



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK  
MAIGUA”**

#### **AUTORES:**

Maigua Guanoluisa Milton Rene

Obando Arequipa Diego Michael

#### **TUTOR:**

Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

Latacunga – Ecuador

2019



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, MAIGUA GUANOLUISA MILTON RENE y OBANDO AREQUIPA DIEGO MICHAEL, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación, “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA”, siendo el Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Maigua Guanoluisa Milton Rene  
C.I. 050347174-9

Obando Arequipa Diego Michael  
C.I. 050418694-1



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

### AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA”**, de **MAIGUA GUANOLUISA MILTON RENE** y **OBANDO AREQUIPA DIEGO MICHAEL**, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2019

.....  
Tutor del Proyecto de Investigación

Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

C.I. 171676037-4



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes, **MAIGUA GUANOLUISA MILTON RENE** y **OBANDO AREQUIPA DIEGO MICHAEL** con el título de Proyecto de titulación: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto se autoriza realizar los empastados correspondientes según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. MSc. Milton Eduardo Herrera Tapia  
C.I. 0501503312

Lector 2

Ing. MSc. Angel Marcelo Tello Condor  
C.I. 050151855-9

Lector 3

Ing. MSc. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña  
C.I. 1719310508



*"Honrando lo Mejor"*

---

**AVAL DE LA EMPRESA DEREK MAIGUA**

Latacunga - Ecuador

Sr: José Augusto Maigua Cando  
Gerente Propietario  
EMPRESA DEREK MAIGUA  
Presente.-

En calidad de propietario de la empresa DEREK MAIGUA, certifico que el Proyecto de Investigación con el título "OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA" llevado a cabo por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi: Maigua Guanoluisa Milton Rene y Obando Arequipa Diego Michael, de la carrera de Ingeniería Industrial.

Declaro conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del proyecto investigativo, estando conforme con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo doy fe del presente para su correspondiente estudio.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi

**Gerente Propietario**  
José Augusto Maigua Cando

C.I. 050160812-9

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme salud, vida y por llenarme de bendiciones cada día, ya que sin la mano de Dios no podría haber llegado a estas etapas finales de mi vida profesional. Igualmente deseo agradecer a mi familia, a mis Padres por llenarme de consejos, sabiduría de humildad, ellos son mis pilares fundamentales en mi vida. Así mismo, agradezco infinitamente a mi hermanos que por medio de sus concejos y su ayuda económica me permitió seguir en este camino y soñar con ese momento de realizar este trabajo que me permitirá tener mi título de profesional. Sin pasar por alto deseo agradecer a mis Cuñados/a. A la familia de mi esposa por brindarme su apoyo. A mi prima por su ayuda incondicional. Y a cada una de las personas que con su ayuda me permitieron que mi sueño de ser un ingeniero industrial se pueda plasmar en toda una realidad. A los Ingenieros de mi facultad que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos y concejos hoy puedo sentirme feliz y realizado. Esto también A mis amigos que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con mucho empeño, dedicación. Agradezco a nuestro tutor Ing. MSc. Benjamín Chávez por su grande ayuda como guía, apoyándonos para culminar el presente proyecto.

**Milton**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme las fuerzas, sabiduría y permitirme llegar a estas instancias de mi vida. A mi Esposa, por brindarme su apoyo incondicional en todo este tiempo en las dificultades y prosperidades en nuestra vida familiar en las largas noches, madrugadas que sobre llevo junto a mí y de mi hijo. A mi Hijo que con sus travesuras, me permitió tener una sonrisa en esos momentos de estrés. Y darme ánimo, fuerzas de seguir en este camino difícil que es ser estudiante y pilar fundamental de un hogar. A mis Padres pilares fundamentales en mi vida. Hermanos me brindan cariño, ayuda, consejos, apropiados en esta meta de mi vida. Cuñados/a, me ayudan directamente en mi camino familiar. Prima es mi ayuda incondicional en momentos de problemas en mi facultad.

**Milton**

## **AGRADECIMIENTO**

Por el apoyo incondicional quiero extender mis más sinceros agradecimientos a Dios por darme la vida y sabiduría para culminar con mis estudios universitarios, porque me dio la oportunidad de crecer con una familia que me ama y me apoya, por sus bendiciones que me han dado para cumplir este sueño tan anhelado.

A mis queridos padres Olmedo Obando y Lucinda Arequipa por el esfuerzo extraordinario que han puesto por darme lo necesario, por sus consejos su apoyo incondicional en todo momento palabras de aliento, y esfuerzo realizado para brindarme una educación de calidad.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, por haberme acogido en sus aulas, a los docentes que han transmitido sus conocimientos y enseñanzas, durante mi permanencia en esta institución, a mis amigos con los que compartí grandes momentos a lo largo de mi carrera, gracias por la paciencia la confianza y el apoyo que depositaron en mí, gracias infinitas por ser parte de mi vida.

A nuestro tutor y amigo el Ing. MSc. Benjamín Chávez, por ser la persona quien nos supo guiar en este trabajo de investigación, y a su vez con sus buenos consejos siempre nos brindó una palabra de aliento para no rendirnos en el camino.

**Diego**

## **DEDICATORIA**

Con toda la humildad de mi corazón dedico este proyecto de investigación a lo mejor que me dio la vida, mis padres Sr. Olmedo Obando y Sra. Lucinda Arequipa quienes me enseñaron a luchar por lo que se quiere con esfuerzo y dedicación, estoy eternamente agradecido por los valores que me inculcaron desde pequeño y todo el amor que siempre me han brindado. A mis hermanos que con su cariño me han impulsado a salir adelante de los momentos difíciles, es maravilloso saber que puedo contar con ustedes ya que me dan la fuerza para seguir en adelante ¡los amo!

**Diego**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TEMA:** “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA”

### **AUTORES:**

Maigua Guanoluisa Milton Rene

Obando Arequipa Diego Michael

### **RESUMEN**

La empresa DEREK MAIGUA ubicada en la ciudad de Latacunga, parroquia Ignacio Flores, barrio Bethemitas se dedica a la elaboración de cocinas industriales, hornos de pan, asaderos de pollos, puertas automáticas, ser servís. La mayor parte de los procesos se lo realiza de manera artesanal, por lo que no cuenta con un proceso de pintura adecuado produciendo altos tiempos de secado de la pintura en las cocinas industriales, además el tiempo se ve afectado por las condiciones climáticas propias del sector. En consecuencia la producción es afectada por dichos factores de manera significativa, debido a que los tiempos de secado de pintura líquida a partir de su aplicación sobrepasan las 18 horas. El objetivo de este proyecto es optimizar el proceso de pintura líquida a uno de pintura en polvo, diseñando una cabina de aplicación de pintura para el secado, por medio de un horno de convección forzada a gas licuado de petróleo, el cambio de pintura genera ventajas, la más importante es el curado la pintura. Con el cambio de pintura se pretende reducir los tiempos de secado de las cocinas industriales, ya que el proceso de optimización disminuye el tiempo de espera de 18 horas a 54 minutos que dura el proceso total de curado 180°C – 200°C. Con el cambio del proceso de pintura el incremento de la productividad es significativa pasando a una producción de 10 cocinas cada día, a 14 cada día cocinas representando un incremento de producción del 40% para la empresa. Por medio de la simulación se determina la reducción del tiempo de secado en un 95%. El cambio total del proceso de pintura, optimiza el tiempo de curado de las cocinas industriales en la empresa DEREK MAIGUA.

**PALABRAS CLAVES:** Pintura Líquida, Pintura en Polvo, Tiempos, Optimización, Curado

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **THEME: “PAINTING OPTIMIZATION PROCESS AT DEREK MAIGUA FACTORY”**

#### **AUTHORS:**

Maigua Guanoluisa Milton Rene

Obando Arequipa Diego Michael

#### **ABSTRACT**

DEREK MAIGUA factory is located Latacunga city, Ignacio Flores parish, Bethemitas neighborhood, it is dedicated to the industrial stoves, bread ovens, broilers, automatic doors, and serving elaboration. Most of the processes are done in an artisanal way, so it does not have an adequate painting process producing high drying times of the paint in industrial stoves, in addition time is affected by the area climatic conditions. Consequently, production is significantly affected by these factors, because the drying times of liquid paint after its application exceed 18 hours. To optimize the process of liquid paint to one of powder paint was the main objective of this project, by designing a paint application booth for drying, by means of a convection oven forced to liquefied petroleum gas, the change of paint generates advantages, and the most important is the curing paint. With the change of paint, it is intended to reduce the drying times of industrial stoves, since the optimization process decreases the waiting time from 18 hours to 54 minutes that the total curing process lasts 180 ° C - 200 ° C. With the change in the painting process, the increase in productivity is significant, moving to a production of 10 stoves every day, to 14 every day stoves representing a 40% increase in production for the factory. By means of simulation, the reduction of the drying time is determined by 95%. The total change of the painting process optimizes the curing time of the industrial stoves in the DEREK MAIGUA factory.

**KEYWORDS:** Liquid Paint, Powder Paint, Times, Optimization, Curing

*AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del Resumen de Tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada: **MAIGUA GUANOLUISA MILTON RENE** y **OBANDO AREQUIPA DIEGO MICHAEL**, cuyo título versa **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA EN LA EMPRESA DEREK MAIGUA”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,



---

Msc. Lidia Rebeca Yugla Lema  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 050265234-0

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE LA EMPRESA DEREK MAIGUA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
AVAL DE INGLES .....	xii
ÍNDICE GENERAL.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxi
NOMENCLATURA.....	xxii
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4.1 Los beneficiarios directos.....	4
4.2 Los beneficiarios indirectos.....	4
5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
5.1 Situación problemática .....	4

5.2 Planteamiento del problema .....	5
6 OBJETIVOS .....	5
6.1 Objetivo general .....	5
6.2 Objetivos específicos.....	5
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	8
8.1 La pintura .....	8
8.1.1 Componentes de la pintura .....	8
8.1.2 Tipos de pintura .....	9
8.2 Proceso de pintura .....	9
8.2.1 Preparación de las superficies a ser pintadas .....	10
8.2.2 Aplicación de pintura sobre las superficies .....	10
8.2.3 Curado de la pintura.....	11
8.2.4 Hornos de pintura .....	11
8.2.5 Tipos de hornos de pintura .....	12
8.3 Secado de la pintura .....	14
8.3.1 Pruebas de calidad del pintado .....	15
8.4 Pintura electrostática .....	16
8.5 Uso de la pintura electrostática .....	16
8.6 Aplicación de la pintura electrostática .....	18
8.7 Desengrasado.....	19
8.8 Fosfatado .....	19
8.8.1 Pasos a seguir para el fosfatado .....	21
8.9 Secado .....	21
8.10Pintado.....	22
8.11Hornos de pintura electrostática .....	22

8.11.1 Hornos de convección por resistencias eléctricas.....	23
8.11.2 Hornos por paneles infrarrojos .....	24
8.11.3 Hornos de convección forzada a gas .....	25
8.12 Ensayos de pruebas de pintado.....	26
8.12.1 Medición de espesor .....	26
8.12.2 Adhesión.....	28
8.12.3 Dureza.....	28
8.12.4 Prueba de dureza con lápiz (ASTM D 3363).....	29
8.12.5 Evaluación de la adhesión .....	29
<b>9 PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....</b>	<b>30</b>
9.1 Variable dependiente .....	30
9.2 Variable independiente.....	30
<b>10 METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>30</b>
10.1 Métodos de investigación.....	30
10.1.1 Método hipotético - deductivo.....	30
10.1.2 Método inductivo - deductivo.....	30
10.2 Tipos de investigación.....	30
10.2.1 Investigación de campo .....	30
10.2.2 Investigación descriptiva .....	31
10.3 Técnica de investigación .....	31
10.3.1 La observación.....	31
10.3.2 La encuesta .....	31
<b>11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
11.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1 .....	32
11.1.1 Analizar la situación actual de la empresa y el proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.....	32
11.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2 .....	41

11.2.1 Identificar las diferentes alternativas para optimizar el proceso de pintado.....	41
11.3OBJETIVO ESPECIFICO 3 .....	46
11.3.1 Diseñar un sistema optimizado de preparación de superficies, aplicación de pintura, y curado de pintura. ....	46
11.4Objetivo 4.....	89
11.4.1 Simular la línea de producción actual vs el proceso propuesto. ....	89
11.5Objetivo 5.....	103
11.5.1 Determinar los costos de materiales para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado de cocinas industriales. ....	103
<b>12 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS.</b> .....	113
<b>13 PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:</b> .....	114
<b>14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	115
<b>15 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	117
<b>16 ANEXOS</b> .....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Sistema de tareas con relación a los objetivos .....	6
<b>Tabla 2:</b> Población y muestra. ....	31
<b>Tabla 3:</b> Localización .....	32
<b>Tabla 4:</b> Producción semanal.....	35
<b>Tabla 5:</b> Técnicas de limpieza .....	44
<b>Tabla 6:</b> Técnicas de aplicación de pintura .....	45
<b>Tabla 7:</b> Tipos de hornos de curado .....	45
<b>Tabla 8:</b> Calidad de pintura poliéster industrial .....	51
<b>Tabla 9:</b> Tabla de valores .....	57
<b>Tabla 10:</b> Balance de Energía.....	59
<b>Tabla 11:</b> Poder calorífico .....	60
<b>Tabla 12:</b> Proceso de preparación de los modulares. ....	89
<b>Tabla 13:</b> Tiempo estimado en aplicar la pintura base. ....	89
<b>Tabla 14:</b> Tiempo estimado en aplicar la pintura acabado .....	90
<b>Tabla 15:</b> Tiempo de secado de la pintura base y acabado.....	90
<b>Tabla 16:</b> Tiempo del proceso de preparación de superficies. ....	92
<b>Tabla 17:</b> Tiempo del proceso de aplicación de pintura en superficies.....	92
<b>Tabla 18:</b> Tiempo de curado de la pintura en los modulares.....	93
<b>Tabla 19:</b> Tiempo de curado de los modulares.....	93
<b>Tabla 20:</b> Comparación proceso actual vs proceso propuesto.....	98
<b>Tabla 21:</b> Costo de Materiales .....	103
<b>Tabla 22:</b> Costo de fabricación.....	104
<b>Tabla 23:</b> Costo de Equipos.....	104
<b>Tabla 24:</b> Costos directos. ....	104
<b>Tabla 25:</b> Costo total de la inversión.....	105
<b>Tabla 26:</b> Depreciación.....	105
<b>Tabla 27:</b> Cantidad de materiales en el proceso de pintado. ....	106
<b>Tabla 28:</b> Área de los modulares. ....	106
<b>Tabla 29:</b> Rendimiento de la pintura .....	106
<b>Tabla 30:</b> Consumo de energía .....	107
<b>Tabla 31:</b> Costo total de operación actual. ....	107
<b>Tabla 32:</b> Costo de la pintura poliéster.....	108

<b>Tabla 33:</b> Área de los modulares .....	108
<b>Tabla 34:</b> Costos del GLP .....	109
<b>Tabla 35:</b> Consumo de energía en el proceso optimizado.....	109
<b>Tabla 36:</b> Costo total del proceso optimizado .....	110
<b>Tabla 37:</b> Costos de ventas .....	111
<b>Tabla 38:</b> Piezas fabricadas al mes después de la propuesta.....	111
<b>Tabla 39:</b> Tabla de piezas fabricadas mensual .....	112
<b>Tabla 40:</b> Comparación anual del gasto actual vs costo del proyecto optimizado.....	112
<b>Tabla 41:</b> Tabla de pagos.....	112
<b>Tabla 42:</b> Presupuesto para la elaboración del proyecto .....	114

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Dureza de secado por evaporización de disolventes .....	14
<b>Ilustración 2:</b> Pintado electrostático.....	18
<b>Ilustración 3:</b> Desengrasado de piezas .....	19
<b>Ilustración 4:</b> Fosfatado por inmersión .....	20
<b>Ilustración 5:</b> Secado de piezas metálicas.....	21
<b>Ilustración 6:</b> Pintado electrostático.....	22
<b>Ilustración 7:</b> Resistencia de horno .....	23
<b>Ilustración 8:</b> Hornos infrarrojos.....	24
<b>Ilustración 9:</b> Horno de convección forzada .....	25
<b>Ilustración 10:</b> Medidor de espesor de película húmeda.....	27
<b>Ilustración 11:</b> Medidor de espesor de pintura seca.....	27
<b>Ilustración 12:</b> Medidor de adherencia .....	28
<b>Ilustración 13:</b> Durómetro de lápices .....	29
<b>Ilustración 14:</b> Sello de la empresa Derek Maigua .....	33
<b>Ilustración 15:</b> Diagrama de flujo del proceso actual .....	34
<b>Ilustración 16:</b> Distribución de la planta actual .....	37
<b>Ilustración 17:</b> Diagrama de flujo de procesos actual.....	38
<b>Ilustración 18:</b> Diagrama De Procesos Actual .....	39
<b>Ilustración 19:</b> Planimetría de la empresa Derek Maigua.....	40
<b>Ilustración 20:</b> Desoxidsec 50.....	46
<b>Ilustración 21:</b> Dimensiones requeridas.....	48
<b>Ilustración 22:</b> Cabina de aplicación de pintura.....	49
<b>Ilustración 23:</b> Dimensiones de la cabina de aplicación de pintura.....	49
<b>Ilustración 24:</b> Tubo cuadrado de (25x25x1.5mm) .....	50
<b>Ilustración 25:</b> Curva De Curado .....	51
<b>Ilustración 26:</b> Equipo Manual Prima Sprint Corona O Tribo .....	53
<b>Ilustración 27:</b> Condiciones Aire - Combustible .....	56
<b>Ilustración 28:</b> Pared del horno de curado .....	62
<b>Ilustración 29:</b> Resistencias térmicas en las paredes del horno .....	64
<b>Ilustración 30:</b> Resistencia térmica en el techo del horno .....	71
<b>Ilustración 31:</b> Resistencia térmica en el piso.....	77
<b>Ilustración 32:</b> Diagrama del proceso actual.....	91

<b>Ilustración 33:</b> Diagrama del proceso propuesto .....	94
<b>Ilustración 34:</b> Proceso de simulación actual.....	95
<b>Ilustración 35:</b> Datos de la simulación actual .....	96
<b>Ilustración 36:</b> Proceso de simulación del proceso optimizado.....	97
<b>Ilustración 37:</b> Datos de la simulación optimizada.....	97
<b>Ilustración 38:</b> Distribución de la planta propuesta .....	99
<b>Ilustración 39:</b> Diagrama de flujo de procesos propuesto.....	100
<b>Ilustración 40:</b> Diagrama de operaciones propuesto.....	101
<b>Ilustración 41:</b> Diagrama de operaciones propuesto del proceso de pintura. ....	102

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Balance químico .....	55
<b>Ecuación 2:</b> Ecuación estequiométrica del GLP .....	56
<b>Ecuación 3:</b> Alfa estequiométrico .....	57
<b>Ecuación 4:</b> Exceso de aire.....	58
<b>Ecuación 5:</b> Balance de energía.....	59
<b>Ecuación 6:</b> Cantidad de calor.....	61
<b>Ecuación 7:</b> Masa .....	62
<b>Ecuación 8:</b> Gravedad relativa.....	63
<b>Ecuación 9:</b> Masa del aire en el interior .....	63
<b>Ecuación 10:</b> Resistencia por convección .....	65
<b>Ecuación 11:</b> Resistencia por radiación.....	65
<b>Ecuación 12:</b> Coeficiente de radiación .....	65
<b>Ecuación 13:</b> Resistencia Equivalente.....	66
<b>Ecuación 14:</b> Resistencia por Conducción .....	66
<b>Ecuación 15:</b> Número de Raleigh.....	68
<b>Ecuación 16:</b> Número de Nusselt .....	68
<b>Ecuación 17:</b> Coeficiente de convección.....	69
<b>Ecuación 18:</b> Resistencia total del sistema.....	70
<b>Ecuación 19:</b> Coeficiente global de transferencia de calor .....	71
<b>Ecuación 20:</b> Tasa de calor.....	71
<b>Ecuación 21:</b> Temperatura media.....	82
<b>Ecuación 22:</b> Número de Reynolds .....	83
<b>Ecuación 23:</b> Número de Nusselt promedio para flujo cruzado.....	83
<b>Ecuación 24:</b> Número de Nusselt para convección forzada.....	84
<b>Ecuación 25:</b> Tasa de calor perdido en un cilindro .....	84
<b>Ecuación 26:</b> Calor total necesario .....	85
<b>Ecuación 27:</b> Calor a impartir al ambiente .....	85
<b>Ecuación 28:</b> Diámetro Hidráulico.....	86
<b>Ecuación 29:</b> Número de Nusselt .....	87
<b>Ecuación 30:</b> Velocidad del aire.....	88
<b>Ecuación 31:</b> Velocidad del ventilador .....	88

## NOMENCLATURA

$\alpha^{ST}$ : Beta estequiometrica  
 $C_{p_{pi}}$  Calor especifico del acero negro  
 $h_{int}$ : Coeficiente de convección dentro del horno  
 $m_{GS}$ : masa de gases de salida  
 $m_{GS}$ : temperatura de combistion  
 $Q_{amb}$ : calor impartido  
 $Q_{pi}$  Calor paredes interiores  
 $\beta^{ST}$ : beta estequiometrica  
 $\emptyset$ : Diámetro  
 $\Delta T$ : Diferencia de temperatura  
 $\mu$ : Viscosidad dinámica  
A: Área  
C: Carbono  
Co2: dióxido de carbono  
Cp: Calor específico  
D: Diámetro promedio de las aspas del ventilador  
Dh: Diámetro hidráulico  
 $\varepsilon$ : Emisividad  
g: Aceleración gravitacional  
h: Altura  
H: Hidrogeno  
H2O: Agua  
K: Conductividad térmica  
L: Espesor de la pared interior  
L: Longitud  
LHV: Poder calorífico inferior  
M.M: Masa molar  
N: Numero de revoluciones a la que gira el ventilador  
O: oxigeno  
P: Perímetro  
 $P_{nominal}$ : Potencia nominal  
Pr: Número de Prandtl

$P_{\text{real}}$ : Potencia real  
 $Q$ : Calor  
 $Q_a$ : Calor requerido por el aire  
 $Q_c$ : Energía que necesita la carga.  
 $Q_{pi}$ : Energía requerida por las paredes interiores  
 $Q_t$ : Energía requerida  
 $R$ : Resistencia  
 $R_a$ : Número de Raleigh  
 $Re$ : Numero de Reynolds  
 $R_{eq}$ : Resistencia equivalente  
 $T$ : Temperatura dentro del horno  
 $t$ : tiempo  
 $T_{\text{max}}$ : Temperatura máxima  
 $T_{\text{min}}$ : Temperatura mínima  
 $T_p$ : Temperatura superficial  
 $T_s$ : Temperatura superficial  
 $U$ : Coeficiente global de transferencia de calor  
 $v$ : Velocidad  
 $V$ : Volumen del horno  
 $\beta$ : Coeficiente de expansión volumétrica  
 $\eta$ : Eficiencia térmica  
 $\vartheta$ : Viscosidad cinemática  
 $\nu$ : Viscosidad cinemática  
 $\rho$ : Densidad  
 $\mu$ : Velocidad producida por el diámetro del ventilador  
 $T_{\text{ext}} = 12^\circ\text{C}$  Temperatura ambiental (Latacunga-Bethemitas)

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

Optimización del proceso de pintura en la empresa DEREK MAIGUA

### **Fecha de inicio**

Octubre del 2018

### **Fecha de finalización**

Julio del 2019

### **Lugar de ejecución:**

Barrio: Bethemitas / Parroquia: Ignacio Flores / Cantón: Latacunga / Provincia: Cotopaxi /

Zona 3

### **Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Carrera de Ingeniería Industrial

### **Equipo de trabajo:**

Tutor: Ing. MSc. Benjamín Chávez

### **Investigadores:**

Maigua Guanoluisa Milton Rene

Obando Arequipa Diego Michael

Área de conocimiento UNESCO

Ingeniería, Industria y Construcción

**Línea de investigación:**

Gestión integrada de la calidad y mejoramiento continuo.

Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021

**Optimización de procesos productivos**

**Objetivo 5.** Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria

**Política 5.1.** Generar trabajo y empleo dignos y de calidad, incentivando al sector productivo para que aproveche las infraestructuras construidas y capacidades instaladas que le permitan incrementar la productividad y agregación de valor, para satisfacer con calidad y de manera creciente la demanda interna y desarrollar la oferta exportadora de manera estratégica.

**Línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi**

Línea 4. Procesos Industriales

**Sub-línea de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial:**

Sub-línea 1. Procesos Productivos

**2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente trabajo investigativo se desarrolla con el propósito de mejorar y optimizar la calidad de pintura de las cocinas industriales en la empresa DEREK MAIGUA mediante el diseño de un horno de curado de convección forzada, para ello se ha realizado un análisis de las actividades de pintura que se realizan en la empresa y poder determinar las necesidades de optimización en el proceso permitiendo plantear estrategias para definir materiales y dimensiones necesarias para diseñar el horno.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el proyecto se analizará los datos obtenidos mediante la técnica de investigación aplicada como la encuesta y la información proporcionada por la empresa DEREK MAIGUA, además se usarán los datos obtenidos mediante la observación y la información obtenida de fuentes bibliográficas relacionadas al presente proyecto investigativo.

Los datos y resultados obtenidos mediante las diferentes metodologías y técnicas de investigación al ser cuidadosamente analizados permiten una mejor comprensión del problema a investigar en el proceso de pintura de las cocinas industriales, de esta manera se puede diseñar un horno según las necesidades y capacidad de producción de la empresa.

Al conocer la situación actual de la empresa DEREK MAIGUA, se pudo determinar las dimensiones que el horno de convección forzada debe tener con el propósito de optimizar los procesos de producción de cocinas industriales mejorando su calidad y satisfacción en los clientes.

### **3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El desarrollo del proyecto es de suma importancia puesto que permite mejorar las condiciones de acabado de los productos de la empresa DEREK MAIGUA, permitiendo generar un valor agregado en el proceso de curado de pintura elevando la calidad de los productos y prestando un nuevo servicio ya que en el lugar en donde se ubica la empresa no existe personas que realicen dicho proceso.

Entre otros aspectos importantes sobre el desarrollo del trabajo es el diseño de un horno de curado que permita reducir los tiempos de secado de la pintura sin la necesidad de las condiciones climáticas, puesto que el horno permite mantener una temperatura constante accediendo una polimerización rápida obteniendo los productos listos para la venta y entrega en el menor tiempo posible, la empresa al no contar con un horno debe esperar que las condiciones climáticas aporten con temperaturas favorables para el secado de la pintura y en ocasiones de invierno el tiempo es muy prolongado o al entrar el producto en contacto con el agua sufren daños lo que ocasiona pérdidas económicas para la empresa, por este motivo al ver varias necesidades en el proceso de pintado se realiza el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Debido a los escasos estudios en la empresa DEREK MAIGUA no se ha desarrollado ningún tipo acciones que permitan mejorar las condiciones de trabajo y optimizar los procesos de fabricación de cocinas industriales, lo que ha ocasionado que la competencia pueda generar pérdidas, uno de los objetivos del estudio es aportar con ideas creativas e innovadoras que permitan la utilización de nuevas tecnologías en beneficio de la solidez y los emprendedores.

## **4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

### **4.1 Los beneficiarios directos**

El propietario y personal operativo puestos que mejorarán los ingresos económicos lo cual permitirá la adquisición de nueva maquinaria y realizar nuevos productos, así el propietario incrementará unidades producidas en un tiempo determinado, mientras que para el personal operativo las actividades se facilitarán al utilizar herramientas y maquinaria adecuada que permitirán reducir tiempos, de producción en un ambiente laboral más confortable.

### **4.2 Los beneficiarios indirectos**

Los clientes que adquieren los diferentes productos que se ofrecen siendo estos personalizados acorde a las necesidades y exigencias. Los trabajos serán entregados en menor tiempo permitiendo incrementar el número de unidades producidas y la calidad de los mismos mejorará al aplicar nuevas herramientas, técnicas y métodos de trabajo.

## **5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **5.1 Situación problemática**

La empresa DEREK MAIGUA, se encuentra localizada en el barrio Betlemitas, parroquia Ignacio Flores, ciudad de Latacunga es una entidad que se dedica a la fabricación de cocinas y hornos industriales con capital y mano de obra ecuatoriana, con el propósito de realizar trabajos de calidad y garantizados que satisfagan al cliente en el mercado nacional dentro y fuera de la provincia.

Según Augusto Maigua, 2018 gerente propietario de la empresa DEREK MAIGUA comenta que existen grupos de trabajo que laboran en los horarios diurnos, en la que se realizan diversas funciones durante la hora de trabajo, una de las actividades es el proceso de pintado de cocinas industriales.

La problemática radica en que los trabajadores del área de pintura no cuentan con técnicas de pintado, sino que realizan esta actividad de manera empírica por conocimiento tradicional y la preparación del material se lo realiza de la misma manera sin fundamentos técnicos, además, la empresa no cuenta con un área definida de pintado que presta las mejores condiciones posibles durante el curado de la pintura para obtener productos de calidad, sino que los productos según el estado climático son colocadas en diversos lugares durante el secado de pintura que en

ocasiones al ser un proceso natural este proceso es demasiado largo y ocasiona pérdidas de ventas por retrasos en pedidos.

Los problemas frecuentes que se generan en la empresa DEREK MAIGUA es el aumento de tiempo improductivo que genera el proceso de curado de la pintura, retraso en la entrega de pedidos por cambio climático, daños al despachar productos frescos al no existir uniformidad de curado, riesgos en los trabajadores al realizar procesos de manera artesanal sin conocimiento.

## **5.2 Planteamiento del problema**

La empresa Derek Maigua dedicada a la fabricación de cocinas industriales, no cuenta con un proceso óptimo de pintura y un área específico de secado por lo que presenta problemas en sus productos a la hora de realizar la entrega a los clientes y hacen que este tiempo muerto no tenga mayor productividad afectando la competitividad de la empresa.

# **6 OBJETIVOS**

## **6.1 Objetivo general**

Optimizar el proceso de pintado en la empresa Derek Maigua, para la reducción de tiempos muertos de secado implementando un sistema de pintura electrostática.

## **6.2 Objetivos específicos**

- Analizar la situación actual de la empresa y el proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.
- Identificar las diferentes alternativas para optimizar el proceso de pintado.
- Diseñar un sistema optimizado de preparación de superficies, aplicación de pintura, y curado de pintura.
- Simular la línea de producción actual vs el proceso propuesto.
- Determinar los costos de materiales para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado de cocinas industriales.

## 7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la siguiente tabla se muestra las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados.

**Tabla 1:** Sistema de tareas con relación a los objetivos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
<p>1.- Analizar la situación actual de la empresa y el proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.</p>	<p>1.1.- Diagnóstico del estado actual de la empresa.</p>	<p>Nos Permitió el reconocimiento de la empresa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método de observación no participativa</li> <li>- Técnica de observación directa</li> <li>- Inspección visual total de la empresa.</li> </ul>
	<p>1.2.- Observación del proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.</p>	<p>Se conoció el tiempo empleado en el proceso de pintura en cocinas industriales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método descriptivo</li> <li>- Método de observación no participativa</li> <li>- Técnica de observación directa.</li> </ul>
	<p>1.2.- Recopilación de datos del proceso actual de la fabricación de cocinas industriales.</p>	<p>Reconocimiento del proceso actual que se aplica en el área de pintura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método explicativo</li> <li>- Técnica entrevista no estructurada al trabajador más antiguo.</li> <li>- Técnicas diagramas de flujo</li> </ul>
<p>2.- Identificar las diferentes alternativas para optimizar el proceso de pintado.</p>	<p>2.1.- Investigar sobre procesos de preparación de superficies aplicación de pintura y curado de pintura.</p>	<p>Conocimiento de los diferentes procesos de pintura</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método investigativo</li> <li>- Fundamentación bibliográfica</li> </ul>
	<p>2.2.- Seleccionar la alternativa adecuada para la optimización de procesos de preparación de superficies, aplicación de pintura y curado de pintura.</p>	<p>Caracterización del proceso seleccionado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método investigativo</li> <li>- Documentación e identificación del proceso seleccionado.</li> </ul>

<p>3.- Diseñar un sistema optimizado de preparación de superficies, aplicación de pintura, y curado de pintura.</p>	<p>3.1.- Seleccionar el desengrasante y desoxidante para el proceso de preparación de superficies.</p> <p>3.2.- Diseño de una cabina de pintura para su aplicación</p> <p>3.3.- Diseño de un horno de convección forzada que permita optimizar el tiempo de curado.</p>	<p>Se obtuvo información del producto para un correcto fosfatado de las cocinas industriales.</p> <p>Verificación del lote de producción a pintar para determinar sus dimensiones</p> <p>Se obtuvo el lote de producción diario para establecer las dimensiones del horno de curado.</p>	<p>- Método investigativo - Documentación e identificación del proceso</p> <p>- Método explicativo - Utilización del software AutoCAD.</p> <p>- Método deductivo - Método explicativo - Utilización del software AutoCAD</p>
<p>4.- Simular la línea de producción actual vs el proceso propuesto.</p>	<p>4.1.- Recopilación de datos para simular el proceso actual</p> <p>4.2.- Determinar datos propuestos para simular el proceso propuesto.</p>	<p>Se Determinó el funcionamiento del proceso actual con relación al proceso propuesto.</p>	<p>- Utilización de software Arena Simulation</p>
<p>5.- Determinar los costos de materiales para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado de cocinas industriales.</p>	<p>5.1.- Realizar los cálculos de costos para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado.</p>	<p>Pro-formas de costos de materiales y mano de obra para el diseño del sistema.</p>	<p>- Método deductivo - Método explicativo - Utilización de software Microsoft Excel.</p>

Fuente: Maigua M, Obando D.

## **8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1 La pintura**

La pintura es un producto que se aplica en las superficie en capas delgadas y puede ser de manera líquida o en polvo para posteriormente convertirse en una sustancia solida de manera que permita recubrir la superficie pintada para proteger y decorar, hace muchos años atrás antes de la revolución industrial las personas utilizaban pigmentos de colores de las plantas u animales para elaborar tinta y poder pintar algunos objetos como las prendas de su vestimenta y partes del cuerpo, en la actualidad existe varios tipos de pinturas para diversas funciones y además hay una serie de implementos máquinas y herramientas que permiten pintar de manera más rápida y eficiente.

#### **8.1.1 Componentes de la pintura**

Las pinturas están compuestas de una serie de subproductos que mejoran la cálida, resistencia, brillo, y más aspectos importantes según la utilidad que le va a dar, entre estos subproductos se encuentran:

- Pigmentos
- Aglutinantes
- Disolventes
- Plastificantes

El grado de cada subproducto o la variación de los mismos depende de cada fabricante y de la calidad de la misma, cana uno de los productos tiene una finalidad como:

- Mejor recubrimiento
- Mejor flujo
- Mejor proporción de aspersion
- Mayor película de protección
- Sacado más rápido y eficiente
- Mayor impermeabilidad
- Mayor adhesión
- Mejor flexibilidad
- Mayor resistencia
- Mayor durabilidad

### **8.1.2 Tipos de pintura**

Debido a las exigencias que se les da a algunas máquinas, equipos, insumos, herramientas, objetos existe una serie de pinturas cada una con propiedades físicas y químicas diferentes, estas propiedades permiten elegir la pintura según la superficie a pintar, la resistencia que se desea obtener o la apariencia que se le pretende dar a un objeto, entre las pinturas más comunes se encuentran:

- Pintura plástica
- Esmalte acrílico
- Esmalte sintético
- Pintura al cemento

### **8.2 Proceso de pintura**

Al proceso de pintado se lo conoce como al conjunto de actividades planificadas con el propósito de dar un valor agregado a los productos para mejorar la calidad, resistencia, apariencia, entre otros beneficios que la pintura otorga, el proceso de pintado contiene una serie de operaciones indispensables que no se puede eliminar si se desea un pintado eficiente y que la pintura además de mejorar la apariencia estética contribuya como una protección de las superficies.

Entre los factores que intervienen en el proceso de pintado se tiene:

- Preparación de las superficies que se desea cubrir con pintura.
- Aplicación de pintura sobre la superficie.
- Curado de la pintura.

