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: BAÑO DE PASIVACION			
Empresa:	PERMETAL		Método: MEJORADO
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por: VIDAL PERCA CHAVEZ
	Colocar silla	Retirar silla	Sopletear de silla
N°	T (S)	T (S)	T (S)
1	16	19	34
2	15	18	32
3	15	18	32
4	16	19	33
5	15	19	32
6	16	18	32
7	16	18	33
8	15	18	33
9	15	18	33
10	15	17	30
11	16	18	31
12	15	18	32
13	14	19	32
14	14	19	32
15	15	19	31
16	15	19	32
17	16	19	32
18	15	17	32
19	14	18	32
20	15	18	32
21	15	18	31
22	14	18	32
23	15	19	32
24	16	19	31
X	15.13	18.33	32.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-16: Medición de tiempos pintado

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: PINTADO					
Empresa:	PERMETAL		Método:	MEJORADO B	
Realizado Por:	DEYNIS CONDORI CHIRE		Revisado por:	VIDAL PERCA CHAVEZ	
	COLOCAR SILLA EN BASE	TRASLADAR A CAMARA DE PINTADO	PINTADO	TRASLADAR A HORNO	DESCARGAR SILLAS
N°	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)
1	35	28	110	40	25
2	36	28	110	40	25
3	36	28	111	40	25
4	34	29	111	40	25
5	35	29	113	40	25
6	36	28	110	40	25
7	36	28	109	41	24
8	34	28	110	41	25
9	34	28	110	40	25
10	35	29	110	40	25
11	35	28	111	40	26
12	35	28	110	40	26
13	36	27	110	40	25
14	35	27	110	40	25
15	35	28	110	39	25
16	36	28	109	40	25
17	36	28	109	40	24
18	34	29	110	40	25
19	35	28	110	40	25
20	35	28	109	40	25
21	35	28	109	39	26
22	34	27	110	40	26
23	34	27	110	40	25
24	34	28	109	40	23
X	35.00	28.00	110.00	40.00	25.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-17:Medición de tiempos horneado

TAREA	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO POR CICLO (MIN)										PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inicio	16											
Encendido del horno	16	2	2.1	1.9	2	2	2	2.1	2	1.9	2	2.00
Calentamiento	190	45	46	45	45	44	45	45	45	44	46	45.00
Curado	190	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15.00
Enfriamiento	25	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

4.7. ESTANDARIZACION DE TIEMPO

Cuadro 4-18: Eficiencia del trabajador

FACTOR	CLASE	CATEGORIA	%
Habilidad	Excelente	B	0.10
Esfuerzo	Bueno	C	0.05
Condiciones	Media	B	0.00
Consistencia	Media	B	0.00
Factor de calificación (C)			0.15

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Calificación de velocidad:

$$C_v = 1 \pm C$$

$$C_v = 1.15$$

Esto quiere decir que el empleado elegido trabaja con un 15% de eficiencia por arriba del resto de trabajadores promedio. Otro nombre con el que se conoce a esta calificación es “Valor atribuido”.

4.7.1. Suplementos en el área de trabajo

Teniendo en cuenta las condiciones de trabajo, las necesidades fisiológicas y cansancio de los operarios se necesita incrementar el tiempo observado según los factores mencionados.

- Necesidades fisiológicas (4%)
- Esfuerzo físico (2%)
- Esfuerzo mental (2%)
- Monotonía (1%)

Estos porcentajes se obtuvieron en base a consultas realizadas a operarios y al supervisor administrativo. En cuanto a las necesidades fisiológicas los operarios pueden realizarlas al cambio de operación dado que el tiempo entre operaciones no es muy extenso. Respecto al esfuerzo físico los materiales o productos no son muy pesados y las distancias en cuanto a los traslados son relativamente cortos.

	OPERACIONES																											
	DESENGRASAR												BAÑAR CON FOSFATO			BAÑO DE PASIVACION			PINTADO						HORNEADO			
TAREAS	Colocar columna de espaldar	Frotar columna de espaldar	Secado columna de espaldar	Colocar pata de silla	Frotar pata de silla	Secar pata de silla	Colocar transversal	Frotar transversal	Secado Transversal	Colocar lateral	Frotar lateral asiento	Secado lateral asiento	Colocar silla	Bañar con reactivo	Secado	Colocar silla	Retirar silla de tina	Sopleteado de silla	Colocar silla en base	Trasladar a camara de pintado	Pintado	Trasladar a horno	Descargar sillas	Encendido de horno	Calentamiento	Curado	Enfriamiento	
N°	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T(S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T (S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	T(S)	
1	14	27	22	18	23	20	15	17	14	14	23	16	32	88	87	16	19	34	35	28	110	40	25	2	45	15	40	
2	13	26	22	17	23	19	15	16	15	13	23	15	32	89	88	15	18	32	36	28	110	40	25	2.1	46	15	40	
3	13	26	21	17	22	19	14	16	15	14	22	14	33	87	88	15	18	32	36	28	111	40	25	1.9	45	15	40	
4	13	25	20	16	22	18	15	17	14	14	23	15	32	88	88	16	19	33	34	29	111	40	25	2	45	15	40	
5	12	24	21	16	22	18	15	17	15	13	22	15	31	88	87	15	19	32	35	29	113	40	25	2	44	15	40	
6	12	25	20	16	21	19	14	16	16	13	22	14	32	88	87	16	18	32	36	28	110	40	25	2	45	15	40	
7	13	24	20	16	21	18	14	16	16	13	23	15	31	89	88	16	18	33	36	28	109	41	24	2.1	45	15	40	
8	13	24	19	15	22	18	14	16	15	14	23	16	32	89	87	15	18	33	34	28	110	41	25	2	45	15	40	
9	12	24	20	16	22	19	15	17	15	14	24	16	32	88	87	15	18	33	34	28	110	40	25	1.9	44	15	40	
10	12	25	20	15	21	19	15	18	14	14	23	15	32	87	87	15	17	30	35	29	110	40	25	2	46	15	40	
11	14	25	19	15	22	18	15	17	15	13	23	15	33	88	87	16	18	31	35	28	111	40	26					
12	13	26	19	15	21	17	15	17	15	13	22	15	32	87	88	15	18	32	35	28	110	40	26					
13	12	25	20	14	21	17	14	16	14	14	22	14	31	88	87	14	19	32	36	27	110	40	25					
14	11	25	21	15	22	18	14	17	15	13	22	14	32	88	87	14	19	32	35	27	110	40	25					
15	12	26	20	13	21	18	13	16	16	12	22	15	31	89	87	15	19	31	35	28	110	39	25					
16	12	26	19	14	21	19	15	16	14	13	23	14	32	88	88	15	19	32	36	28	109	40	25					
17	13	27	19	14	21	18	15	17	14	13	23	16	32	87	87	16	19	32	36	28	109	40	24					
18	13	26	20	15	22	17	14	17	14	12	23	15	32	87	88	15	17	32	34	29	110	40	25					
19	12	25	19	14	21	17	14	16	15	13	22	15	33	87	88	14	18	32	35	28	110	40	25					
20	13	25	19	15	21	18	15	16	15	13	23	14	32	87	87	15	18	32	35	28	109	40	25					
21	11	25	20	15	21	17	14	17	14	13	22	15	31	88	87	15	18	31	35	28	109	39	26					
22	12	26	20	14	20	17	15	17	15	14	22	15	32	88	87	14	18	32	34	27	110	40	26					
23	12	25	21	15	21	18	14	18	15	12	23	14	31	89	87	15	19	32	34	27	110	40	25					
24	13	26	22	15	21	18	14	16	14	12	23	16	32	88	87	16	19	31	34	28	109	40	23					
T. Promedio (Te)	12.50	25.33	20.13	15.21	21.46	18.08	14.46	16.63	14.75	13.17	22.63	14.92	31.88	87.92	87.33	15.13	18.33	32.00	35.00	28.00	110.00	40.00	25.00	2.00	45.00	15.00	40.00	
V. Atribuido	95.00	95.00	95.00	100.00	100.00	100.00	95.00	95.00	95.00	100.00	100.00	100.00	105.00	105.00	105.00	100.00	100.00	100.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
T. Normal (TN)	11.88	24.07	19.12	15.21	21.46	18.08	13.74	15.79	14.01	13.17	22.63	14.92	33.47	92.31	91.70	15.13	18.33	32.00	38.50	30.80	121.00	44.00	27.50	2.00	45.00	15.00	40.00	
% Suplementos	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
T. Concedido (Tt)	12.94	26.23	20.84	16.58	23.39	19.71	14.97	17.22	15.27	14.35	24.66	16.26	36.48	100.62	99.95	16.49	19.98	34.88	41.97	33.57	131.89	47.96	29.98	2.18	49.05	16.35	43.60	
Suavización por Frecuencia	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
T. concedido total (Ttc)	12.94	26.23	20.84	16.58	23.39	19.71	14.97	17.22	15.27	14.35	24.66	16.26	36.48	100.62	99.95	16.49	19.98	34.88	41.97	33.57	131.89	47.96	29.98	2.18	49.05	16.35	43.60	
TIEMPO ESTANDAR	927.37																											

