



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

**ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR  
MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA, EN EL ÁREA DE SECADO,  
PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA**

**Osmar Rafael Estrada Ochoa**

Asesorado por el Ing. Carlos Estuardo Herrera Alvarado

Guatemala, octubre de 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR  
MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA, EN EL ÁREA DE SECADO,  
PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**OSMAR RAFAEL ESTRADA OCHOA**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ESTUARDO HERRERA ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De Leon Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejia
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo Trejo Gonzalez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA, EN EL ÁREA DE SECADO, PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, febrero de 2007.

Osmar Rafael Estrada Ochoa

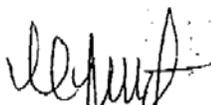
Guatemala 18 de Octubre 2008

Ingeniero  
Francisco Gómez  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Gómez

Hago de su conocimiento que el trabajo de graduación titulado ESTANDARIZACION DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL AREA DE SECADO PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA realizado por el señor Osmar Rafael Estrada Ochoa carne 200112754, ha sido revisado y aprobado por mi persona.

Atentamente.

  
Carlos Estuardo Herrera Alvarado  
Colegiado No 4643  
*Carlos Estuardo Herrera Alvarado*  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 4643

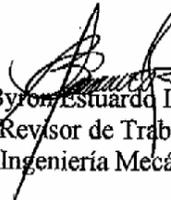
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA DE SECADO PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA**, presentado por el estudiante universitario **Osmar Rafael Estrada Ochoa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Byron Estuardo Ixpatá Reyes  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 6791  
Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2008.

/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA, EN EL ÁREA DE SECADO, PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA**, presentado por el estudiante universitario **Osmar Rafael Estrada Ochoa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2008.



/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESSEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.349.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS Y AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA, EN EL ÁREA DE SECADO, PARA PRODUCTOS HECHOS A BASE DE PARAFINA**, presentado por el estudiante universitario **Osmar Rafael Estrada Ochoa**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, octubre de 2008.



/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por estar en todo momento junto y darme fuerzas en momentos de debilidad.

### **MIS PADRES**

Osmar y Sandra, por que me han dado todo lo necesario en mi vida, por que nunca me han dicho no, por que me han mostrado que la vida se lleva paso a paso, por que han estado juntos a mi lado.

### **MIS HERMANOS**

Sofía y Mario, porque me han acompañado en esta vida, por que definitivamente estarán ahí en el futuro por que mis éxitos sean ejemplo como lo son los suyos para mí.

### **MIS ABUELOS**

Mario, Lidia y Estela, por su sabiduría, por darme la pizca de aliento y tranquilidad que se necesita, por sus historias, por que han estado a mi lado siempre, por que han creado una gran familia y yo soy fruto de ustedes y definitivamente son mi ejemplo a seguir.

### **MIS FAMILIARES**

Por el gran cariño que me han brindado.

## **MIS AMIGOS**

Luis Pedro, Andros, Erick, Alejandro, Suzy, Walter, Tony, Julio, Siomara, Daniela, Pablo, Arelis, Juan y Alan, gracias por la amistad y el apoyo que me brindaron.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

## **AGRADECIMIENTOS A**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

Casa de estudios que me brindó la oportunidad de alcanzar mis metas.

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme como Ingeniero.

**MI ASESOR**

Ing. Carlos Estuardo Herrera Alvarado,  
por sus consejos y asesoramiento.

**ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA INDUSTRIAL**

Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme como Ingeniero

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1. La empresa	1
1.1.1. Descripción	1
1.1.2. Ubicación	1
1.1.3. Historia	2
1.1.4. Visión	2
1.1.5. Misión	3
1.2. Estandarización de tiempos y aumento de la productividad	
1.2.1. Estandarización	3
1.2.1.1. Definición	3
1.2.1.2. Métodos	4
1.2.1.3. Función	6
1.2.1.4. Aplicaciones	6
1.2.2. Aumento de la productividad	8
1.2.2.1. Definición de productividad	11
1.2.2.2. Métodos para calcular la productividad	12
1.2.2.3. Indicadores para medir la productividad	12
1.2.2.4. Aplicaciones en la industria	