La pintura es un recubrimiento que se utiliza en construcción y elaboración de diferentes productos para envolver a un material que se va a denominar soporte, con la condición de que hay que aplicarlo de forma líquida, aunque pueda tener distintas consistencias, incluso en forma de polvo y mediante un proceso de evaporación o reacción química se transformara en una capa sólida. Además, la pintura tiene como propósito cumplir unos fines protectores, de embellecimiento o funcionales. (Romero, 2014)

En la actualidad en el mercado existe una serie de pinturas según el requerimiento o la necesidad, existen pinturas resistentes al calor, el agua, de mayor o menor duración, penetrantes, entre otras, que permiten ser utilizadas en todos los aspectos como puede ser utilizada para tan solo pintar una casa hasta el pintado de una nave espacial.

### **8.2.1 Preparación de las superficies a ser pintadas**

Para comenzar con un proceso de pintado el primer paso consiste en preparar la superficie que se desea recubrir con la pintura, este paso consiste en una serie de operaciones que permitan limpiar la superficie para dejar libre de elementos contaminantes que perjudique con la adherencia de la pintura afectando su calidad y resistencia, para la preparación de los materiales a se utiliza una serie de herramientas y materiales que permiten obtener las condiciones necesarias de limpieza previos a la aplicación de la pintura.

Entre las técnicas de limpieza se puede realizar las siguientes.

- Arenado o granallado
- Lijado
- Agua a altas presiones
- Fosfatado
- Laser.
- Plasma, entre otras.

La técnica de limpieza a ser utilizada depende mucho del material de la superficie a ser pintada y a los contaminantes que se presenten y se deseen eliminar.

### **8.2.2 Aplicación de pintura sobre las superficies**

Cuando las piezas a ser pintadas ya estén preparadas o hayan cumplido con el paso anterior se procede a la aplicación de la pintura, al existir diferentes pinturas en el mercado se debe utilizar los componentes como endurecedores o diluyentes recomendados por los fabricantes, los aditivos o componentes se debe mezclar homogéneamente según los parámetros indicados y se debe utilizar la técnica de pintado según el fabricante de la pintura.

Mediante el avance tecnológico actualmente existen una serie de máquinas y herramientas que permite realizar una serie de técnicas de pintado que van desde la manera más clásica de aplicación de la pintura con brochas y rodillos hacia técnicas más sofisticadas como:

- Pistolas de pulverización
- Inmersión
- Electroforesis
- Pistolas de pintura a polvo
- Pistolas electrostáticas, entre otras.

### **8.2.3 Curado de la pintura**

Cuando y se ha preparado superficie y se haya aplicado la pintura el último paso y no menos importante es el curado, esta etapa consiste en que la capa de pintura que se encuentra en manera líquida pase a un estado sólido mediante el endurecimiento y secado de la misma, la pintura al ser compacta y cubrir las superficies protege de la corrosión y los cambios climáticos, además mejora la apariencia estética de los materiales.

Se considera que una pintura ha secado o curado cuando una vez evaporados los elementos volátiles se ha obtenido un film continuo y eventualmente sin pegajosidad que tiene las características finales concebidas en su diseño. Se puede decir pues que el secado o curado se inicia, salvo en pinturas de secado físico, o sea evaporación de disolventes, una vez se ha formado el film de pintura y que este puede producirse por una reacción química, sea esta de polimerización o reacción entre componentes o con la humedad. En estos casos suele emplearse en término curado al proceso de reacción entre dos reactantes. (Carbonell, 2014)

Del mismo modo que los procedimientos anteriores en este proceso también existen una serie de técnicas que permiten un curado eficiente acelerando el proceso y reduciendo los tiempos de secado de pintura, las maquinas o herramientas utilizadas en este proceso deben ser seleccionadas según el material y las dimensiones de los productos, la calidad de la pintura depende de la correcta ejecución de cada una de sus etapas y de la técnica que se utiliza.

### **8.2.4 Hornos de pintura**

El proceso de pintado pareciera ser una actividad fácil pero en realidad es un proceso muy complejo en la que se utiliza una serie de técnicas y herramientas, para la pintura en metales o artículos industriales se utiliza pinturas especiales que antes de ser aplicadas en el material este debe ser previamente tratado y la pintura debe ser curada mediante hornos de convección que alcanzan temperaturas óptimas que aceleran el proceso de secado o polimerizan si se utiliza pinturas de tipo electrostática.

Se conoce como pinturas de secado al horno aquellas que precisan de temperaturas elevadas para que se efectuó su secado. El horno puede ser cerrado con convección de aire o en forma de túnel con una longitud y un tiempo de paso determinados. Los hornos de convección son habitáculos estancos que tiene un sistema de calentamiento interno, el aire caliente se mueve por el interior del horno con el fin de aportar la misma temperatura en todas las zonas. En este tipo de hornos debe tener en cuenta que el tiempo destinado a su carga reduce la temperatura interior y que los mismos objetos pintados, que están más fríos que el interior del horno, también

colaboran que la temperatura del horno se reduzca tras la carga, esto debe tener en cuenta cuando se indica un tiempo y una temperatura de secado. (Jordi, 2015)

Los hornos de pintura y secado en la actualidad son muy utilizados por los grandes beneficios que estos aportan y son una herramienta necesaria para el recubrimiento de piezas con pintura, los hornos se utilizan en empresas industriales, automotrices, de electrodomésticos, mueblerías, y varias empresas que deseen un proceso de pintado o curado rápido y de calidad.

Los hornos de pintura son diseñados según la necesidad de la empresa, es decir, el tamaño se define dependiendo de los materiales a introducir en el interior del horno, pues debe ser sin ningún tipo de complicaciones y que pueda alcanzar las temperaturas necesarias sin afectar el proceso de curado ni a los materiales de los producto a secar, además para la selección o diseño de un horno es necesario conocer el tipo de pintura que se utiliza, esta puede ser líquida o en polvo.

Los hornos de convención funcionan mediante la circulación del aire caliente, de ahí el nombre de horno de convección, en la actualidad existe una serie de hornos y pueden ser utilizados para pinturas a base de disolventes o a base de agua y para diferentes materiales como vinilos, acrílicos, poliéster evitando afectar su composición o forma puesto que son materiales que a cierta temperatura se deforman.

### **8.2.5 Tipos de hornos de pintura**

Debido a la gran cantidad de artículos o productos existe una variedad de hornos de pintura los cuales se diferencian principalmente por la manera de calentamiento y secado o por el sistema que utiliza en la cámara de combustión, entre los diferentes hornos se tiene:

#### **8.2.5.1 Horno de ondas ultra violeta**

El avance de la tecnología en recubrimientos a avanzado considerablemente encontrando nuevas alternativas que permitan mejorar la calidad del pintado, en este caso se usa diferentes temperaturas a través de aditivos y pinturas sensibles a ondas ultravioletas de luz.

El curado de elementos mediante hornos “UV” se basa en reacciones fotoquímicas de los elementos a diferencia de los otros hornos que funcionan mediante reacciones térmicas, los elementos de pintura que se utilizan en este tipo de horno contienen compuestos foto activadores que reaccionan a las ondas ultra violetas endureciéndolas de manera casi instantánea, este proceso ayuda a reducir de manera notable los tiempos de horneado eliminando la evaporación de contaminantes aumentando la productividad.

#### 8.2.5.2 Horno tipo microondas

Cuando se habla del secado de barniz o la pintura, se refiere a la transformación del recubrimiento de un estado líquido a sólido el cual queda adherido a la superficie de un objeto, existe varias formas de secado que consisten en la elevación de la temperatura para el secado, en el caso de horno tipo microondas la energía que se utiliza se suministra en forma de radiaciones, la gama de ondas electromagnéticas que crea el horno permite a las partículas de la pintura se modifiquen y pasen a un estado sólido.

#### 8.2.5.3 Horno con circulación forzada de aire caliente

Este tipo de horno es el más común y se lo conoce también como horno de convección forzada, funciona por medio de diferentes fuentes de energía como gas, diésel o electricidad, estos elementos producen calor que mediante la acción de ventiladores circula el calor al habitáculo del horno incluso hay hornos que se puede hacer circular vapor de agua para materiales especiales, el aire debe circular de manera uniforme por todas las áreas del horno.

“Los hornos de convección forzada son generadores de calor indirecta generalmente eléctricos y a gas que contienen una turbina para hacer circular el calor de manera uniforme por todo el habitáculo. La temperatura del horno se controla con un termostato que se regula de manera analógica o digital, y la duración de curado, a su vez está regulada por un minuterero equipado de un timbre o luz de fin de curado” (Mazorriaga, 2015)

#### **Ventajas del horno de convección**

Los hornos de convección son los más utilizados en diferentes procesos de pintado por sus ventajas, entre estas se tiene que:

- Utilizan menos consumo de combustible
- Aplicación uniforme de calor
- Alto grado de flexibilidad en cuanto a la temperatura del horno

#### **Desventajas de los hornos de convección**

El horno al tener una cobertura uniforme de temperatura para algunas personas es una desventaja puesto que no se puede obtener diferentes temperaturas para poder introducir elementos de diferentes materiales.

### 8.3 Secado de la pintura

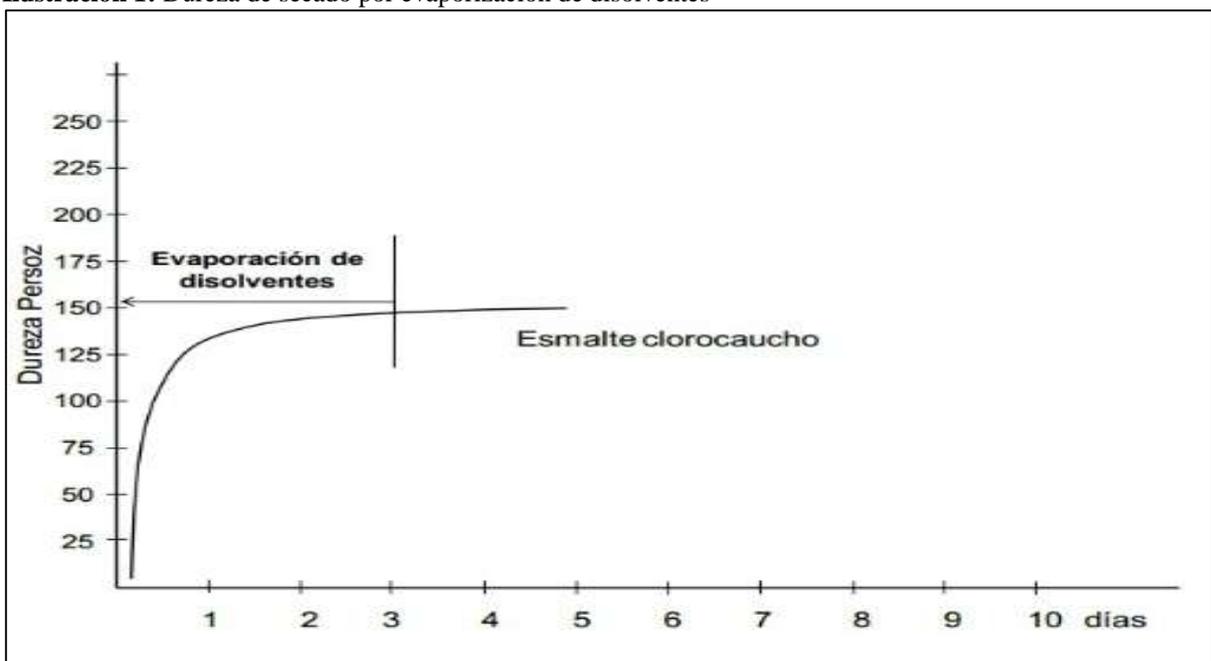
Como se conoce el secado se efectúa cuando los componentes volátiles de la pintura se empiezan a evaporar para formar una capa sólida que permita proteger y embellecer diferentes elementos u materiales, existe dos fases de secado más comunes que son:

- Secado físico
- Secado por oxidación

**El secado físico.** - es cuando se efectúa una simple evaporización de los disolventes y no produce ningún tipo de cambio químico ni se modifica las características de la pintura, este tipo de pinturas son las más comunes en el mercado y están al alcance de todas las personas que necesiten pintar algún objeto y pueden ser, pinturas plásticas, pinturas a base de nitrocelulosa, esmaltes, entre otras.

En la siguiente figura se puede observar la variación de dureza pendular de una pintura que se seca en con la simple evaporización de los disolventes, la dureza de la pintura depende del tiempo en que se tarde en evaporar los disolventes y puede ser de manera rápida si el clima aporta o si se realiza la evaporización mediante un horno de secado, de lo contrario si no existe la temperatura adecuado este proceso puede tardar muchas horas o incluso días o semanas, lo más común es que la pintura a un ambiente normal para llegar a tener su resistencia total tarda alrededor de veintidós días después de la aplicación.

**Ilustración 1:** Dureza de secado por evaporización de disolventes



Fuente: [www.inpralatina.com](http://www.inpralatina.com)

**Secado por oxidación.** – este tipo de secado una vez que los disolventes se han evaporado la pintura reacciona a la oxidación del aire con la finalidad de eliminar la pegajosidad y obtener una dureza y resistencia final, además se le conoce como secado por oxidación.

“En el caso aceites y barnices de secado por oxidación se evaporan primeramente los disolventes y diluyentes volátiles y solamente después de esto empieza el secado por oxidación mediante absorción del oxígeno del aire” (Laubsch, 2015)

Este tipo de secado se produce en las pinturas que están compuestas a base de aceites o resinas y por ende el proceso de endurecimiento es más largo debido a la tardanza de la evaporización de los disolventes.

### **8.3.1 Pruebas de calidad del pintado**

A nivel mundial en el mercado existe una inmensa cantidad de empresas que se dedican a la elaboración de pintura, por este motivo se debe conocer qué tipo de pintura es y de donde proviene, de esta manera al identificar las características y los componentes de la cual está compuesta se puede determinar con que finalidad esta creada esa pintura y se puede aplicar las pruebas de secado adecuadas.

El punto de partida para realizar pruebas secado es evaluar la calidad de la pintura que se ha utilizado y de esta manera se conoce cuales pruebas se puede aplicar a la pintura, las pruebas que se realiza son varias entre las cuales se puede mencionar:

- Espesor de película de pintura
- Continuidad de la película
- Brillo
- Durabilidad
- Resistencia a la temperatura
- Resistencia al agua
- Resistencia a diferentes agentes químicos
- Flexibilidad
- Adhesión
- Resistencia a impactos

#### **8.4 Pintura electrostática**

La pintura electrostática en muchos países se le conoce también como pintura en polvo, este tipo de pintado se realiza mediante un recubrimiento que se aplica a una superficie en forma de polvo seco y se obtiene un acabado más resistente que el de las pinturas convencionales a base de disolventes.

Para poder realizar un proceso de pintura electrostática se debe contar obligatoriamente con un horno de curado, pistolas electrostáticas para la aplicación de la pintura y de ser posible rieles aéreos transportadores para colgar las piezas y cubrir más fácilmente con la laminación en polvo, los resultados del proceso son excelentes puesto que se obtiene mejores acabados y sellados dando mayor protección al material y mejores apariencias estéticas.

En la actualidad este tipo de pintado se utiliza en varias industrias manufactureras y para varios fines ya que presenta mejores características y su aplicación es más fácil, además también presenta grandes beneficios para las personas puesto que este tipo de pintura no crea problemas para los operadores ni para el medio ambiente.

La pintura electrostática se puede aplicar en una serie de materiales como:

- Acero
- Aluminio
- Metales galvanizados entre otros

#### **8.5 Uso de la pintura electrostática**

El uso que se le da a este tipo de pintura por su alta resistencia y durabilidad es múltiple y se utiliza en:

##### **Elementos y piezas metálicas**

- Muebles de plástico y metal
- Archivadores
- Armarios metálicos
- Tuberías
- Repisas
- Paneles metálicos
- Paneles metálicos
- Gabinetes
- Accesorios para oficinas

**En el área comercial**

- Luminarias
- Exhibidores
- Materiales y equipos de calefacción
- Maquinaria
- Herramienta
- Estanterías
- Electrodomésticos

**En el área hospitalaria**

- Camillas
- Mesas
- Equipos y maquinas ortopédicas
- Paneles médicos
- Mesas transportadoras de utensilios

**En el hogar**

- Muebles de metal
- Escaleras
- Estufas
- Neveras
- Buzones
- Calentadores
- Pasamanos
- Camas
- Mesas
- Repisas

**En el área eléctrica se utiliza para:**

- Canaletas
- Poste de Alumbrado
- Porta cables
- Tableros de control

## Materiales y objetos de aluminio

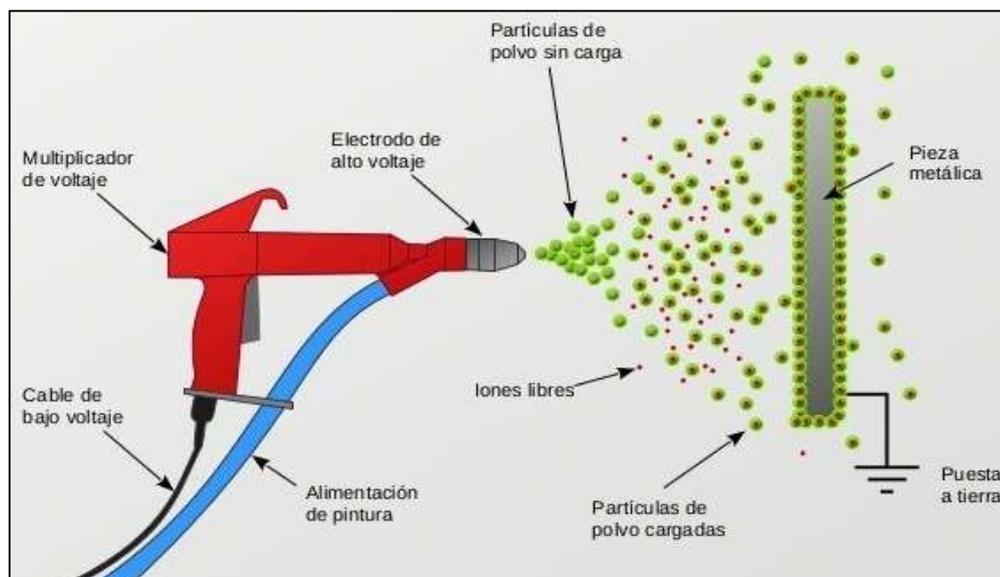
- Perfilería de aluminio para baño y oficina
- Ventanas
- Marcos
- Puertas
- Llantas de automóviles.

### 8.6 Aplicación de la pintura electrostática

El proceso de pintado mediante el recubrimiento electrostático utiliza las propiedades útiles de la electricidad para mejorar la protección del recubrimiento a los diferentes materiales, las superficies a pintar atraen las partículas con carga de energía negativa hacia el material mediante el campo electrostático este puede llegar hasta 100 000 v. El campo electrostático es creado por un generador de baja tensión que envía a un transformador de alta tensión también conocida como cascada de alto voltaje.

“Los métodos comunes de aplicación de pintura son inmersión, con brocha y aspersion en el electro pintura o aspersion electrostática, las partículas de pintura se cargan electrostáticamente y son atraídas a las superficies, produciendo un recubrimiento de adhesión uniforme. A diferencia del atomizado convencional, en el que se puede perder hasta el 70% de la pintura, en la electrostática se puede perder solo el 10%. Sin embargo, con este método es difícil cubrir oquedades hondas y esquinas”. (Serope Kalpakjian, 2015)

**Ilustración 2:** Pintado electrostático



**Fuente:** <https://ventanasaluminio.com.uy/blog/proceso-de-pintado-en-perfiles-de-aluminio/>

Para aplicar la pintura electrostática es necesario contar con equipos especiales como cabinas para la aplicación de la pintura, hornos de curado, y pistolas electrostáticas, además se debe realizar una serie de pasos para su aplicación como:

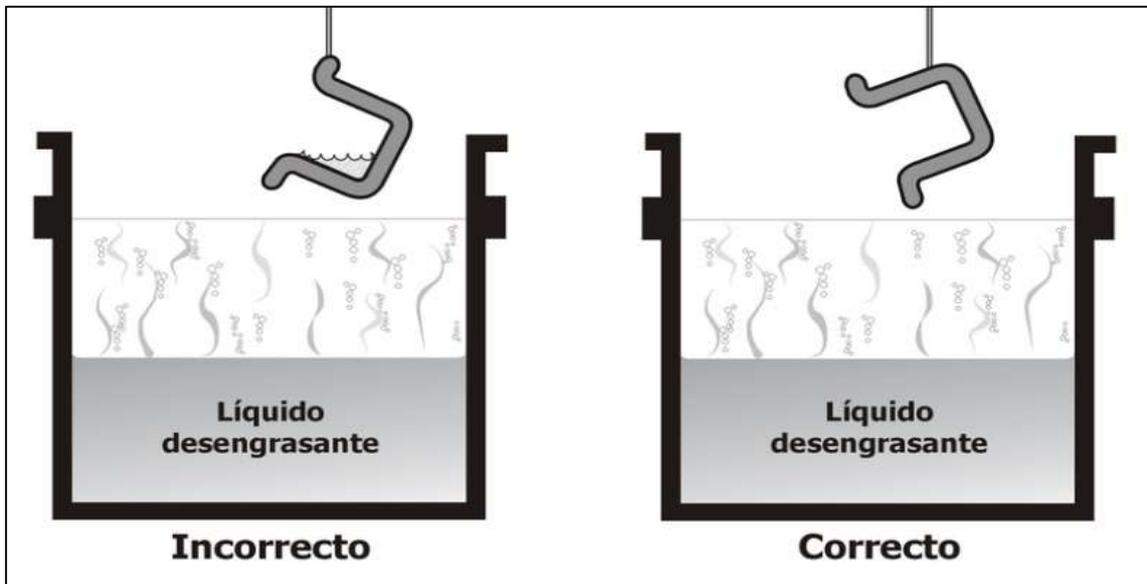
### Tratamiento del material a pintar

Los materiales que se va a pintar deben pasar por una serie de procesos que permitan una adherencia adecuada de la pintura y pueda cumplir con su propósito que es proteger mediante un recubrimiento las piezas ante las condiciones ambientales y mejorar la apariencia estética de los mismo. Antes de pintar las piezas estas deben ser desengrasadas y se debe aplicar una capa de fosfato mediante la inmersión de los elementos o recubrimiento manual

#### 8.7 Desengrasado

El desengrasado consiste en someter al material a diferentes líquidos desengrasantes que permitan eliminar todas las impurezas y la pintura se adhiera de la mejor manera, no todas las empresas poseen tinas de líquido desengrasante por lo que también se lo realiza de manera manual.

**Ilustración 3:** Desengrasado de piezas



Fuente: <http://desengrase.inssbt.es/procesos/desengrase-manual.html>

#### 8.8 Fosfatado

El proceso de fosfatado también es conocido como fosfatación y es una de las maneras de formar una película inerte sobre la superficie del material a ser pintado en especial en los metales, esta película protege de los agentes externos y ambientales a los que están expuestos y perjudican su composición.

El fosfatado consiste en recubrir una superficie de fosfato y es una forma distinta de pasivación de un elemento metálico. Normalmente se obtiene por la aplicación de unas sales de fosfato por inmersión, con soluciones ácidas. Este recubrimiento está indicado para aplicarse sobre superficies de acero y hierro, y en algunas ocasiones incluso en titanio y estaño.

Esta técnica se conoce también como fosfatizado o parkerización, y consiste en un proceso en el que se realiza un depósito de una capa fina de fosfato sobre la chapa de acero, de esta manera actúa como base para pinturas y esmaltados. (Choukroun, 2015)

Las actividades de fosfatado generalmente se realizan a piezas de acero con la finalidad de evitar la corrosión u oxidación del mismo para posteriormente proceder al procesos de pintado, la fosfatación está compuesto por una solución de ( $H_3PO_4$ ) ácido fosfórico y sales de fosfato que son aplicados al igual que el desengrasado por aspersion o inmersión, estos elementos producen una reacción química al contacto con la superficie del material formando una película protectora cristalina de fosfato no soluble.

**Ilustración 4:** Fosfatado por inmersión



**Fuente:** [www. fosfatizado de zinc-inmersión](http://www.fosfatizado.de.zinc-inmersión)

Los recubrimientos con fosfato también se pueden utilizar en materiales como:

- Aluminio
- Cinc
- Cadmio
- Estaño

Mediante las diferentes condiciones a las cuales las piezas o materiales estén expuestas se requiere un tipo de fosfatado entre los más comunes se tiene:

**Fosfatado de manganeso:** este proceso se utiliza para evitar la corrosión y mejorar la lubricación del metal y se puede aplicar solo mediante la inmersión.

**Fosfatado de hierro:** generalmente se utiliza para como base para recubrimientos y puede ser aplicada mediante procesos de aspersión o inmersión.

**Fosfatado de zinc:** mediante este tipo de fosfatado se protege a los materiales de la oxidación y además aporta con una capa lubricante, este fosfatado se puede aplicar de las dos maneras, es decir por aspersión o inmersión.

### 8.8.1 Pasos a seguir para el fosfatado

Al igual que todos los procesos este debe pasar por una serie de pasos que son:

- Eliminación de agentes contaminantes en la superficie de los metales.
- Fosfatado
- Lavado de materiales con agua
- Eliminación de residuos de agua o secado
- Aplicación o recubrimiento de pintura, cromados, sellados, entre otros.

### 8.9 Secado

En esta parte del proceso se debe eliminar todos los residuos de los elementos utilizados en los procesos anteriores como el sulfatado y el lavado, los materiales deben estar totalmente secos y limpios para poder continuar con el proceso de recubrimiento, el secado se lo puede realizar de manera manual o por medio de la aplicación de aire a presión, hornos de secado o aspirado.

**Ilustración 5:** Secado de piezas metálicas

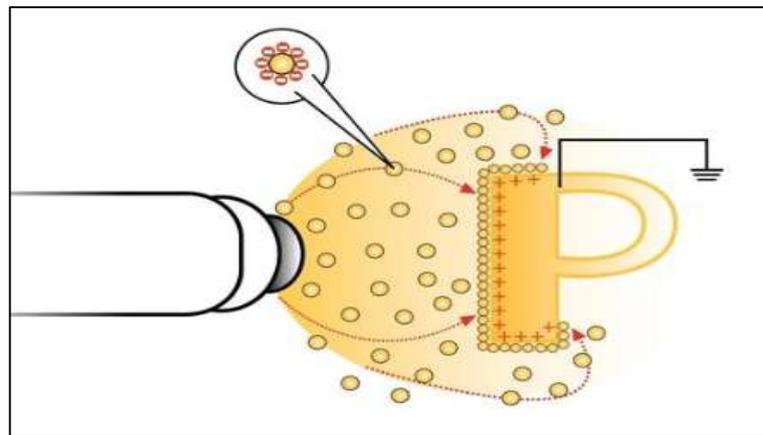


**Fuente:** <http://www.metalmecanica.com/temas/Prepare-sus-piezas-metalicas-para-pintura>.

### 8.10 Pintado

Consiste en la aplicación de pintura en polvo mediante la pulverización, la pintura se adhiera al metal electrostáticamente puesto que las piezas se encuentran conectadas a tierra o polo negativo, para poder recoger y controlar el polvo la pintura se debe aplicar en una cabina de pintado y las piezas deben estar suspendidas para la mejor aplicación y de esta manera recubrir todas las áreas de las piezas que se desea pintar.

**Ilustración 6:** Pintado electrostático



**Fuente:** <https://www.sames-kremlin.com/spaintechnologieselectrostatic.html>

### 8.11 Hornos de pintura electrostática

La elección de un correcto horno de curado para pintura electrostática es de vital importancia, pues de este dependerá la calidad de terminado tanto en resistencia de la pintura como en la apariencia estética de la superficie pintada, para determinar el horno que se necesita es necesario conocer la necesidad y el tipo de aplicación de pintura electrostática que se va a utilizar, así como la utilidad de la misma.

Mediante el avance de la tecnología en el mercado actual existe una serie de hornos de curado diseñados especialmente para pinturas en polvo o pinturas electrostáticas, los hornos se clasifican mediante el tipo de convección que utilizan y pueden ser de infrarrojo o radiación.

El principio que utilizan los hornos de convección es hacer circular la temperatura de curado a todas las áreas internas de la cabina en la cual se encuentran las piezas recubiertas de pintura, estos hornos funcionan mediante quemadores de gas y por medio de resistencias eléctricas generadoras de calor, mediante un ventilador el aire caliente circula generando una convección forzada, según el proceso de producción el horno puede trabajar en procesos estáticos o continuos.

Por otra parte, los hornos de pintura a base de radiación funcionan bajo el principio de radiación infrarroja para generar el calor necesario y curar la pintura, y finalmente los hornos infrarrojos funcionan mediante electricidad y por lo general trabajan de manera continua puesto que las piezas pintadas deben estar en contacto directo con la radiación que genera el horno.

### 8.11.1 Hornos de convección por resistencias eléctricas

Las personas por lo general a estos hornos le conocen como hornos eléctricos o electro térmicos y su principio de funcionamiento es sencillo por lo que son los más utilizados en las industrias manufactureras, estos hornos de convección producen el calor mediante resistencia las cuales al circular la electricidad generan calor, las espirales incandescentes se encuentran alrededor de todo el horno con la finalidad de cubrir toda el área de los elementos pintados.

Las industrias que utilizan este tipo de hornos son aquellas que necesitan controlar la temperatura de manera más precisa, la capacidad de convección de estos hornos depende de las resistencias que utiliza y del diseño del mismo, los más comunes en el mercado están compuestos resistencia con aletas aluminizadas, de aletas helicoidales de acero inoxidable o de resistencia en “M” blindadas

**Ilustración 7:** Resistencia de horno



**Fuente:** <http://productosjjm.com/producto/resistencias-para-horno>

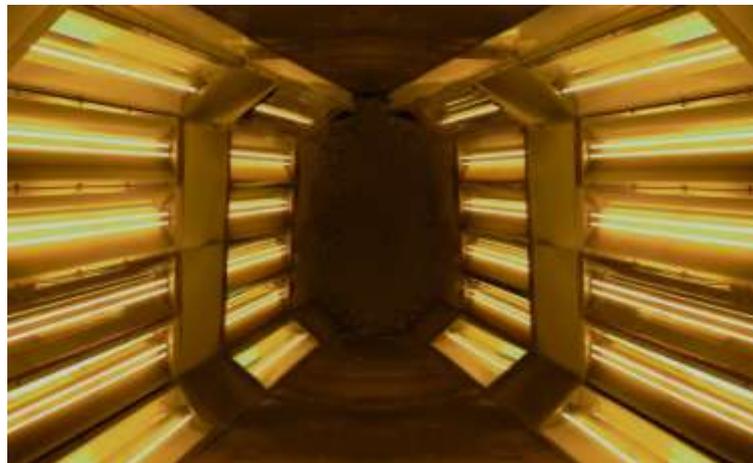
Los hornos electro térmicos tienen como desventaja el alto consumo de energía eléctrica por lo que genera grandes cantidades de costos de operación puesto que para alcanzar la capacidad térmica necesaria se utiliza mucha electricidad a diferencia de los hornos que son más económicos al momento de operación como el horno a gas.

### 8.11.2 Hornos por paneles infrarrojos

Este horno es altamente efectivo cuando se trata de curados de pintura en polvo, además se puede emplear para realizar curados de pinturas esmalte, secar disolventes como tinta, agua o adhesivos el proceso de calentamiento que utiliza es la transferencia de energía térmica por radiación electromagnética, es decir, la energía infrarroja es irradiada directamente a la superficie del material sin tener la necesidad de un medio de transmisión de energía.

Los hornos infrarrojos son totalmente amigables con el ambiente; no generan residuos contaminantes. Al momento de encenderse el horno, se aplica un pequeño precalentamiento eléctrico, el que es requerido para establecer la reacción catalítica. Una vez establecida la reacción, el sistema de control GPS, regula el flujo de gas para la aplicación específica. Los calefactores catalíticos infrarrojos emiten una longitud de onda IR que es fácilmente absorbida por la superficie pintada. Tienen una especial aplicación en el curado de pintura en polvo sobre paneles de media densidad de fibra (MDF). Operan con gas natural o licuado y son totalmente seguros, sin llama. Los costos operacionales significativamente menores y la mayor velocidad de producción que se consigue con esta tecnología, le otorgan ventajas insuperables, comparada con los sistemas por aire caliente e inclusive infrarrojos eléctricos. (INDUSTRIALES, 2019)

**Ilustración 8:** Hornos infrarrojos



**Fuente:** <http://powdertronic.com/hornos-infrarrojos>

La cantidad de energía que reciben las piezas a ser curadas depende de la longitud de onda de radiación y de las características del material, en este proceso de curado de pintura electrostática el material absorbe las irradiaciones y la temperatura aumenta transmitiendo calor térmico teniendo como ventaja cubrir todas las áreas del material, los materiales con mayor conductividad térmica distribuyen de mejor manera la energía infrarroja siendo un proceso más efectivo y rápido.

Por lo general los hornos de infrarrojo no sustituyen a los hornos de convección forzada más bien se les utiliza como un proceso adicional de seca antes de que las piezas sean curadas mediante un horno de convección.

### 8.11.3 Hornos de convección forzada a gas

Este tipo de hornos es similar a los de resistencia eléctrica puesto que el principio de funcionamiento es similar, pero se diferencian en la energía que utilizan para producir calor y poder realizar el proceso de curado, los hornos electrostáticos para generar energía calórica utilizan energía eléctrica mientras que en este tipo de horno se utiliza gas y quemadores, es decir se produce una combustión entre el oxígeno y el gas produciendo una llama que eleva la temperatura del aire y mediante un ventilados se introduce al horno para curar la pintura de los materiales.

**Ilustración 9:** Horno de convección forzada



**Fuente:** <http://yamato-usa.com-hornoconveccionforzada>

Los hornos de convección forzada son generadores de calor indirecta, generalmente funcionan por quemadores y utilizan gas, que contiene una turbina para hacer circular el calor de manera uniforme por todo el habitáculo. La temperatura del horno se controla con un termostato que regula la llama para nivelar la temperatura y la duración de cocción, a su vez está regulada por un minuterero equipado de un timbre de fin de cocción. (Mazorriaga, 2015)

Los hornos de convección forzada pueden tener quemadores de diferentes tamaños y potencias según las necesidades de aplicación o del material utilizado, además el horno debe tener una excelente circulación del aire caliente en el interior de la cabina del horno con la finalidad de cubrir todas las área que están recubiertas con pintura, por este motivo se utiliza ventiladores que se encuentran ubicados en cámaras especiales de circulación de aire para evitar que la llama generada por los quemadores estén en contacto directo con los materiales a curar y se puedan estropear, además al poner en contacto directo la pintura con la llama esta tiende a quemarse y dañarse perjudicando la calidad por este motivo existe una cámara individual.

Los hornos de convección forzada a gas son los más utilizados en las pequeñas y medianas industrias por el bajo costo de operación incluso las grandes industrias utilizan este tipo de horno, pero realizan etapas de precalentamiento mediante horno de infrarrojo.

### **8.12 Ensayos de pruebas de pintado**

Para verificar la calidad del pintado se debe tomar en cuenta dos aspectos importantes que son: la pintura utilizada y el proceso de pintado. El primero hace referencia al tipo de pintura que se utiliza para pintar puesto que en el mercado existe una gran variedad de marcas de pinturas con diferente calidad, pero sin duda el aspecto más importante es el proceso de pintado que se utiliza pues de esto depende la calidad de los acabados finales sin dejar a un lado el primer aspecto porque si se utiliza pintura de mala calidad los resultados no son los esperados y la protección y terminados a los materiales serán deficientes así se cuente con un proceso moderno y sofisticado.