4.8. DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO MEJORADO

EMPRESA:	Permetal del sur E.I.R.L.	RESUMEN									
FECHA:	27/11/2017	ACTIVIDAD				ACTUAL		PROPUESTO			
OBJETIVO:	Representación del proceso general	Operación				○	50			43	
PRODUCTO:	Silla básica	Inspección				□	3			2	
METODO:	Mejorado	Op. Combinada				⊠	1			0	
LUGAR:	Area de Producción	Transporte				⇒	9			4	
PAGINA:	1 de 1	Espera				▷	4			4	
HECHO POR:	Deynis Condori Chire	Almacen				▽	3			1	
REVISADO POR:	Vidal Perca Chavez	Distancia total					23			18	
		Tiempo total					3886.05			2482.13	
OPER.	TAREA	C	D	T	SIMBOLOS						OBS
		(U)	(M)	(S)	○	□	⊠	⇒	▷	▽	
Diseñar	Identificación de características				x						
	Desarmado				x						
	Toma de medidas				x						
Cortar	Selección de material			25.00	x						
	Trazar medidas			60.00	x						
	Cortar			30.00	x						
Doblar	Doblar patas	1 pz		120.00	x						
	Doblar espaldar	1 pz		190.00	x						
	Doblar asiento	1 pz		70.00	x						
	Colocar en alm. Temporal	1 pz	3	15.00	x						
Desengrasar	Colocar columna de espaldar	1 pz		3.24	x						x4 pz
	Frotar columna de espaldar	1 pz		26.23	x						
	Secar columna de espaldar	1 pz		20.84	x						
	Colocar pata de silla	1 pz		4.15	x						x4 pz
	Frotar pata de silla	1 pz		23.39	x						
	Secar pata de silla	1 pz		19.71	x						
	Colocar lateral asiento	1 pz		3.59	x						x4 pz
	Frotar lateral asiento	1 pz		24.66	x						
	Secar lateral asiento	1 pz		16.26	x						
	Colocar transversal asiento	1 pz		2.50	x						x6 pz
	Frotar transversal asiento	1 pz		17.22	x						
	Secar transversal asiento	1 pz		15.27	x						
Taladrar	Taladrado espaldar	1 pz		25.00	x						
	Taladrado lateral asiento	1 pz		45.00	x						
	Taladrado transversal asiento	1 pz		45.00	x						
Soldar	Colocar piezas en machina	1 s		180.00	x						
	Ajustar herramientas	1 s		150.00	x						
	Soldar	1 s		210.00	x						
	Enfriamiento	1 s		45.00	x						
	Verificar soldadura	1 s		55.00	x						
	Lijar salpicaduras de soldadura	1 s		48.33	x						
Bañar con fosfato	Colocar sillas	1 s		12.16	x						x 3
	Bañar con reactivo	1 s		33.54	x						x 3
	Secado	1 s		99.95	x						
Baño de pasivación	Colocar silla en tina	1 s		5.50	x						x3 s
	Retirar silla de tina	1 s		6.66	x						x3 s
	Sopleado de silla	1 s		34.88	x						
Pintar	Encender compresor	1 uni		12.00	x						
	Colocar silla en base	1 s		41.97	x						
	Trasladar a camara	1 uni	4	8.39	x						x 4
	Pintar	1 uni		32.97	x						x 4
	Trasladar a horno	1 uni	3	11.99	x						x 4
	Descargar sillas	1 uni		7.00	x						x 4
Hornear	Encender quemadores	1 q		60.00	x						x 2
	Calentamiento	1 s		112.50	x						x 24
	Curado	1 s		37.50	x						x 24
	Enfriado	1 s		100.00	x						x 24
	Retirar sillas	1 s	1	9.75	x						x4
Ensamblar espaldar	Coger espaldar	1pz		20.00	x						
	Empernar Espaldar	1 pz		105.00	x						
	Pasar estructura	1 s	1	40.00	x						
Ensamblar asiento	Colocar Asiento y silla en mesa	1 pz		30.00	x						
	Empernar asiento	1 pz		140.00	x						
	Traslado a almacen	1 pz	6	30.00	x						

Cuadro 4-19: Economía De Tareas

RESUMEN				
ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA DE TAREAS
Operación	○	50	43	7
Inspección	□	3	2	1
Op. Combinada	◻	1	0	1
Transporte	⇒	9	4	5
Espera	▷	4	4	0
Almacén	▽	3	1	2
Total elementos eliminados				16
Distancia total		23	18	5
Tiempo total		3886.05	2482.13	1403.92

Cuadro 4-20: Tiempos iniciales Vs tiempos estandarizados Óp. Desengrasar

COMPARACION OPERACIÓN DESENGRASADO					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Sujetar columna de espaldar	10	240	Colocar columna de espaldar	3.24	77.66
Frotar columna de espaldar	45	1080	Frotar columna de espaldar	26.23	629.52
Pasar a Operario 2	15	360	Secar columna de espaldar	20.84	500.16
Secar columna de espaldar	35	840	Colocar pata de silla	4.15	99.48
Sujetar pata de silla	9	432	Frotar pata de silla	23.39	561.36
Frotar pata de silla	35	1680	Secar pata de silla	19.71	946.08
Pasar a Operario 2	9	432	Colocar lateral asiento	3.59	86.10
Secar pata de silla	28	1344	Frotar lateral asiento	24.66	591.84
Sujetar lateral asiento	10	240	Secar lateral asiento	16.26	390.24
Frotar lateral asiento	30	720	Colocar transversal asiento	2.50	59.88
Pasar a Operario 2	9	216	Frotar transversal asiento	17.22	413.28
Secar lateral asiento	25	600	Secar transversal asiento	15.27	366.48
Sujetar transversal asiento	8	192			
Frotar transversal asiento	20	480			
Pasar a Operario 2	9	216			
Secar transversal asiento	18	432			
TOTAL	315	9504		177.04	4722.08
DIFERENCIA (SEG)				137.96	4781.92
DIFERENCIA (MIN)				2.30	79.70

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-21: Operaciones eliminadas en soldadura

COMPARACION OPERACIÓN SOLDAR					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Colocar piezas en machina	180	4320.00	Colocar piezas en machina	180	4320
Ajustar herramientas	150	3600.00	Ajustar herramientas	150	3600
Soldar	210	5040.00	Soldar	210	5040
Enfriamiento	45	1080.00	Enfriamiento	45	1080
Verificar soldadura	55	1320.00	Verificar soldadura	55	1320
Almacenamiento	25	600.00	Lijar salpicaduras de soldadura	48.33	1159.92
Lijar Salpicaduras de soldadura	48.33	1159.92		-	-
Arenado	50	1200.00		-	-
Inspección	45	1080.00		-	-
TOTAL	808.33	19399.92		688.33	16519.92
DIFERENCIA (SEG)				120.00	2880.00
DIFERENCIA (MIN)				2.00	48.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-22: Tiempos iniciales Vs tiempos estandarizados baño de fosfato

COMPARACION OPERACIÓN BAÑO DE FOSFATO					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Colocar silla	21	504	Colocar sillas	12.16	291.84
Bañado con reactivo	97.88	2349.12	Bañar con reactivo	33.54	804.96
Secado	90.17	2164.08	Secado	99.95	2398.8
TOTAL	209.05	5017.2		145.65	3495.6
DIFERENCIA (SEG)				63.4	1521.6
DIFERENCIA (MIN)				1.06	25.36

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-23: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados Baño de Pasivación

COMPARACION OPERACIÓN BAÑO DE PASIVACION					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Colocar silla en tina	35	840	Colocar silla en tina	5.5	132
Bañar con agua	60	1440	Retirar silla de tina	6.66	159.84
Retirar silla	40	960	Sopletear de silla	34.88	837.12
Secar con trapo	60	1440		-	-
Despeluzado	20.67	496.08		-	-
transportar a cámara de pintado	50	1200		-	-
TOTAL	265.67	6376.08		47.04	1128.96
DIFERENCIA (SEG)				218.63	5247.12
DIFERENCIA (MIN)				3.64	87.45

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-24: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados O. Pintar

COMPARACION OPERACIÓN PINTADO					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Encender compresor	20	20	Encender compresor	12	12
Colocar ganchos en silla	9.09	436.32	Colocar silla en base	41.97	1007.28
Colgar silla	24.5	588	Trasladar a cámara	8.39	201.36
Pintar	122.17	2932.08	Pintar	32.97	791.28
Descolgar silla	53.83	1291.92	Trasladar a horno	11.99	287.76
Trasladar al horno	56.45	1354.8	Descargar sillas	7	168
Retirar ganchos	29.96	719.04			
TOTAL	316	7342.16		114.32	2467.68
DIFERENCIA (SEG)				201.68	4874.48
DIFERENCIA (MIN)				3.36	81.24

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-25: Tiempos iniciales Vs Tiempos estandarizados O. Hornear

COMPARACION OPERACIÓN HORNEAR					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Encender quemadores	60	180	Encender quemadores	60	180
Calentamiento	210	5040	Calentamiento	112.5	2700
Curado	112	2688	Curado	37.5	900
Enfriado	262.5	6300	Enfriado	100	2400
Retirar silla	25	600	Retirar sillas	9.75	234
Almacén temporal	112.5	900		-	-
TOTAL	782	15708		319.75	6414
DIFERENCIA (SEG)				462.25	9294
DIFERENCIA (MIN)				7.70	154.90