1.2.3. Parafina	
1.2.3.1. Datos técnicos	16
1.2.3.1.1. punto de fusión	23
1.2.3.1.2. Punto de coagulación	23
1.2.3.1.3. Comportamiento químico	27
1.2.4. Refrigeración	
1.2.4.1. Datos técnicos	28
1.2.4.1.1. Ventilación y refrigeración	28
1.2.4.1.2. Control de la temperatura del ambiente	29
1.2.4.1.3. Concepto de renovación de aire	36
1.2.4.1.4. Métodos y características para climatizar	39
<b>2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.</b>	
2.1. Distribución de planta	47
2.1.1. Plano de la planta	47
2.1.2. Distribución actual de la planta	51
2.1.3. Análisis de la distribución	53
2.2. Temperatura del área	
2.2.1. Medición de la temperatura del área	54
2.2.2. Gráficas de la tendencias de la temperatura hora-temp.	56
2.2.3. Gráfica de tendencia de la producción y la temperatura cante-temp	57
2.2.4. Análisis del control de la temperatura	61
2.2.5. Análisis de la temperatura óptima para el secado	62
2.3. Control y medición de tiempos	
2.3.1. Diagrama de procesos	63
2.3.2. Diagrama de flujo	66

2.3.3. Estudio muestral de tiempos	69
2.3.4. Análisis de los procesos	70
2.3.5. Diagnóstico de la situación actual de los tiempos con respecto a la temperatura del área y los procesos	71
2.4. Estudio actual de la eficiencia de los procesos	
2.4.1. Historial de producción	72
2.4.1.1. Recopilación de datos de producción de temporadas anteriores	72
2.4.1.2. Estudio estadístico de producción	73
2.4.1.3. Proyecciones de producción	74
2.4.2. Estudio de los procesos	75
2.4.3. Deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos	75
2.4.4. Indicadores de producción	76
<b>3. PROPUESTAS DE MEJORA</b>	
3.1. Distribución de planta	
3.1.1. Diagrama de la planta con distribución mejorada	78
3.1.2. Señalización y ubicación de áreas	79
3.1.3. Señalización y ubicación de maquinaria	81
3.1.4. Señalización de áreas de paso y de flujo de material	83
3.1.5. Localización del área de secado	84
3.1.6. Cálculo de las medidas de las áreas de trabajo	85
3.2. Diseño del sistema de ventilación	
3.2.1. Cálculo de las capacidades del sistema	87
3.2.1.1. Costo de instalación	87
3.2.1.2. Costo de operación	88
3.2.1.3. Renovaciones de aire por unidad de tiempo	89

3.2.1.4.	Temperatura a mantener en el área	90
3.2.1.5.	Tiempo de vida	90
3.2.2.	Estudio de tiempos	
3.2.2.1.	Análisis químico de la parafina	91
3.2.2.1.1.	Tiempos estimados para secado a una temperatura constante	91
3.2.2.1.2.	Estimación de tiempos de secado método químico	93
3.3.	Planificación de la producción	94
3.3.1.	Método para planificar	95
3.3.1.1.	Sistema de control de la producción	95
3.3.1.2.	Sistema de proyección de la producción	96
3.3.1.3.	Diagrama para producción	99
3.4.	Análisis beneficio costo de las propuestas de mejora	
3.4.1.	Beneficios	101
3.4.1.1.	Estimación del aumento de la producción	101
3.4.2.	Costos	
3.4.2.1.	Costos de implementar sistemas de ventilación	102
3.4.2.2.	Costos de redistribución de planta	105
3.4.3.	Análisis beneficio costo	106
3.4.4.	Justificación	109

#### **4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS**

4.1.	Distribución de planta	111
4.1.1.	Reubicación de la planta	111
4.1.2.	Procedimiento de control y la limpieza	114
4.1.3.	Proyecto de señalización de áreas	116