Para verificar la calidad del pintado se realiza una serie de ensayos que determinan la resistencia, protección, flexibilidad, dureza, espesor, entre otros aspectos importantes esenciales que debe cumplir un recubrimiento de pintura, entre los ensayos más importantes se tienen:

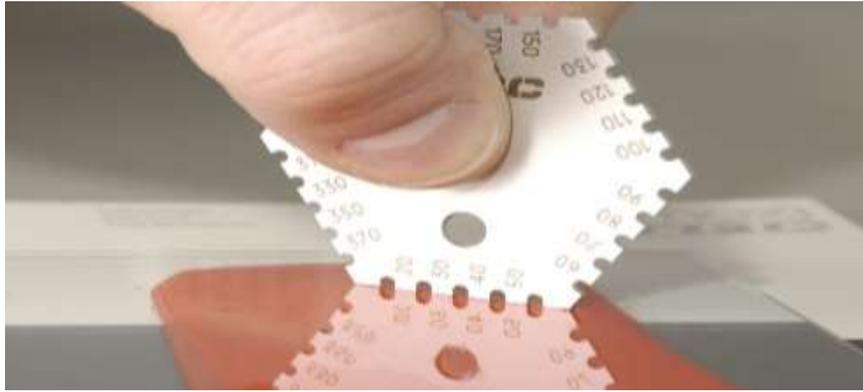
#### **8.12.1 Medición de espesor**

Uno de los controles de calidad que se realiza al recubrimiento de pintura es el ensayo de espesor, es decir, la pintura debe tener un espesor óptimo que garantice correctamente buenas propiedades de protección contra los diferentes agentes que dañan los materiales, por este motivo es necesario controlar el espesor de la película protectora asegurando la calidad del sistema de pintado.

Los ensayos en general se realizan a la pintura curada, sin embargo, es necesario recalcar que también se debe realizar la medición antes de que la pintura se seque, pues esto permite evaluar el espesor con la finalidad de rectificarlo y alcanzar los valores determinados de espesor en el producto final asegurando su calidad, por este motivo se puede definir dos tipos de ensayos como para el estado húmedo y para el seco, en varias ocasiones se emplea los dos sistemas.

Cuando la película protectora se encuentra en un estado húmedo, los métodos más utilizados son el peine y la rueda, pero también existen ensayos más sofisticados que utilizan instrumentos con rayos X o de ultrasonido que dan medidas precisas del espesor de la película protectora, entre otros métodos se puede definir a los de ultrasonido y foto térmicos.

**Ilustración 10:** Medidor de espesor de película húmeda



**Fuente:** <http://www.directindustry.es/prod/tqc-sheen-bv/product-23214-1592017.html>

Los ensayos con la pintura curada o seca se basan en el volumen de la película permitiendo calcular la densidad a partir de la masa, existen diferentes métodos para la determinación del espesor de la pintura seca, estas son: métodos destructivos y métodos no destructivos

Estos métodos también existen en los ensayos con pintura húmeda, como su nombre lo dice método no destructivo hace referencia a que no se daña la capa pintada puesto que se utiliza instrumentos que no perjudican la calidad de la pintura, a diferencia de los métodos destructivos que son instrumentos que al ponerse en contacto directos con la pintura estos dañan el acabado final.

En los métodos no destructivos se utilizan equipos de infrasonido o foto térmicos que no dañan la capa de película protectora, y en los métodos destructivos se utiliza cuchillas o medidores que necesariamente al ser utilizados se toca la superficie pintada por lo que se causa algún tipo de daño al pintado final.

**Ilustración 11:** Medidor de espesor de pintura seca



**Fuente:** <https://www.neurtek.com/recubrimientos/medidor-espesores>

### 8.12.2 Adhesión

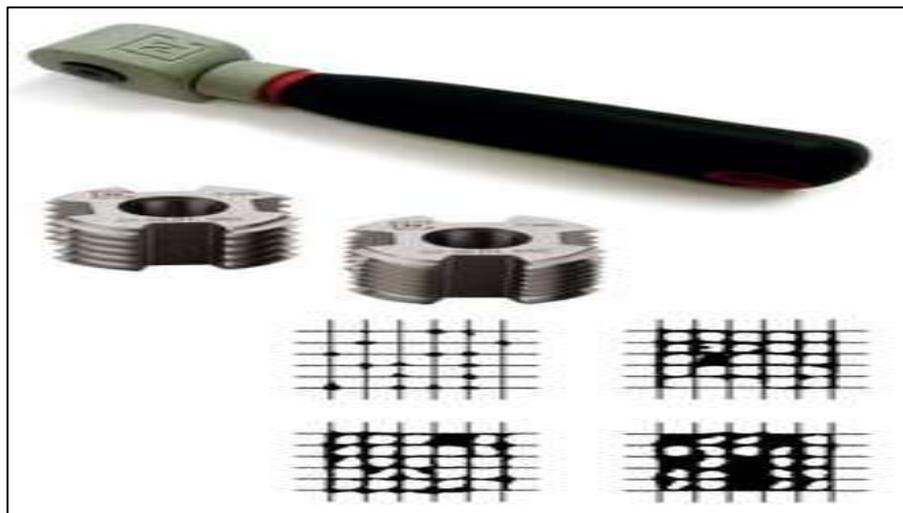
Los ensayos de adherencia se realizan con la finalidad de asegurar que la capa o revestimiento de pintura se adhiera adecuadamente al material aplicado aportando de manera eficiente en a la protección del mismo, la adherencia o adhesión es la capacidad de las partículas a aferrarse a una superficie determinada a la cual se le aplicó la capa de pintura.

La limpieza resulta imprescindible para que la adhesión del aparejo sea óptima y no se produzcan desprendimientos de material que afecte al acabado. La suciedad que dificulta a la correcta adhesión del aparejo suele ser fundamentalmente el polvo de lijado, por esta razón es preferible comenzarla con el uso de aire comprimido para la limpieza del área afectada. (García, 2013)

Los ensayos de adherencia permiten medir la fuerza de unión entre el revestimiento y la superficie o entre diferentes capas, la capacidad del recubrimiento depende de la calidad del sistema de preparación de la superficie y de la pintura aplicada, existe varios métodos para realizar ensayos de adherencia y son:

- Ensayo por tracción
- Ensayo por corte, enrejado, trama cruzada

**Ilustración 12:** Medidor de adherencia



**Fuente:** <https://www.neurtek.com/medidor-adherencia NK2000>

### 8.12.3 Dureza

Para realizar un ensayo de la dureza de la pintura se puede utilizar uno de los métodos más comunes que es por el rayado de lápices, el propósito de este ensayo de dureza al rayado es determinar la resistencia de los recubrimientos en las superficies como pinturas o lacas.

**Ilustración 13:** Durómetro de lápices



Fuente: <http://www.apv.cl/n/producto/elcometer-501-durometro-de-lapiz-wolff-wilborn>

Para realizar el ensayo básicamente se desplaza un lápiz afilado bajo una presión determinada sobre la superficie recubierta por pintura, el resultado de la prueba es el valor de la presión que se necesita para rayar la superficie, para ello se utiliza papel fino, herramientas de dureza constante y el juego de lápices.

Para sacar punta a los lápices se utiliza un sacapuntas especial y un papel abrasivo para afilar, el lápiz se inserta en la herramienta de presión y se empuja contra la superficie recubierta por la pintura, el valor más bajo de dureza del lápiz que marca el revestimiento determina el grado de dureza del mismo.

“La prueba de dureza con lápiz, a la que también se hace referencia como la prueba de Wolff-Wilborn, utiliza los valores variables de dureza de lápices de grafito para evaluar la dureza de un revestimiento” (Equipos, 2019)

#### **8.12.4 Prueba de dureza con lápiz (ASTM D 3363)**

La dureza es la resistencia de una película al rayado o raspadura superficial. En este ensayo se utilizan lápices de dureza con escala: 5B – 4B – 3B – 2B – B – HF – H – 2H – 3H – 4H – 5H. Y se recomienda empezar el rayado con lápices de menor dureza (B), hasta lograr el corte de la película. El valor de la dureza será aquel inmediatamente anterior al lápiz que causa el daño o logra cortar el recubrimiento. (Brito, 2014)

#### **8.12.5 Evaluación de la adhesión**

La prueba de adhesión según la norma ASTM D 3359 se lo realiza por el método de corte con navaja en forma de cruz o de cuadrícula dependiendo del espesor de película seca. Los resultados son de carácter cualitativo basados en una escala visual con seis niveles de adherencia, evaluando el grado de resquebrajamiento en los bordes. (Brito, 2014)

## **9 PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

¿El diseño de un horno de convección forzada mediante la combustión a gas permitirá la optimización del proceso de pintado en la Empresa DEREK MAIGUA?

### **9.1 Variable dependiente**

Proceso de pintado optimizado

### **9.2 Variable independiente**

Tiempo de secado de pintado

## **10 METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el proyecto de investigación se utiliza una serie de metodologías que permiten validar los resultados del diseño de un horno de convección forzada, los métodos utilizados son:

### **10.1 Métodos de investigación**

#### **10.1.1 Método hipotético - deductivo**

Este tipo de método permite partir de la observación del proceso que se utiliza para la fabricación de cocinas industriales en especial del proceso de pintado para posteriormente mejorar los tiempos de curado en el proceso de la empresa DEREK MAIGUA

#### **10.1.2 Método inductivo - deductivo**

Este método permite detallar cada uno de los procesos de pintado que realiza de la empresa como es el preparado de materiales, limpieza, transporte, desengrasado, aplicación de pintura, secado o curado, inspección y control de calidad.

### **10.2 Tipos de investigación**

#### **10.2.1 Investigación de campo**

Este tipo de investigación se utiliza puesto que permite realizar el estudio directamente de la empresa DEREK MAIGUA, obteniendo datos reales de la situación actual del proceso de elaboración de cocinas industriales para de esta manera realizar un diagnóstico de las situaciones que afectan el proceso de producción y dar soluciones eficientes que mejoren las características de los productos y el desarrollo de la empresa.

## 10.2.2 Investigación descriptiva

Este tipo de investigación permite describir e identifica los aspectos más importantes en el proceso de pintado y en especial el del curado, con la finalidad de conllevar a una solución del problema detectado logrando disminuir los tiempos de curado y aumentar la calidad de los productos.

## 10.3 Técnica de investigación

### 10.3.1 La observación

Mediante la técnica de la observación se puede identificar y levantar información de manera visual sobre el proceso que se utiliza para el pintado de las cocinas industriales en la empresa DEREK MAIGUA, permitiendo obtener información de manera directa sobre el problema, determinado tiempos de curado y poder analizar alternativas de mejora.

### 10.3.2 La encuesta

La encuesta permite obtener información mediante un cuestionario aplicado a las personas que laboran en la empresa y consiste en un cuestionario de preguntas referentes al proceso de pintado de cocinas industriales, mediante los resultados se puede obtener información indispensable que permite identificar algunos problemas con la finalidad de dar soluciones adecuadas optimizando el proceso de pintura.

### Población y muestra

En la empresa laboran 15 personas en total, en esta población de estudio están incluidos trabajadores, secretaria, gerente, la encuesta se aplica a todo el personal porque al ser pequeña no es necesario determinar una muestra.

**Tabla 2:** Población y muestra.

<b>DETALLES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Gerente	1
Secretaria	1
Trabajadores	13
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

**Fuente:** Maigua M., Obando D.

## 11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 11.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1

#### 11.1.1 Analizar la situación actual de la empresa y el proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.

Actividad 1.1.- Diagnóstico del estado actual de la empresa.

#### Reseña Histórica

El fundador y propietario de la empresa DEREK MAIGUA nace el 20 de mayo de 1974 en Latacunga, Provincia de Cotopaxi, dentro de una familia humilde que impulsó su crecimiento como emprendedor. Realizó sus estudios de primaria en la escuela "Isidro Ayora" de Latacunga. A la edad de catorce años, el Sr. Augusto Maigua viaja a la ciudad de Ambato con fines de trabajo, el mismo que lo desempeñó en el taller industrial del Sr. Roberto Mena. Es allí donde inicia su camino, teniendo en mente su visión a futuro de formar su propia empresa.

La empresa DEREK MAIGUA es fundada el 30 de julio de 1994 en Latacunga, Provincia de Cotopaxi por el señor Augusto Maigua, para esa época contaba con el apoyo de su señor padre quien ayudó económicamente en la compra de las primeras máquinas, era el momento en el que decidieron emprender la empresa en ciudad Latacunga, ya que había la necesidad en la ciudad de talleres que trabajaran la parte de metalmecánica, con este punto a favor y la experiencia con la que contaba el señor Augusto Maigua, se dio inicio a la prestación de servicios al sector metalmecánico, en la fabricación de cocinas industriales y estas se comercializaban en distintas plazas de la ciudad de Latacunga y sus alrededores.

**Tabla 3:** Localización

<b>DEREK MAIGUA</b>	
<b>País:</b>	Ecuador
<b>Provincia:</b>	Cotopaxi
<b>Cantón:</b>	Latacunga
<b>Parroquia:</b>	Ignacio Flores
<b>Dirección:</b>	Barrio Bethemitas
<b>Teléfono:</b>	2250-215

Fuente: Maigua M., Obando D.

## BASE LEGAL

La empresa es nombrada “DEREK MAIGUA” en honor a su apellido paterno y nombre de su padre quien ayudo económicamente. A continuación se detalla la cronología de la empresa:

- 30 de julio de 1994: se emprende en formar un taller de mecánica industrial en el barrio Bethemitas en la avenida primero de abril con tan sólo un ayudante.

Rama artesanal: Mecánica en general

Razón social: Mecánica “DEREK MAIGUA”

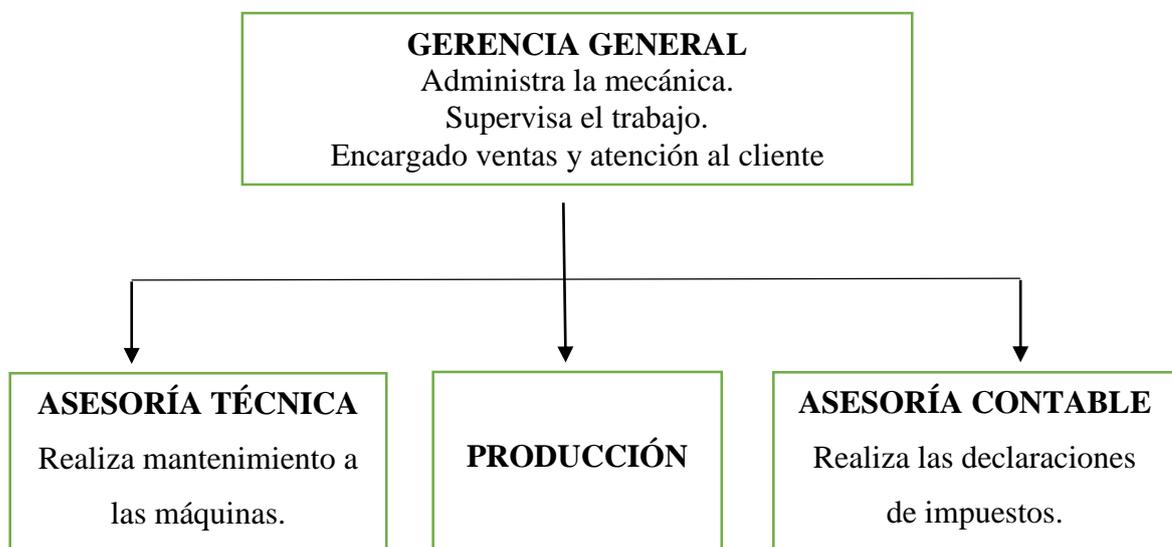
Fecha de titulación: Latacunga 10 de agosto de 2000

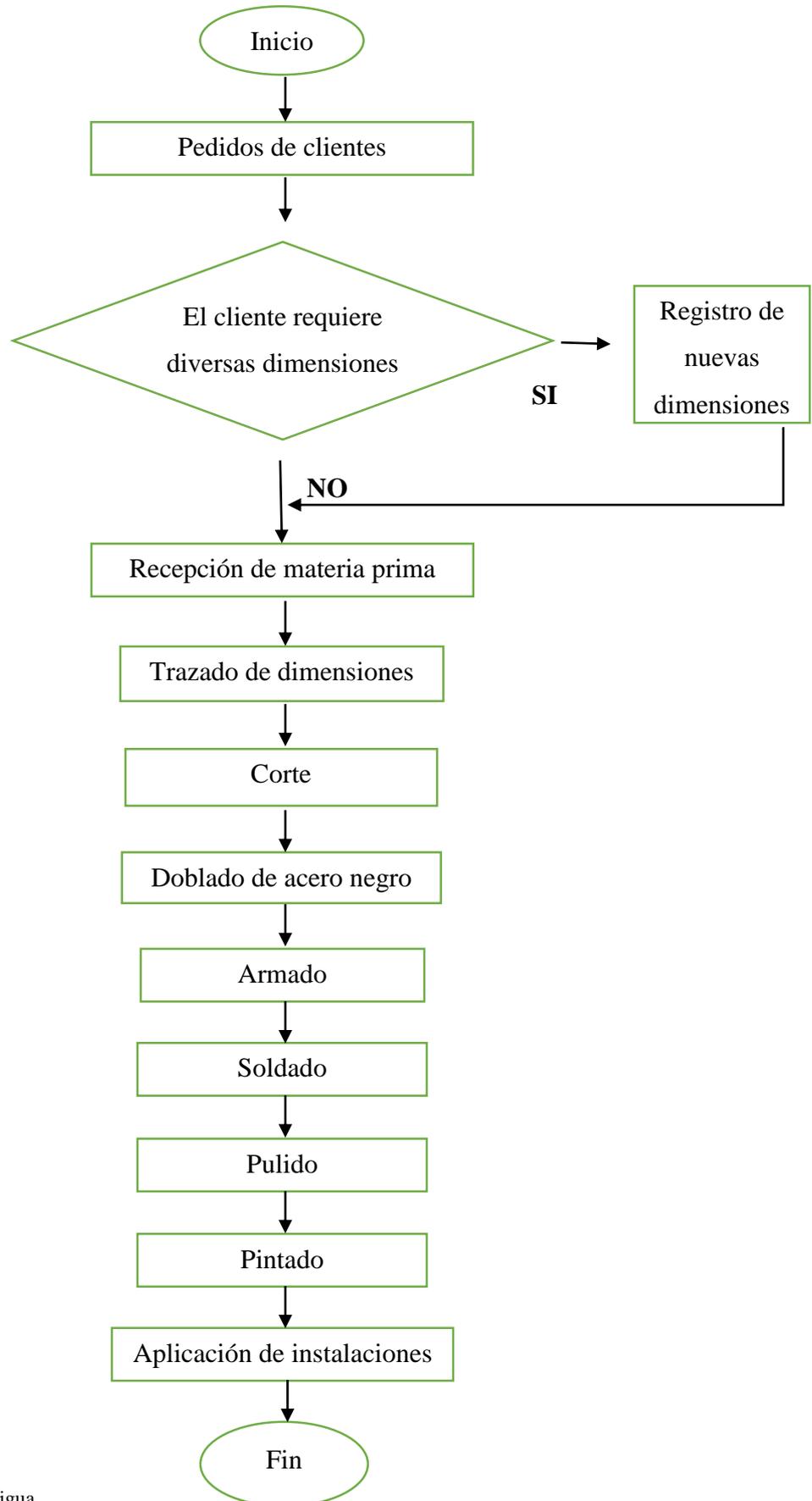
**Ilustración 14:** Sello de la empresa Derek Maigua



**Fuente:** Empresa Derek Maigua

## Organigrama funcional



**Ilustración 15:** Diagrama de flujo del proceso actual

Fuente: Empresa Derek Maigua.

## Productos

La empresa DEREK MAIGUA inició su actividad productiva con la fabricación de cocinas a gas, debido a las necesidades de sus clientes para dos sectores, para el sector industrial y para el sector doméstico.

## Características de los productos

La empresa DEREK MAIGUA desarrolla su producción bajo pedidos, su actividad productiva va orientada a la fabricación de cocinas a gas por su mayor demanda. Las cocinas industriales son diseñadas por la propia empresa acorde a los requerimientos de sus clientes, la mayoría de los metales para la elaboración de cocinas industriales son en acero negro, estos materiales no están adecuadamente protegidos contra la corrosión

La elaboración de los productos se realiza bajo un proceso de producción semejante, pues en lo único que se diferencian estos productos, es en el tiempo de fabricación, debido a que los complejos se demoran más y los sencillos menos.

**Tabla 4:** Producción semanal

Características	Producción semanal	Medidas por modular de cocinas			
		Ancho	Alto	Largo	Peso / Unid
Modular de 1 hornilla	10 Unid	0.40 cm	0.74 cm	0.40 cm	4.94 kg
Modular de 2 hornilla	15 Unid	0.75 cm	0.74 cm	0.40 cm	6.48 kg
Modular de 3 hornilla	15 Unid	1.05 cm	0.74 cm	0.50 cm	9.66 kg
Modular de 4 hornilla	10 Unid	1.50 cm	0.74 cm	0.50 cm	14.77 kg

**Fuente:** Empresa Derek Maigua

Actividad 1.2.- Observación del proceso de pintado y secado de las cocinas industriales.

**El proceso de pintura actual conlleva una serie de operaciones que podemos agruparlas en 3 grupos:**

- Preparación de superficies
- Aplicación de la pintura base
- Aplicación de pintura terminada
- Secado de la pintura

### **Preparación de superficies**

En la empresa DEREK MAIGUA primeramente realizan la preparación de superficies a base de waypes de forma manual. Para después realizar el, proceso de aplicación de pintura base la cual se define como el conjunto de operaciones que tienen por objetivo la eliminación de cualquier contaminante que se encuentra en la superficie a pintar, lo que favorece la adherencia de las capas de pintura base y pintura terminada.

En la preparación de superficies la empresa lo realiza de forma manual con waypes ya que nos permiten conseguir los requisitos de limpieza, adecuados para la aplicación de pintura base.

### **Aplicación de la pintura base**

Los operadores después de realizar el proceso de preparación de superficies pasan al proceso de aplicación de pintura base dicho proceso comienza con la operación del mezclado de los componentes que conforma la pintura base esmalte anticorrosivo, generalmente la pintura base son de 2 componentes (resina y endurecedor).

### **Aplicación de pintura terminada**

Al realizar el proceso de aplicación de pintura base el siguiente proceso es la aplicación de la pintura terminada, dicho proceso comienza con la operación del mezclado de los componentes que conforma la pintura esmalte, generalmente la pintura es de 2 componentes (resina y endurecentes), los cuales al mezclarse homogéneamente bajo los parámetros indicados por el fabricante de la pintura, añadiremos a la mezcla mayor o menor porcentaje de diluyente thinner el cual permitirá ajustar la viscosidad de la mezcla y aplicar la pintura en 40 y 50 micras correctamente en los modulares a pintar.

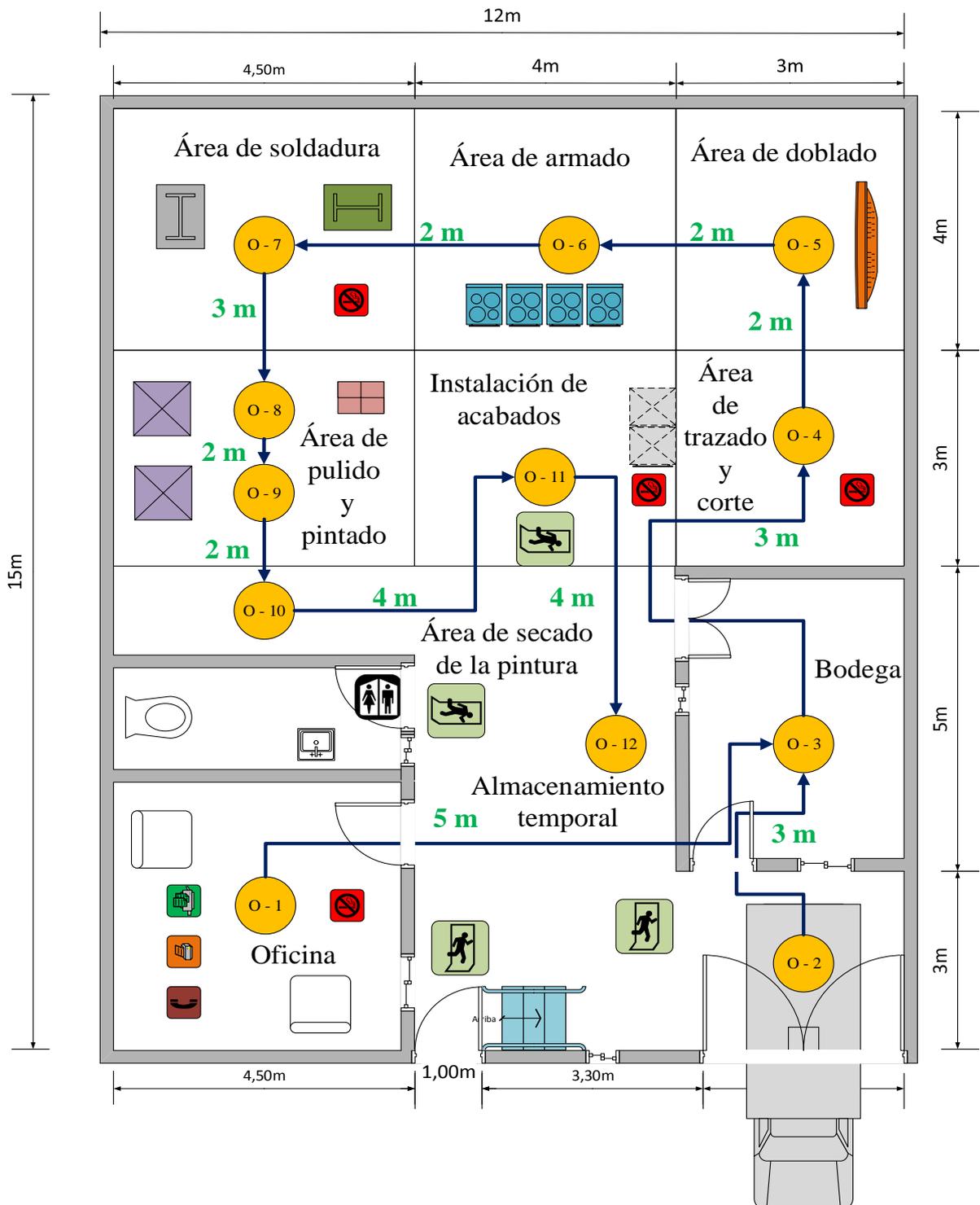
### **Secado de la pintura**

Una vez aplicado la pintura base, el tiempo de secado tarda aproximadamente de 30 a 35 minutos en secarse para después aplicar la pintura terminada. Este tiempo de secado de pintura base es tomado mediante el método de observación no participativa, técnica de observación directa. El último proceso es el secado de la pintura terminada, dicho proceso tarda dependiendo de las condiciones climáticas, debido a que la capa líquida se transformará mediante los mecanismos naturales de secado y endurecimiento en una capa sólida compacta que envuelve, protege y embellece la superficie sobre la que se aplicó, el tiempo estimado en secarse la pintura es de 18 horas dependiendo las dimensiones del producto pintado donde la resistencia a la prueba de los lápices es al 2B.

### Distribución de la planta en la situación actual.

En la distribución de la planta actual, tiene una distribución por procesos. El proceso de secado ocupa una gran cantidad de espacio relacionado con las otras áreas. El área total de la planta es de 180 m<sup>2</sup>.

**Ilustración 16:** Distribución de la planta actual



Fuente: Maigua M, Obando D.

Actividad 1.3.- Recopilación de datos del proceso actual de la fabricación de cocinas industriales.

## Diagrama de flujo de procesos actual

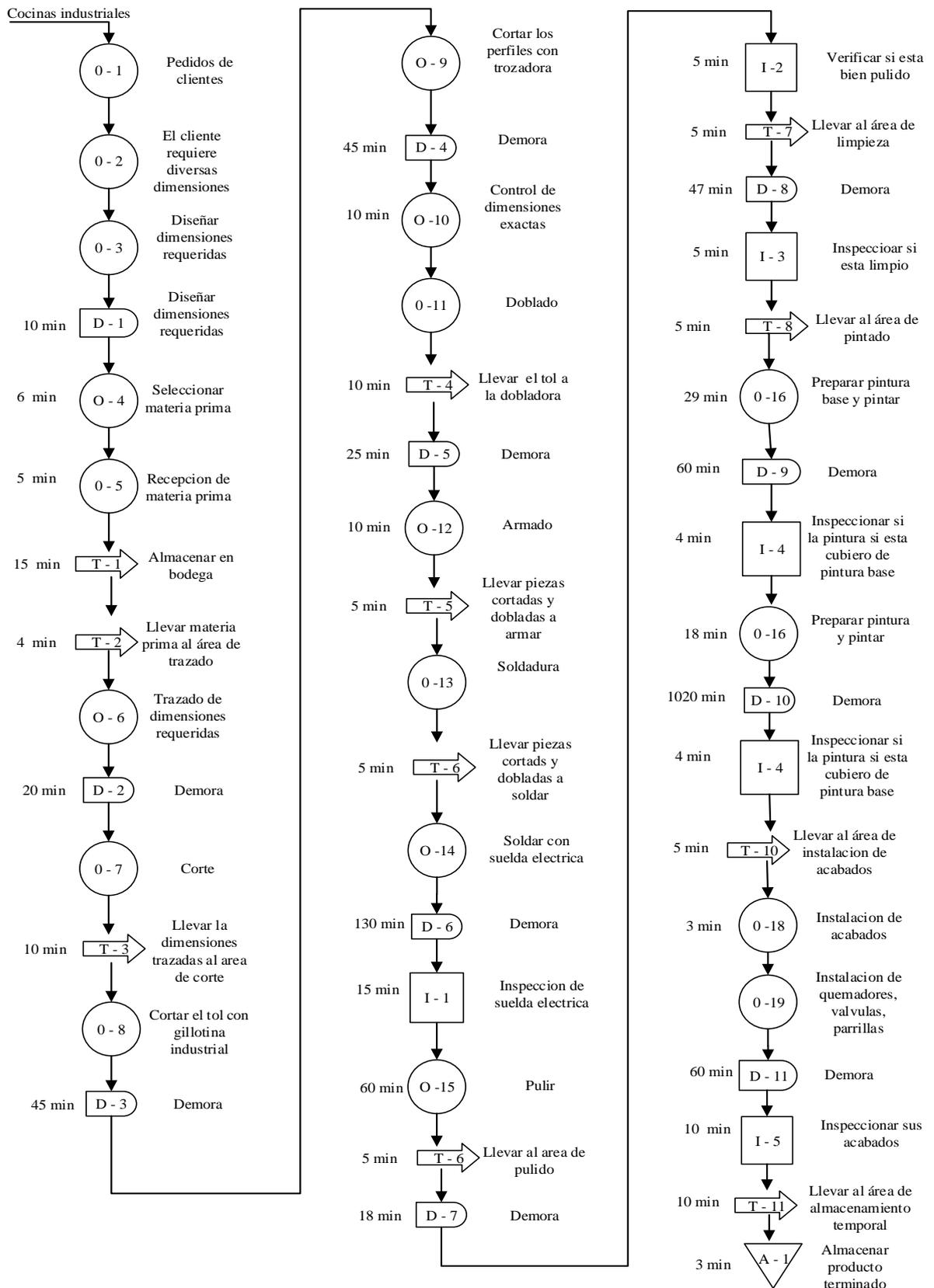
Ilustración 17: Diagrama de flujo de procesos actual

Diagrama de flujo de procesos de la fabricación de cocinas industriales									
Metodo actual: X		Metodo propuesto:					Fecha:		
Descripción de la operación: Fabricación de cocinas industriales									
RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTO					
		NÚMERO		NÚMERO					
Operación		19							
Transporte		11							
Inspección		21							
Retrasos		11							
Almacenamiento		1							
PASO	DETALLE DEL PROCESO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA EN MTS	PRODUCCIÓN DIA	TIEMPO EN MIN
1	Pedidos de clientes	●	→			▼		10	.....
2	El cliente requiere diversas dimensiones	●	→			▼		10	.....
3	Diseñar dimensiones requeridas	●	→			▼		10	.....
4	Demora				●	▼		10	10
5	Seleccionar materia prima	●	→			▼	5	10	6
6	Recepción de materia prima	●	→			▼		10	5
7	Almacenar en bodega	●	→			▼	3	10	15
8	Llevar materia prima al área de trazado	●	→			▼	3	10	4
9	Trazado de dimensiones requeridas	●	→			▼		10	.....
10	Demora				●	▼		10	20
11	Corte	●	→			▼		10	.....
12	Llevar la dimensiones trazadas al area de corte	●	→			▼	3	10	10
13	Cortar el tol con gilotina industrial	●	→			▼		10	.....
14	Demora				●	▼		10	45
15	Cortar los perfiles con la tronzadora	●	→			▼		10	.....
16	Demora				●	▼		10	45
17	Control de dimensiones exactas	●	→			▼		10	10
18	Doblado	●	→			▼		10	.....
19	Llevar el tol a la dobladora	●	→			▼	2	10	10
20	Demora				●	▼		10	25
21	Armado	●	→			▼		10	10
22	Llevar piezas cortadas y dobladas a armar	●	→			▼	2	10	5
23	Soldadura	●	→			▼		10	.....
24	Llevar piezas cortadas y dobladas a soldar	●	→			▼	2	10	5
25	Soldar con suelda eléctrica	●	→			▼		10	.....
26	Demora				●	▼		10	130
27	Inspección de suelda eléctrica	●	→			▼		10	15
28	Pulir	●	→			▼		10	60
29	Llevar al área de preparación de superficies	●	→			▼	3	10	5
30	Demora				●	▼		10	18
31	Verificar si esta bien pulido	●	→			▼		10	5
32	Llevar al área de limpieza	●	→			▼	2	10	15
33	Demora				●	▼		10	30
34	Inspeccionar si esta limpio	●	→			▼		10	5
35	Pintado	●	→			▼		10	.....
36	Llevar al área de pintura	●	→			▼	2	10	5
37	Preparar pintura base y pintar	●	→			▼		10	29
38	Demora				●	▼		10	60
39	Inspeccionar si esta cubierto de pintura base	●	→			▼		10	4
40	Preparar pintura y pintar	●	→			▼		10	18
41	Demora				●	▼		10	1020
42	Inspeccionar si la pintura fue cubierta totalmente	●	→			▼		10	4
43	Llevar al area de instalacion de acabados	●	→			▼	4	10	5
44	Instalación de acabados	●	→			▼		10	...
45	Instalación de quemadores, valvulas, parrillas	●	→			▼		10	...
46	Demora				●	▼		10	60
47	Inspeccionar sus acabados	●	→			▼		10	10
48	Llevar al area de almacenamiento temporal	●	→			▼	4	10	10
49	Almacenamiento temporal	●	→			▼		10	.....
TOTAL		18	12	7	11	1			1733

Fuente: Empresa Derek Maigua

### Diagrama de operaciones actual

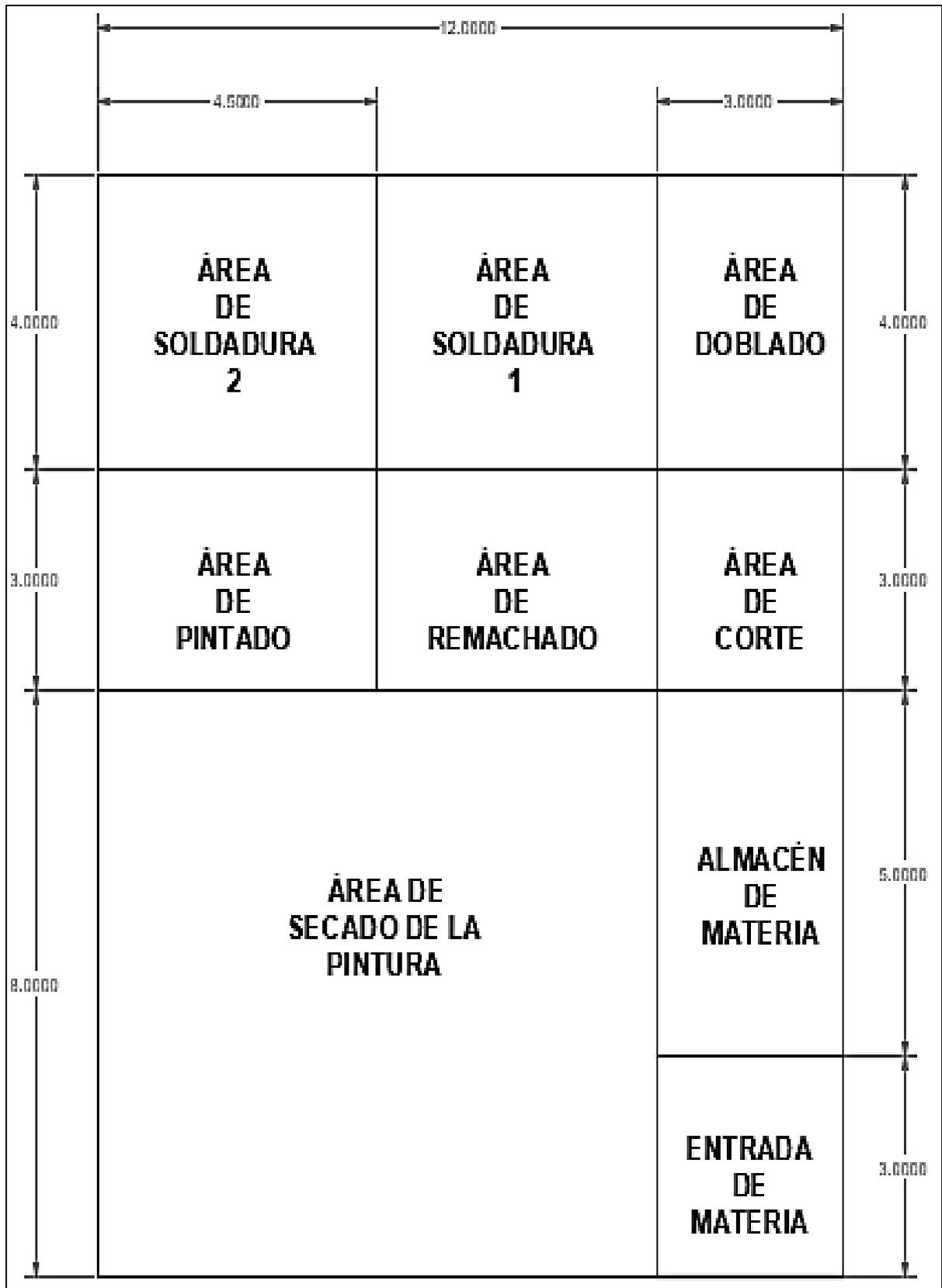
Ilustración 18: Diagrama De Procesos Actual



Fuente: Empresa Derek Maigua.