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 4-26: Operaciones eliminadas O. Ensamblar

COMPARACION OPERACIÓN ENSAMBLAR ESPALDAR - ASIENTO					
TAREAS ANTIGUAS	ANTERIOR		TAREAS NUEVAS	MEJORADO	
	POR UNIDAD	X 24 UNIDADES		POR UNIDAD	X 24 UNIDADES
Colocar estructura de silla	40	960.00	Coger espaldar	20	480
Coger espaldar	20	480.00	Empernar Espaldar	105	2520
Empernar espaldar	120	2880.00	Pasar estructura	40	960
Pasar estructura	40	960.00	Colocar Asiento y silla en mesa	30	720
Colocar estructura de silla	40	960.00	Empernar asiento	140	3360
Coger asiento	105	2520.00	Traslado a almacén	30	720
Empernar asiento	30	720.00		-	-
Bajar silla	140	3360.00		-	-
TOTAL	535.00	12840.00		365.00	8760.00
DIFERENCIA (SEG)				170.00	4080.00
DIFERENCIA (MIN)				2.83	68.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

4.9. CAPACIDAD DE PRODUCCION

$$CP = \frac{1}{TS} * TTP$$

Donde:

CP: Capacidad de producción.

TTP: Tiempo total productivo.

TS: Tiempo estándar

El tiempo total productivo está dado por las 8 horas laborales diarias menos las horas no efectivas en las cuales el trabajador usa para preparar sus implementos, tener su charla de seguridad y alguna emergencia. Para ellos asignamos 45 min.

$$TTP = 8 - 0.75 = 7.25 \text{ Hr.}$$

- Capacidad de producción inicial:

$$Cp_{inic.} = \frac{1}{TS} * TTP$$

TS: considerando la mediciones realizadas al método actual el tiempo requerido por un solo trabajador para elaborar una silla es de 3886.05 segundos lo que equivale a 1.08 horas.

$$Cp_{inic.} = \frac{1}{1.08} * 7.25$$

$$Cp_{inic.} = 6.72 \text{ unid}$$

Es decir si un solo trabajador realizara todos los procesos produciría entre 6 a 7 unidades en una jornada laboral. Actualmente en la empresa laboran 4 personas logrando una producción de 24 unidades por jornada.

- Capacidad de producción con estandarización:

$$Cp_{est.} = \frac{1}{T_S} * TTP$$

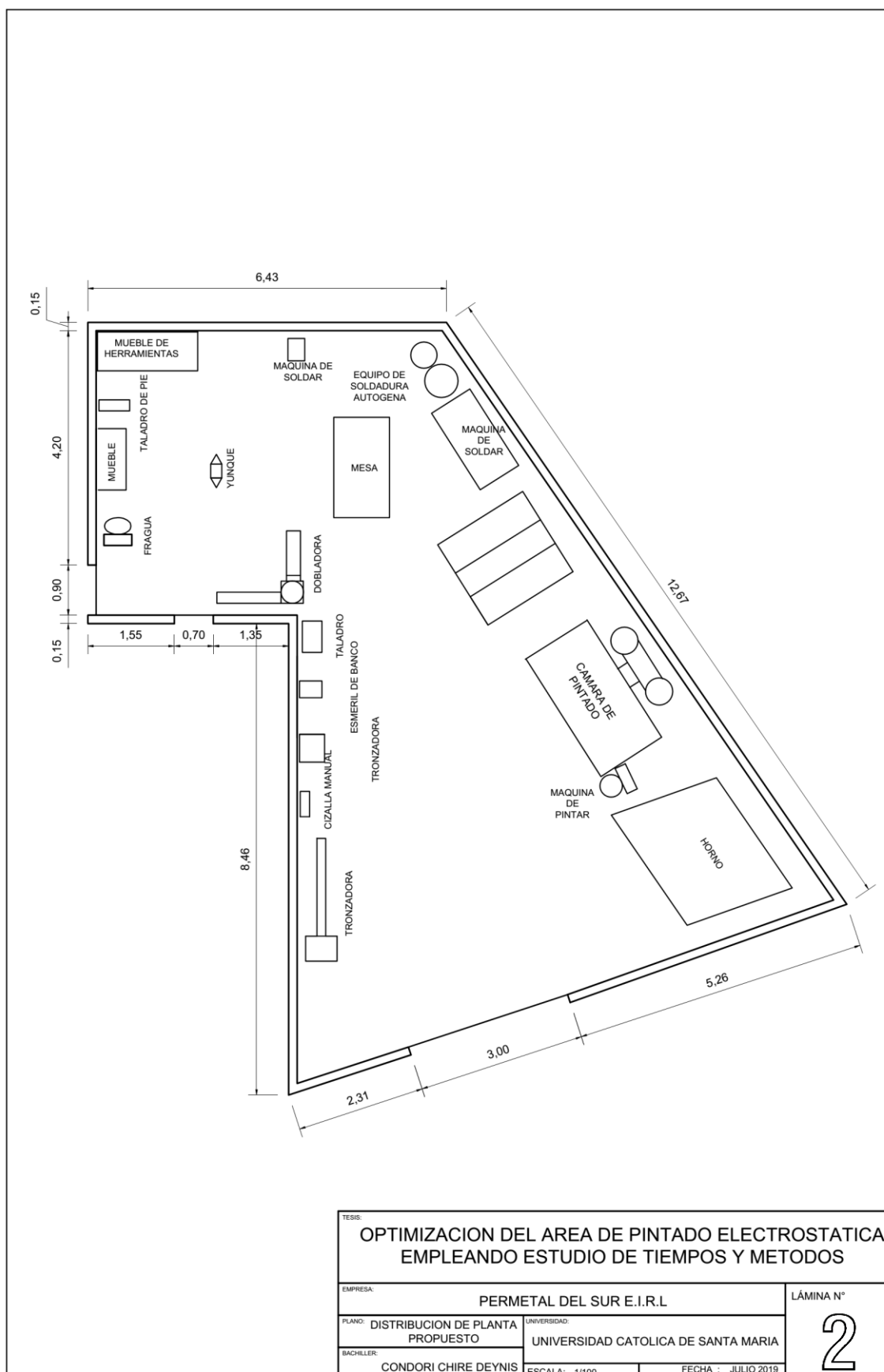
TS: Habiéndose realizado mejoras en el proceso de producción el nuevo tiempo requerido es de 2482.13 segundos equivalente a 0.69 hr/unid

$$Cp_{est.} = \frac{1}{0.69} * 7.25$$

$$Cp_{est.} = 10.52 \text{ unid.}$$

La empresa estaría incrementando su capacidad de producción a 42 unidades por día. Recordar que el objetivo principal de la empresa es reducir costos de producción y al mismo tiempo reducir el tiempo utilizado en la producción de artículos propios para poder usar ese tiempo en brindar el servicio de pintado a terceros.

4.10. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PROPUESTA



CAPITULO V

5. COSTOS Y ANALISIS FINANCIERO

5.1. COSTOS DE MEJORAS

De las opciones propuestas se decidió por la implementación de los tanques de limpieza, las bases de transporte y la modificación al horno.

Cuadro 5-1: Costo de equipos

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tanque de preparación	1	4500	4500
Base de transporte	6	1100	6600
Horno	1	21000	21000
TOTAL			32100

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Estos costos son en su mayor parte lo que cuesta el material dado que el personal de la empresa puede contribuir con mano de obra en la construcción del tanque, la base de transporte y el horno.

5.2. BENEFICIOS OBTENIDOS POR EL AHORRO DE TIEMPO

En los capítulos anteriores se han calculado el tiempo que se requiere para producir una silla, esos cálculos no sirven para calcular la producción total en un día normal de trabajo y con ello calcular en cuanto tiempo se lograría producir la misma cantidad de sillas con las mejoras implementadas. Para posteriormente calcular el ahorro de tiempo y llevarlo a unidades monetarias.

Actualmente 4 empleados producen 24 unidades por día de 7.25 Hr a un ritmo de trabajo de 1.08 unidades/hr. Lo que se refleja en la siguiente formula:

$$Prod.Dia = Cp_i * N Tra.$$

Donde:

Cpi: es la capacidad de producción de un trabajador por día para elaborar una silla

N Tra.: Es el número de trabajadores.

Remplazando: Cpi

$$Prod.Dia = \frac{1}{Ts_i} * TTP * N Tra.$$

Donde:

TTP: tiempo total productivo.

Ts_i: Tiempo estándar actual

$$Prod.Dia = \frac{1}{1.08} * 7.25 * 4.$$

$$Prod.Dia = 26.88 \text{ unid/dia}$$

Como vemos se confirma nuestra producción diaria de 24 unidades.