4.2.	Instalación de sistema de ventilación	
4.2.1.	Estudio del control de la temperatura	118
4.2.1.1.	Análisis de la temperatura alcanzada	118
4.2.1.2.	Comparación de las temperaturas previas	119
4.2.1.3.	comparación de las temperaturas actuales	121
4.2.1.4.	Descripción de las mejoras alcanzadas	123
4.2.2.	Estudio de secado	
4.2.2.1.	Recolección de datos muestrales	125
4.2.2.2.	Comparación del modelo químico con el estudio muestral	126
4.2.2.3.	Comparación de tiempos estimados con el modelo químico y el estudio muestral	127
4.2.2.4.	Validación del método químico	129
4.2.2.5.	Tabla de tiempos estándar para el secado	130
4.3.	Planificación de la producción	
4.3.1.	Establecimiento del método de planificación por medio de los tiempos establecidos para el área de secado	131
4.3.2.	Creación de diagramas de planificación y control	132
4.3.3.	Validación de los métodos de planificación	132
<b>5.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO</b>	
5.1.	Estadísticas	
5.1.1.	Datos muestrales de producción antes de la mejora	135
5.1.2.	Datos muestrales de producción después de la producción	137
5.1.3.	Comparación estadística de los dos escenarios	138
5.2.	Resultados	138
5.2.1.	Resultados obtenidos	139
5.2.2.	Costeo de los beneficios obtenidos	140

5.2.3. Costeo de la implementación de las mejoras	141
5.3. Estudio beneficio costo	141
5.3.1. Cuadro de beneficio costo	141
5.4. Mejora	142
5.4.1. Análisis de mejora continua	143
5.4.2. Cambios y oportunidades de mejora del proyecto	143
5.4.3. Análisis de cambios a realizar y nuevos proyectos a futuro	143
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>145</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>149</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>151</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Estructura molecular de un alcano	17
2	Estructuras moleculares de alcanos más complejos	17
3	Proceso de transformación de un alcano	20
4	Relación entre el volumen de aire CFM, el tamaño del ducto	40
5	Plano general de la planta	44
6	Perfil del área 1	48
7	Plano de la base del área 1	49
8	Plano de la base del área 2	49
9	Plano de la base del área 3	50
10	Plano de la base del área 4	50
11	Distribución actual del área 1	51
12	Distribución actual del área 2	51
13	Distribución actual del área 3	52
14	Distribución actual del área 4	52
15	Gráfica del comportamiento de la temperatura	53
16	Gráfica de la tendencia de la producción vrs temperatura	56
17	Gráfica de la tendencia del proceso vrs la hora	58
18	Distribución mejorada del área 1	60
19	Distribución mejorada del área 2	77
20	Distribución mejorada del área 3	77
21	Distribución mejorada del área 4	78
22	Señalización y ubicación de maquinaria, en el área 1	78
23	Señalización y ubicación de maquinaria, en el área 2	79
24	Señalización y ubicación de maquinaria, en el área 3	79
25	Señalización y ubicación de maquinaria, en el área 4	80

26	Señalización y ubicación, en el área 1	81
27	Señalización y ubicación, en el área 2	81
28	Señalización y ubicación, en el área 3	82
29	Señalización y ubicación, en el área 4	82
30	Diagrama de flujo del producto	83
31	Diagrama de circulación de aire.	84
32	Temperaturas alcanzadas en el área 1	85
33	Grafico de la tendencia de la temperatura vrs el tiempo	92
34	Gráfica del comportamiento de enfriado vrs tiempo después de las mejoras	94
35	Diagrama de Gantt del proceso de producción	100
36	Flujo de caja de la inversión realizada y el valor de rescate a dos años	104
37	Aras de trabajo antes de las modificaciones	112
38	Áreas de trabajo después de las modificaciones	113
39	Señalización del área 1 y 2 de trabajo	116
40	Señalización del área 3 y 4 de trabajo	117
41	Gráfica de la tendencia de la temperatura alcanzada luego de la implementación de las mejoras	122
42	Gráfica de temperaturas en el área de trabajo antes de la implementación de mejoras	123
43	Gráfica de temperaturas en el área de trabajo después de la implementación de mejoras	124
44	Gráfica de decaimiento exponencial de la temperatura por medio del modelo de Newton	127
45	Gráfica de decaimiento de la temperatura obtenido por datos muestrales	128
46	Diagrama de Gantt para el análisis de los procesos	133