## Planimetría de la empresa Derek Maigua

Ilustración 19: Planimetría de la empresa Derek Maigua



Fuente: Empresa Derek Maigua.

## **11.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

### **11.2.1 Identificar las diferentes alternativas para optimizar el proceso de pintado.**

Actividad 2.1.- Investigar sobre procesos de preparación de superficies, aplicación de pintura, y curado de pintura.

#### **Preparación de superficies**

Para comenzar con un proceso de pintado el primer paso consiste en preparar la superficie que se desea recubrir con la pintura, este paso consiste en una serie de operaciones que permitan limpiar la superficie para dejar libre de elementos contaminantes que perjudique con la adherencia de la pintura afectando su calidad y resistencia, para la preparación de los materiales se utiliza una serie de herramientas que permiten obtener las condiciones necesarias de limpieza previos a la aplicación de la pintura.

Entre las técnicas de limpieza se puede realizar las siguientes.

- Arenado o granallado
- Lijado
- Limpieza criogénica
- Agua a altas presiones
- Fosfatado manual
- Fosfatado inmersión
- Laser.

La técnica de limpieza a ser utilizada depende mucho del material y de la superficie a ser pintada y a los contaminantes que se presenten y se deseen eliminar.

#### **Aplicación de pintura sobre las superficies**

Cuando las piezas a ser pintadas ya estén preparadas o hayan cumplido con el paso anterior se procede a la aplicación de la pintura, al existir diferentes pinturas en el mercado se debe utilizar los componentes como endurecedores o diluyentes recomendados por los fabricantes, los aditivos o componentes se debe mezclar homogéneamente según los parámetros indicados por el fabricante y se debe utilizar la técnica adecuada de pintado según la pintura.

Mediante el avance tecnológico actualmente existen una serie de máquinas y herramientas que permite realizar una serie de técnicas de pintado que van desde la manera más clásica de aplicación de la pintura con brochas y rodillos hacia técnicas más sofisticadas como:

- Pistolas de pulverización
- Inmersión
- Rociado mediante pistolas electrostáticas.

### **Cabinas de aplicación de pintura**

El proceso de pintado es un proceso muy complejo en la que se utiliza una serie de técnicas y herramientas, para pintar metales o artículos industriales se utilizan pinturas especiales que antes de ser aplicadas en el material este debe ser previamente tratado y la pintura debe ser curada mediante hornos de convección que alcanzan temperaturas optimas que aceleran el proceso de secado o polimerizan si se utiliza pinturas de tipo electrostática.

### **Tipos de hornos de curado**

Debido a la gran cantidad de hornos de curado de pintura principalmente se diferencian por la manera de calentamiento y secado o por el sistema que utiliza en la cámara de combustión.

Los hornos de convección se encargan en hacer circular la temperatura a todas las áreas internas de la cabina en la cual se encuentran las piezas recubiertas de pintura, estos hornos funcionan mediante quemadores de gas y por medio de resistencias eléctricas generadoras de calor, mediante un ventilador el aire caliente circula generando una convección forzada, según el proceso de producción los hornos pueden trabajar en procesos estáticos o continuos.

A continuación se muestra los diferentes tipos de hornos para el proceso de curado.

### **Hornos de convección por resistencias eléctricas**

Estos hornos le conocen como hornos eléctricos y su principio de funcionamiento es sencillo por lo que son los más utilizados en las industrias manufactureras, estos hornos de convección producen el calor mediante resistencias las cuales al circular la electricidad generan calor, los espirales incandescentes se encuentran alrededor de todo el horno con la finalidad de cubrir toda el área de los elementos pintados.

La capacidad de convección de estos hornos depende de las resistencias que utiliza están compuestos con resistencias con aletas aluminizadas, de aletas helicoidales de acero inoxidable o de resistencia en “M” blindadas. Los hornos de convección por resistencias eléctricas tienen como desventaja el alto consumo de energía eléctrica por lo que genera grandes cantidades de costos de operación puesto que para alcanzar la capacidad térmica necesaria se utiliza mucha electricidad a diferencia de los hornos que son más económicos al momento de operación como el horno a gas.

### **Hornos por paneles infrarrojos**

Este horno es altamente efectivo cuando se trata de curados de pintura en polvo, además se puede emplear para realizar curados de pinturas esmalte, secar disolventes como tinta, agua o adhesivos el proceso de calentamiento que utiliza es la transferencia de energía térmica por radiación electromagnética, es decir, la energía infrarroja es irradiada directamente a la superficie del material sin tener la necesidad de un medio de transmisión de energía, no generan residuos contaminantes. La cantidad de energía que reciben las piezas a ser curadas depende de la longitud de onda de radiación y de las características del material, en este proceso de curado de pintura el material absorbe las irradiaciones y la temperatura aumenta transmitiendo calor térmico teniendo como ventaja cubrir todas las áreas del material, los materiales con mayor conductividad térmica distribuyen de mejor manera la energía infrarroja siendo un proceso más efectivo y rápido.

### **Hornos de convección forzada a gas**

Este tipo de hornos es similar a los de resistencia eléctrica puesto que el principio de funcionamiento es similar, pero se diferencian en la energía que utilizan para producir calor y poder realizar el proceso de curado, los hornos eléctricos para generar energía calórica utilizan energía eléctrica, mientras que en este tipo de horno se utiliza gas licuado del petróleo (GLP) y quemadores dependiendo el volumen del horno, es decir se produce una combustión entre el oxígeno y el gas licuado del petróleo (GLP) produciendo una llama que eleva la temperatura del aire.

Los hornos de convección forzada pueden tener quemadores de diferentes tamaños y potencias según las necesidades de aplicación o del material utilizado, además el horno debe tener una excelente circulación del aire caliente en el interior de la cabina del horno con la finalidad de cubrir todas las área que están recubiertas con pintura, por este motivo se utiliza ventiladores que se encuentran ubicados en cámaras especiales de circulación de aire para evitar que la llama generada, por los quemadores estén en contacto directo con los materiales a curar y se puedan estropear, además al poner en contacto directo la pintura con la llama esta tiende a quemarse y dañarse perjudicando la calidad del producto terminado.

Los hornos de convección forzada a gas licuado del petróleo (GLP) son los más utilizados en por el costo bajo de operación

## Curado de la pintura

Cuando y se ha preparado las superficies y se haya aplicado la pintura, el último paso y no menos importante es el curado, esta etapa consiste en que la capa de pintura que se encuentra en manera líquida pase a un estado sólido mediante el endurecimiento y secado de la misma, la pintura al ser compacta y cubrir las superficies protege de la corrosión y los cambios climáticos, además mejora la apariencia estética de los materiales.

Del mismo modo que los procedimientos anteriores en este proceso también existen una serie de técnicas que permiten un curado eficiente acelerando el proceso y reduciendo los tiempos de secado de pintura, las máquinas o herramientas utilizadas en este proceso deben ser seleccionadas según el material y las dimensiones de los productos.

Actividad 2.2.- Seleccionar la alternativa adecuada para la optimización de procesos de preparación de superficies, aplicación de pintura y curado de pintura.

- **Para el proceso de preparación de superficies**

Alternativas para la preparación de superficies

**Tabla 5:** Técnicas de limpieza

TÉCNICAS DE LIMPIEZA	OPTIMA
Arenado o granallado	.....
Lijado	.....
Limpieza criogénica	.....
Agua a altas presiones	.....
Fosfatado manual	<b>X</b>
Laser.	.....

**Fuente:** Maigua M, Obando D.

Se seleccionó la técnica de fosfatado manual.

Según la investigación realizada para el proceso de preparación de superficies la técnica seleccionada consiste en una serie de operaciones que permitan limpiar la superficie para dejar libre de elementos contaminantes de manera manual, ya que la fabricación de cocinas industriales en la empresa es por lotes de producción y no es necesario seleccionar otro tipo de técnicas ya que la técnica de fosfatado manual permiten obtener las condiciones necesarias de limpieza previos a la aplicación de la pintura siempre y cuando depende mucho del material y del modular a ser pintado y a los contaminantes que se presenten y se deseen eliminar.

- **Para el proceso para la aplicación de pintura**

Alternativas para la aplicación de pintura

**Tabla 6:** Técnicas de aplicación de pintura

<b>TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE PINTURA</b>	<b>OPTIMA</b>
Pistolas de pulverización	.....
Inmersión	.....
Rociado mediante pistolas electrostáticas.	X

**Fuente:** Maigua M, Obando D.

Se seleccionó la técnica de rociado mediante pistolas electrostáticas.

Para la aplicación de pintura en polvo se diseñó una cabina para su correcta aplicación a través de un rociado manual mediante pistolas electrostáticas. Debido a que para realizar la optimización necesitaremos cambiar de pintura líquida a pintura en polvo, este tipo de pintura viene de manera sólida y su aplicación se debe realizar de manera correcta para tener un acabado excelente esto dependerá del aplicador que se seleccione para realizar dicho trabajo.

Se seleccionó equipos para su correcta aplicación de pintura en polvo.

- **Para el proceso de curado**

Alternativas para la aplicación de pintura

**Tabla 7:** Tipos de hornos de curado

<b>TIPOS DE HORNOS DE CURADO</b>	<b>OPTIMA</b>
Hornos de convección por resistencias eléctricas	.....
Hornos por paneles infrarrojos	.....
Hornos de convección forzada a gas	X

**Fuente:** Maigua M, Obando D.

Se seleccionó el horno de convección a gas debido a su bajo costo económico de funcionamiento.

El método de optimización de pintado será mediante un sistema de pintura electrostática, donde el proceso de preparación de superficies dependerá del tamaño geométrico de los modulares ya que se realizara mediante el método de fosfatado manual, en la aplicación de pintura se diseñó una cabina para aplicar pintura mediante rociado manual con pistolas electrostáticas, y para reducir el tiempo de secado de modulares pintados se seleccionó un horno de convección a gas.

Con la implementación del sistema de pintura electrostática optimizaremos el tiempo de curado de pintura, la calidad y la vida útil de la pintura.

Para el sistema de pintura electrostática tendremos 3 procesos propuestos.

- Fosfatado manual.
- Aplicación de pintura electrostática a través de un rociado manual mediante pistolas electrostáticas.
- Curado de la piezas mediante un horno de convección a gas.

### **11.3 OBJETIVO ESPECIFICO 3**

#### **11.3.1 Diseñar un sistema optimizado de preparación de superficies, aplicación de pintura, y curado de pintura.**

Actividad 3.1.- Seleccionar el desengrasante y desoxidante para el proceso de preparación de superficies.

En la preparación de superficies consiste en eliminar todo tipo de material extraño que impida el contacto directo del recubrimiento de pintura. En la selección del tratamiento de preparación de piezas que se van a pintar con recubrimientos en polvo se debe considerar el metal.

En el proceso de preparación de superficies realizaremos de forma manual mediante la aplicación de Desoxidsec 50, debido a que la empresa Derek Maigua, es una empresa que su fabricación es por lotes de producción y su demanda semanal no es mayor a 50 cocinas industriales, esta demanda es satisfecha para el sector doméstico y el sector industrial.

#### **Tipo de desengrasante que se utilizara**

Desoxidsec 50 Desengrasante, Desoxidante, Fosfatizante. Este producto químico desarrollado para la preparación de superficies metálicas para aplicar pintura. Puede aplicarse sobre hierro, cobre, aluminio y acero. Se aplica puro o diluido al 50% en agua, con brocha o waypes.

**Ilustración 20:** Desoxidsec 50



Fuente: [http://www.engidev.com/descargas/catal\\_engidev\\_v20.pdf](http://www.engidev.com/descargas/catal_engidev_v20.pdf)

### **Instrucciones de uso**

- Asegurarse de que la superficie a pintar esté libre de polvo suciedad u otros contaminantes al ser un producto desengrasante no requiere la eliminación previa de la grasa. En superficies oxidadas utilice lija para eliminar el óxido rápidamente.
- Al momento de utilizar abrir cuidadosamente el envase y homogenice lentamente.
- Para su aplicación puede usarse brocha, waype o inmersión. Se recomienda el uso de guantes para su manipulación.
- Deje actuar el **Desoxidsec 50** de 5 a 10 minutos, para humectar la superficie.
- Luego de la aplicación de **Desoxidsec 50** los residuos de este tratamiento deberán eliminarse con un waype seco.
- La superficie tratada con **Desoxidsec 50** queda lista para ser cubierta con pintura.

### **Precauciones**

- Producto no inflamable.
- Mantener el sobrante en su propio envase bien cerrado y almacenar en un lugar fresco.
- Para su aplicación utilice el equipo para protección personal: gafas, mascarillas, guantes.
- No aplicar sobre superficies pintadas porque pueden dañar el acabado.
- En caso de contacto directo con la piel, lave el área afectada con abundante agua.

Actividad 3.2.- Diseño de una cabina de pintura para su aplicación.

### **Cabinas De Aplicación**

En diseño de la cabina de aplicación de pinturas por rociado electrostático se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Los elementos y aberturas que debe tener la cabina de pintura para permitir el correcto rociado de pintura en los modulares que van a ser pintados, para facilitar el acceso a los mecanismos manuales reguladores de la aplicación y garantizar la velocidad del aire en las aberturas. La altura de la cabina de aplicación es amplia para realizar de manera ergonómica las operaciones de rociado dentro de la cabina. Se realizar un plano de la estructura y diseño por medio de los parámetros requeridos por la empresa, la cabina de aplicación de pinturas por rociado electrostático debe tener en cuenta los siguientes factores:

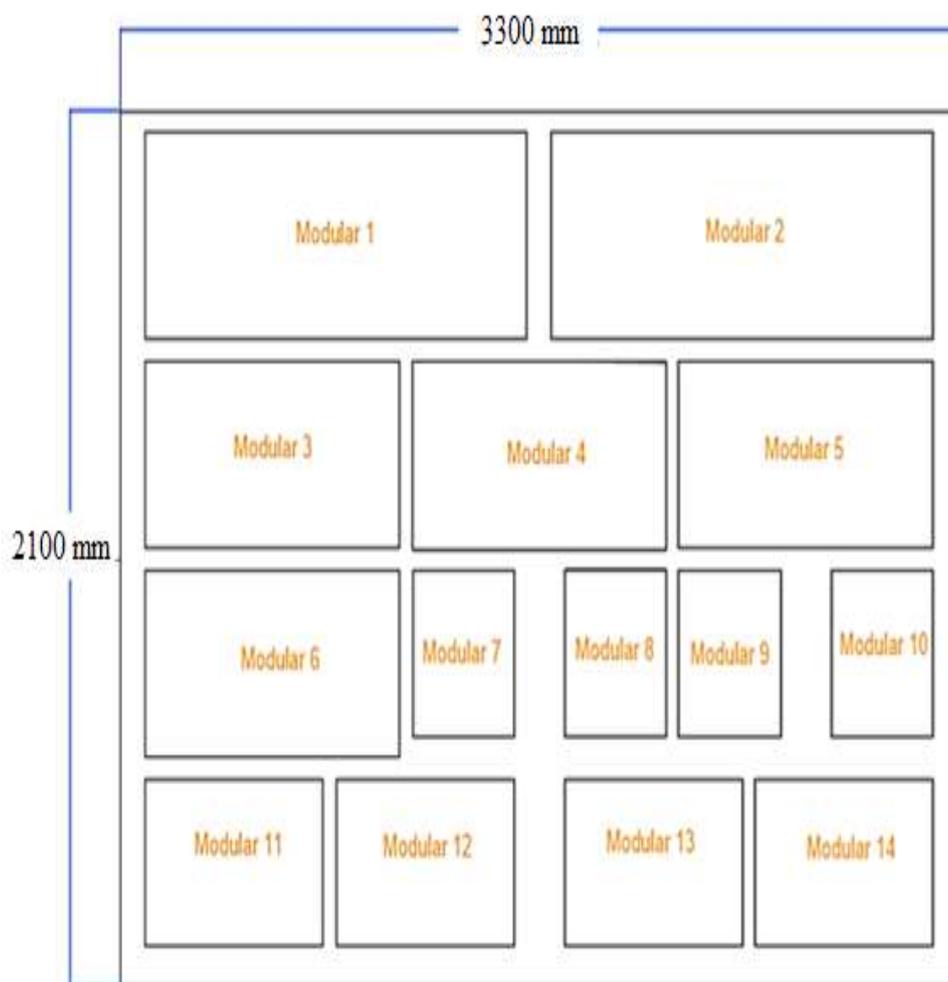
### Parámetros Geométricos

Para el diseño de la cabina de aplicación de pintura en polvo lo posible se debe tratar que sea de fácil acceso para limpieza y mantenimiento de la cabina.

### Parámetros funcionales

La cabina de aplicación de pintura en polvo es un sistema de estación, debe tener una apertura fija, aparte de estas salidas se tiene una entrada para el operador y la máquina de aplicación, esta última no tiene la necesidad de permanecer totalmente cerrada sino que es un sistema con puerta diseñado ergonómicamente para que el operador entre y salga de la cabina. Se debe tener espacio suficiente para que el operador pueda tener la comodidad al momento de aplicar la pintura en los modulares para que sea cubierto en su totalidad ya que esto es un proceso de calidad.

**Ilustración 21:** Dimensiones requeridas



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

### Diseño de cabina de aplicación de pintura en polvo

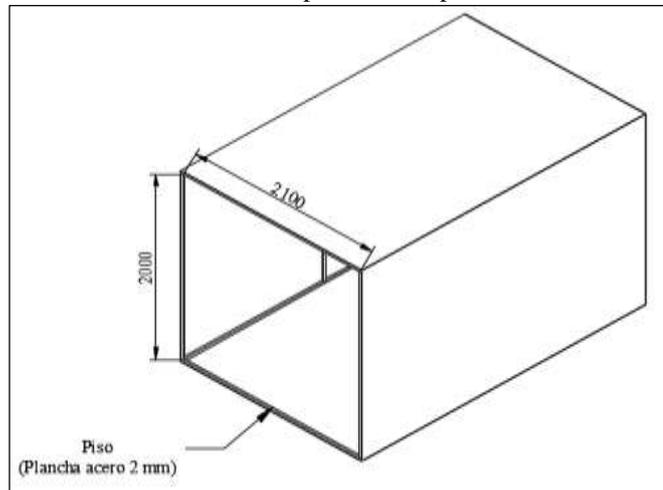
Basándose en datos básicos requeridos por la empresa Derek Maigua se empieza con el diseño de manera que lo primero que se tomará como un dato de entrada la longitud, ancho y altura de la cámara de aplicación.

Longitud: 3300 mm

Ancho: 2100 mm

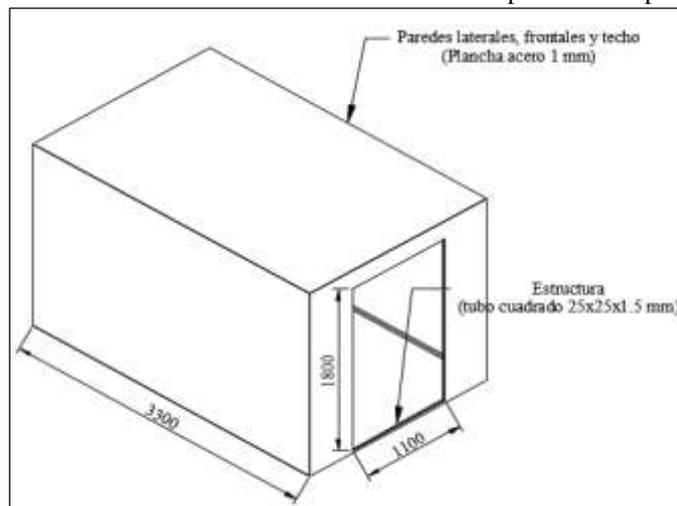
Altura: 2000 mm

**Ilustración 22:** Cabina de aplicación de pintura



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

**Ilustración 23:** Dimensiones de la cabina de aplicación de pintura



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

El recubrimiento en las paredes laterales, frontales y techo se lo realizara con planchas de acero de 1mm espesor y para el piso se lo realizara con plancha de acero de 2mm En cambio las paredes laterales no serán cubiertas en su totalidad, ya que tendrán una puerta de acceso para el operador dimensionadas ergonómicamente con tubo cuadrado (25x25x1.5mm) y una pared lateral abierta en su totalidad para la salida de los modulares pintados.

La estructura estará conformada por tubo cuadrado de (25x25x1.5mm)

**Ilustración 24:** Tubo cuadrado de (25x25x1.5mm)



**Fuente:** <http://www.dipacmanta.com/tubo-estructural-cuadrado-galvanizado>

### **Aplicación de pintura en polvo**

Pintura en polvo Poliéster Industrial es un recubrimiento de alta resistencia a la intemperie, tiene gran retención de brillo, estabilidad de los colores, gran resistencia a los rayos ultravioletas, así como una gran resistencia al calor. Formado con resinas de poliéster libres de TGIC (isocianurato de triglicidilo) es un agente de polimerización utilizado en los revestimientos de poliéster de las pinturas en polvo que suelen utilizarse en las empresas del metal y que puede encontrarse bajo diferentes nombres comerciales.

Es un producto idóneo para aplicar sobre aparatos electrodomésticos que están sometidos al calor o a la intemperie, como son los modulares de cocinas, especialmente diseñado para la aplicación industrial de todo tipo de sustratos metálicos incluidos el aluminio y el acero.

### **Rendimiento Teórico**

La pintura en polvo Poliéster Industrial rinde de 10 a 11 m<sup>2</sup> / 1kg, aplicado a un espesor de 60 micrones.

### **Propiedades mecánicas**

- Resistencia química
- Resistencia a la radiación U.V.

## Acabado perfecto

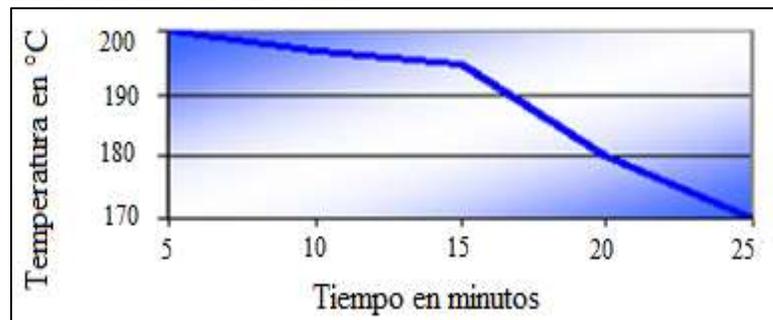
- Excelente protección
- Mantiene sus propiedades de brillo y color sobre las superficies pintadas
- Resistencia a la radiación U.V.

**Tabla 8:** Calidad de pintura poliéster industrial

<b>Adherencia:</b> Resistencia al cuadrulado	100%
<b>Dureza al lápiz</b>	3 H
<b>Flexibilidad al mandril cónico</b>	Resistente
<b>Ensayo de impacto</b>	160 (mínimo)
<b>Espesor</b>	50 - 80 micrones
<b>Precio comercial 1 kg</b>	\$ 10.75

Fuente: <https://valresa.com/pintura-en-polvo/pintura-en-polvo-poliester-industrial/>

**Ilustración 25:** Curva De Curado



Fuente: <https://valresa.com/pintura-en-polvo/pintura-en-polvo-poliester-industrial/>

## Aplicación de pintura en polvo

Para realizar la aplicación de pintura en polvo se deberá tomar en cuenta el entorno de las condiciones climáticas en donde se va a aplicar debido a que estas condiciones climáticas afectan directamente a la calidad del producto a pintar. Se debe colocar la cabina de aplicación en un lugar donde la temperatura, contaminación, presión atmosférica, velocidad del viento y la humedad estén en rangos que sean óptimos para la aplicación de pintura en polvo.

Para establecer estos parámetros se recomienda lo siguiente:

- Humedad no más de 65%.
- Temperatura ambiente máximo 35°C.
- Aire libre de contaminantes líquidos y sólidos.

Al momento de la aplicación se recomienda tener una distancia prudente de 30 cm

## **Aplicación Electrostática**

Para la aplicación electrostática en el proceso, las partículas de polvo de la pintura se cargan eléctricamente mientras el producto a pintar está conectado a tierra, de esta manera se produce una atracción electrostática que adhiere una película de polvo directamente a la pieza, logrando recubrir toda su superficie de manera pareja en su totalidad.

## **Equipos para la aplicación de pintura en polvo**

Equipos para la aplicación de pintura en polvo mediante el rociado electrostático, para aplicar recubrimientos rápidamente el proceso requiere un equipo compuesto de 5 partes:

- La Unidad Alimentadora
- Las Pistolas Electrostáticas
- La Fuente Electrostática de Voltaje
- Una Unidad de Recuperación de Polvo
- La cabina de Rociado

En el proceso de aplicación de pintura en polvo conlleva el siguiente proceso:

- La pintura en polvo es suministrada a la pistola desde la unidad alimentadora donde esta almacenada.
- La pintura es bombeada a través de una manguera que la dirige en forma de una nube difusa distribuida uniformemente.
- La fuerza impulsora la proporciona el aire usado para llevar el polvo desde la unidad alimentadora y por la carga electrostática impartida al polvo en la pistola.
- Mientras el voltaje electrostático es administrado a la pistola mediante una fuente diseñada para transmitir energía de alto voltaje y bajo amperaje a un electrodo adaptado a la pistola.

Al acercarse la nube de polvo cargada electrostáticamente a la pieza conectada a tierra, se crea un campo eléctrico de atracción que conduce las partículas de polvo hacia la parte formando una capa sobre ella.

Los excesos o el polvo que no se adhiere a la pieza son mínimos este polvo se recoge desde la superficie del piso para aprovecharlo en el mismo proceso. El polvo recolectado es reciclado manualmente a la unidad alimentadora para reutilizarlo.

El aire se pasa a través de un medio filtrante hacia un dispositivo de abundante aire limpio y luego por un filtro se devuelve a la planta.

### **Normas de seguridad en el manejo y aplicación de pinturas en polvo poliéster industrial.**

Las siguientes son las recomendaciones de seguridad para las personas que manejan y aplican pinturas en polvo:

- Los operadores de la empresa Derek Maigua encargadas de destapar recipientes de pintura en polvo, vaciar el producto en la tolva alimentadora, deben utilizar guantes y mascarillas para el polvo.
- Los operadores encargados de limpiar o reparar los equipos, o descartar desperdicios deben utilizar guantes y mascarillas para el polvo.
- En casos de contacto de la pintura en polvo con la piel, deben lavar bien con abundante agua y jabón. Nunca se emplea para la limpieza personal disolventes como el thinner
- Los operadores deben utilizar mascarillas Auto filtrante FARU-4251 mascarilla protectora contra la inhalación de polvo disolventes en general, resinas, barnices, adhesivos se utilizan cuando exista contaminación de éste en el ambiente.
- Mantener pintura en polvo en un lugar fresco y seco.

### **Maquina seleccionada para la aplicación de pintura en polvo.**

**Ilustración 26:** Equipo Manual Prima Sprint Corona O Tribo



**Fuente:** <https://www.acatec.net/equipos-de-polvo-o-pintura-poliester>

Actividad 3.3.- Diseño de un horno de convección forzada que permita optimizar el tiempo de curado.

### **Horno de convección a gas GLP (gas licuado de petróleo)**

Permite transmitir el calor mediante la cámara de combustión, en este procedimiento el calor generado por la cámara de combustión es transmitida al área interior de curado para que el polvo simplemente adherida al producto, la polimeriza de tal manera que se forma una película que adquiere una adherencia final que resistirá mecánicamente a golpes y químicamente a residuos líquidos.

Este procedimiento es muy controlado por sus niveles de temperatura y tiempo de curado del modular ya que el conjunto de estas dos variables serán las responsables del acabado final y de sus propiedades mecánicas y químicas. El tamaño del horno depende directamente de la geometría del producto y el número de productos a curar.

### **Requerimientos**

- Combustible a utilizar GLP
- Producción diaria máxima 15 modulares,
- Producción diaria mínima 10 modulares

### **Dimensiones requeridas por la empresa:**

- Alto: 150 mm
- Ancho: 210 mm
- Largo: 330 mm

### **Peso máximo por lote de producción**

- 120 kg

### **Temperatura requerida que necesita el horno**

- Temperatura máxima = 200 °C o 473 K
- Temperatura mínima = 12 °C o 285 K      Temperatura de entrada de la carga bajo condiciones climáticas de la ciudad de la Latacunga, Bethemitas.

### **Análisis del combustible a utilizar**

Analizar el combustible y a la vez su combustión es de vital importancia, ya que gracias a dicho análisis se conoce no solo sus características a la hora de combustionar sino también se logra obtener información acerca de las condiciones adecuadas para una combustión total.

Calcular el exceso de aire es imperativo, debido a que, se va a trabajar con Gas Licuado de Petróleo (GLP), el cual necesita una cierta cantidad de aire para combustionar. Se necesita conocer la cantidad adecuada de aire a suministrar, para que se genere una combustión ideal, mas no una que genere residuos al producirse una reacción incompleta.

Al realizarse la combustión la reacción generara una llama con una determinada temperatura la cual se denomina Temperatura de flama adiabática, conocer su temperatura es importante para el diseño, ya que con este dato se procede al diseño de la cámara de combustión, la cual tendrá que soportar dicho calor generado por la llama.

### **Características del combustible**

El butano comercial es un gas licuado, obtenido por destilación del petróleo, compuesto principalmente por butano normal (60%), propano (9%), isobutano (30%) y etano (1%). (OSINERGMIN GART, 2019)

- Color: incoloro.
- Olor: sustancia inodora cuando es pura
- Masa molar: 58 g/mol
- Poder calorífico superior: 49 608 kJ/kg aprox.

El oxígeno actúa como oxidante, el cual en la cantidad idónea genera una adecuada combustión, a continuación se muestra la Ec. (1) la cual representa el balance de la reacción química del GLP.

**Ecuación 1:** Balance químico



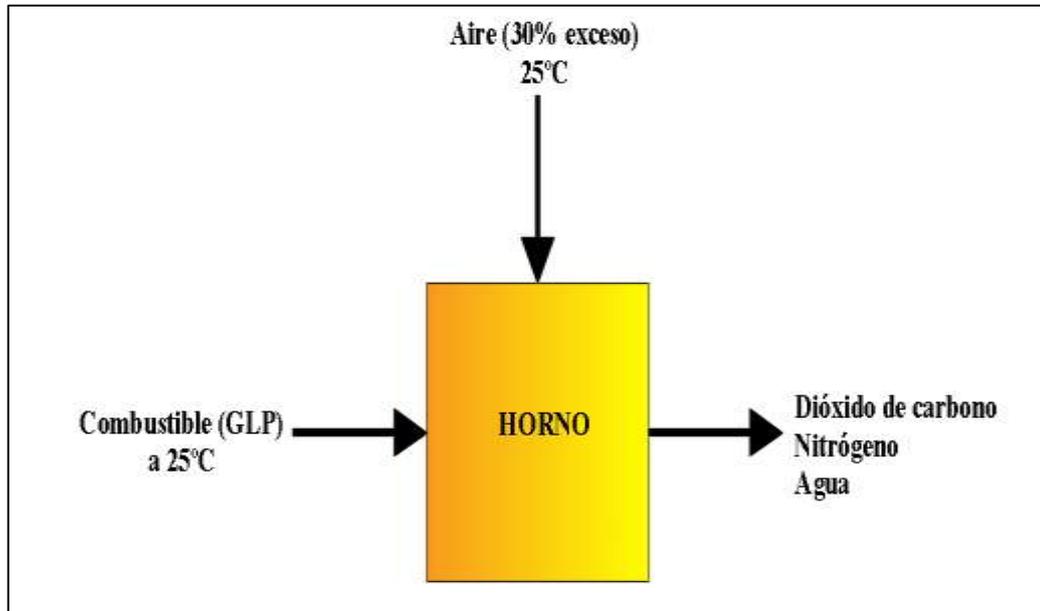
Para determinar la temperatura de flama adiabática con la que trabajará la, hallaremos la Temperatura de flama adiabática todo esto con el fin de no afectar los materiales con los que estará construido, además con la finalidad de transferir la suficiente cantidad de calor que requiere el horno para su correcto funcionamiento.

### Temperatura de flama adiabática

La temperatura adiabática es la máxima temperatura teórica que la flama de una combustión real de un combustible puede alcanzar en ausencia de transferencia de calor que, por razones termodinámicas, no es factible evitar, con lo que la temperatura efectiva observada siempre es menor. La estimación de la temperatura adiabática debe realizarse en función de la composición de las especies presentes en la flama (que a su vez dependen de la temperatura de la misma). (Todorov & Aleksandrova, 1989)

Para que exista una adecuada combustión del GLP es necesario que el oxígeno actúe como comburente, y que este a su vez sea del 30% en exceso según (Industria Metrogas, 2019) en el siguiente grafico se puede apreciar las condiciones de estos.

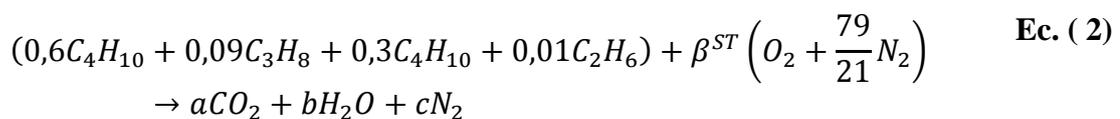
**Ilustración 27:** Condiciones Aire - Combustible



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

Para conocer el valor real de la tempera de la flama adiabática es necesario realizar un balance atómico, el cual nos ayudara a conocer con mayor precisión el calor real de dicha flama. A continuación se muestra la ecuación estequiométrica del GLP, la cual tiene el nombre de Ec. (2).