Ahora necesitamos saber en cuanto tiempo producimos las 24 unidades con las mejoras propuestas para ello despejamos TTP de la fórmula:

$$Prod.Dia = \frac{1}{Ts_m} * TTP_m * N Tra.$$

$$TTP_m = \frac{Prod. Dia}{NTra} * Ts_m$$

$$TTP_m = \frac{24}{4} * 0.69$$

$$TTP_m = 4.14 \text{ hr}$$

TTPm: Es el tiempo total productivo requerido para producir 24 sillas con 4 trabajadores y el tiempo estándar mejorado igual a 0.69 hr/unid.

Ahorro de tiempo: Es la diferencia de tiempo actual con el tiempo requerido mejorado

$$A_t = TTP_i - TTP_m$$

$$A_t = 7.25 - 4.14$$

$$A_t = 3.11 \text{ hr}$$

Con las mejoras propuestas se ahorraría 3.11 hr/día de trabajo. Para valorizar este ahorro en unidades monetarias se compara con el sueldo por hora de los trabajadores del área de operaciones.

Cuadro 5-2: Tiempo ahorrado aplicable a operarios

Año	Semanas/Año	Semanas/Mes	Hr/Semana	Hr/Mes	Salario/Mes	Salario/hr
1	52	4.33	48	208	S/ 1,500.00	S/ 7.21

Salario/hr	Hr ahorradas/día	Ahorro/trabajador	N. de Trabajadores	Total ahorro/Día
S/ 7.21	3.11	S/ 22.43	4	S/ 89.71

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Se laboran 5 días a la semana y son 52 semanas por lo tanto el ahorro anual es de S/.23325.00

5.3. AHORRO ENERGETICO

Las pérdidas de calor en la estructura actual del horno con capacidad de ocho sillas son de 122.09 KW por cada ciclo es decir para cumplir con el lote de 24 sillas, se pierde 366.26 KW. La segunda opción en la cual se hace crecer la capacidad del horno a 24 unidades pero se mantiene la forma inicial en la que se colocaban las sillas (dos niveles) resulta con una pérdida de 207 KW. Por último la opción de nuestro horno propuesto en el cual reacomodamos las sillas en 4 niveles por columna nos permite poder ubicar las 24 sillas en un horno de tamaño intermedio entre el actual y la primera propuesta y su pérdida de calor en su estructura es de 167.55 kW.

Cuadro 5-3: Energía perdida en operación de curado

Alternativa	Capacidad	Numero de ciclos	Perdida Por ciclo (kW)	Pérdida total
Actual	8 sillas	3	122.09	366.26
Propuesta 1	24 sillas	1	207	207
Propuesta 2	24 sillas	1	167.55	167.55

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Cuadro 5-4: Costo anual de gas

HORNO	ENERGIA PERDIDA ANUAL (KJ/Año)	En kg/glp	PRECIO S./KG	VALOR ECONOMICO ANUAL
Actual	993279396.4	19687.22	0.33	6496.78
Propuesta 1	5901.8	5901.81	0.33	1947.59
Propuesta 2	7787.0	7786.99	0.33	2569.70

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro la primera propuesta del horno con tamaño fijo y de 24 unidades es la que menos combustible pierde eso en el caso aplicativo del producto silla, tendría que analizarse los otros productos de la empresa con la finalidad de obtener costos

en conjunto. Debido a esto y a la practicidad que ofrece la segunda propuesta es por ello que se elige la segunda propuesta.

Por lo tanto el ahorro económico sería $6496.76 - 2569.70 = S/.3927.07$

5.4. FINANCIAMIENTO

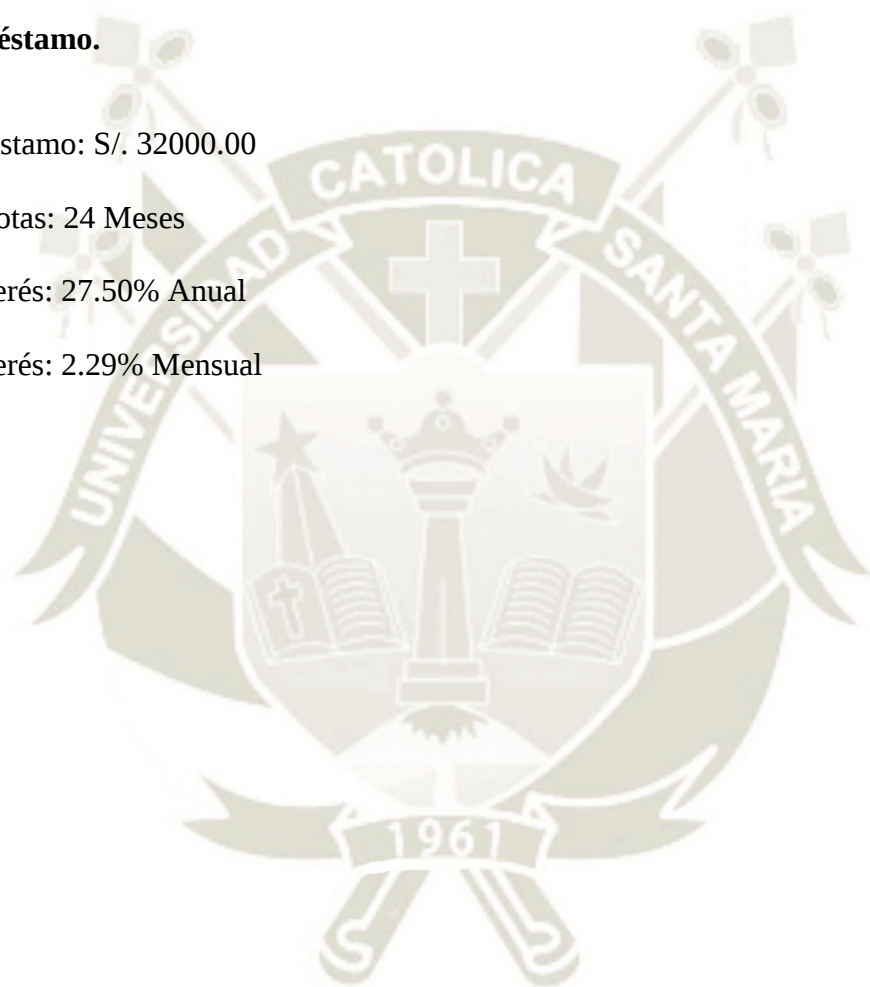
5.4.1. Préstamo.

Préstamo: S/. 32000.00

Cuotas: 24 Meses

Interés: 27.50% Anual

Interés: 2.29% Mensual



Cuadro 5-5: Tabla de amortizaciones

PERIODO	SALDO INICIAL	CUOTA FIJA	INTERES	ABONO A CAPITAL	SALDO FINAL
0					32000
1	32000	S/. 1,748.29	733.33	S/. 1,014.96	S/. 30,985.04
2	30985	S/. 1,748.29	710.07	S/. 1,038.22	S/. 29,946.83
3	29947	S/. 1,748.29	686.28	S/. 1,062.01	S/. 28,884.82
4	28885	S/. 1,748.29	661.94	S/. 1,086.35	S/. 27,798.48
5	27798	S/. 1,748.29	637.05	S/. 1,111.24	S/. 26,687.23
6	26687	S/. 1,748.29	611.58	S/. 1,136.71	S/. 25,550.53
7	25551	S/. 1,748.29	585.53	S/. 1,162.76	S/. 24,387.77
8	24388	S/. 1,748.29	558.89	S/. 1,189.40	S/. 23,198.37
9	23198	S/. 1,748.29	531.63	S/. 1,216.66	S/. 21,981.71
10	21982	S/. 1,748.29	503.75	S/. 1,244.54	S/. 20,737.17
11	20737	S/. 1,748.29	475.23	S/. 1,273.06	S/. 19,464.11
12	19464	S/. 1,748.29	446.05	S/. 1,302.24	S/. 18,161.87
13	18162	S/. 1,748.29	416.21	S/. 1,332.08	S/. 16,829.79
14	16830	S/. 1,748.29	385.68	S/. 1,362.61	S/. 15,467.18
15	15467	S/. 1,748.29	354.46	S/. 1,393.83	S/. 14,073.35
16	14073	S/. 1,748.29	322.51	S/. 1,425.77	S/. 12,647.57
17	12648	S/. 1,748.29	289.84	S/. 1,458.45	S/. 11,189.12
18	11189	S/. 1,748.29	256.42	S/. 1,491.87	S/. 9,697.25
19	9697	S/. 1,748.29	222.23	S/. 1,526.06	S/. 8,171.19
20	8171	S/. 1,748.29	187.26	S/. 1,561.03	S/. 6,610.16
21	6610	S/. 1,748.29	151.48	S/. 1,596.81	S/. 5,013.35
22	5013	S/. 1,748.29	114.89	S/. 1,633.40	S/. 3,379.95
23	3380	S/. 1,748.29	77.46	S/. 1,670.83	S/. 1,709.12
24	1709	S/. 1,748.29	39.17	S/. 1,709.12	S/. 0.00

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

5.4.2. Flujo de caja financiero.

Cuadro 5-6: Flujo de caja financiero

PERIODO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
INVERSION	S/ -32,000.00					
INGRESOS						
Ahorro salario		S/ 23,325.00	S/ 23,558.25	S/ 23,793.83	S/ 24,031.77	S/ 24,272.09
Ahorro consumo GLP		S/ 3,927.07	S/ 3,927.07	S/ 3,927.07	S/ 3,927.07	S/ 3,927.07
EGRESOS						
Estudio de tiempos	S/ -1,631.00					
Intereses		S/ -7,141.34	S/ -7,141.34	S/ -	S/ -	S/ -
FLUJO DE CAJA FINANCIERO	S/ -33,631.00	S/ 20,110.73	S/ 20,343.98	S/ 27,720.90	S/ 27,958.84	S/ 28,199.16

Fuente: Permetal del sur. Elaboración propia.