**Ecuación 2:** Ecuación estequiométrica del GLP



En la ecuación dada se debe hallar los valores de las siguientes incógnitas:

$$\mathbf{C: } 0,6*(0,4)+0,09*(3)+0,3*(0,4)+0,01*(2)= a*(1)$$

$$\mathbf{H: } 0,6*(10)+0,09*(8)+0,3*(10)+0,01*(0,6)*=b*(2)$$

$$\mathbf{O: } \beta^{ST}(2) = a(2) + b(1)$$

$$\mathbf{N: } \beta^{ST}(3,76(2)) = c(2)$$

A continuación se detalla los valores obtenidos mediante el proceso matemático:

**Tabla 9:** Tabla de valores

INCÓGNITA	VALOR	UNIDADES
$a\text{CO}_2$	3,89	$\left[\frac{\text{kmol}}{\text{s}}\right]$
$b\text{H}_2\text{O}$	4,89	$\left[\frac{\text{kmol}}{\text{s}}\right]$
$B^{ST}$	6,34	$\left[\frac{\text{kmol}(\text{O}_2)}{\text{kmol}_{\text{comb}}}\right]$
$c\text{N}_2$	23,8196	$\left[\frac{\text{kmol}}{\text{s}}\right]$

Fuente: Maigua M., Obando D.

Encontrar el alfa estequiométrica  $\alpha^{ST}$ , el mismo que es la cantidad de aire por kg de combustible, se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

**Ecuación 3:** Alfa estequiométrico

$$\alpha = \beta_{02}^{ST} * \frac{1}{\frac{X_{02}}{\text{AIRE}}} * \frac{MM_{\text{aire}}}{MM_{\text{comb}}} \quad \mathbf{Ec. ( 3)}$$

Donde:

$\beta_{02}^{ST}$  Beta estequiométrica

$\alpha^{ST}$  Alfa estequiométrica

MM (aire): Masa molar del aire, valor que se encuentra detallado en cualquier tabla periódica.

MM (combustible): Masa molar del combustible

Sustituyendo valores, mismo que fueron encontrados en los ejercicios anteriores se obtiene lo siguiente:

$$M.M \text{ (aire)} = (0,21*(16) (2)) + (0,79*(14) (2)) = 28,84 \left[ \frac{kg}{kmol} \right]$$

$$M.M \text{ (comb)} = (0,6*58) + (0,09*44) + (0,3*58) + (0,01*30) = 56,46 \left[ \frac{kg}{kmol} \right]$$

$$\alpha = \beta_{O_2}^{ST} * \frac{1}{\frac{X_{O_2}}{AIRE}} * \frac{MM_{aire}}{MM_{comb}}$$

$$\alpha^{ST} = 6,335 * \frac{1}{0,21} * \frac{28,84}{56,46}$$

$$\alpha^{ST} = 15,41 \left[ \frac{kg(aire)}{kg(comb)} \right]$$

El exceso de aire necesario dentro un horno de curado según (Trinks & Mawhinney, 1975) es del 30%, ya que entre mayor sea la cantidad de aire suministrado, existe menor probabilidad de que exista una combustión incompleta, por la cual se debe emplear el aire mínimo necesario para que se quemé en su totalidad el GLP.

**Ecuación 4:** Exceso de aire

$$\varepsilon = \frac{\alpha - \alpha^{ST}}{\alpha^{ST}} \quad \text{Ec. ( 4)}$$

$$\alpha = ((\varepsilon * \alpha^{ST}) + \alpha^{ST})$$

$$\alpha = \left( (0.30 * 15.41 \left[ \frac{kg_{aire}}{kg_{comb}} \right]) \right) + 15.41 \left[ \frac{kg_{aire}}{kg_{comb}} \right]$$

$$\alpha = 20,032 \left[ \frac{kg_{aire}}{kg_{comb}} \right]$$

La cantidad de aire es de 20,032 kg de aire en 1 kg de combustible.

Una vez encontrado la cantidad de aire por kg de combustible se procede a la el balance de energía, con la finalidad de encontrar el valor de la llama adiabática. La ecuación del balance de energía es la siguiente:

**Ecuación 5:** Balance de energía

$$m_{aire}Cp_{aire} * (T_{aire} - 25) + m_{comb}[Cp_{comb} * (T_{comb} - 25) + LHV] \quad \text{Ec. ( 5)}$$

$$= \phi_{out} + m_{GS}Cp_{GS} * (T_{GS} - 25)$$

Donde:

**Tabla 10:** Balance de Energía

NOMENCLATURA	VALORES	UNIDADES
$m_{comb}$	1	$\left[\frac{kg}{s}\right]$
$m_{aire} = \alpha * m_{comb}$	20,03	$\left[\frac{kg}{s}\right]$
$m_{GS} = m_{comb} + m_{aire}$	21,03	$\left[\frac{kg}{s}\right]$
$T_{aire}$	298	[K]
$T_{comb}$	298	[K]
$Cp_{aire}$	1	$\left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}\right]$
$Cp_{comb}$	2,299	$\left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}\right]$
$Cp_{GS}$	1,097	$\left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}\right]$

**Fuente:** Frank Incropera Fundamentos de transferencia de calor.

Debido a que la temperatura del ejercicio es de 25 °C se anulan tres valores del lado izquierdo, dichos valores se anulan, en la figura 1., se aprecia los valores de la temperatura del combustible y el aire es la misma, además que el valor  $\phi_{out}$ , desaparece al no existir en el proceso. Quedando el balance de energía de la siguiente manera:

$$LHV = m_{GS} * Cp_{GS} * (T_{GS} - 25)$$

El valor a encontrar en la ecuación del balance de energía es TGS (temperatura de los gases de salida). Una vez despejada la incógnita queda de la siguiente forma:

$$T_{GS} = \frac{LHV}{m_{GS} * Cp_{GS}} + 25$$

Para hallar el valor del LHV, se necesita el valor del poder calorífico de los elementos que conforman el GLP.

**Tabla 11:** Poder calorífico

SUSTANCIA	PODER CALORÍFICO	VALOR Y UNIDAD DESEADA
	Kcal/kg	kJ/kg
$C_4H_{10}$	10919	45685,096
$C_3H_8$	11065	46295,96
$C_4H_{10}$	10891	45567,944
$C_2H_6$	11336	47429,824

Fuente: Maigua R., Obando D.

La masa del aire es de  $21,03 \frac{kg}{s}$  y el valor de calor específico de los gases de salida es de  $1,097 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

Reemplazando los valores hallados en la ecuación se obtiene:

$$T_{GS} = \frac{0,6(45685,096) + 0,09(46295) + 0,3(45567,944) + 0,01(47429,824)}{21,03 * 1,097} + 298$$

$$T_{GS} = 2279,71K \approx T_{GS} = 2006,71^\circ C$$

Con los 2006,71 °C obtenidos se puede empezar a la selección de los materiales que conformaran la cámara de combustión, mismos que deberán poseer propiedades térmicas adecuadas, y sobretodo que soporten el calor producido por la flama adiabática.

## ANÁLISIS TÉRMICO DEL HORNO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA

### CALOR REQUERIDO POR LA CARGA Y EL HORNO

Hallar el calor requerido por la carga ( $Q_c$ ), es decir el calor que absorbe un lote de cocinas hasta llegar a la temperatura de 200°C es indispensable. De igual forma conocer el valor del calor específico ( $C_p$ ) de los materiales que conforman las cocinas es importante, la cocina en su totalidad a pintar está conformada de acero dulce. La variación de temperatura ( $T_{max} - T_{min}$ ), va de 200°C, 25°C y de 12°C.

El peso total de la carga es de 120 kg, este peso se obtuvo pesando el lote de cocinas más representativo, es decir el lote de 24 cocinas, ya que no solo se diferenció en número sino también en peso. Por lo cual se tomará como carga representativa dicho lote.

$p_c = 120$  [kg]                      Carga del horno

$T_{max} = 200$  [°C] o 473 [K]    Temperatura del horno

$T_{min} = 12$  [°C] o 285 [K]    Temperatura de entrada de la carga bajo condiciones climáticas de la ciudad de la Latacunga, Bethemitas.

Para calcular la cantidad de calor se utilizará la ecuación:

Donde:

$Q_c$ :                      Calor que necesita la carga

$p_c$ : 120 [kg]    peso de la carga

$C_p$ : 0,46  $\left[ \frac{kJ}{kg.K} \right]$  Calor específico del acero negro

**Ecuación 6:** Cantidad de calor

$$Q = m * C_p(\Delta T) \qquad \qquad \qquad \mathbf{Ec. ( 6)}$$

$$Q_c = p_c * C_{p_c}(T_{max} - T_{min})$$

$$Q_c = 120[kg] * 0,46 \left[ \frac{kJ}{kg.K} \right] (473[K] - 285[K])$$

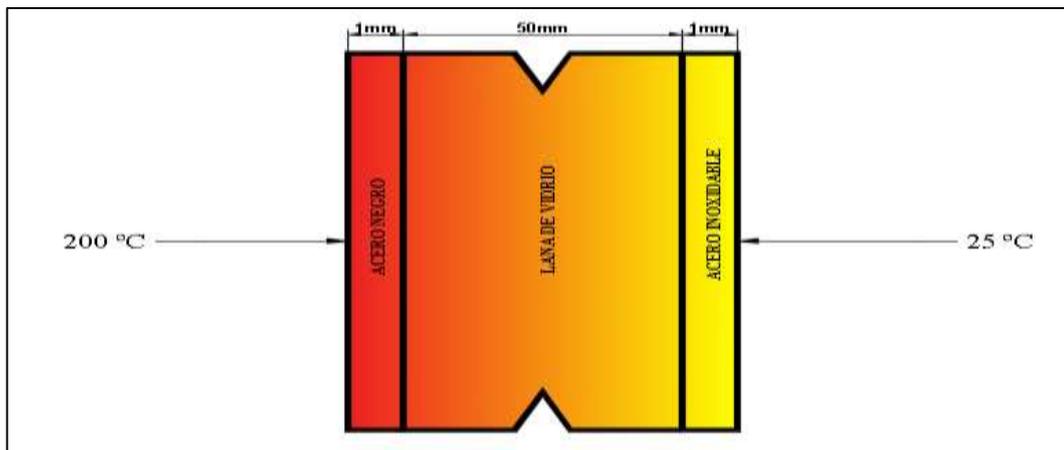
$$Q_c = 10377,6 [kJ]$$

## CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LAS PAREDES INTERNAS DEL HORNO

El horno no es un sistema hermético o dicho de otra manera, no es un sistema totalmente cerrado por lo cual existen pérdidas de calor, las paredes interiores en su totalidad están construidas de acero negro de 1mm de espesor.

En la siguiente figura se puede observar cómo está construido el horno de curado, además que se puede visualizar mediante colores como se ven afectadas por el calor.

**Ilustración 28:** Pared del horno de curado



Fuente: Maigua R., Obando D.

Con la siguiente ecuación se procede al cálculo de las pérdidas de calor en las paredes interiores del horno de curado.

$$Q_{pi} = m_{pi} * Cp_{pi} * (T_{max} - T_{min})$$

Donde:

$Q_{pi}$  Calor paredes interiores

$Cp_{pi}$  Calor específico del acero negro

Se encuentra el valor de la masa de las paredes interiores del horno

**Ecuación 7:** Masa

$$m = V * \rho \quad \text{Ec. ( 7)}$$

$$m_{pi} = V * \rho_{pi}$$

$$m_{pi} = 0,036[m^3] * 7820 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$m_{pi} = 258,06 [kg]$$

Reemplazando se obtiene lo siguiente.

$$Q_{pi} = m_{pi} * Cp_{pi} * (Tmax - Tmin)$$

$$Q_{pi} = 258,06 [kg] * 0,46 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right] * (493[K] - 283[K])$$

$$Q_{pi} = 22317,03[kJ]$$

### CANTIDAD DE CALOR QUE NECESITA ABSORBER EL AIRE

Las condiciones ambientales deben tomarse en cuenta, ya que debido a ellas las características del aire varían. Por lo cual se debe tomar como referencia las condiciones climáticas en la ciudad de Latacunga, sector Bethemitas.

Datos:

$$\Delta T: 188 [^{\circ}C]$$

$\rho (1): 1,2446 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$	Densidad del aire a 12°C
$\rho (2): 0,9290 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$	Densidad del aire a 2750 msnm
$\rho: 1,225 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$	Densidad del aire al nivel del mar
$Cp: 1,027 \left[ \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \right]$	Calor específico del aire
$V: 10,40 [m^3]$	Volumen del horno

Dónde: G: Gravedad relativa

**Ecuación 8:** Gravedad relativa

$$G = \frac{\rho(2)}{\rho} \quad \text{Ec. ( 8)}$$

$$G = \frac{0,9296 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]}{1,225 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$G = 0,758$$

**Ecuación 9:** Masa del aire en el interior

$$m_{aire} = V * \rho * G \quad \text{Ec. ( 9)}$$

$$m_{aire} = 10,40[m^3] * 1,225 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 0,758$$

$$m_{aire} = 9,66 [kg]$$

Cantidad de calor a suministrar al aire en el proceso.

$$Q_{aire} = m_{aire} * C_{p_{aire}} * (T_{max} - T_{min})$$

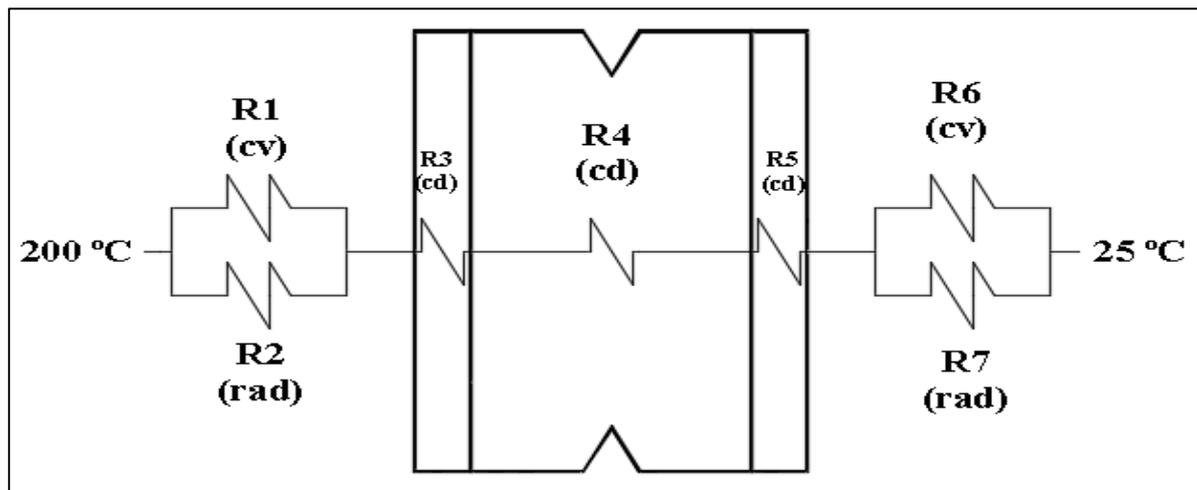
$$Q_{aire} = 9,66[kg] * 1,027 \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right] * (188[K])$$

$$Q_{aire} = 1864,52[kJ]$$

## RESISTENCIAS TÉRMICAS EN LAS PAREDES DEL HORNO

A continuación se muestra una figura detallada de las resistencias térmicas existentes dentro y fuera de las paredes del horno. En ellas existen convección (cv), radiación (rad) y conducción (cd). En total en las paredes se generan 7 resistencias térmicas las cuales se deberán calcular para obtener la cantidad de calor que se pierden en las paredes del horno de curado.

**Ilustración 29:** Resistencias térmicas en las paredes del horno



Fuente: Maigua R., Obando D.

### Analogía eléctrica en las paredes del horno

Se obtuvo 7 resistencias térmicas, las cuales son: R1 y R2 corresponden a convección y radiación en el interior respectivamente, mientras que R6 y R7 pertenecen a convección y radiación en el exterior del horno de curado. En el caso de R3, R4 y R5 pertenecen a la conducción que existe en las paredes del horno.

El coeficiente de convección por aire en el interior del horno es de  $25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ , ya que la convección forzada según Incropera (1999) va desde los  $25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$  hasta los  $100 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$ .

## RESISTENCIAS TÉRMICAS EN LAS PAREDES LATERALES Y FRONTALES INTERNAS DEL HORNO

### Resistencia a la convección y radiación

**Ecuación 10:** Resistencia por convección

$$R_{convección} = \frac{1}{h_{cv} \cdot A} \quad \text{Ec. (10)}$$

**Ecuación 11:** Resistencia por radiación

$$R_{Radiación} = \frac{1}{h_{rad} \cdot A} \quad \text{Ec. (10)}$$

### R1, resistencia por convección interior

Datos:

$$h = 25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$A = 16,2 [m^2]$$

$$R1 = \frac{1}{h * A}$$

$$R1 = \frac{1}{25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 16,2 [m^2]}$$

$$R1 = 2,4E - 03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

### R2, resistencia por radiación interior

Datos:

$$\Theta: 5,70E-08 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \quad \text{Constante de Stefan Boltzman}$$

$$\varepsilon: 0,52 \quad \text{Emisividad del acero negro 25 °C}$$

$$T_p: 220 [°C] \quad \text{Temperatura de la superficie del horno en funcionamiento}$$

$$T_{min}: 200 [°C] \quad \text{Temperatura mínima}$$

$$A = 16,2 [m^2]$$

**Ecuación 12:** Coeficiente de radiación

$$h_r = \theta * \varepsilon * \frac{T_p^4 - T_{min}^4}{T_p - T_{min}} \quad \text{Ec. (11)}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2 K^4} * 0,52 * \frac{(220^\circ C)^4 - (200^\circ C)^4}{220^\circ C - 200^\circ C}$$

$$h_r = 1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$R2 = \frac{1}{h_r * A}$$

$$R2 = \frac{1}{1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 16,2 m^2}$$

$$R2 = 0,06 \frac{K}{W}$$

### Resistencia equivalente

$$Req = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

**Ecuación 13:** Resistencia Equivalente

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} \quad \text{Ec. ( 12)}$$

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{2,47E - 03 \frac{K}{W}} + \frac{1}{0,06 \frac{K}{W}}}$$

$$Req1 = 2,37E - 03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

### Resistencia por conducción en las paredes interiores del horno (R3) (R4) (R5)

**Ecuación 14:** Resistencia por Conducción

$$R_{conducción} = \frac{L}{k * A} \quad \text{Ec. ( 13)}$$

### R3, resistencia por conducción del acero negro

L= 0,001 [m]	Espesor de la pared interior
k= 58,7 $\left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$	Conductividad térmica del acero negro
A= 16,2 [m <sup>2</sup> ]	Área de las paredes laterales y frontales

$$R3 = \frac{L}{k * A}$$

$$R3 = \frac{0,001[m]}{58,7 \left[ \frac{W}{m.K} \right] * 16,2 [m^2]}$$

$$R3 = 1,05E - 6 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

#### **R4, resistencia por conducción de la lana de vidrio**

L= 0,05 [m] Espesor del aislante, lana de vidrio

k= 0,041  $\left[ \frac{W}{m.K} \right]$  Conductividad térmica

A= 16,2 [m<sup>2</sup>]

$$R4 = \frac{L}{k * A}$$

$$R4 = \frac{0,05[m]}{0,041 \left[ \frac{W}{m.K} \right] * 16,2 [m^2]}$$

$$R4 = 0,08 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

#### **R5, resistencia por conducción del acero inoxidable**

L= 0,001 [m] Espesor de pared, acero inoxidable

k: 17  $\left[ \frac{W}{m.K} \right]$  Conductividad térmica

A= 16,2 [m<sup>2</sup>] área Paredes laterales y frontales

$$R5 = \frac{L}{k * A}$$

$$R5 = \frac{0,001[m]}{17 \left[ \frac{W}{m.K} \right] * 16,2 [m^2]}$$

$$R5 = 3,63E - 06 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Convección y radiación R6 y R7,****R6, resistencia por convección exterior**

Datos:

$T_p: 25 [^{\circ}\text{C}]$	Temperatura superficial (fuera del horno)
$T_{min}: 12 [^{\circ}\text{C}]$	Temperatura mínima
$g: 9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right]$	Aceleración gravitacional
$\beta=0,083 = \left[\frac{1}{T_{min}}\right]$	Coefficiente de expansión volumétrica
$L= 2,1 [m]$	Longitud característica de la plancha (placa vertical)
$\nu= 1,56E-05 \left[\frac{m^2}{s}\right]$	Viscosidad cinemática 25 °C
$Pr= 0, 7296$	Número de Prandtl 25 °C
$k (\text{aire})= 0,02551 \left[\frac{W}{m.K}\right]$	Conductividad térmica (del aire en Latacunga)
$A: 16,2 [m^2]$	Área paredes laterales y frontales

**Ecuación 15:** Número de Raleigh

$$Ra = \frac{g * \beta * (T_p - T_{min}) * L^3}{\nu} * Pr \quad \text{Ec. ( 14)}$$

$$Ra = \frac{9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right] * 0,083 * (25^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}) * 2,1[m]^3}{1,5E - 05 \left[\frac{m^2}{s}\right]} * 0,7296$$

$$Ra = 4763201,68$$

**Ecuación 16:** Número de Nusselt

$$Nu = 0,1 * Ra^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. ( 15)}$$

$$Nu = 0,1 * 4763201,68^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 16,82$$

**Ecuación 17:** Coeficiente de convección

$$h_{ext} = \frac{k_{aire} * Nu}{L} \quad \text{Ec. ( 16)}$$

$$h_{ext} = \frac{0,0255 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] * 16,82}{2,1[m]}$$

$$h_{ext} = 0,20 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R6, resistencia por convección exterior

$$R6 = \frac{1}{h_{ext} * A}$$

$$R6 = \frac{1}{0,20 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 16,2 [m^2]}$$

$$R6 = 0,31 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R7, resistencia por radiación exterior**

Datos:

$\Theta$ :  $5,70E-08 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$  Constante de Stefan Boltzaman

$\varepsilon$ : 0,3 Emisividad del acero inoxidable

$T_p$ : 25 [°C] Temperatura de la superficie

$T_{min}$ : 12 [°C] Temperatura mínima

$$hr = \theta * \varepsilon * \frac{T_p^4 - T_{min}^4}{T_p - T_{min}}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2 K^4} * 0,3 * \frac{(25^\circ C)^4 - (12^\circ C)^4}{25^\circ C - 12^\circ C}$$

$$h_r = 4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R7, resistencia por radiación exterior

$$R7 = \frac{1}{hr \cdot A}$$

$$R7 = \frac{1}{4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 16,2[m^2]}$$

$$R7 = 126,75 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

Resistencia equivalente de convección y radiación

$$Req2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

$$Req2 = \frac{1}{\frac{1}{R6} + \frac{1}{R7}}$$

$$Req2 = \frac{1}{\frac{1}{0,31 \left[ \frac{K}{W} \right]} + \frac{1}{126,75 \left[ \frac{K}{W} \right]}}$$

$$Req2 = 0,31 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Resistencia total del sistema**

**Ecuación 18:** Resistencia total del sistema

$$RT = \sum (R1 + R2 + R3 + \dots Rn) \quad \text{Ec. ( 17)}$$

$$RT = Req(1) + R3 + R4 + R5 + Req(2)$$

$$RT = 0,00247 + (1,05E - 06) + 0,08 + (3,63E - 06) + 0,31$$

$$RT = 0,40 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Ecuación 19:** Coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{RT * A} \quad \text{Ec. ( 18)}$$

$$U = \frac{1}{0,40 \left[ \frac{K}{W} \right] * 21,12 [m^2]}$$

$$U = 0,12 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

### Tasa de calor perdido por las paredes laterales y frontales

Con este dato se puede determinar el flujo de calor que pasa por las paredes laterales y frontales del horno de pintura electrostática y para ello tiene los siguientes datos:

Datos:

A: 16,2 [m<sup>2</sup>] Área de las paredes laterales y frontales

Tmax: 473 [K]

Tmin: 298 [K]

**Ecuación 20:** Tasa de calor

$$Q_{perdido} = \frac{U * A * (Tmax - Tmin)}{1000} \quad \text{Ec. ( 19)}$$

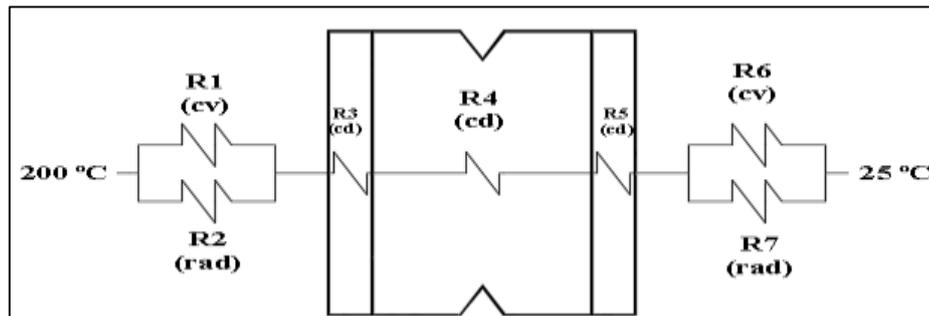
$$Q_{perdido} = \frac{U * A * (Tmax - Tmin)}{1000}$$

$$Q_{perdido} = \frac{U = 0,12 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 16,2 [m^2] * (473 [K] - 298 [K])}{1000}$$

$$Q_{perdido} = 0,37 [kW]$$

## RESISTENCIA TÉRMICA DEL TECHO

**Ilustración 30:** Resistencia térmica en el techo del horno



Fuente: Maigua R., Obando D.

Ya que las paredes del techo están conformadas con los mismos materiales de las paredes laterales y frontales el cálculo es el mismo con la diferencia del área.

### Resistencia a la convección y radiación

$$R_{convección} = \frac{1}{h_{cv} * A}$$

$$R_{radiación} = \frac{1}{h_{rad} * A}$$

#### R1, resistencia por convección interior

Datos:

$$h = 25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$A = 6,93 [m^2]$$

$$R1 = \frac{1}{h * A}$$

$$R1 = \frac{1}{25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93 [m^2]}$$

$$R1 = 5,8E - 03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

#### R2, resistencia por radiación interior

Datos:

$$\Theta: 5,70E-08 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \quad \text{Constante de Stefan Boltzman}$$

$$\varepsilon: 0,52 \quad \text{Emisividad del acero negro } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_p: 220 [^\circ\text{C}] \quad \text{Temperatura de la superficie del horno en funcionamiento}$$

$$T_{min}: 200 [^\circ\text{C}] \quad \text{Temperatura mínima}$$

$$A = 6,93 [m^2]$$

$$h_r = \theta * \varepsilon * \frac{T_p^4 - T_{min}^4}{T_p - T_{min}}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2 K^4} * 0,52 * \frac{(220^\circ\text{C})^4 - (200^\circ\text{C})^4}{220^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}}$$

$$h_r = 1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R2, resistencia por radiación interior

$$R2 = \frac{1}{h_r * A}$$

$$R2 = \frac{1}{1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93 m^2}$$

$$R2 = 0,13 \frac{K}{W}$$

**Resistencia equivalente**

$$Req = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}}$$

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{5,8E - 03 \frac{K}{W}} + \frac{1}{0,13 \frac{K}{W}}}$$

$$Req1 = 6 E - 03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Resistencia por conducción en las paredes interiores del horno (R3) (R4) (R5)**

$$R_{conducción} = \frac{L}{k * A}$$

**R3, resistencia por conducción del acero negro**

L= 0,001 [m]            Espesor de la pared interior  
k= 58,7  $\left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$             Conductividad térmica del acero negro  
A= 6,93 [m<sup>2</sup>]            Área del techo

$$R3 = \frac{L}{k * A}$$

$$R3 = \frac{0,001 [m]}{58,7 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] * 6,93 [m^2]}$$

$$R3 = 2,45E - 06 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R4, resistencia por conducción de la lana de vidrio**

$L = 0,05$  [m] Espesor del aislante, lana de vidrio

$k = 0,041$   $\left[\frac{W}{m.K}\right]$  Conductividad térmica

$A = 6,93$  [m<sup>2</sup>]

$$R4 = \frac{L}{k * A}$$

$$R4 = \frac{0,05[m]}{0,041 \left[\frac{W}{m.K}\right] * 6,93 [m^2]}$$

$$R4 = 0,18 \left[\frac{K}{W}\right]$$

**R5, resistencia por conducción del acero inoxidable**

$L = 0,001$  [m] Espesor de pared, acero inoxidable

$k = 17$   $\left[\frac{W}{m.K}\right]$  Conductividad térmica

$A = 6,93$  [m<sup>2</sup>] Área del techo

$$R5 = \frac{L}{k * A}$$

$$R5 = \frac{0,001[m]}{17 \left[\frac{W}{m.K}\right] * 6,93 [m^2]}$$

$$R5 = 8,5E - 06 \left[\frac{K}{W}\right]$$

**Convección y radiación R6 y R7,****R6, resistencia por convección exterior**

Datos:

$T_p = 25$  [°C] Temperatura superficial

$T_{min} = 12$  [°C] Temperatura mínima

$g = 9,8$   $\left[\frac{m}{s^2}\right]$  Aceleración gravitacional

$\beta = 0,083$   $\frac{1}{T_{min}}$  Coeficiente de expansión volumétrica

$L = 2,1$  [m] Longitud característica de la plancha (placa vertical)

$\nu = 1,56E-05$   $\left[\frac{m^2}{s}\right]$  Viscosidad cinemática

$Pr = 0,7296$  Número de Prandtl

$k$  (aire) =  $0,02551$   $\left[\frac{W}{m.K}\right]$  Conductividad térmica

A: 6,93 [m<sup>2</sup>]

Área del techo

$$Ra = \frac{g * \beta * (Tp - Tmin) * L^3}{\nu} * Pr$$

$$Ra = \frac{9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] * 0,083 * (25^\circ C - 12^\circ C) * 2,1[m]^3}{1,5E - 05 \left[ \frac{m^2}{s} \right]} * 0,7296$$

$$Ra = 4763201,68$$

$$Nu = 0,1 * Ra^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 0,1 * 4763201,68^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 16,82$$

$$h_{ext} = \frac{k_{aire} * Nu}{L}$$

$$h_{ext} = \frac{0,0255 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] * 16,82}{2,1[m]}$$

$$h_{ext} = 0,20 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$R6 = \frac{1}{h_{ext} * A}$$

R6, resistencia por convección exterior

$$R6 = \frac{1}{0,20 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93 [m^2]}$$

$$R6 = 0,72 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R7, resistencia por radiación exterior**

Datos:

$\Theta$ : 5,70E-08  $\left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$  Constante de Stefan Boltzaman

$\epsilon$ : 0,3 Emisividad del acero inoxidable

Tp: 25 [°C] Temperatura de la superficie

Tmin: 12 [°C] Temperatura mínima

$$hr = \theta * \varepsilon * \frac{Tp^4 - Tmin^4}{Tp - Tmin}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2K^4} * 0,3 * \frac{(25^\circ C)^4 - (12^\circ C)^4}{25^\circ C - 12^\circ C}$$

$$hr = 4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R7, resistencia por radiación exterior

$$R7 = \frac{1}{hr \cdot A}$$

$$R7 = \frac{1}{4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93[m^2]}$$

$$R7 = 296,31 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

Resistencia equivalente de convección y radiación

$$Req2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

$$Req2 = \frac{1}{\frac{1}{R6} + \frac{1}{R7}}$$

$$Req2 = \frac{1}{\frac{1}{0,31 \left[ \frac{K}{W} \right]} + \frac{1}{126,75 \left[ \frac{K}{W} \right]}}$$

$$Req2 = 0,72 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Resistencia total del sistema**

$$RT = Req(1) + R3 + R4 + R5 + Req(2)$$

$$RT = 6E - 03 + 2,45E - 06 + 0,18 + (8,5 E - 06) + 0,72$$

$$RT = 0,20 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

### Coefficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{RT * A}$$

$$U = \frac{1}{0,20 \left[ \frac{K}{W} \right] * 6,93 [m^2]}$$

$$U = 0,007 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

### Tasa calor perdido por el techo

La pérdida de calor en el techo es la siguiente:

Datos:

A: 6,93 [m<sup>2</sup>] Área de las paredes laterales y frontales

Tmax: 473 [K]

Tmin: 298 [K]

$$Q_{perdido} = \frac{U * A * (Tmax - Tmin)}{1000}$$

$$Q_{perdido} = \frac{U = 0,007 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93 [m^2] * (473 [K] - 298 [K])}{1000}$$

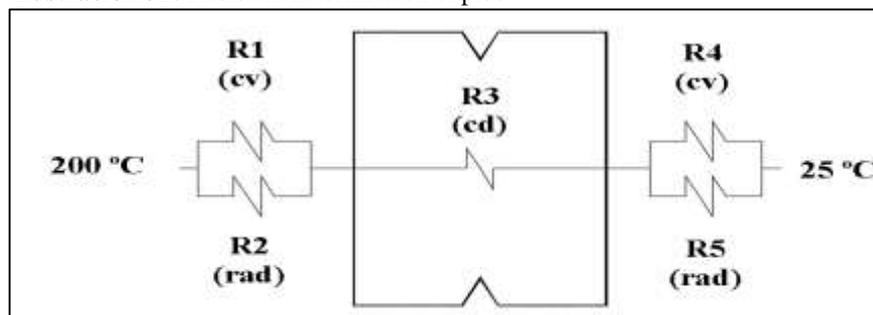
$$Q_{perdido} = 0,008 [kW]$$

### RESISTENCIAS TÉRMICAS DEL PISO

La pérdida de calor en el piso es algo inevitable, además que se recalca que el piso del horno está construido de acero negro corrugado con un espesor de 2mm.

### Resistencia térmica en el piso

**Ilustración 31:** Resistencia térmica en el piso



Fuente: Maigua R., Obando D.

**R1, resistencia por convección**

Datos:

$$h_{int} = 25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$A = 6,93[m^2]$$

$$R1 = \frac{1}{hr * A}$$

$$R1 = \frac{1}{25 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 6,93[m^2]}$$

$$R1 = 5,8E - 03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R2, resistencia térmica por radiación**

Datos:

$$\Theta: 5,70E-08 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \quad \text{Constante de Stefan Boltzaman}$$

$$Tp: 220 [^{\circ}C] \quad \text{Temperatura de la superficie}$$

$$Tmin: 200 [^{\circ}C] \quad \text{Temperatura mínima}$$

$$h_r = \theta * \varepsilon * \frac{T_p^4 - T_{min}^4}{T_p - T_{min}}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2 K^4} * 0,52 * \frac{(220^{\circ}C)^4 - (200^{\circ}C)^4}{220^{\circ}C - 200^{\circ}C}$$

$$h_r = 1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R2, resistencia térmica por radiación

$$R2 = \frac{1}{h_r * A}$$

$$R2 = \frac{1}{1,10 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93m^2}$$

$$R2 = 0,13 \frac{K}{W}$$

**Resistencia equivalente**

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{5,8E-03} + \frac{1}{0,13}}$$

$$R_{eq} = 5,6E-03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R3, resistencia por conducción**

Donde:

L: 0,002 Espesor de la pared

k: 58,7 W/m. K Conductividad térmica del acero negro

A: 6,93 m<sup>2</sup> Área del piso

$$R_3 = \frac{1}{k * A}$$

$$R_3 = \frac{1}{58,7 * 6,93}$$

$$R_3 = 2,5E-03 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**R4, resistencias por convección**

Datos:

Tp: 25 °C	Temperatura superficial
Tmin: 12 °C	Temperatura mínima
g: 9,8 m/s	Aceleración gravitacional
β: 0,1 (1/Tmin)	Coefficiente de expansión volumétrica
L: 3,3 m	Longitud
v: 1,56E-05 m/s	Viscosidad cinemática
Pr: 0,7296	Número de Prandtl
k (aire): 0,02551 W/m. K	Conductividad térmica
A: 6,93 m <sup>2</sup>	Área del piso

$$Ra = \frac{g * \beta * (Tp - Tmin) * L^3}{\nu} * Pr$$

$$Ra = \frac{9,8 * 0,1 * (25 - 10) * 3^3}{1,56E - 05} * 0,7296$$

$$Ra = 21412702,08$$

$$Nu = 0,1 * Ra^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 0,1 * 21412702,08^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 27,8$$

$$h_{ext} = \frac{k_{aire} * Nu}{L}$$

$$h_{ext} = \frac{0,02551 * 27,8}{3}$$

$$h_{ext} = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

R4, resistencias por convección

$$R4 = \frac{1}{hr * A}$$

$$R4 = \frac{1}{0,24 * 6,93}$$

$$R4 = 0,60 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

### R5, resistencia por radiación

Datos:

$\epsilon$ : 0,3	Emisividad del acero inoxidable
$\Theta$ : 5,70E-08	Constante de Boltzman
$Tp$ : 25 °C	Temperatura de la superficie
$Tmin$ : 12 °C	Temperatura mínima

$$hr = \theta * \epsilon * \frac{Tp^4 - Tmin^4}{Tp - Tmin}$$

$$h_r = 5,7E - 08 \frac{W}{m^2 K^4} * 0,3 * \frac{(25^\circ C)^4 - (12^\circ C)^4}{25^\circ C - 12^\circ C}$$

$$hr = 4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

R5, resistencia por radiación

$$R5 = \frac{1}{hr \cdot A}$$

$$R5 = \frac{1}{4,87E - 04 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93[m^2]}$$

$$R5 = 296,31 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

Resistencia equivalente

$$Req = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R}$$

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{R4} + \frac{1}{R5}}$$

$$Req1 = \frac{1}{\frac{1}{0,60} + \frac{1}{296,31}}$$

$$Req1 = 0,60 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

Resistencia térmica total piso

$$RT = Req(1) + R3 + Req(2)$$

$$RT = 5,6E - 03 + (2,5E - 03) + 0,60$$

$$RT = 0,61 \left[ \frac{K}{W} \right]$$

**Coefficiente global de transferencia de calor en el piso**

$$U = \frac{1}{RT * A}$$

$$U = \frac{1}{0,61 * 6,93}$$

$$U = 0,24 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

**Tasa de calor perdido en el piso**

Datos:

A: 6,93 m<sup>2</sup> Área del piso

T.max: 473 K

T.min: 285 K

$$Q_{perdido} = \frac{U * A * (Tmax - Tmin)}{1000}$$

$$Q_{perdido} = \frac{0,24 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 6,93m^2 * (473 - 285)K}{1000}$$

$$Q_{perdido} = 0,3 [kW]$$

**PERDIDAS DE CALOR POR LA CHIMENEA**

Datos:

 $\emptyset = 0,25m$  Diámetro de la chimenea $T_{ext} = 12^{\circ}C$  Temperatura ambiental (Latacunga-Bethemitas) $h = 1m$  Altura de la chimenea $v = 2 \left[ \frac{m}{s} \right]$  Velocidad del aire dentro del horno $h_{int} = 25 \frac{W}{m^2K}$  Coeficiente de convección dentro del horno $T = 200^{\circ}C$  Temperatura dentro del horno $T_s = 180^{\circ}C$  Temperatura superficial de la chimenea**Ecuación 21:** Temperatura media

$$T_m = \frac{T + T_s}{2} \quad \text{Ec. ( 20)}$$

Donde:

Tm Temperatura media

$$T_m = \frac{200[{}^{\circ}C] + 180[{}^{\circ}C]}{2} = 190[{}^{\circ}C]$$

Sin embargo ya se conoce que el coeficiente de convección en el interior del horno es de  $25 \frac{W}{m^2K}$  por lo cual resulta irrelevante encontrarlo mediante cálculo.

Al tratarse de flujo turbulento se da a notar que se trata de convección forzada. Gracias al valor de convección forzada se puede ver que ecuaciones se debe utilizar para el cálculo de las

pérdidas de calor en la chimenea. Ahora se procede a encontrar la temperatura media en el exterior de la chimenea.

Datos:

$T = 12^\circ\text{C}$  Temperatura mínima en el exterior

$T_s = 130$  Temperatura superficial exterior se toma dicho valor debido a que la cantidad de aire en el exterior es infinito según (William Suasnavas (2012)

$$T_m = \frac{T + T_s}{2}$$

$$T_m = \frac{12^\circ\text{C} + 130^\circ\text{C}}{2}$$

$$T_m = 71^\circ\text{C}$$

Se procede a encontrar el coeficiente de convección exterior, es decir fuera del horno. Para hallar el coeficiente de convección se debe encontrar el valor del número de Reynolds. Con la temperatura ( $71^\circ\text{C}$ ) se encuentra los siguientes valores:

$$\rho = 1,016 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Densidad del aire a } 71^\circ\text{C}$$

$$k = 0,0298 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \quad \text{Conductividad del aire a } 71^\circ\text{C}$$

$$\mu = 2,075E - 05 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad \text{Viscosidad cinemática del aire a } 71^\circ\text{C}$$

$$Pr = 0,702 \quad \text{Número de Prandtl a } 71^\circ\text{C}$$

**Ecuación 22:** Número de Reynolds

$$Re = \frac{\phi * v^2 * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. ( 21)}$$

$$Re = \frac{0,25\text{m} * \left[2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right]^2 * 1,016 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2,075E - 05 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$

$$Re = 12240.96$$

**Ecuación 23:** Número de Nusselt promedio para flujo cruzado

$$Nu = C * Re^{0,618} * Pr^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. ( 22)}$$

$$Nu = 0,193 * 12240.96^{0,618} * 0,702^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 54,33$$

**Ecuación 24:** Número de Nusselt para convección forzada

$$Nu = \frac{h * \phi}{k} \quad \text{Ec. ( 23)}$$

$$2337,11 = \frac{h * 0,25}{0,0298}$$

$$h = \frac{54,33 * 0,0298}{0,25}$$

$$h = 6,50 \frac{W}{m^2K}$$

### Tasa de calor perdido en la chimenea del horno

**Ecuación 25:** Tasa de calor perdido en un cilindro

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h * 2\pi * r * L} + \frac{lg \frac{r1}{r2}}{h * 2\pi * r * L} + \frac{1}{h * 2\pi * r * L}} \quad \text{Ec. ( 24)}$$

$$\frac{lg \frac{r1}{r2}}{h * 2\pi * r * L}$$

Este parte de la ecuación se elimina debido a que tanto el radio 1 y 2 tienen un valor no representativo, es por ello que se toma como valor el mismo radio, haciendo que este se anule.

Quedando de la siguiente forma:

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h * 2\pi * r * L} + \frac{1}{h * 2\pi * r * L}}$$

$$q = \frac{200[^\circ\text{C}] - 12[^\circ\text{C}]}{\frac{1}{25 \left[ \frac{W}{m^2K} \right] * 2\pi * 0,125[m] * 1[m]} + \frac{1}{6,50 \left[ \frac{W}{m^2K} \right] * 2\pi * 0,125[m] * 1[m]}}$$

$$q = 146,70W \approx \frac{146,70W}{1000}$$

$$q = 0,1467 kW$$

### Potencia total requerida por el horno

Donde:

$t$  = tiempo que se demora en calentarse el horno [s]

$Q_{amb}$ : calor impartido al ambiente

**Ecuación 26:** Calor total necesario

$$Q = \frac{Q_{carga} + Q_{paredes\ int} + Q_{aire}}{t} \quad \text{Ec. ( 25)}$$

$$Q = \frac{10377[kJ] + 22317,03[kJ] + 13442[kJ]}{1800 [s]}$$

$$Q = 26 [kW]$$

**Ecuación 27:** Calor a impartir al ambiente

$$Q_{amb} = Q_{p.int} + Q_{techo} + Q_{piso} + Q_{chimenea} \quad \text{Ec. ( 26)}$$

$$Q_{amb} = Q_{p.int} + Q_{techo} + Q_{piso} + Q_{chimenea}$$

$$Q_{amb} = 0,37[kW] + 0,008[kW] + 0,3[kW] + 0,147[kW]$$

$$Q_{amb} = 0,825 [kW]$$

Potencia requerida por el horno

$$QT = Q + Q_{amb}$$

$$QT = 26 [kW] + 0,825 [kW]$$

$$QT = 26,825 [kW] \approx 27[kW]$$

### Potencia real del quemador

Al ser una máquina que funciona por combustión se debe realizar el análisis y cálculo de la pérdida de potencia que se genera debido a las condiciones geográficas donde va a trabajar. La ciudad de Latacunga se encuentra a 2750 msnm, debido a lo cual por cada 1000 metros el quemador tiene una pérdida de potencia del 10%, sin embargo para su estudio se tomara un porcentaje de 25%. Ya que según cálculos se debería calcular 27,5% de pérdida de potencia sin embargo se calculara con una pérdida de 25%

Donde:

$P_{nominal}$ : Potencia nominal

$P_{real}$ : Potencia real

%: porcentaje de pérdida de potencia

$$P_{real} = P_{nominal} * \%$$

$$P_{real} = 27 [kW] * 25\%$$

$$P_{real} = 34 [kW]$$

### Selección del Ventilador

Seleccionar el ventilador adecuado es de vital importancia, ya que el mismo es el encargado de generar aire para transmitir en todo el horno de curado, para hallar las dimensiones adecuadas del ventilador se procede al siguiente cálculo.

Datos:

$$h = 25 \frac{W}{m^2K} \text{ Coeficiente de convección forzada}$$

$$k = 1,77 \frac{W}{m.K} \text{ Conductividad térmica del aire}$$

**Ecuación 28:** Diámetro Hidráulico

$$hi = \frac{Nu * k}{Dh} \quad \text{Ec. ( 27)}$$

Donde:

$D_h$  = Diámetro hidráulico

$A$  = Área transversal al flujo del aire

$P$  = Perímetro

$$D_h = \frac{4 * A}{p}$$

$$A = l * a$$

$$A = 3,3 * 2,1$$

$$A = 6,93 [m^2]$$

$$p = l + l + l + l$$

$$p = (3,3 + 3,3 + 2,1 + 2,1)[m]$$

$$p = 10,8 [m]$$

$$D_h = \frac{4 * 6,93 [m^2]}{10,8 [m]} = 2,6 [m]$$

El número de Nusselt viene dado por la siguiente ecuación:

$$Nu = \frac{h_{int} * D_h}{k_{aire}}$$

$$Nu = \frac{25 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right] * 2,6 [m]}{0,02551 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]}$$

$$Nu = 2548,02$$

A continuación se tomara la ecuación de Colburn, el cual da como resultado el número de Nusselt.

**Ecuación 29:** Número de Nusselt

$$Nu = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{0,4} \quad \text{Ec. ( 28)}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds [adimensional] Pr: Número de Prandt del aire a condiciones de trabajo, cuyo valor a 200°C es de 0,7296, al despejar se obtiene la siguiente formula.

$$Re = \frac{Nu}{0,023 * Pr}$$

$$Re = \left( \frac{2548,02}{0,023 * 0,7296^{0,4}} \right)^{1,25}$$

$$Re = 2366685,98$$

La velocidad del aire dentro del horno en un sistema de convección se calcula con la siguiente formula:

**Ecuación 30:** Velocidad del aire

$$\mu = \frac{Re * \vartheta}{D_h} \quad \text{Ec. ( 29)}$$

Donde:

$\mu$ . Velocidad producida por el ventilador

$\vartheta$ . Viscosidad cinemática del aire a 200 [°C]

$$\mu = \frac{2366685,98 * (3,455 * 10^{-5} \left[ \frac{m^2}{s} \right])}{2,6[m]}$$

$$\mu = 31 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Para hallar la velocidad que producen los ventiladores de tipo axial se utiliza la siguiente formula:

**Ecuación 31:** Velocidad del ventilador

$$\mu = \pi * D * n \quad \text{Ec. ( 30)}$$

Donde:

$\mu$  = Es la velocidad producida por el diámetro del ventilador

D = Diámetro promedio de las aspas del ventilador

N = Numero de revoluciones a la que gira el ventilador

Despejando D

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\mu}{\pi * n}$$

Los ventiladores más comerciales y con mayor oferta son los que giran a 1700 rpm, es por ello que se elige dicho ventilador.

$$D = \frac{31 \left[ \frac{m}{s} \right] * 60}{\pi * 1700rpm}$$

$$D = 0,35m$$

## 11.4 Objetivo 4

### 11.4.1 Simular la línea de producción actual vs el proceso propuesto.

Recopilación de datos para simular el proceso actual

Procesos actuales a simular:

- Proceso de preparación de superficies
- Aplicación de pintura base
- Secado de pintura base
- Aplicación de pintura acabado
- Secado de pintura acabado

Lote de producción diario: 10 modulares día

#### Proceso de preparación de superficies

**Tabla 12:** Proceso de preparación de los modulares.

Proceso	Modulares	Tiempo en segundos
La limpieza es con una franela para limpiar las impurezas y por último el proceso de aire para limpieza de todos los residuos.	Una hornilla	72 seg
	Dos hornillas	81 seg
	Tres hornillas	129 seg
	Cuatro hornillas	147 seg

Fuente: Empresa Derek Maigua.

Tiempos empleados en los cuatros productos.

$$\begin{aligned} & \text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4} \\ & 72 \text{ seg} + 81 \text{ seg} + 129 \text{ seg} + 147 \text{ seg} = 429 \text{ seg} \end{aligned}$$

Tiempo estándar

$$\frac{429 \text{ seg}}{4} = 107.25 \text{ seg}$$

#### Aplicación de pintura base

**Tabla 13:** Tiempo estimado en aplicar la pintura base.

Proceso	Características	Modulares	Tiempo en segundos
Pintado de la parte inferior, los lados y el proceso final a parte superior.	Preparación de la pintura con los disolventes.	Una hornilla	138 seg
		Dos hornillas	153 seg
		Tres hornillas	192 seg
		Cuatro hornillas	207 seg

Fuente: Empresa Derek Maigua.

Tiempo de los cuatros procesos.

$$\begin{aligned} & \text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4} \\ & 138 \text{ seg} + 153 \text{ seg} + 192 \text{ seg} + 207 \text{ seg} = 690 \text{ seg} \end{aligned}$$

Tiempo estándar

$$\frac{690 \text{ seg}}{4} = 172.5 \text{ seg}$$

### Aplicación de pintura acabado

**Tabla 14:** Tiempo estimado en aplicar la pintura acabado

Proceso	Características	Modulares	Tiempo en segundos
Pintado de la parte inferior, los lados y el proceso final la parte superior.	Preparación de la pintura con los disolventes y el color requerido	Una hornilla	72 seg
		Dos hornillas	84 seg
		Tres hornillas	126 seg
		Cuatro hornillas	150 seg

Fuente: Empresa Derek Maigua.

Tiempo de los cuatros procesos.

$$\begin{aligned} & \text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4} \\ & 72 \text{ seg} + 84 \text{ seg} + 126 \text{ seg} + 150 \text{ seg} = 432 \text{ seg} \end{aligned}$$

Tiempo estándar

$$\frac{432 \text{ seg}}{4} = 108 \text{ seg}$$

El proceso total de la aplicación de la pintura en los modulares.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo estándar pintura base} &= 172.5 \text{ seg} \\ \text{Tiempo estándar pintura acabado} &= 108 \text{ seg} \\ \text{Tiempo total estándar} &= 280.5 \text{ seg} \end{aligned}$$

### Secado de pintura base y pintura acabado

**Tabla 15:** Tiempo de secado de la pintura base y acabado.

Periodo	Tiempo inicio	Tiempo final Al otro día	Tiempo de pintura base	Tiempo de Secado
Día 1	15: pm	9: 00 am	1 hora	18 horas
Día 2	15: pm	9: 00 am	1 hora	18 horas
Día 3	15: pm	9: 00 am	1 hora	18 horas
Día 4	15: pm	9: 00 am	1 hora	18 horas
Día 5	15: pm	9: 00 am	1 hora	18 horas

Fuente: Empresa Derek Maigua.

$$\text{Tiempo estándar} \frac{64800 \text{ seg}}{10} = 6480 \text{ seg}$$

### Datos del proceso actual

Preparacion de superficies = 72 seg + 81 seg + 129 seg + 147 seg = 1068 seg

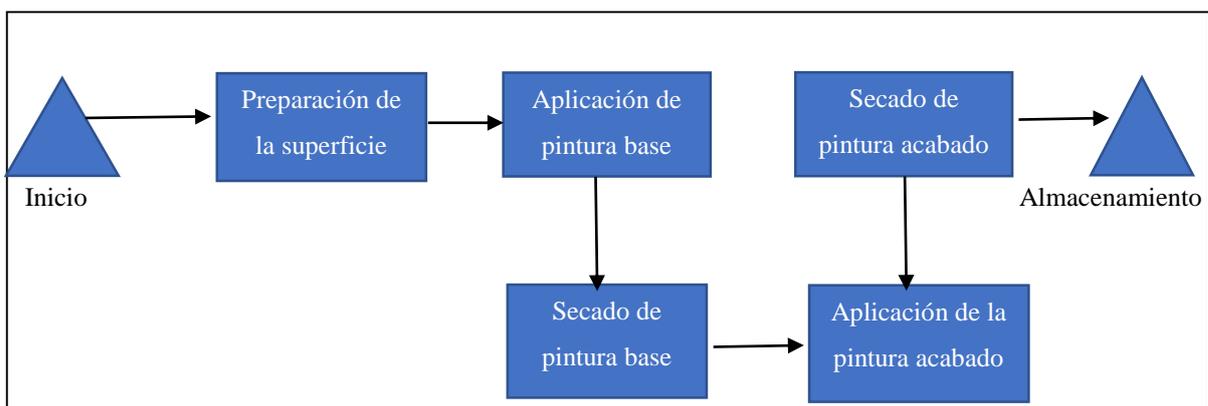
Aplicacion de la pintura base = 138 seg + 153 seg + 192 seg + 2017 seg = 1725 seg

Secado de pintura base = 1 hora = 3600 seg

Aplicacion de la pintura acabado = 72 seg + 84 seg + 126 seg + 150 seg = 1074 seg

Secado de pintura acabado = 17 horas = 61200 seg

**Ilustración 32:** Diagrama del proceso actual



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

#### 11.4.1.1 Datos del proceso optimizado.

4.2.- Determinar datos propuestos para simular el proceso propuesto.

Procesos propuestos a simular:

- Proceso de preparación de superficies
- Proceso de aplicación de pintura
- Proceso de curado de la pintura

Lote de produccion diario: 10 modulares día

### Proceso de preparación de superficies

**Tabla 16:** Tiempo del proceso de preparación de superficies.

Proceso	Modulares	Tiempo en segundos
Este proceso se lo realiza después del proceso de pulido, su tratamiento es con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desoxidsec 50</li> <li>• El proceso de secado con una franela.</li> </ul> Por último el proceso de aire comprimido para limpieza de todos los residuos.	Una hornilla	201 seg
	Dos hornillas	249 seg
	Tres hornillas	306 seg
	Cuatro hornillas	378 seg

Fuente: Maigua M., Obando D.

Tiempo de los cuatros modulares.

$$\text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4}$$

$$201 \text{ seg} + 249 \text{ seg} + 306 \text{ seg} + 378 \text{ seg} = 1034 \text{ seg}$$

Tiempo estándar

$$\frac{1034 \text{ seg}}{4} = 258.5 \text{ seg}$$

### Proceso de aplicación de pintura

**Tabla 17:** Tiempo del proceso de aplicación de pintura en superficies.

Proceso	Modulares	Tiempo en segundos
Rociado de pintura en polvo en las partes laterales, frótales, y superiores.	Una hornilla	84 seg
	Dos hornillas	126 seg
	Tres hornillas	147 seg
	Cuatro hornillas	198 seg

Fuente: Maigua M, Obando D.

Tiempo de los cuatros modulares.

$$\text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4}$$

$$84 \text{ seg} + 126 \text{ seg} + 147 \text{ seg} + 198 \text{ seg} = 555 \text{ seg}$$

Tiempo estándar

$$\frac{555 \text{ seg}}{4} = 138.45 \text{ seg}$$

### Proceso de curado de la pintura

Este proceso se lo realiza después del proceso de aplicación de pintura, el curado de piezas se realizara en un horno de convección a gas.

Para el curado de piezas se considera la geométrica de los modulares ya que son distintas dimensiones y tiene una demora que tardara aproximadamente 30 minutos en llegar a los 200 °C y teóricamente de 10 a 15 min en curar la pintura totalmente.

Tiempo estándar estimado en llegar a los 200°C el área del horno 30min

Tiempo total empleado para curar la pintura en polvo poliéster industrial 10 min ≈ 20min

Tiempo total empleado para curar las piezas 10 min ≈ 20min 45min

**Tabla 18:** Tiempo de curado de la pintura en los modulares

Características De los modulares	Producción día	Tiempo de curado a 200 °C	Mediadas reales de cada modular			Cantidad al horno de curado (330 *210)
			Ancho	Alto	Largo	
1 hornilla	4 Unid	45 min	0.40 cm	0.74 m	0.40 m	4 unidades
2 hornilla	4 Unid	45 min	0.75 cm	0.74 m	0.40 m	4 unidades
3 hornilla	4 Unid	45 min	1.05 cm	0.74 m	0.50 m	4 unidades
4 hornilla	2 Unid	45 min	1.50 cm	0.74 m	0.50 m	2 unidades
Total	14 Unid					

Fuente: Maigua M, Obando D.

**Tabla 19:** Tiempo de curado de los modulares.

Características de los modulares	Producción día	Tiempo de curado 200 °C	Cantidad al horno de curado (330 *210)
1 hornilla	4 Unid	45 min	4 unidades
2 hornilla	4 Unid	45 min	4 unidades
3 hornilla	4 Unid	45 min	4 unidades
4 hornilla	2 Unid	45 min	2 unidades
Total	14 Unid		

Fuente: Maigua M, Obando D.

Tiempo estándar 45 min

$$\frac{2700\text{seg}}{14} = 192.85 \text{ seg}$$

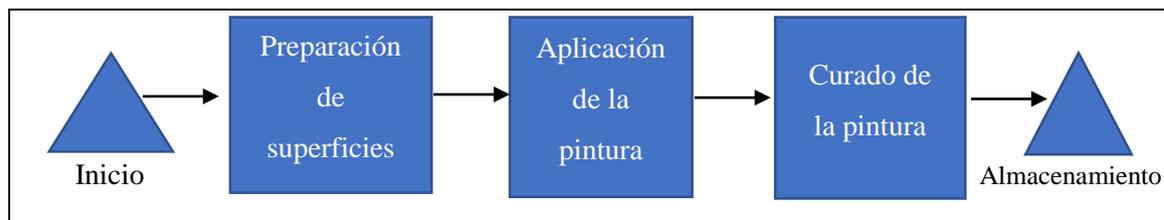
### Datos para simular el proceso propuesto de pintado

Preparación de superficies = 201 seg + 249 seg + 306 seg + 378 seg = 2823 seg

Aplicación de pintura = 84 seg + 126 seg + 147 seg + 198seg = 1383 seg

Curado de pintura = 45 min = 2700 seg

**Ilustración 33:** Diagrama del proceso propuesto



**Fuente:** Maigua M., Obando D.

### Simulación actual.

Para la simulación de los procesos actuales de la empresa Derek Maigua, se utilizó el software arena. Es un software de simulación que nos permite la optimización de procesos. Arena nos permitió analizar rápidamente el comportamiento del proceso de pintado de los modulares de las cocinas industriales.

Para realizar la simulación del proceso actual se utilizó los siguientes datos:

Preparación de superficies = 72 seg + 81 seg + 129 seg + 147 seg = 1068 seg

Aplicación de la pintura base = 138 seg + 153 seg + 192 seg + 2017 seg = 1725 seg

Secado de pintura base = 1 hora = 3600 seg

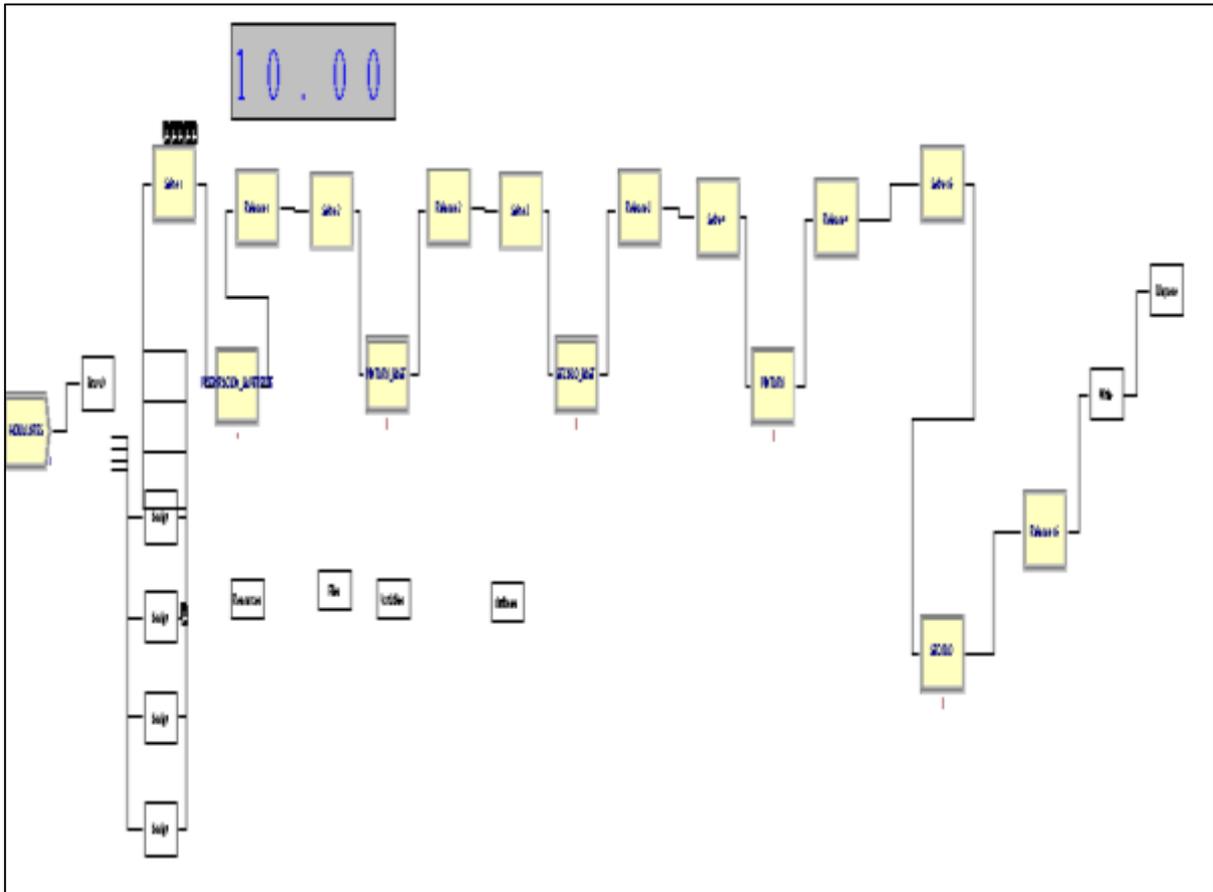
Aplicación de la pintura acabado = 72 seg + 84 seg + 126 seg + 150 seg = 1074 seg

Secado de pintura acabado = 17 horas = 61200 seg

Mediante el modelado del proceso de pintura actual tenemos los siguientes datos obtenidos.

### Simulación actual.

**Ilustración 34:** Proceso de simulación actual.



Fuente: Maigua M., Obando D.

Se simuló los 5 subprocesos que tienen el proceso de pintado actual para los modulares de las cocinas industriales.

- Preparación de superficies.
- Aplicación de pintura base.
- Secado de pintura base.
- Aplicación de la pintura acabado.
- Secado de pintura acabado.

Los datos ingresados para la simulación, se obtuvieron por medio de la investigación en campo que se obtuvo en la empresa. Los datos que se obtienen de la simulación, se asemejan a los datos reales verificado en campo. La simulación fue realizada en un día de trabajo de 8 horas.

**Ilustración 35:** Datos de la simulación actual

```

2.000000 65166.280454
1.000000 65330.967107
1.000000 65432.913310
1.000000 65532.761253
4.000000 65803.089182
3.000000 65957.600200
4.000000 66022.227186
3.000000 66159.237566
1.000000 66272.220868
3.000000 66374.982417

```

Fuente: Maigua M, Obando D.

La columna primera son los datos de los modulares que van ingresando a cada proceso, en la columna siguiente se puede observar el tiempo de secado de cada modular.

Tiempo promedio de los datos de simulación actual

**65805 seg = 18,17 horas**

Tiempo que se tarda en secar un lote de 10 cocinas de diferentes medidas, pero de características similares

### **Simulación Optimizada.**

Los subprocesos que utilizamos para la simulación son:

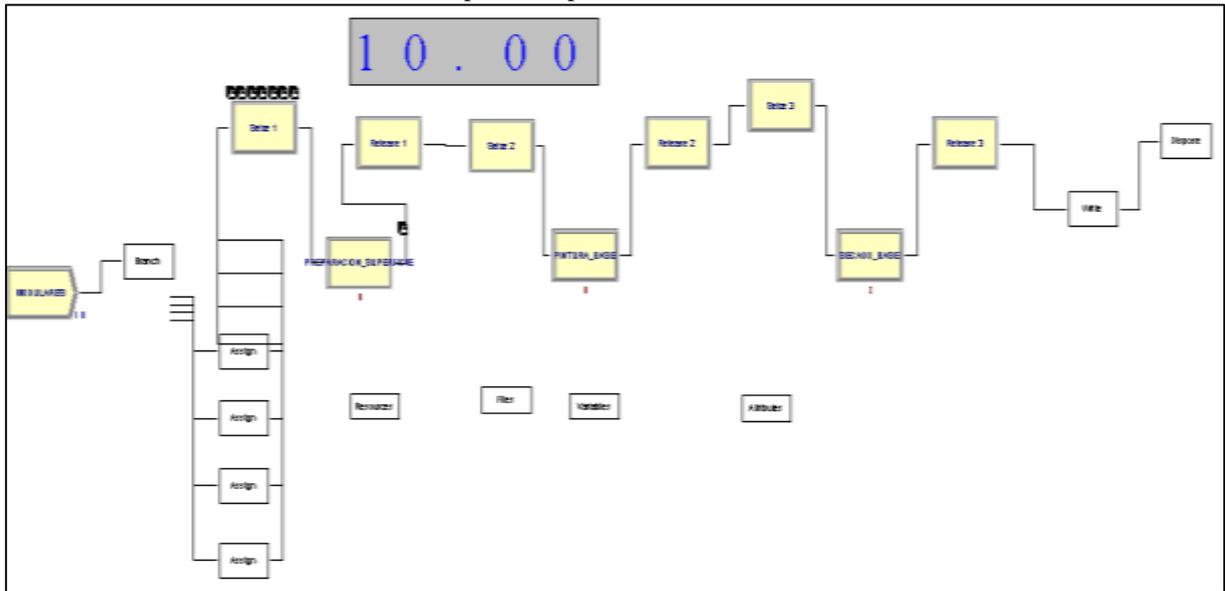
- Preparación de superficies
- Aplicación de pintura.
- Curado de pintura.

Preparación de superficies = 201 seg + 249 seg + 306 seg + 378 seg = 2823 seg

Aplicación de pintura = 84 seg + 126 seg + 147 seg + 198seg = 1383 seg

Curado de pintura = 45 min = 2700 seg

**Ilustración 36:** Proceso de simulación del proceso optimizado



Fuente: Maigua M., Obando D.

La simulación está determinada para una semana de 8 horas de trabajo y 5 días, con una la capacidad máxima de 14 modulares de cocinas que pueden ingresar al horno de curado. Y con 3 operadores para cada subproceso. Los datos que se aplicó tienen referencia a los cálculos realizados, investigaciones bibliográficas y de proyectos similares a nuestra investigación.

**Ilustración 37:** Datos de la simulación optimizada.

1.000000	1.000000	1204.883924	3.000000	3.000000	3085.599782
1.000000	2.000000	1841.999554	3.000000	1.000000	3386.477026
1.000000	4.000000	2384.168633	3.000000	2.000000	3951.407274
1.000000	3.000000	2623.835944	3.000000	3.000000	4012.774455
1.000000	1.000000	3497.321067	3.000000	3.000000	4382.311156
1.000000	1.000000	3813.279605	3.000000	3.000000	4478.618681
1.000000	4.000000	4345.595024	4.000000	4.000000	700.890107
1.000000	3.000000	4952.462497	4.000000	1.000000	1111.091717
1.000000	3.000000	5004.802365	4.000000	3.000000	1841.616820
1.000000	1.000000	5623.851045	4.000000	3.000000	2206.797057
2.000000	3.000000	1380.006468	4.000000	1.000000	3313.508568
2.000000	4.000000	1666.266572	4.000000	3.000000	3979.362735
2.000000	1.000000	1869.577029	4.000000	4.000000	4430.703591
2.000000	3.000000	2655.690517	4.000000	2.000000	4452.055399
2.000000	4.000000	2820.467335	4.000000	3.000000	4492.606394
2.000000	2.000000	2955.305184	4.000000	3.000000	4809.047910
2.000000	1.000000	3375.505993	5.000000	3.000000	971.304721
2.000000	4.000000	3873.229269	5.000000	3.000000	1362.345785
2.000000	4.000000	4296.141728	5.000000	3.000000	1492.479228
2.000000	3.000000	4853.030950	5.000000	2.000000	1971.274924
3.000000	2.000000	1767.748248	5.000000	2.000000	2594.568568
3.000000	3.000000	2043.468862	5.000000	2.000000	2688.617770
3.000000	1.000000	2606.967755	5.000000	4.000000	2939.575909
3.000000	3.000000	2738.711251	5.000000	3.000000	3104.626220
3.000000	3.000000	3085.599782	5.000000	1.000000	3256.972445

Fuente: Maigua M., Obando D.

La columna primera tiene referencia a los 5 días de la simulación, en la segunda columna son los datos de los modulares que van ingresando a cada proceso, en la columna final se puede observar el tiempo de secado de cada modular.

Tiempo promedio de los datos de simulación optimizada

$$\frac{160960 \text{ seg}}{50 \text{ unidades}}$$

$$3219.2 \text{ seg} = 54 \text{ min}$$

Tiempo que se tarda en secar un lote de 14 modulares de cocinas de diferentes medidas, pero de características similares.

**Diferencia:**

$$18,17 \text{ a } 0.54 \text{ min}$$

$$17,23 \text{ horas}$$

$$\frac{54 \text{ min}}{1090 \text{ min}} * 100 = 4.95 \approx 5\%$$

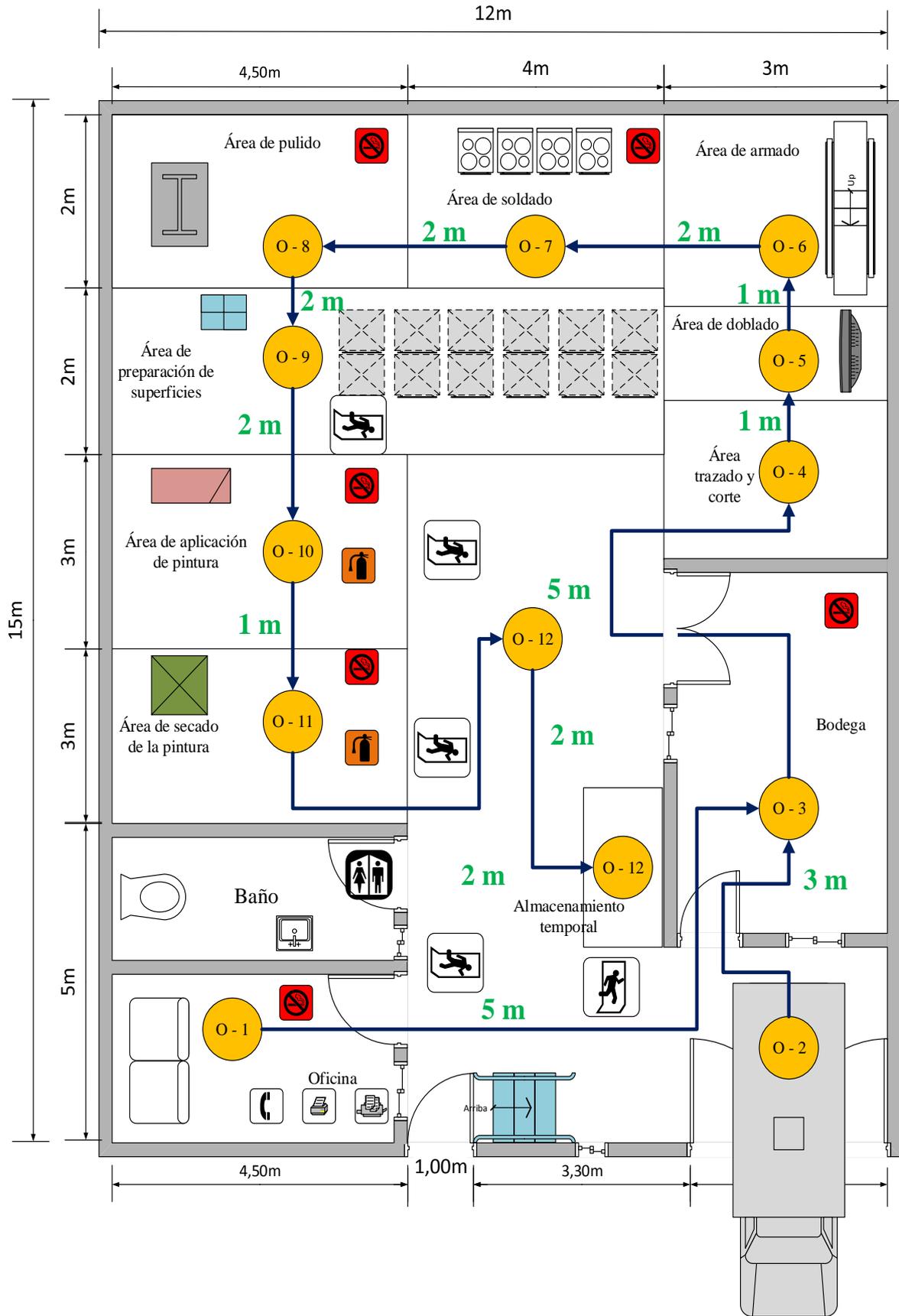
La reducción del tiempo de curado es favorablemente para la empresa, con una reducción de 95 %, con el proceso actual.