Tasa para el VPN: 12.5%

Valor presente: VPN: S/52891.83

TIR: 61%



6. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que haciendo un análisis más profundo de las operaciones que se llevan a cabo en el día a día se pueden detectar mejoras en diversos campos al interior de la empresa tales como calidad, seguridad, medio ambiente, planeación. Beneficiándose la empresa y el trabajador.
- Al contar con equipos a medida para un determinado procesos este se vuelve mucho más sencillo facilitando con ello el resto de la cadena productiva. La introducción de la base de transporte interviene en dos subprocesos generando ahorro de tiempo en el de pintado y aprovechamiento de espacio en el horno de curado.
- Con la inversión en nuevos equipos, se puede ahorrar hasta 130 minutos los cuales pueden ser utilizados en realizar la labor de servicio a terceros, así mismo permite mejorar la planificación y cumplimiento con los plazos de entrega pactados con el cliente.
- Se obtuvieron flujos favorables en lo financiero, teniendo en cuenta solo los gastos realizados en la mejora de los procesos y la disminución de costos en los que se incurre en ellos.
- Se tomó como base de análisis el producto silla, a partir de ello se buscaron soluciones y a ello se le agrego las otras variantes tales como otros productos que la empresa produce y la diversidad de objetos pintados cuando se realizó el servicio a terceros de tal modo que la solución sea lo más integral posible. El costo de la mejora se reduce dado a que se aprovecha el conocimiento y habilidad que se tienen a nivel interno de la empresa. El presente trabajo brinda los planos de las mejoras y por parte de la empresa se tiene el personal técnico capaz de fabricar los equipos reduciéndose el costo a los materiales.

- A la empresa le cuesta producir una silla aproximadamente S/. 40.50 tomando en cuenta los gastos en materiales y otros elementos como tiempo de mano de obra. Con las mejoras propuestas se reduce el tiempo de mano de obra en aproximadamente 23 minutos por unidad de igual modo se consigue aprovechar mejor los recursos energéticos reduciendo el costo a S/. 38.50



7. RECOMENDACIONES

- Extender el análisis a las demás operaciones llevadas a cabo en la empresa recordando que todo lo que puede ser medido puede ser mejorado así como la fijación de nuevos objetivos que ayuden a la competitividad.
- Generar un plan estratégico para fortificar a la empresa y que permita mayor difusión del pintado electrostático dado que es un mercado poco conocido. En Arequipa son aproximadamente 6 empresas que cuentan con este proceso.
- Comprender las herramientas necesarias para llevar a cabo el estudio de tiempos de manera exitosa extendiéndola a las demás áreas de la empresa.
- Para incrementar la competitividad de la empresa se hace necesario implementar controles de calidad basados en normas y estándares tales como ISO 2409 en la cual se verifica la adherencia (ASTM 3359), ISO 2813 para medir el brillo, ASTM 2794 ensayo de impacto, pruebas de dureza (ASTM 3363).

8. BIBLIOGRAFIA

Chase Aquilano, R. (2000). *Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios*. México: Mc Graw Hill.

García Criollo, R. (1998). *El estudio del trabajo: Ingeniería de Métodos*. México: Mc Graw Hill.

Maynard, H. (2006). *Manual del Ingeniero industrial*. México: Mc Graw Hill.

Niebel, B. (1998). *Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos* (9 ed.). México: Alfaomega.

Tawfik, L., & Chauvel, A. (1993). *Administración de la producción*. México: Mc Graw Hill.

Incropera, Frank. (2005). *Fundamentos de transferencia de calor*. (6 ed). Editorial Pearson.

Holman, J. P. (1998). *Transferencia de calor*. (8 ed.), Editorial Mc Graw Hill.

Kern, Donald. (1996). *Procesos de transferencia de calor*. (13ª ed.). Editorial Mc Graw Hill.

Cengel, Yunus. (2006). *Termodinámica*. (5ª ed.). Editorial Mc Graw Hill.

Norman, Gaither. (1999). *Administración de producción y operaciones*. 4ª ed. Thompson editores.

Paredes Salinas, Christian (2012). *Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metal – mecánica*. Guayaquil, Ecuador.

Niebel B.W. *Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo*. Ed. Alfaomega. ED. 11º México 2004.

OIT. *Introducción al estudio del trabajo*, 3ª. Ed., Ginebra, Suiza, 1977.

Maynard, H. B., *Manual de la Ingeniería de la Producción Industrial*. Reverté.

Niebel. *Ingeniería Industrial, métodos, tiempos y movimientos*. Alfaomega. 1990.

Barde, Friederich. *El estímulo de la productividad*. Reverté. Barcelona. 1979.

Barnes, M. Ralph. *Estudio de tiempos y movimientos*. Aguilar. 3ª ed. Madrid. 1961.

Krick, E. V. *Ingeniería de métodos*, Limusa, México. 1977.

Top colors SRL. (2018). *Productos y servicios: pinturas en polvo*. Recuperado de <http://topcolorssrl.com/pinturasenpolvo.php>

Aplyrec. (2017). *Noticias: Pintura electrostática composición*. Recuperado de <http://aplicacionesyrecubrimientos.es/pintura-electrostatica-composicion/>

DQ Powder Coatings pintura en polvo. (Sin Fecha). *Tipos de pintura electrostática y sus características*. Recuperado de <http://www.dqpolvo.com/tipos-pintura-electrostatica-caracteristicas/>

CHEMISA S.R.L. (Sin Fecha). *Productos químicos: pretratamientos*. Recuperado de http://www.chemisa.com.ar/productos/pretratamientos/preguntas_2.htm

Metales industriales de Puebla S.A. (2018). *Procesos y servicios: Pintura, electrostática en polvo*. Recuperado de <https://mipsa.com.mx/dotnetnuke/Procesos/Pintura-Electrostatica-en-polvo>

Soldexa. (2018). *Proceso de soldadura MIG/MAG*. Recuperado de <https://www.soldexa.com.pe/soldexa/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-mig-mag.cfm>

Powder tronic. (2018). *Pintura electrostática: características y tipos*. Recuperado de
<http://powdertronic.com/pintura-electrostatica-caracteristicas-y-tipos/>



9. ANEXOS

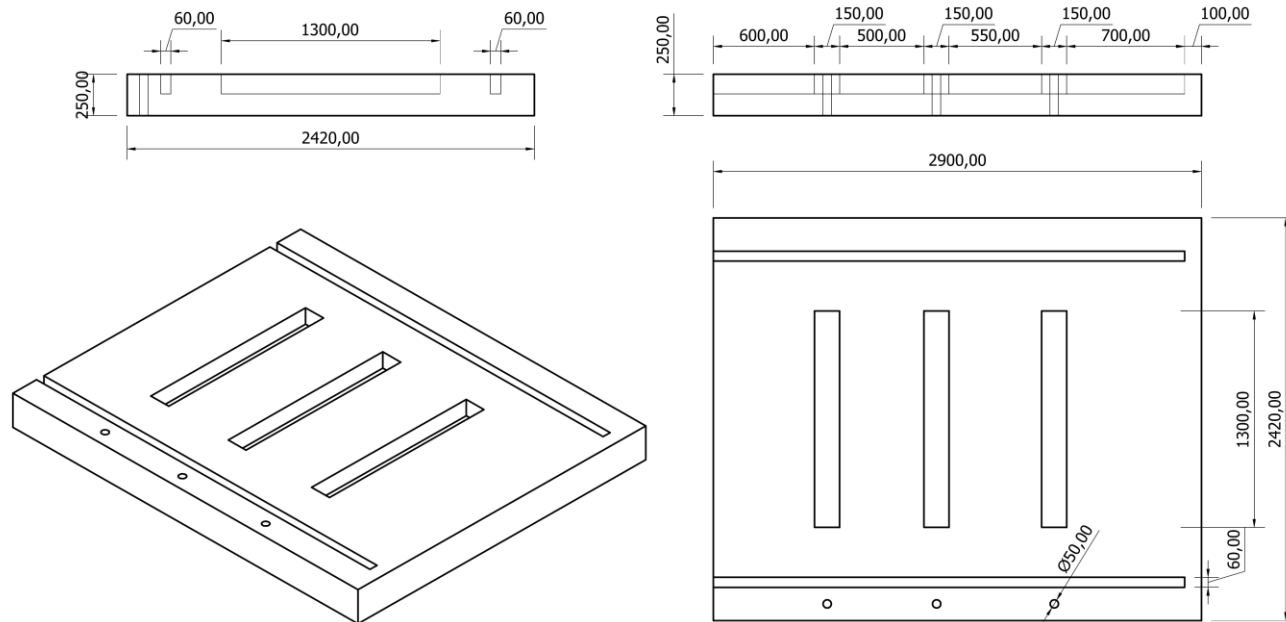
9.1. ANEXO A: FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS

CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN:					
Empresa:			Método:		
Realizado Por:			Revisado por:		
	ACTIVIDADES				
N°	T	T	T	T	T
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
X					

9.2. ANEXO B: CONTROL DE TIEMPO PARA LA OPERACIÓN

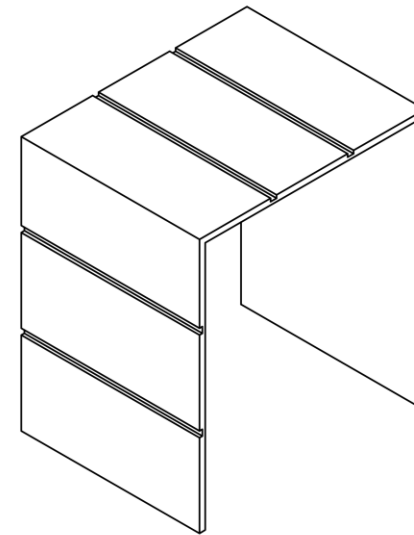
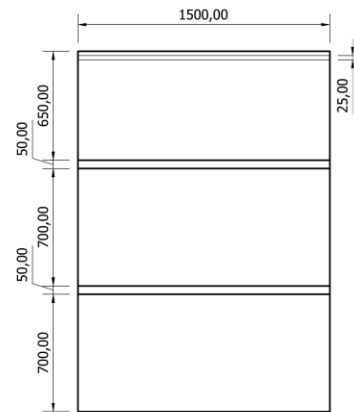
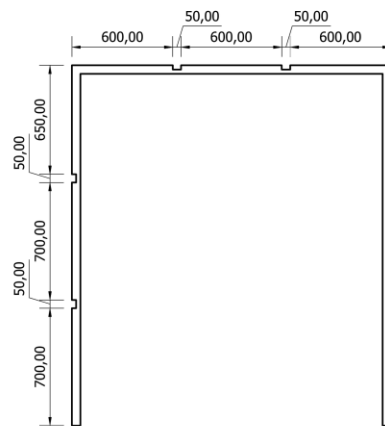
CONTROL DE TIEMPOS PARA LA OPERACIÓN: HORNEADO					
Empresa:			Método:		
Realizado Por:			Revisado por:		
	colocar ganchos (UNID)	ubicar silla (UNID)	encendido - calibrado (LOTE 4UNID)	horneado (LOTE 4 UNID)	enfriado (LOTE 4 UNID)
Nº	T	T	T	T	T
1					
2					
3					
4					
X					

9.3. ANEXO C: PISO DE HORNO



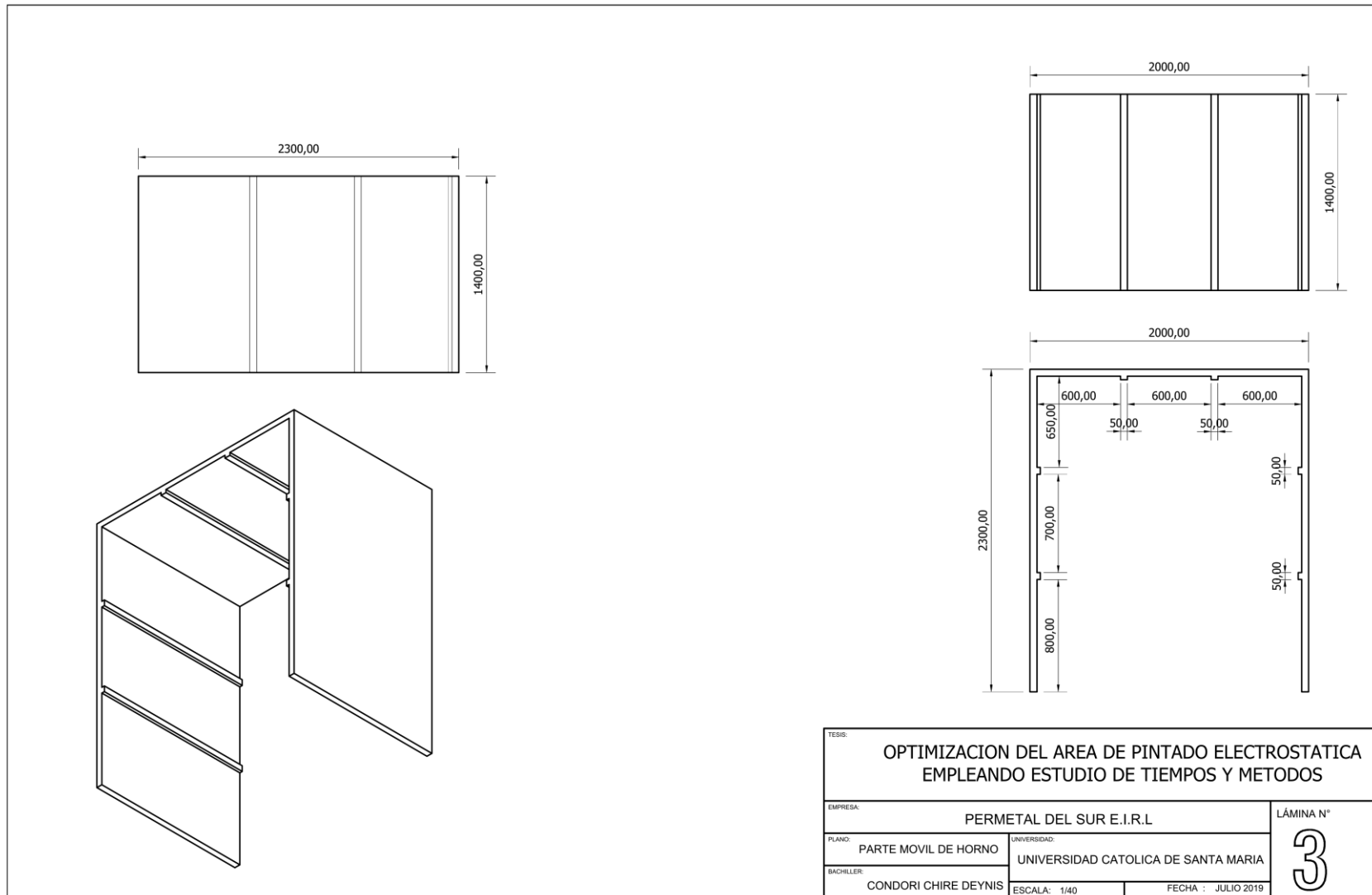
TESIS: OPTIMIZACION DEL AREA DE PINTADO ELECTROSTATICA EMPLEANDO ESTUDIO DE TIEMPOS Y METODOS		
EMPRESA: PERMETAL DEL SUR E.I.R.L		LÁMINA N° 1
PLANO: PISO HORNO	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
BACHILLER: CONDORI CHIRE DEYNIS	ESCALA: 1/40 FECHA : JULIO 2019	

9.4. ANEXO D: PARTE FIJA DE HORNO

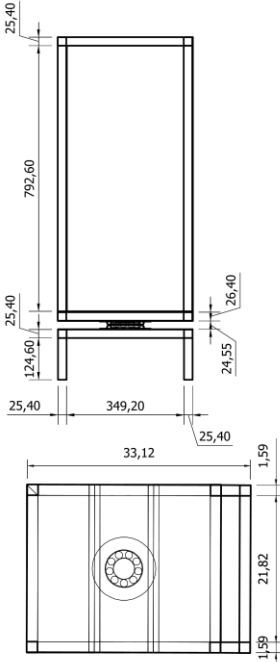
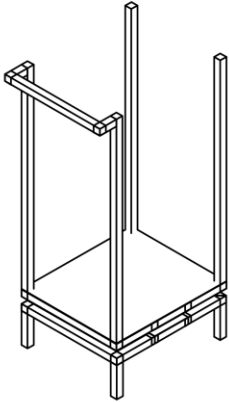
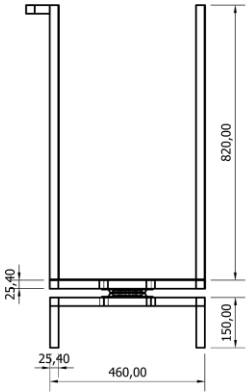


TESIS: OPTIMIZACION DEL AREA DE PINTADO ELECTROSTATICA EMPLEANDO ESTUDIO DE TIEMPOS Y METODOS			
EMPRESA: PERMETAL DEL SUR E.I.R.L			LÁMINA N°
PLANO: HORNO FIJO	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
BACHILLER: CONDORI CHIRE DEYNIS	ESCALA: 1/40	FECHA: JULIO 2019	2