**Tabla 20:** Comparación proceso actual vs proceso propuesto

<b>Comparación proceso actual con el proceso optimizado</b>	
Tiempo promedio de secado de pintura en el proceso actual	Tiempo promedio de curado de pintura en el proceso optimizado
18.17 horas	54 min
100 %	5 %

**Fuente:** Maigua M., Obando D.

**Ilustración 38:** Distribución de la planta propuesta



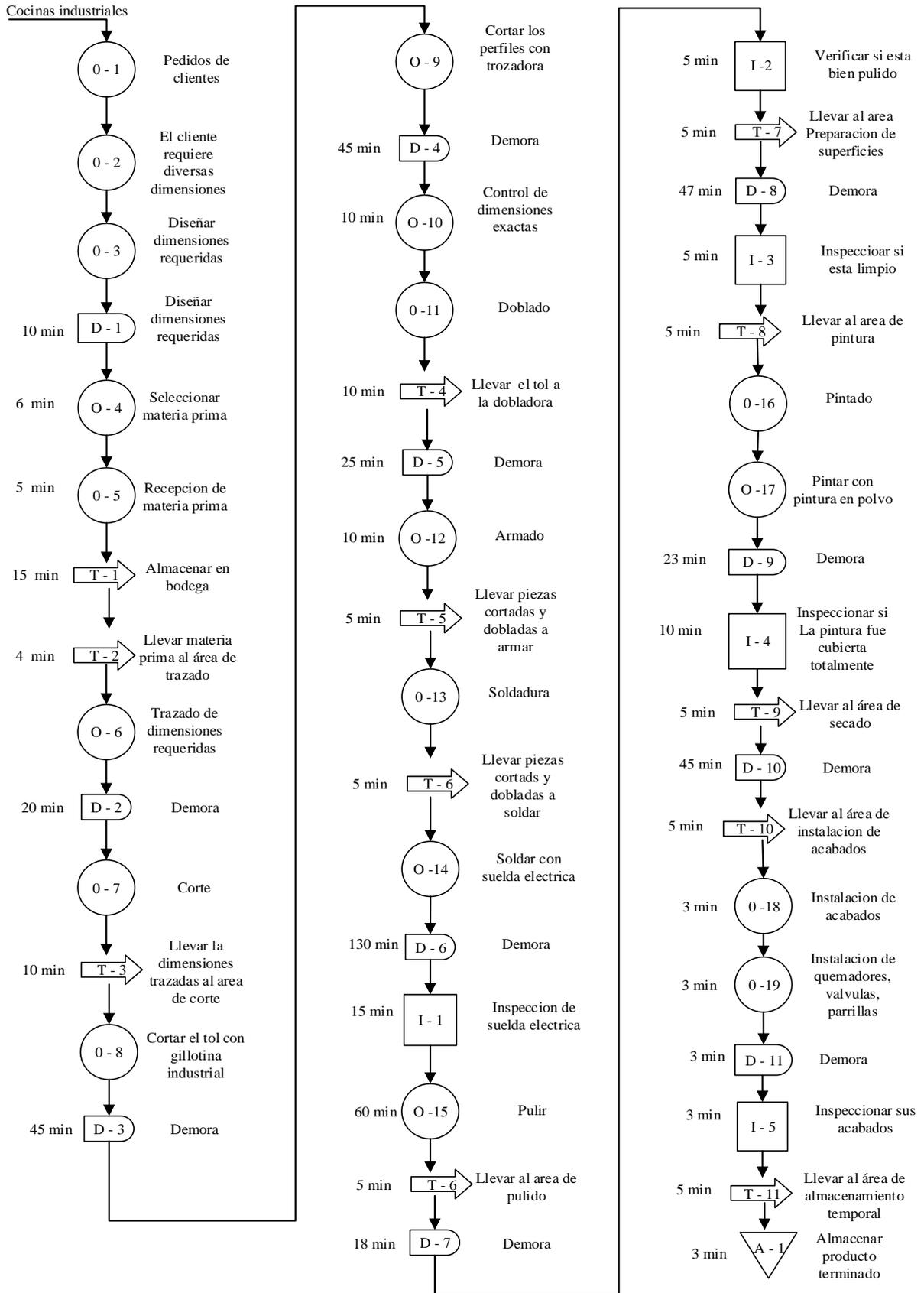
Fuente: Maigua M., Obando D.

**Ilustración 39:** Diagrama de flujo de procesos propuesto

Diagrama de flujo de procesos de la fabricación de cocinas industriales									
Metodo actual:				Metodo propuesto: X			Fecha:		
Descripción de la operación: Fabricación de cocinas industriales									
RESUMEN		ACTUAL NÚMERO		PROPUESTO NÚMERO					
Operación	●				18				
Transporte	➔				12				
Inspección	■				6				
Retrasos	⏸				11				
Almacenamiento	▼				1				
PASO	DETALLE DEL PROCESO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA EN MTS	PRODUCCIÓN DIA	TIEMPO EN MIN
1	Pedidos de clientes	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
2	El cliente requiere diversas dimensiones	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
3	Diseñar dimensiones requeridas	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
4	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	10
5	Seleccionar materia prima	●	➔	■	⏸	▼	5	10	6
6	Recepción de materia prima	●	➔	■	⏸	▼		10	5
7	Almacenar en bodega	●	➔	■	⏸	▼		10	15
8	Llevar materia prima al área de trazado	●	➔	■	⏸	▼	3	10	4
9	Trazado de dimensiones requeridas	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
10	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	20
11	Corte	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
12	Llevar la dimensiones trazadas al area de corte	●	➔	■	⏸	▼	5	10	10
13	Cortar el tol con gillotina industrial	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
14	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	45
15	Cortar los perfiles con la tronadora	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
16	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	45
17	Control de dimensiones exactas	●	➔	■	⏸	▼		10	10
18	Doblado	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
19	Llevar el tol a la dobladora	●	➔	■	⏸	▼	1	10	10
20	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	25
21	Armado	●	➔	■	⏸	▼		10	10
22	Llevar piezas cortadas y dobladas a armar	●	➔	■	⏸	▼	1	10	5
23	Soldadura	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
24	Llevar piezas cortadas y dobladas a soldar	●	➔	■	⏸	▼	2	10	5
25	Soldar con suelda eléctrica	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
26	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	130
27	Inspeccion de suelda eléctrica	●	➔	■	⏸	▼		10	15
28	Pulir	●	➔	■	⏸	▼		10	60
29	Llevar al área de pulido	●	➔	■	⏸	▼	2	10	5
30	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	18
31	Verificar si esta bien pulido	●	➔	■	⏸	▼		10	10
32	Llevar al área de preparacion de superficies	●	➔	■	⏸	▼	2	10	5
33	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	47
34	Inspeccionar si esta limpio	●	➔	■	⏸	▼		10	5
35	Llevar al área de pintura	●	➔	■	⏸	▼	2	10	5
36	Pintado	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
37	Aplicación de pintura	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
38	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	23
39	Inspeccionar si la pintura fue cubierta totalmente	●	➔	■	⏸	▼		10	10
40	Llevar al area de secado de pintura	●	➔	■	⏸	▼		10	5
41	Demora	●	➔	■	⏸	▼	4	10	45
42	Llevar al area de intalacion de acabados	●	➔	■	⏸	▼		10	5
43	Instalación de acabados	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
44	Instalación de quemadores, valvulas, parrillas	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
45	Demora	●	➔	■	⏸	▼		10	60
46	Inspeccionar sus acabados	●	➔	■	⏸	▼		10	10
47	Llevar al area de almacenamiento temporal	●	➔	■	⏸	▼	4	10	10
48	Almacenamiento temporal	●	➔	■	⏸	▼		10	.....
TOTAL		18	12	6	11	1			693

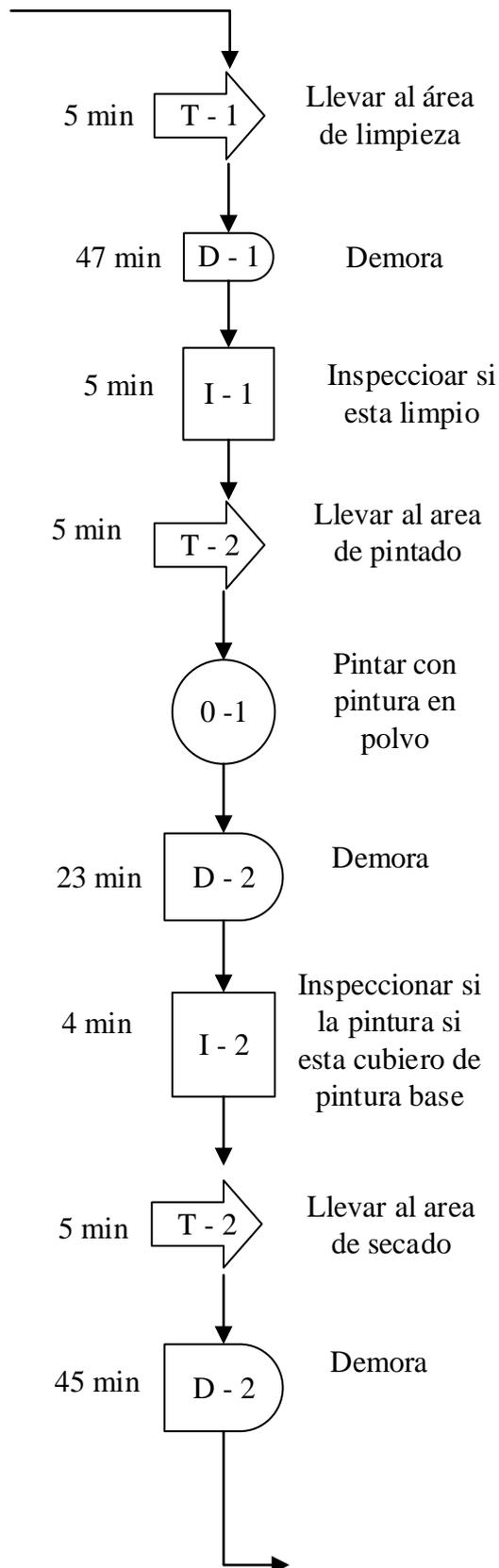
Fuente: Maigua M., Obando D.

**Ilustración 40:** Diagrama de operaciones propuesto



Fuente: Maigua M., Obando D.

Ilustración 41: Diagrama de operaciones propuesto del proceso de pintura.



Fuente: Maigua M., Obando D.

## 11.5 Objetivo 5

### 11.5.1 Determinar los costos de materiales para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado de cocinas industriales.

Actividad 5.1.- Realizar los cálculos de costos para el diseño del sistema optimizado de pintado y curado.

En el presente diseño está enfocado a la optimización del proceso de pintado ya que, se pretende demostrar el impacto económico de la ejecución del diseño de acuerdo a las variables que son cuantificables al final del proceso de producción. La inversión necesaria para la implementación del diseño y construcción del horno de convección forzada a gas (GLP) lo hemos dividido en los siguientes costos:

- Costos de materiales
- Costos de fabricación
- Costos de equipos
- Costos indirectos

#### Costos de materiales

Tabla 21: Costo de Materiales

Nº	Elementos	Material	Descripción	Cantidad	Costo	Precio
1	Estructura	Tubos Cuadrados para la estructura	2" x 2mm	10 unid	\$12	\$120
2	Paredes externas	Plancha Acero brillante	1220X2440X1mm	8 unid	\$58	\$464
3	Paredes internas	Plancha antideslizante	2240X1220X2mm	3 unid	\$46	\$138
4	Aislamiento	Lana de vidrio	15000 x 1220mm	2 unid	\$38	\$76
5	Conductos de cables	Tubería Eléctrica	Ø26X2mm	1 unid	\$4	\$4
6	Conductos de gas	Tubería de cobre	1" ½ x 2mm	1 unid	\$28	\$28
7	Puertas del horno	Tubos Cuadrados para las puertas	1" x 2mm	3 unid	\$5	\$15
8	Otros materiales	Electrodos, Discos de corte. Brocas, Remaches, Pernos.	60 /11 y 60 / 13		\$150	\$150
Total						\$ 995

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Costos de Fabricación.

**Tabla 22:** Costo de fabricación

Nº	Segmentos del horno de curado	Operación	Tiempo en horas	Costo (\$/hora) obrero + maquina	Precio
1	Estructura	Corte	4	3	\$12
		Soldadura	8	4	\$32
2	Paredes internas	Corte	6	3	\$18
		Soldadura	6	4	\$24
		Doblar	4	4	\$16
3	Paredes externas	Corte	7	3	\$21
		Doblar	6	4	\$24
		Remachado	5	4	\$20
4	Puertas del horno	Corte	2	3	\$6
		Soldadura	4	4	\$16
		Doblar	2	4	\$8
		Remachado	2	4	\$8
<b>TOTAL</b>					<b>\$205</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Costos de equipos.

**Tabla 23:** Costo de Equipos

Nº	Elementos	Descripción	Cantidad	Costo	Precio
1	Máquina de pintura electrostática	Equipo manual prima sprint corona o tribo	1	\$1900	\$1900
2	Quemador	IDEA KW 35-200	1	\$1300	\$1300
3	Ventilador	2000 CFM 0.50" c. w.	1	\$56,99	\$56,99
4	Motor eléctrico	Siemens 1 HP	1	\$128	\$128
5	Centralización de gas	Centralina	1	\$250	\$250
6	Cables	Cableado en general	1	\$10	\$10
<b>TOTAL</b>					<b>\$3645,25</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Costos directos.

**Tabla 24:** Costos directos.

Denominación	Referencia de cálculo Tiempo(horas)	Costo (\$/hora)	Precio
Capacitación del Software	3	\$20	\$60
Internet	240	\$0.116	\$28
Impresiones	\$80	\$80	\$80
Capacitación de cálculos	6	\$15	\$90
<b>TOTAL</b>			<b>\$258</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Presupuesto total de inversión.

El estudio de la inversión total que se requiere para el diseño, del sistema de convección forzada mediante combustión a gas para el horno de curado de modulares de cocinas industriales.

**Tabla 25:** Costo total de la inversión

Rubro	Valor
Costos de materiales	\$ 995
Costos de fabricación	\$ 205
Costos de equipos	\$ 3645,25
Costos indirectos	\$ 258
<b>Inversión Total</b>	<b>\$ 5103,25</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Depreciación y Amortización

Se considerar que el costo de los materiales, equipos tienen una vida útil en la empresa esto es necesario para proceder a su depreciación o amortización.

**Tabla 26:** Depreciación.

Equipo	Vida Útil (Años)	Costo (\$)	Depreciación (\$)
Horno de curado	10	\$ 1458	\$145,8
Máquina de pintura electrostática.	5	\$1900	\$380
Quemador	5	\$1200,47	\$249,09
Ventilador	5	\$56,99	\$11,39
Motor eléctrico	5	\$128,26	\$25,65
<b>TOTAL</b>			<b>\$431.39</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Costo Beneficio

Para calcular el costo beneficio de la optimización se debe saber el costo de operación actual, el costo de operación de la optimización deseada y las ventas de las cocinas.

### Costo De Operación Actual

Costo de la pintura en la tabla 27 se muestra la cantidad de materiales para el proceso de pintura al día, de los modulares de las cocinas industriales.

**Tabla 27:** Cantidad de materiales en el proceso de pintado.

Nombre	Cantidad	Peso	Color	Rendimiento	Precio
Pintura de base	3.78 litros	3.785 kg	Verde opaco	1Lt. rinde 7-9 m <sup>2</sup>	\$ 18
Pintura de acabado	3.78 litros	3.785 kg	Azul	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	\$ 10
Pintura de acabado	3.78 litros	3.785 kg	Blanco	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	\$ 10
Pintura de acabado	3.78 litros	3.785 kg	Negro	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	\$ 10
Thinner	3.78 litros	3.785 kg	Trasparente	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	\$ 6
			Total		\$ 54

Fuente: Maigua M, Obando D.

**Tabla 28:** Área de los modulares.

Área	Modulares día	Área total
1.18 m <sup>2</sup>	2	2.36 m <sup>2</sup>
2.22 m <sup>2</sup>	3	6.66 m <sup>2</sup>
3.10 m <sup>2</sup>	3	9.30 m <sup>2</sup>
4.44 m <sup>2</sup>	2	8.88 m <sup>2</sup>
<b>10.94 m<sup>2</sup></b>	<b>10</b>	<b>27.2 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

**Tabla 29:** Rendimiento de la pintura

Nombre	Cantidad	Rendimiento	Rendimiento total
Pintura de base	3.78 litros	1Lt. rinde 9 m <sup>2</sup>	34.02 m <sup>2</sup>
Pintura de acabado	3.78 litros	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	18.9 m <sup>2</sup>
Pintura de acabado	3.78 litros	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	18.9 m <sup>2</sup>
Pintura de acabado	3.78 litros	1Lt. rinde 5m <sup>2</sup>	18.9 m <sup>2</sup>
Total de las 3 pinturas de acabado			56.7 m <sup>2</sup>

Fuente: Maigua M, Obando D.

El rendimiento total de los 3 galones de pintura de acabado es de 56.7 m<sup>2</sup>. Y la cantidad requerida del proceso de pintura para un lote de un día es de 27.2m<sup>2</sup>. El consumo de pintura es de 48 % por lote al día. El precio total de la pintura de acabado es de \$32. Para un rendimiento de 56.7 m<sup>2</sup>. Y el precio de lote diario es de \$ 15.36

El rendimiento total de 1 galón de pintura de la base es de 34.02 m<sup>2</sup>. Y la cantidad requerida del proceso de pintura para un lote de un día es de 27.2m<sup>2</sup>.

El consumo de pintura base es de un 80 % por lote al día. El precio total de la pintura base es de \$22. Para un rendimiento de 34.02 m<sup>2</sup>. Y el precio de por lote diario es de \$ 17.6

### Costo total de la pintura.

Costo total de la pintura = Pintura base + pintura acabado = \$ 17.6 + \$ 15.36 = \$ 32.42

**Consumo De Energía Eléctrica.** En la tabla 30 se muestra el consumo de energía del compresor, y el precio de la energía eléctrica en el país.

**Tabla 30:** Consumo de energía

Consumo del compresor	Precio de la energía eléctrica	Tiempo de utilización día	Precio total 1 día
0.746 kW	\$ 0.09 kW/h	0.49 h	\$ 3.29

Fuente: Maigua M, Obando D.

### Tiempo de utilización

$$(150 \text{ s} * 2) + (153 \text{ s} * 3) + (192 \text{ s} * 3) + (207 \text{ s} * 2) = 1749\text{s}$$

$$1749 \text{ s} / 3600 \text{ s} = 0.49 \text{ h}$$

**Costo total** = 0.746 kW \* \$ 0.09 Kw/h \* 0.49 h = **\$ 3.29 día.**

### Costo De La Mano De Obra.

Para la elaboración del costo de la mano de obra, se procede a sumar el costo de 6 trabajadores, que prestan sus servicios a la empresa Derek Maigua en un mes en el área de fabricación de cocinas industriales. Con el sueldo básico vigente en el ecuador que es de \$ 394. Costo total de mano de obra = (6 \* \$ 394 = \$ 2364.)

Para cuantificar el costo de operación actual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo de la pintura.
- Costo de consumen energía.
- Costo de la mano de obra actual.
- Tiempo de funcionamiento mensual.

**Tabla 31:** Costo total de operación actual.

Descripción	Costo por Mes (\$)
Costo de la pintura.	\$ 648,4
Costo de consumen energía.	\$ 65,8
Costo de la mano de obra actual	\$ 2364
<b>Total</b>	<b>\$3078,2</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### El costo de operación de la optimización deseada

**Costo de la pintura en polvo.** En la siguiente tabla, se muestra la cantidad de material para el proceso de pintura al día, de los modulares de las cocinas industriales en el proceso de optimización.

**Tabla 32:** Costo de la pintura poliéster

Nombre	Cantidad	Rendimiento	Rendimiento total	Precio
Desoxidsec 50	3.78 litros	1Lt. rinde 12 m <sup>2</sup>	45.36 m <sup>2</sup>	\$ 8,57
Pintura en Polvo Poliéster	25 kilos	1 kg. Rinde 9 m <sup>2</sup>	225 m <sup>2</sup>	\$ 268,80
<b>Total</b>				<b>\$ 277.37</b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

**Tabla 33:** Área de los modulares

Modular	Modulares día	Área total
1 hornilla	2	2.36 m <sup>2</sup>
2 hornillas	3	6.66 m <sup>2</sup>
3 hornillas	3	9.30 m <sup>2</sup>
4 hornillas	2	8.88 m <sup>2</sup>
	<b>10</b>	<b>27.2 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

El rendimiento total de 1 galón Desoxidsec 50 de es de 47.36 m<sup>2</sup>. Y la cantidad requerida del proceso de pintura para un lote de un día es de 27.2m<sup>2</sup>. El consumo de pintura es de 57 % por lote al día.

Y el precio total del 1 galón Desoxidsec 50 es de \$8.57. Para un rendimiento de 47.36 m<sup>2</sup>. Y el precio de lote diario es de \$ 4.88

El rendimiento total de los 25 kilos es de 225 m<sup>2</sup>. Y la cantidad requerida del proceso de pintura para un lote de un día es de 27.2m<sup>2</sup>.

El consumo de pintura base es de un 12 % por lote al día. Y el precio total de la pintura base es de \$268.80. Para un rendimiento de 225 m<sup>2</sup>. Y el precio de por lote diario es de \$ 32.25

Costo total de la pintura en polvo y del Desoxidsec 50 = \$ 4.88 + \$ 32.25

### Costo de consumo de GLP mensual.

El siguiente dato se obtuvo bajo una investigación bibliográfica del repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tabla 34:** Costos del GLP

Nombre	Cantidad	Rendimiento	Precio total
Consumo de GLP	10 GLP de 15 kilos	1 mes	\$ 25

Fuente: Repositorio UTC. Cueva M., Chiluisa N

### Consumo De Energía Eléctrica.

Se muestra el consumo de energía del motor del ventilador, aplicador de la pintura en polvo y compresor.

**Tabla 35:** Consumo de energía en el proceso optimizado

Consumo del compresor y aplicador de pintura	Precio de la energía eléctrica	Tiempo de utilización día	Precio total 1 día
0.746 kW	\$ 0.09 kWh	0.49 h	\$ 3.29
0.12 kW	\$ 0.09 kWh	0.49 h	\$ 0.53

Fuente: Repositorio UTC. Cueva M., Chiluisa N

### Tiempo de utilización

$$(150 \text{ seg} * 2) + (153 \text{ seg} * 3) + (192 \text{ seg} * 3) + (2017 \text{ seg} * 2) = 1749 \text{ seg}$$

$$\frac{1749 \text{ seg}}{3600 \text{ seg}} = 0.49 \text{ seg}$$

### Costo total de la energía eléctrica

$$0.746 \text{ kW} * \$ 0.09 \text{ kWh} * 0.49 \text{ h} = \$ 3.29 + \$ 0.53 = \$ 3.82 \text{ día.}$$

### Costo De La Mano De Obra.

Para la elaboración del costo de la mano de obra, se procede a sumar el costo de 6 trabajadores, que prestan sus servicios a la empresa Derek Maigua en un mes, en el área de fabricación de cocinas industriales. Con el sueldo básico vigente en el Ecuador que es de \$ 394. Costo total de mano de obra =  $(6 * \$ 394 = \$ 2364.)$

Para cuantificar el costo de operación actual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo de la pintura.
- Costo de consumo energía.
- Costo de la mano de obra actual.
- Tiempo de funcionamiento mensual.

**Tabla 36:** Costo total del proceso optimizado

Descripción	Costo por Mes (\$)
Costo de la pintura.	\$ 767.6
Costo de consumo energía.	\$ 76.4
Costo de la mano de obra actual	\$ 2364
<b>Total</b>	<b>\$ 3208</b>

Fuente: Maigua M., Obando D.

### Diferencia de costo con el proceso actual y el proceso optimizado

En el proceso actual tenemos un costo total en el área del proceso de pintura este costo es de **\$3078**. Y el costo total en la propuesta optimizada en la misma área es de **\$ 3208**. La diferencia es de \$130, mayor que el proceso actual.

La producción es de 10 cocinas industriales día con un tiempo de secado de 18 h. con la optimización se desea aumentar la producción, porque el tiempo de secado es de 54 min, en 10 cocinas industriales en 8 horas de trabajo del horno de curado.  $8h = 480min$

$480 \text{ min} * 10 \text{ cocinas} / 54 \text{ min} = 88 \text{ cocinas}$  con un tiempo de trabajo de 8 horas del horno de curado.

Con el tiempo optimizado en el proceso de pintura se pretende aumentar la productividad día, a la capacidad total del horno que es de 14 modulares, si 10 cocinas se elaboran en 4 horas de trabajo en las áreas producción anteriores al proceso de pintura.

4 h / 10 modulares = 24 min por cocina. \* 14 modulares = 240 min

24 min \* 14 modulares = 336 min = 5.36 h

336 min + 54 min = 390 min = 6.30 h

### Costo De Ventas Mensuales

**Tabla 37:** Costos de ventas

Modular	Modulares día	Modulares mes	Precio unitario	Precio total
1 hornilla	2 unid	40 unid	\$ 22	\$ 880
2 hornillas	3 unid	60 unid	\$ 28	\$ 1680
3 hornillas	3 unid	60 unid	\$ 55	\$ 3300
4 hornillas	2 unid	40 unid	\$ 90	\$ 3600
<b>Total</b>	<b>10 unid</b>	<b>200 unid</b>	<b>\$ 195</b>	<b>\$ 9460</b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

El costo total de ventas mensuales, se divide en 2 etapas. La primera etapa se trata del proceso de construcción con un 50 % de las ventas totales. Y el 50% restante va relacionada con el proceso de terminado de las cocinas industriales. (\$ 4730)

### Relación costo beneficio favorable a la empresa.

Por la determinación de los costos es posible calcular con la relación del costo beneficio que implicaría la optimización de la pintura. Gracias al tiempo optimizado del curado de los modulares, se pretende aumentar la productividad de 10 cocinas a 14. Con una producción de 4 cocinas de una hornilla, 4 cocinas de dos hornillas, 4 cocinas de tres hornillas y 2 cocinas de cuatro hornillas. En cuanto al costo de la mano de obra se mantiene con tres operadores.

**Tabla 38:** Piezas fabricadas al mes después de la propuesta.

Modular	Modulares día	Modulares mes	Precio unitario	Precio total
1 hornilla	4 unid	80 unid	\$ 22	\$ 1760
2 hornillas	4 unid	80 unid	\$ 28	\$ 2240
3 hornillas	4 unid	80 unid	\$ 55	\$ 4400
4 hornillas	2 unid	40 unid	\$ 90	\$ 3600
<b>Total</b>	<b>14 unid</b>	<b>280 unid</b>	<b>\$ 195</b>	<b>\$ 12000</b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

**Tabla 39:** Tabla de piezas fabricadas mensual

<b>Detalles</b>	<b>Eficiencia del curado</b>	<b>Modulares fabricadas mensual</b>	<b>Costo del lote mensual</b>
Antes	66%	200 unid	\$ 9460
Después	100%	280 unid	\$ 12000
Después de lo optimizado		80 unid	\$ 2540

Fuente: Maigua M, Obando D.

El beneficio es de, \$ 1270 mensual, por su división de construcción con un 50 %. Y el 50% restante va relacionada con el proceso de terminado de las cocinas industriales.

**Tabla 40:** Comparación anual del gasto actual vs costo del proyecto optimizado.

<b>Descripción</b>	<b>Costo Antes (\$)</b>	<b>Costo Después (\$)</b>
Consumo de gas	.....	\$ 25
Costo por consumo de energía	\$66	\$77
<b>SUBTOTAL</b>		
Costo de mano de obra.	\$ 2364	\$ 2364
Proyecto (pago único)		\$ 5103,25
<b>TOTAL</b>	\$2430	\$7569,25

Fuente: Maigua M., Obando D.

**Tabla 41:** Tabla de pagos

<b>TABLA DE PAGOS</b>			
<b>Monto</b>	<b>Cuota</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Total</b>
\$7569,25	\$ 630	12 Meses	\$ 7578

Fuente: Maigua M., Obando D.

La inversión realizada se calculó un retorno de un lapso de tiempo mayor a los 6 meses. El gasto por la implementación del proyecto es mayor que los gastos totales del mes. La optimización del proceso de pintura tiene un aumento de modulares terminados por día. Esto beneficia al aumentar la producción amortiza el gasto por la implementación del proyecto, todos estos gastos se ven reflejados al pago único del proyecto realizado.

## **12 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS.**

### **IMPACTOS TÉCNICOS**

En la ejecución del presente proyecto de investigación, en el área técnica justifica significativamente la reducción de tiempos de curado de pintura en polvo de los modulares de las cocinas industriales.

El diseño del sistema de pintura electrostática en la empresa Derek Maigua permitirá una reducción significativa del tiempo de curado de pintura en los modulares de las cocinas industriales lo que permitirá aumentar la producción diaria y disminuirá el consumo de energía eléctrica.

### **IMPACTOS SOCIALES**

Mediante el diseño del sistema de pintura electrostática, la empresa generara productos de calidad para satisfacer las necesidades de los clientes, y comercializaran sus productos a nivel local y nacional, generando un desarrollo económico para la empresa y satisfacer sus necesidades a los clientes. Es por ello que acorde a los impactos sociales, la empresa al implementar este sistema mantendrá maquinaria nueva para el proceso de pintado y así garantizar la durabilidad y la calidad de la pintura para mejorar la productividad.

### **IMPACTO AMBIENTAL**

Contribuye en el ámbito ambiental con la quema del combustible más eficiente tendrá menos residuos de la combustión que se emana al medio ambiente, además la pintura en polvo al ser aplicada en una cámara de recuperación esta queda suspendida en las paredes laterales y en el piso la cual puede ser recuperada y reutilizada manualmente. Al no existir contaminación es amigable con el ambiente, además esta pintura no requiere solventes tradicionales como el thinner, ya que al ser aplicada las partículas se dispersan por el aire, las características físicas de esta pintura son muy superiores a las pinturas tradicionales

### **IMPACTO ECONÓMICO**

A nivel económico la producción de cocinas industriales será más factible ya que al realizar el estudio de un diseño de un sistema de pintura electrostática disminuirá el tiempo de curado de pintura existirá un ahorro de energía eléctrica para la empresa ya que el proceso se realizará más rápido y con mejor calidad esto hace que los costos de producción disminuya.

### 13 PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:

Tabla 42: Presupuesto para la elaboración del proyecto

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>				
<b>RECURSOS</b>				
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNITARIO \$</b>	<b>V. TOTAL \$</b>
<b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b>				
Esferos	3	Unidades	\$ 0.50	\$ 1.50
Lápices	3	Unidades	\$ 0.80	\$ 3.80
Borradores	3	Unidades	\$ 0.30	\$ 0.90
<b>EQUIPOS</b>				
Laptop	150	Horas	\$ 0.60	\$ 90.00
Internet	1	Unidades	\$ 740	\$ 740.00
<b>Programas Office</b>				
Auto CAD 2016	1	Unidades	\$ 5.00	\$ 5.00
Arena Simulation	1	Unidades	\$ 5.00	\$ 5.00
Paquete Office	1	Unidades	\$ 5.00	\$ 5.00
<b>Mejora del proceso</b>				
Transporte	1	Unidades	\$ 40.00	\$ 40.00
<b>Total De Costos Directos</b>				<b>\$ 891.20</b>
<b>Costos indirectos</b>	<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNITARIO \$</b>	<b>V. TOTAL \$</b>
<b>Trasporte a la empresa</b>				
Visitas a la empresa	24	Visitas	0.90	\$ 21.60
<b>Otros gastos</b>				
Almuerzos	40	Alimentación	\$ 2.00	\$ 80.00
Aguas refrescos	8	Alimentación	\$ 0.50	\$ 4.00
Impresiones a blanco y negro	340	Unidades	\$ 0.05	\$ 17.00
Impresiones a color	127	Unidades	\$ 0.10	\$ 12.70
Copias	381	Unidades	\$ 0.04	\$ 15.24
<b>Costo total indirectos</b>				<b>\$ 150.54</b>
Sub total				\$ 1041.74
Imprevistos 10%				\$ 104.17
<b>Costos directos + costos indirectos = total</b>				<b>\$ 1145.91</b>

Fuente: Maigua M, Obando D.

## 14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1 CONCLUSIONES

- Actualmente la empresa Derek Maigua no cuenta con un proceso óptimo de pintado y secado de pintura, ocasionando pérdidas económicas, tiempos productivos y productividad para la empresa.
- Dentro de las alternativas investigadas para mejorar el proceso de pintado, consideramos que la alternativa adecuada es el cambio de pintura líquida a pintura en polvo, de este modo no solo optimizaremos el proceso, asimismo mejoraremos la calidad de la pintura mediante un sistema de pintura electrostática para así aumentar la productividad y ser más competitivos.
- De esta manera mediante el diseño del sistema de pintura electrostática consideramos las dimensiones requeridas por la empresa para el diseño de una cabina de aplicación de pintura en polvo manual, de igual forma para después en el horno de convección a gas actuado mediante el quemador IDEA (KW 35-200) con distribución calorífica desde la parte externa, hacia el interior del horno de curado mejorando la calidad de la pintura y a su vez reduciendo el tiempo de secado sin importar las condiciones climáticas.
- Mediante la simulación se determinó la reducción en un 95% con relación al proceso actual en el tiempo de secado, la productividad diaria tiende a subir a 14 cocinas con un tiempo de trabajo del horno de 54 min. Si el horno de convección forzada tiene un trabajo de 8 horas tiene capacidad de trabajo de 88 modulares a la semana.
- El diseño del proceso de optimización del proceso de pintura en la empresa Derek Maigua. Tendrá un costo de \$ 5103.25, donde consta de cuatro etapas para la implementación. El costo total de los materiales necesarios para la construcción es de 20 %. Seguido del costo de fabricación que es 4 %. Luego los costos de equipos que tiene un porcentaje de 71 %. Y por último el costo total indirecto tiene un porcentaje de 5 %. Los costos de los equipos tiene el mayor porcentaje de gasto, ya que estos costos, son por la compra de máquinas herramientas muy necesarias para la correcta implementación.

- De esta manera la optimización del proceso de pintura tiene un crecimiento de modulares terminados por día en un 40%. Esto beneficia al incremento de la producción, y se ve reflejado para el gerente propietario de la empresa en \$ 1270 mensual de ingreso.