9.5. ANEXO E: PARTE MOVIL DE HORNO

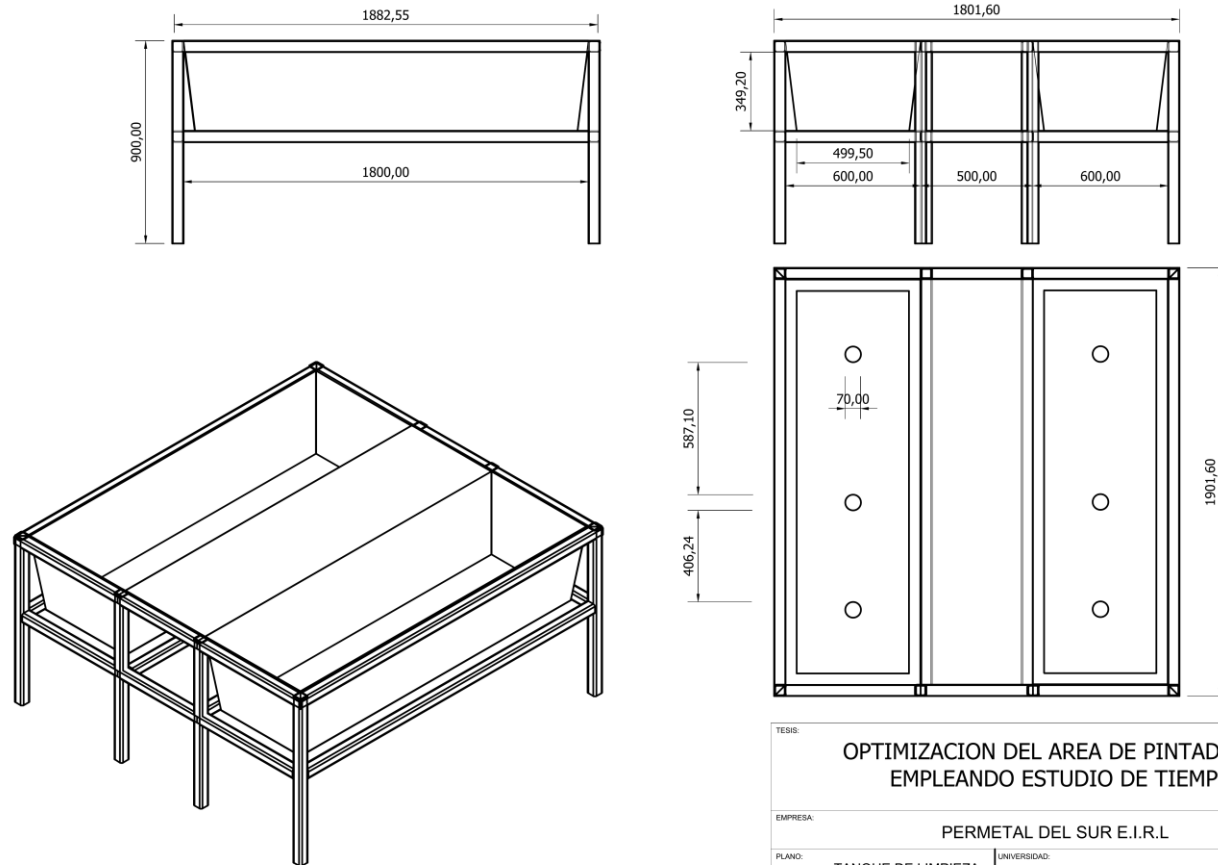


9.6. ANEXO F: BASE DE TRANSPORTE



TESIS: OPTIMIZACION DEL AREA DE PINTADO ELECTROSTATICA EMPLEANDO ESTUDIO DE TIEMPOS Y METODOS			
EMPRESA: PERMETAL DEL SUR E.I.R.L			LÁMINA N° 4
PLANO: CARRO DE TRANSPORTE		UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
BACHILLER: CONDORI CHIRE DEYNIS		ESCALA: 1/20	
		FECHA : JULIO 2019	

9.7. ANEXO G: TINA DE LIMPIEZA



TESIS: OPTIMIZACION DEL AREA DE PINTADO ELECTROSTATICA EMPLEANDO ESTUDIO DE TIEMPOS Y METODOS		
EMPRESA:	PERMETAL DEL SUR E.I.R.L	LÁMINA N°
PLANO:	TANQUE DE LIMPIEZA	5
BACHILLER:	CONDORI CHIRE DEYNIS	
UNIVERSIDAD:		UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
ESCALA: 1/30		FECHA : JULIO 2019

9.8. ANEXO H: CALCULOS ENERGETICOS

CALCULOS ENERGETICOS

Numero de quemadores: 1 unid

Caudal: 0.0032 m³/s

$$q_c = 0.0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

MASA DE COMBUSTIBLE USADA (GAS)

Densidad del gas: 2.201 Kg/m³

$$m_{\text{combustible}} = q_{\text{caudal}} \times \rho_{\text{gas}}$$

$$m_{\text{combustible}} = 0.0070432 \text{ Kg/s}$$

ENERGIA QUE PROVEEN LOS QUEMADORES

PCS (poder calorífico superior del gas): 48186000 KJ/Kg

$$Q_{\text{combustible}} = \text{PCS} \times m_{\text{combustible}}$$

$$Q_{\text{gas}} = 339383.64 \text{ kJ/s Kw}$$

VOLUMEN INTERNO DEL HORNO

L_b: lado de la base 2.3 m

L_h: altura 2.1 m

L_p: profundidad 1 m

$$V_t = 4830 \text{ litros}$$

REQUERIMIENTO DE CALOR A LA CARGA DEL HORNO

Calculo de masas:

	Sillas	Sujetadores	Aire	Ángulos
NUMERO DE UNIDADES	8	16		4
PESO UNIT (Kg)	4.25	0.1		3.4
MASA (Kg)	34	1.6	5.91	13.6
DENSIDAD (Kg/m ³)	7800	7800	1.226	7800
VOLUMEN(m ³)	0.004	0	4.824	0.002
VOLUMEN(LITROS)	4.359	0.205	4823.692	1.744

	Sillas	Sujetadores	Aire	Otros
Calor especifico(KJ/Kg.°C):	0.5	0.5	1.005	0.5
masa(Kg):	34	1.6	5.91	13.6
Temperatura final(°C):	190	190	190	190
Temperatura inicial(°C):	14	14	14	14
qi=	2992	140.8	1046.04	1196.8

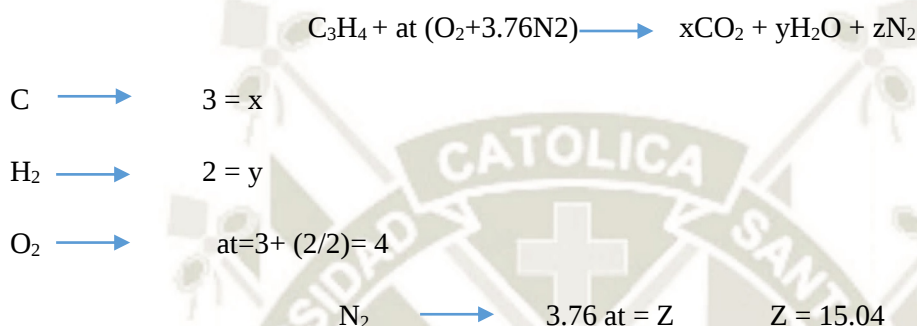
$$q_t = 5375.641217 \text{ KJ}$$

TASA DE TRANSFERENCIA DE CALOR HACIA LA CAMARA DE COMBUSTION

Según su composición química el propano es C_3H_8 y del butano C_4H_{10} . Y su flujo másico es

$$m_{\text{combustible}} = 0.0070432 \text{ Kg/s}$$

Para determinar la tasa de transferencia de calor de la cámara de combustión es necesario la reacción de estequiometria:



Luego la ecuación de estequiometria es:



RELACION AIRE COMBUSTIBLE

Consideraremos una temperatura ambiente de 14°C .

$$AC = \frac{\text{Masa de aire}}{\text{Masa de combustible}} = \frac{(N_{\text{moles aire}} * M_{\text{molar aire}})_{\text{aire}}}{(NM)_C + (NM)_{H_2}}$$

$$AC = \frac{4((2*16) + (3.76*28))}{(12*3) + (1*4)}$$

13.728 kg aire/kg combustible

TEMPERATURA DE LA FLAMA ADIABATICA

Temperatura de la flama del propano

Entalpia: 1980

Sustancia	hf (Entalpia de formación)	Entalpia en estado específico ($\bar{h}$) (287°k)
C3H8	-103850	-
O2	0	8443
N2	0	8432
CO2	-393520	9063
H2O	-241820	9631