## **14.2 RECOMENDACIONES**

- El horno de convección forzada funciona principalmente por gas butano GLP el cual es un combustible altamente peligroso, por lo que se recomienda realizar una correcta manipulación de todos los elementos, además del cumplimiento de las revisiones periódicas.
- El horno de convección forzada a gas está diseñado para trabajar con pintura en polvo, se recomienda no trabajar con algún otro tipo de pintura y solventes (Thinner y gasolina) debido a que esto podría causar una reacción química (explosión), la cual podría poner en riesgo a los obreros.
- Para realizar el cambio de tanque de gas, se debe realizar con la llave cerrada, para que el gas despedido a la atmósfera sea mínimo, para evitar contaminación del sistema.
- Para realizar la preparación de superficies se debe realizar de manera adecuada, para tener un mejor endurecimiento de la película aplicada en cada modular.
- Almacenar la pintura en polvo en un lugar libre de humedad

## 15 BIBLIOGRAFÍA

- Carbonell, J. C. (2014). *Pinturas y barnices: Tecnología básica*. s.f.: Díaz de Santos.
- Choukroun, S. (2015). *Planificación, control y ejecución de los procesos de protección, preparación e igualación de superficies*. España: Editorial Elearning, S.L.
- Equipos, T. (22 de 03 de 2019). *Equipos de pruebas industriales*. Obtenido de TMP Equipos: <http://tpmequipos.com/lapiz-de-dureza-set-9b-9h-bg-hb5801.html>
- Garcia, J. (2013). *Protección de superficies*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- INDUSTRIALES, H. (27 de Mayo de 2019). *Diseño y fabricacion de hornos industriales*. Obtenido de hornosindustriales: <http://www.hornosindustriales.cl/>
- Jordi, C. (2015). *Pinturas y recubrimientos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Laubsch, H. (2015). *Con la brocha y la pintura*. Caracas: Reverte.
- Mazorriaga, A. (2015). *Preelaboración y conservación UF0055*. España: Paraninfo, S.A.
- Romero, Á. C. (2014). *Proceso y preparación de equipos y medios en trabajos de pintura en construcción*. EOCB0109. Malaga: IC Editorial.
- Serope Kalpakjian, S. R. (2015). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Mexico D.F.: Pearson Educación.
- Brito. (2014). - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO DE SECADO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA PARA TABLEROS ELÉCTRICOS COMBINANDO ENERGÍA RENOVABLE Y NO RENOVABLE.- (Tesis). utc ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.
- Industria Metrogas. (2019, mayo). Combustión gas natural. Recuperado 25 de enero de 2019, de [http://www.metrogas.cl/industria/asesoria\\_tecnica\\_1](http://www.metrogas.cl/industria/asesoria_tecnica_1)
- OSINERGMIN GART. (2019, mayo). Diferencias Físico - Químicas del Gas Natural el GLP. Recuperado 21 de mayo de 2019, de

<http://srvgart07.osinerg.gob.pe/webdgn/contenido/diferencias-fisico-quimicas-gn-glp.html>

Salazar, C. J. (2014). Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado.

Instituto Politecnico Nacional, México.

Todorov, T., & Aleksandrova, N. (1989). Complications of endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Khirurgiia*, 42(4), 90-92.

Trinks, W., & Mawhinney, M. H. (1975). *Hornos industriales*. Bilbao: Urmo.

# **16 ANEXOS**

Proformas

**TOAQUIZA VILCA EDISON VLADIMIR**

Dirección: LOS SAUCES PANAMERICANA  
NORTE KM 1 SN Y SECUNDARIA

Latacunga - Ecuador  
Telf.: 0998877042

**RUC: 0502663701001**

**PROFORMA**

**Nº 000000134**

Señor: Milton Maigua  
 Dirección: Latacunga  
 R.U.C.: \_\_\_\_\_  
 Telf.: \_\_\_\_\_ G. Remisión: \_\_\_\_\_  
 Fecha: 

DIA	MES	AÑO
09	07	2019

CANT.	DETALLE	V/UNIT.	V/TOTAL
10	Tubo □ 1 1/2 x 2m LC	16	160
4	plancha acero 1m	60	240
4	Plancha o.negra 1/20 LC	27	108
5	Tubo □ 1 x 2mm LC	10	50
1	funda suelda ESAB	14	14
2	Disco cort 14'	6	12
1	Caja remache 5/32 x 1/2	6	6
3	Plancha antideslizante 2mm	48	144



Imprenta y Papelería Jorge Carrillo Telf.: 032813742  
Latacunga - 01 Lib. 000101 Al 000200

BLANCO: ADHIRENTE - COLOR: EMISOR  
 Proforma válida por \_\_\_\_\_ días

[Signature]  
Entregué Conforme

\_\_\_\_\_  
Recibí Conforme

**DOCUMENTO SIN VALOR TRIBUTARIO**

SUB TOTAL 12 %	
SUB TOTAL 0%	
Descuento	
Sub Total	
I.V.A. 12%	
<b>TOTAL</b>	<b>734,00</b>



**KITTON S.A.**  
**Distribuidor Mayorista**

25-junio-2019  
 10:27:08

Ruc. 0992125691001

Somos Contribuyente Especial según resolución No. 176 del 16/03/07

**PROFORMA**

No. Proforma : **334279**      Fecha Contabilización : 25-Jun-2019  
 Cliente : CONSUMIDOR FINAL      Fecha Vencimiento : 15-ju-2019  
 Cedula/RUC : 9999999999999      Condición Pago : CONTADO  
 Dirección : C.C. Aventura Plaza GUAYAQUIL GUAYAQUIL      Vendedor : Fernando Matamoros  
 Tipo de Venta: Venta Retail      Fecha de Entrega :

Producto	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio	Precio T.
Motor Siemens 1 HP	1.00	UNIDAD	Motor Siemens 1 HP	120,00	120,00
Quemador	1.00	UNIDAD	Quemador	1200,47	1200,47

**Suma** 1420,47  
**Iva 12%** 170,45  
**SubTotal** 1591,19  
**4% descuento** 63,64  
**Valor Total** \$ 1527,55

Validez Proforma 15 días

Matriz: Av. Carlos Julio Arosemena km. 2,5.  
 PBX: 3727430 e-mail: ventas@kitton.com.ec Home-page: www.kitton.com.ec  
 Guayaquil - Ecuador



Recubrimiento de pintura liquida en el modular



Recubrimiento total de pintura liquida

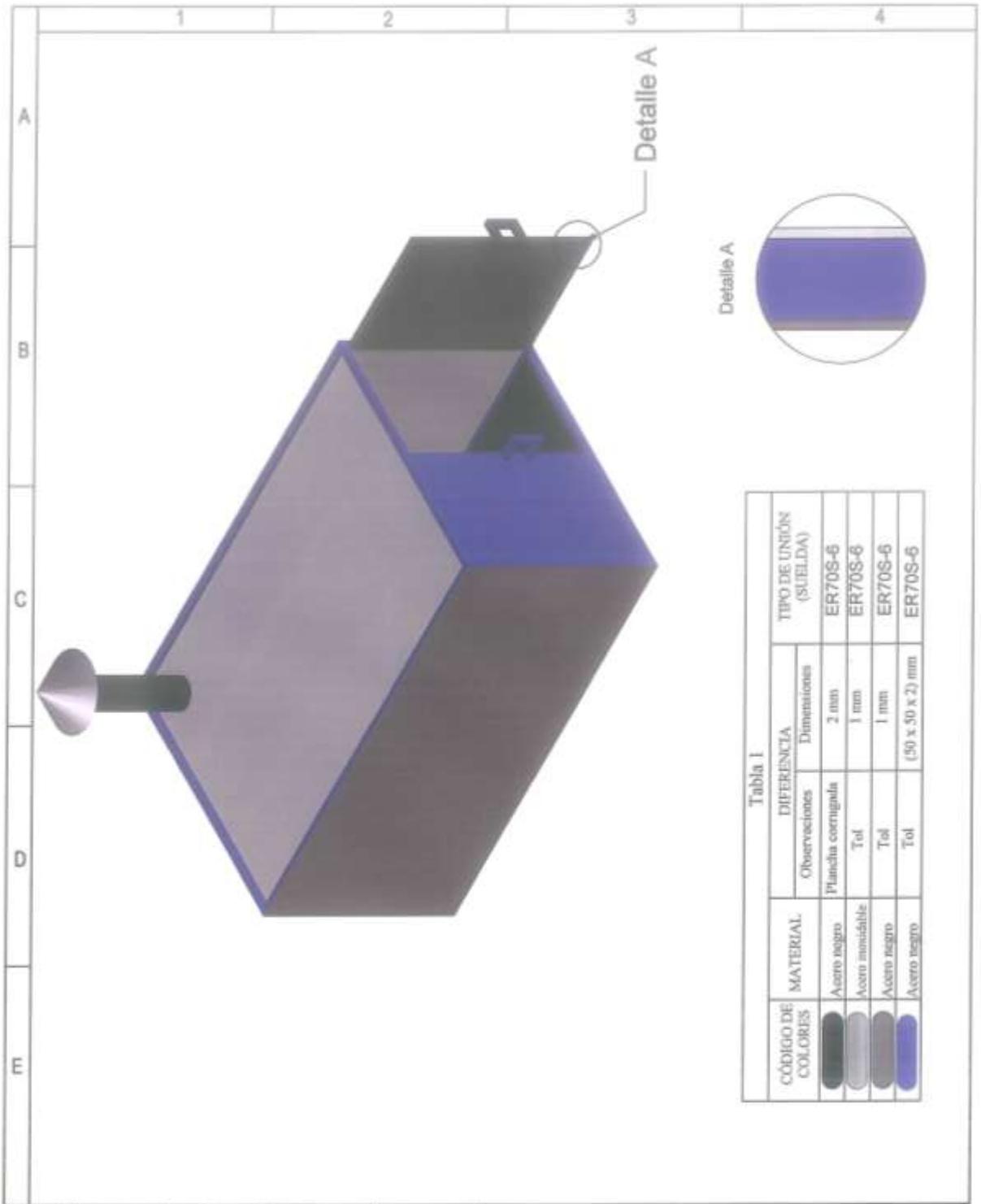


Tabla 1

CÓDIGO DE COLORES	MATERIAL	DIFERENCIA		TIPO DE UNIÓN (SUELDA)
		Observaciones	Dimensiones	
	Acero negro	Plancha corrugada	2 mm	ER70S-6
	Acero inoxidable	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	(50 x 50 x 2) mm	ER70S-6

				Tolerancia: +05 mm	Peso: Kg	Materiales: <b>ACERO</b>	
						Denominación: <b>HORNO</b>	Escala 1:1
			Fecha	Nombre			
			Dibujo: 30/05/2019	Óbando D.			
			Aprobó: 30/05/2019	Chávez B.			
			Revisó: 30/05/2019	Chávez B.			
						N° de Dibujo	
						1 de 11	
						(Sustitución)	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:	<b>UTC</b>				

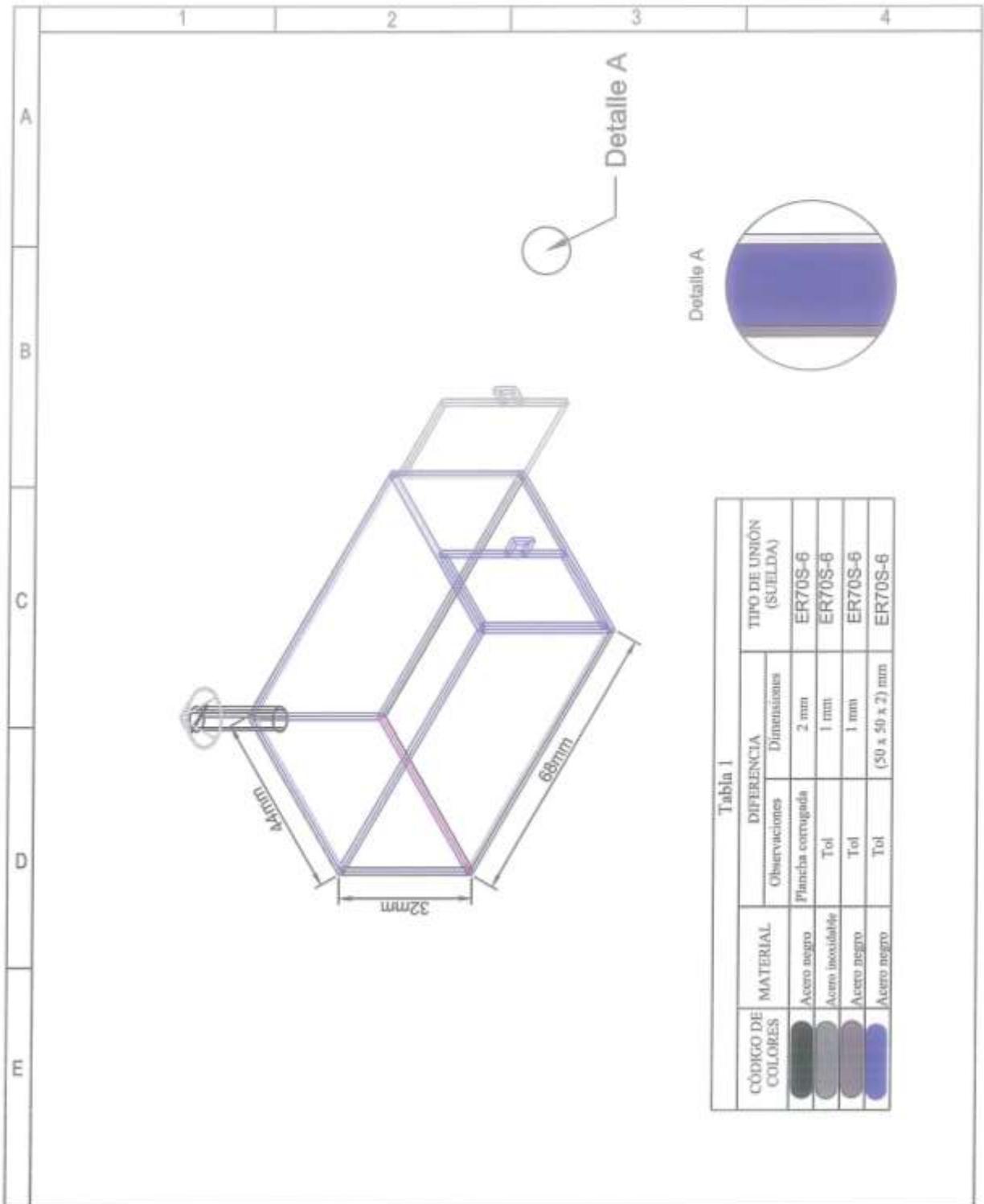


Tabla 1

CÓDIGO DE COLORES	MATERIAL	DIFERENCIA		TIPO DE UNIÓN (SUELDA)
		Observaciones	Dimensiones	
	Acero negro	Plancha corrugada	2 mm	ER70S-6
	Acero inoxidable	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	(50 x 50 x 2) mm	ER70S-6

			Tolerancia: +05 mm	Peso: Kg	Materiales: ACERO	
			Fecha	Nombre	Denominación: Horno de convención exterior	Escala 1:50
			Dibujo: 30/05/2019	Maigua Milton		
			Aprobó: 30/05/2019	Chávez B.		
			Revisó: 30/05/2019	Chávez B.	Nº de Dibujo 1	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:	<b>UTC</b>		(Sustitución)	

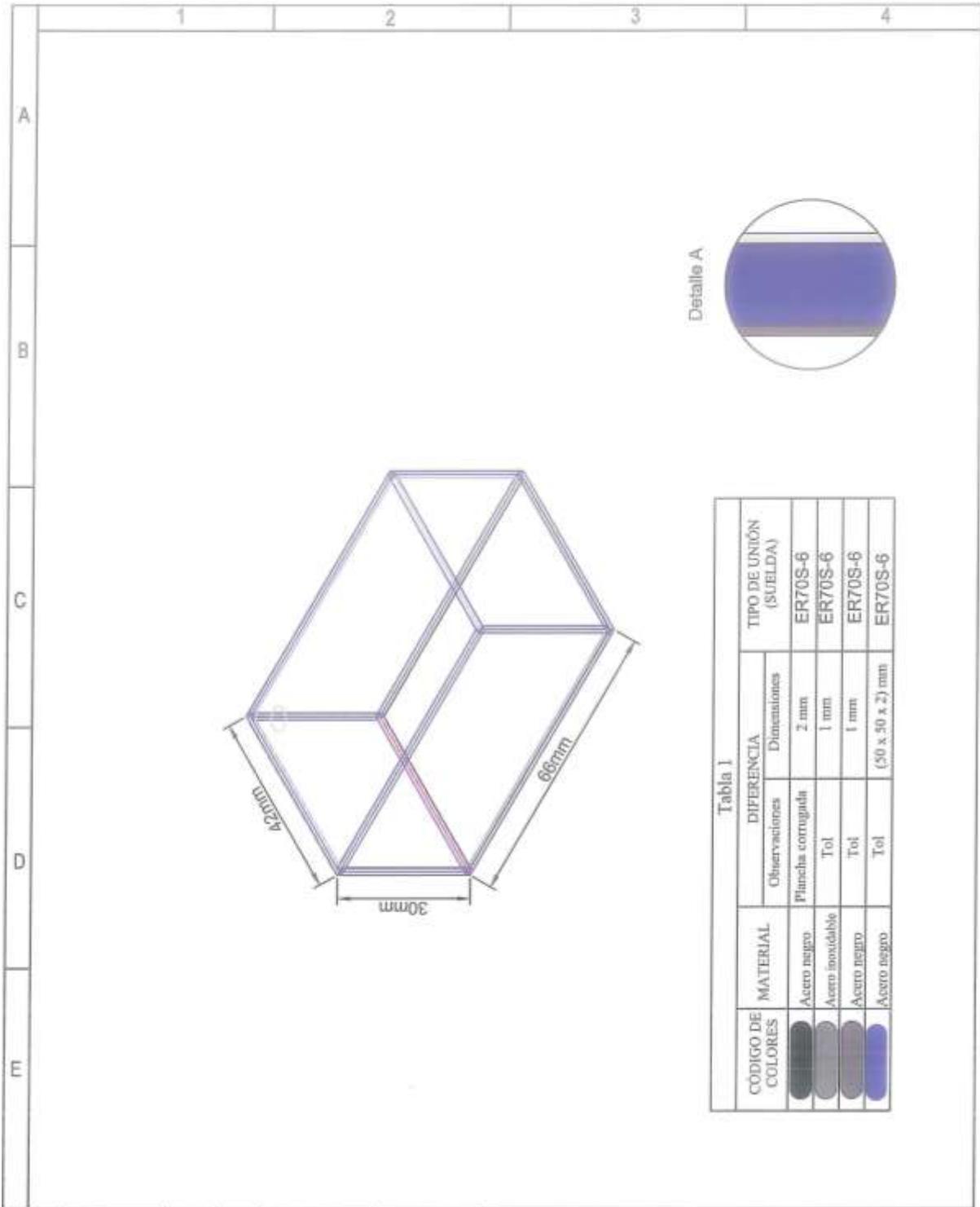
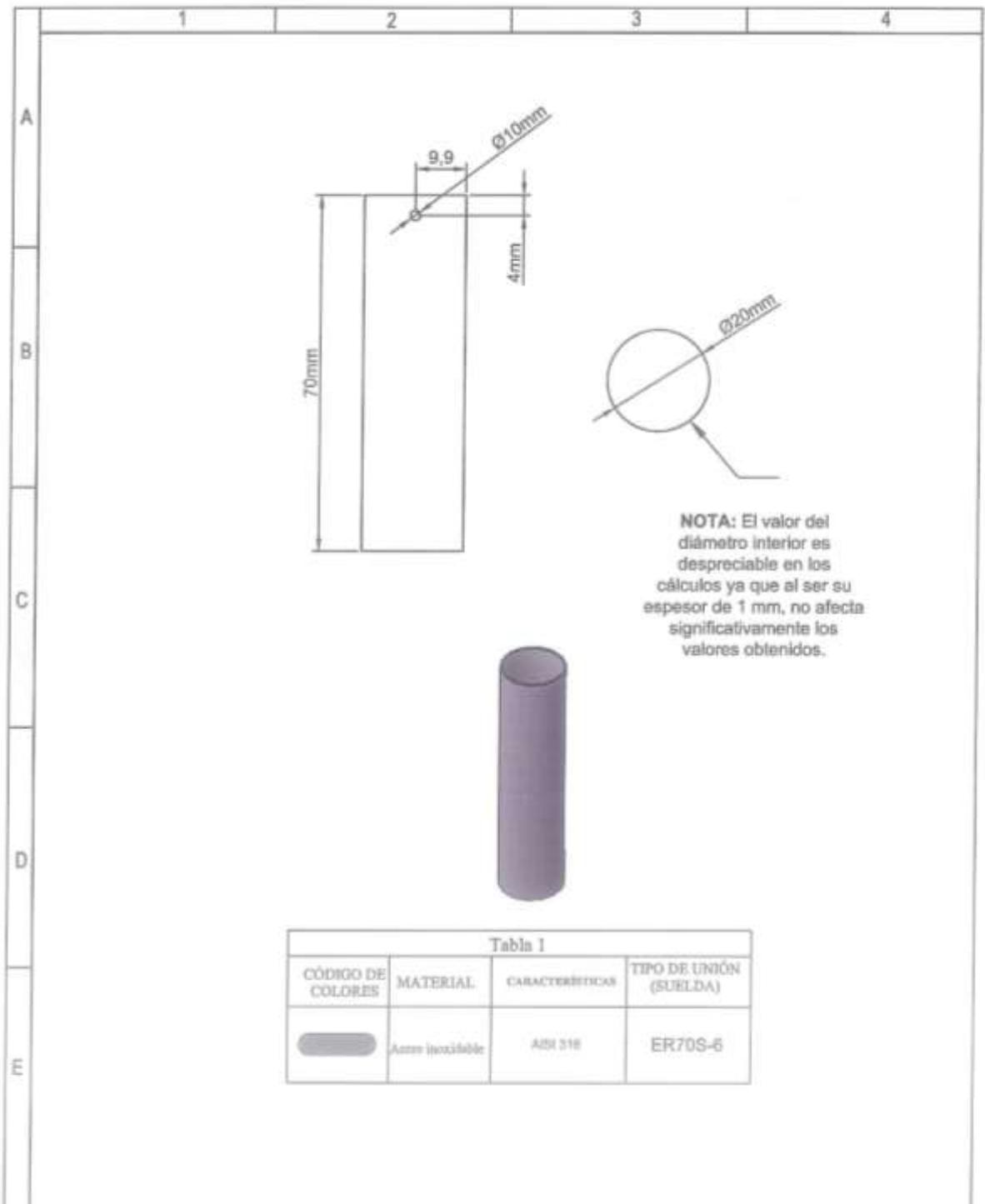


Tabla 1

CÓDIGO DE COLORES	MATERIAL	DIFERENCIA		TIPO DE UNIÓN (SUELDA)
		Observaciones	Dimensiones	
	Acero negro	Plancha corrugada	2 mm	ER70S-6
	Acero inoxidable	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	(50 x 30 x 2) mm	ER70S-6

			Tolerancia: +05 mm	Peso: Kg	Materiales: ACERO	
			Fecha	Nombre	Denominación:	Escala
			Dibujo: 30/05/2019	Meigus Milton	Homo de convención interior	1:50
			Aprobó: 30/05/2019	Chávez B.		
			Revisó: 30/05/2019	Chávez B.		
			UTC		Nº de Dibujo	
					2	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



**Tabla 1**

CÓDIGO DE COLORES	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE UNIÓN (SUELDA)
	Acero inoxidable	AST 316	ER70S-6

			Tolerancia: ±0,05 mm	Peso: Kg	Materiales: ACERO	
			Fecha: 30/05/2019	Nombre: Milton Maigut	Denominación: CHIMENEA	Escala: 1:10
			Aprobó: 30/05/2019	Chávez B.		
			Revisó: 30/05/2019	Chávez B.		
			<b>UTC</b>		Nº de Dibujo: 3	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	



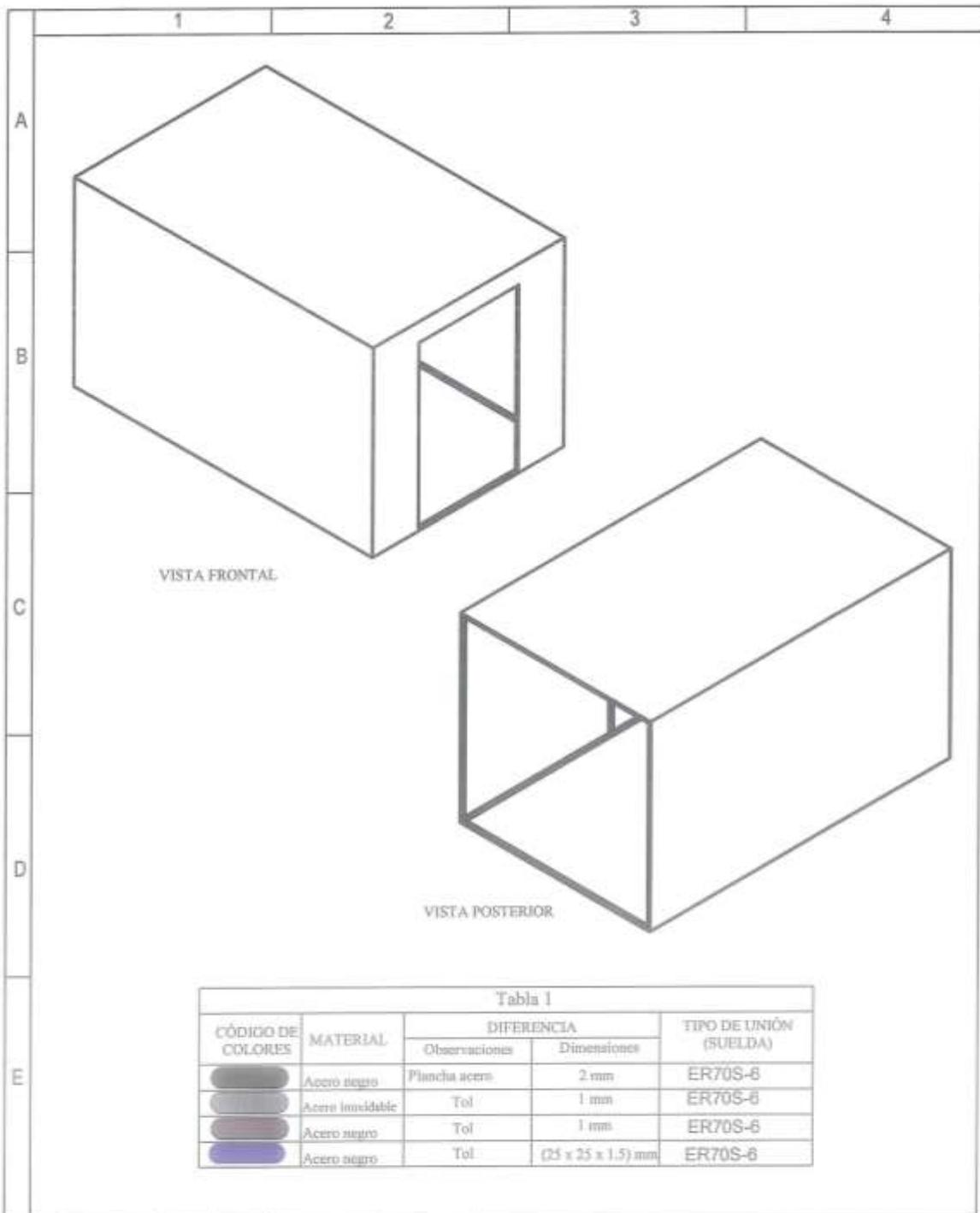
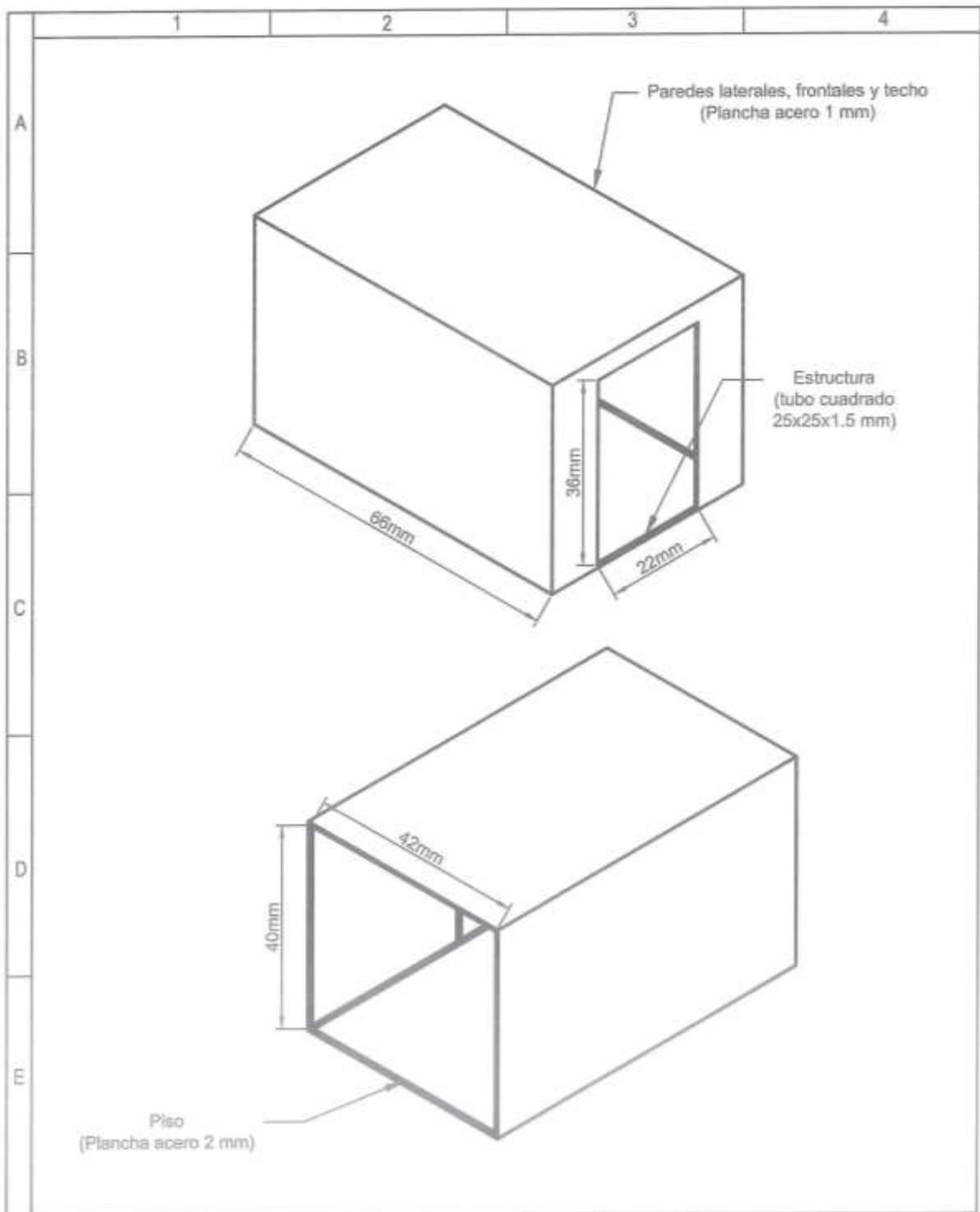


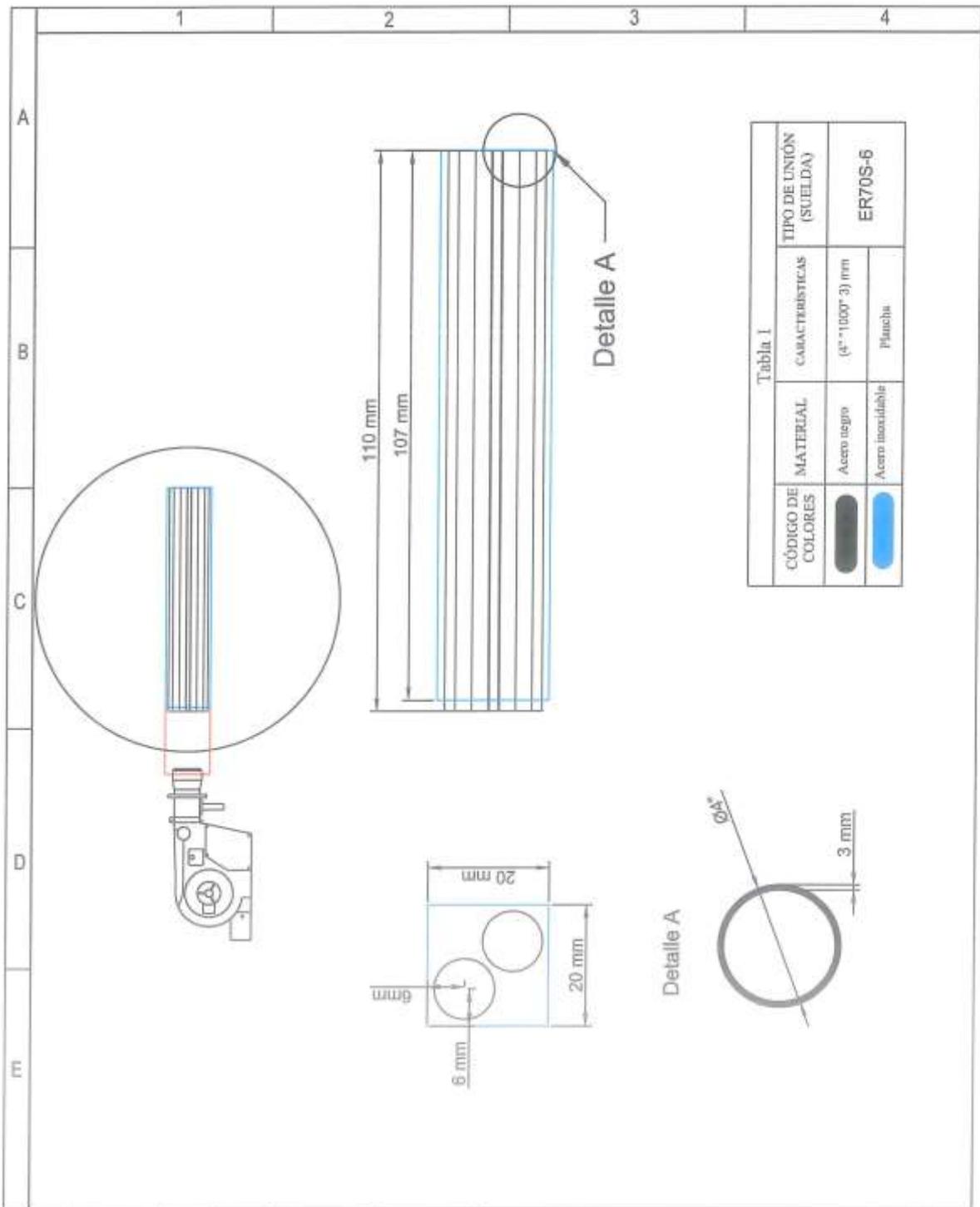
Tabla 1

CÓDIGO DE COLORES	MATERIAL	DIFERENCIA		TIPO DE UNIÓN (SUELDA)
		Observaciones	Dimensiones	
	Acero negro	Plancha acero	2 mm	ER70S-6
	Acero inoxidable	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	1 mm	ER70S-6
	Acero negro	Tol	(25 x 25 x 1.5) mm	ER70S-6

				Tolerancia:	Peso:	Materiales:		
				+05 mm	Kg	PLANCHA DE ACERO		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala	
				Dibujó: 30/05/2019	Obando D.			CABINA DE PINTURA
				Aprobó: 30/05/2019	Chávez B.			
				Revisó: 30/05/2019	Chávez B.	Nº de Dibujo		
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:	<b>UTC</b>			(Sustitución)		



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				+05 mm	Kg	PLANCHA DE ACERO	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala
				Dibujo: 30052019	Maigua Milton	CABINA DE PINTURA	1:50
				Aprobó: 30052019	Chávez B.		
				Revisó: 30052019	Chávez B.		
				UTC		Nº de Dibujo	
						5	
						(Sustitución)	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:					



			Tolerancia: +05 mm	Peso: Kg	Materiales: ACERO	
			Fecha	Nombre	Denominación:	Escala
			Dibujó: 30052019	Maigua Milton	CAMARA DE COMBUSTION TUBOS	1:10
			Aprobó: 30052019	Chávez B.		
			Revisó: 30052019	Chávez B.		
			UTC		Nº de Dibujo 8	
Edición/Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución)	