SUSTANCIA	h(2253.15°K)
N2	73856
CO2	115984
H2O	95562

$$q_{sal} = \sum N_P (\bar{h}_F + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_P - \sum N_R (\bar{h}_F + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_R$$

$$q_{salida} = 176793.32 \text{ KJ/kmolC3H8}$$

$$4018.030 \text{ KJ}$$

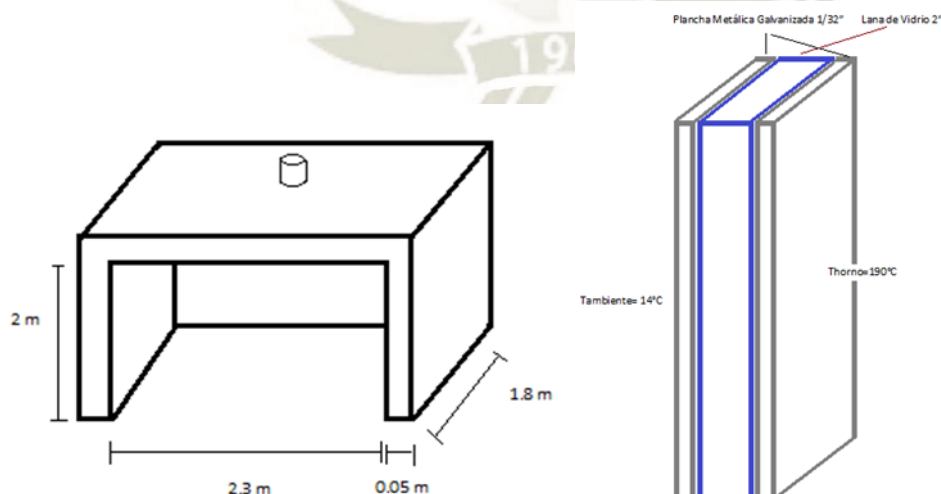
De acuerdo al cálculo 4018.030 KJ de perdida por kg de gas

$$Q_{sal} = m_{combustible} \cdot q_{sal}$$

$$Q_{sal} = 28.30 \text{ KJ/S}$$

E. Perdidas de calor por Conducción – Convección – Radiación.

PERDIDAS EN LAS PAREDES



$$T_{ambiente} = 14^\circ\text{C} \quad 287.15 \text{ }^\circ\text{K}$$

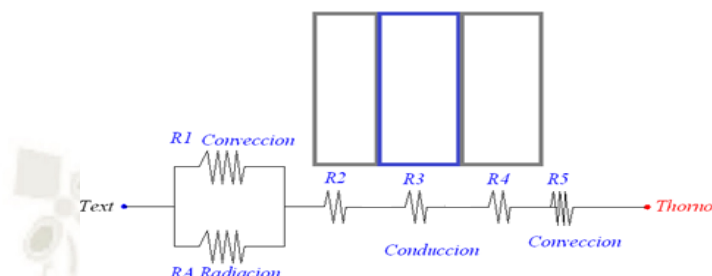
$$T_{horno} = 190^\circ\text{C} \quad 463.15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Plancha Metálica Galvanizada 1/16"

En metros

Lana de Vidrio 2"

En metros 0.0508



CONVECCION EXTERIOR (R1)

$T_{ext} = 64^{\circ}\text{C}$ 337.15°K

$T_{amb} = 14^{\circ}\text{C}$ 287.15°K

PROPIEDADES DEL AIRE

$T_f = (T_{ext} + T_{amb})/2$

$T_f = 39^{\circ}\text{C}$

Propiedades del aire a 312.15°K

$$\beta_1 = 1/T_f$$

$$\beta_1 = 3.20(10^{-03})$$

ρ_1 : Densidad 1.092 kg/m^3

ν_1 : Viscosidad cinemática $1.8\text{E-}06 \text{ m}^2/\text{s}$

k_1 : Conductividad térmica 0.0265 W/m.K

Pr : Número de Prandtl 0.71 uCp/k

g : gravedad 9.8 m/s^2

L : espesor 0.1143 m

Numero de Rayleigh

$$Ra_1 = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\nu_1^2} \cdot Pr$$

$$Ra_1 = 5.4 (10^8)$$

Fórmula para planos y cilindros verticales de acuerdo al número de Rayleigh:

$$Nu = \left(0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$$

$$101.5057088$$

$$h_1 = \frac{k_1 \cdot Nu}{L}$$

$$23.53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$A_{\text{lateral horno}} = b \cdot h$$

$$A_{\text{lateral horno}} = 2.10 \text{ m}^2$$

$$R_1 = 0.02 \text{ K/W}$$

RADIACION RA

$$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$

$$h_r = a_r \cdot C_r$$

Cr: Coeficiente de radiación de la superficie

$$a_r = \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2} \quad (\text{K}^3)$$

ar: Factor de temperatura

$$ar = 1.22(10^8) \text{ K}^3$$

$$Cr = 3.74(10^{-9}) \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$hr_1 = 4.58(10^{-01}) \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$R_A = \frac{1}{h_r \cdot A_{\text{Lateralpared}}}$$

$$RA1 = 1.04 \text{ K/W}$$

$$R_{EQU1} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_A}}$$

$$Requi = 1.98(10^{-02}) \text{ }^\circ\text{K/W}$$

Tener en cuenta que la otra pared lateral cuenta con las mismas características

C) Conducción (R2): plancha de acero

DESCRIPCION DE MATERIAL	ESPESORES (M)	CONDUCTIBILIDAD TERMICA k	CONDUCTIBILID AD TERMICA k
		W/m.°C	W/m.K
Plancha de acero (k_2)	0.0015875	54	47
Lana de vidrio (k_3)	0.0508	0.4	0.035
Plancha de acero (k_4)	0.0015875	54	47

$$R_2 = \frac{L_1}{k_2 \cdot A_{\text{Lateral}}}$$

$$R_2 = 1.40(10^{-05})^{\circ}\text{C/W}$$

$$R_2 = R_4$$

D) Conducción (R3)

Material Lana de vidrio

L_b : lado de la base 2.3 m

L_h : altura 2.1 m

L_p : profundidad 1 m

e) Convección interior (R5)

Propiedades del aire: 190 °C (463 K)

ρ_2 : Densidad 0.7833 kg/m³

V_2 : Viscosidad cinemática $3.17(10^{-05})\text{m}^2/\text{s}$

K_5 : Conductividad térmica $3.71(10^{-02})\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$

α : Difusividad térmica $4.22(10^{03})\text{m}^2/\text{s}$

Pr : Número de Prandtl 0.683

$$B_2 = 2.16 (10^{-03})^{\circ}\text{K}^{-1}$$

$$Ra_2 = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L_4^3}{\nu^2} \cdot Pr$$

$$R_A = 3.15 (10^{02}) \text{K/W}$$

Fórmula para planos y cilindros verticales de acuerdo al número de Rayleigh:

$$Nu = \left(0,825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2$$

$$Nu = 2.78511$$

$$h_1 = \frac{k_1 \cdot Nu}{L}$$

$$h_1 = 0.585 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$A_{\text{lateral horno}} = b \cdot h$$

$$A_{\text{lateral horno}} = 2.10 \text{ m}^2$$

$$R_1 = R_{\text{aire}} = \frac{1}{h_1 \cdot A}$$

$$R_5 = 0.81 \text{ K/W}$$

Sumatoria resistencia de paredes laterales:

$$R_{t \text{ laterales}} = (\text{res. equiparalelo} + \text{res. chapa} + \text{res. fibra} + \text{res. chapa} + \text{res. convección}) \cdot 2$$

$$R_{t \text{ laterales}} = 1.79 \text{ K/W}$$

CALCULO PARA LA PARED POSTERIOR Y LA PUERTA.

Ambas estructuras tienen los mismos componentes que las paredes laterales por lo tanto el proceso de cálculo es el mismo que para las paredes laterales.

Lo que varía son las medidas usadas

$$L_b: \text{lado de la base} \quad 2.3 \text{ m}$$

$$L_h: \text{altura} \quad 2.1 \text{ m}$$

$$L_p: \text{profundidad} \quad 1 \text{ m}$$

Para el cálculo de las paredes usábamos como área lateral la profundidad y la altura, ahora para el cálculo de la pared posterior y puerta usamos el lado de la base y la altura. Igualmente para el cálculo del área del techo se usará el lado de la base por la profundidad.

Luego se suma todos los calores perdidos

Resultando:

$$Q_1 = \sum \text{Perdido} = 366.26 \text{ KW/S}$$

TIEMPO DE REVENIDO

Procedemos a calcular el tiempo de revenido teórico que necesitan las sillas

$$t_{\text{Calentamiento}} = \frac{q_r}{Q_{\text{Combustible}}}$$

$$T_{\text{cal}} = \frac{5462.92}{94.27}$$

$$94.27$$

$$T_{\text{calentamiento}} = 57.94768396 \text{ min} \cdot 3$$

$$173.8430519 \text{ min}$$

$$q_{\text{per}} = \frac{366.26 \text{ KJ}}{\text{s}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 21975.6 \text{ KJ/min}$$

$$q_{\text{per}} = 21975.60 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} \cdot 173.8430519 \frac{\text{min}}{\text{día}} = 3820305.37 \text{ KJ/Día}$$

$$g_{\text{per}} = 3820305.37 \frac{\text{KJ}}{\text{Día}} \cdot 260 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 993279396 \text{ KJ/Año}$$

El poder calorífico del GLP es 50453 KJ/Kg

$$\begin{array}{lcl} \text{kJ} & & \text{kg} \\ 50453 \text{ KJ} & & 1 \\ 993279396.45 & & \times \\ X = 19687.2217 & & \text{kg} \end{array}$$

Cada bombona de gas contiene 10 Kg Cuesta S/. 30

Es decir cada kg de glp 0.333333333

Gasto en glp perdido= 6562.407233 al año

Se procede a realizar los cálculos de la misma manera para las otras dos propuestas.