## TABLAS

1	Ejemplo de indicadores para medir la productividad	12
2	Ejemplo de indicadores con cantidades	13
3	Propiedades de los alcanos	16
5	Volumen de aire necesario por persona/hora/m <sup>3</sup>	36
6	Renovaciones del aire en número de veces/hora	37
7	Factores a tomar en cuenta en un sistema de ventilación	37
8	Coeficientes de entrada de aire	38
9	Propiedades y características de los alcanos	40
10	Velocidad del aire por longitud de nave	42
11	Toma de temperaturas en el área de trabajo	55
12	Tendencia de la producción vrs temperatura	58
13	Proceso vrs hora	59
14	Tiempos promedio por actividad	69
15	Producción mensual en KG empacados	72
16	Análisis y estimación de producción método promedio ponderado	73
17	Costo y cantidad a utilizar en la instalación del sistema de ventilación	88
18	Consumo mensual y costo total de las implementaciones	88
19	Cálculo del caudal de aire	89
20	Cálculo de tiempos después de implementar cambios	86
21	Temperatura y tiempo alcanzado luego de las implementaciones de mejora	93
22	Valores estimados según del tipo de proceso	97
23	Ejemplo de la estimación de tiempos según el proceso	98
24	Eficiencias obtenidas por los cambios aplicados	99
25	Costo de instalación de la maquinaria implementada	102
26	Costos variables mensuales debido al uso del equipo	103

27	Costo de la mesa de trabajo	105
28	Costo de implementación de maquinaria y equipo nuevo	106
29	Consumo mensual por el uso del equipo	106
30	Costos en el área de producción	107
31	Costos en el área de empaque	107
32	Cálculo de la productividad	108
32	Cálculo en el costo de mano de obra	108
33	Ahorro con la implementación del proyecto	109
34	Justificación del proyecto	110
35	<i>Check list</i> para el procedimiento de limpieza	114
36	Hoja para llevar control de producción diario	115
37	Datos muestrales de temperatura alcanzada luego de mejoras realizadas	118
38	Diferencia de temperaturas obtenida, por las mejoras realizadas	119
39	Tabla de temperaturas alcanzadas luego de la implementación de la mejora	121
40	Toma de tiempos muestrales de producción luego de la implementación de mejoras	125
41	Temperaturas obtenidas a partir del modelo exponencial de decaimiento de temperatura	126
42	Análisis comparativo entre datos muestrales y datos teóricos	129
43	Tiempos estándar de secado de los cilindros de 3X3	125
44	Tiempos estimados según el tipo de proceso para la estandarización de procesos	130
45	Tabla de estadísticas de producción de períodos anteriores	131
46	Análisis de crecimiento de la demanda, por	

	método de promedio ponderado	136
47	Cuantificación del ahorro en mano de obra, por costo de oportunidad	139
48	Cuantificación en el ahorro debido a la reducción de tiempos muertos, en área de empaque	139
49	Aumento de la productividad por reducción de tiempos	139
50	Reducción del costo de MO en la fabricación de los cilindros de 3X3	140
51	Ecuación de los beneficios obtenidos	140
52	Costos de implementación	141
53	Beneficios por ahorro de tiempo	141
54	Ecuación de beneficio mensual	142
55	Ecuación de costos mensual	142



## GLOSARIO

Marmita	Equipo utilizado para derretir 25 KG de parafina en 15 minutos, utiliza modelos térmicos de reciclaje de aire para la conservación de la energía y la disminución del tiempo de derretido.
Parafina	Producto obtenido del refinado del petróleo, rico en combustible, estable fácil de manejar y moldear, antiguamente utilizado para muchas funciones entre otras la iluminación.
Sopladores regenerativos	Son diseñados para generar presión o vacío a través de la rotación de una hélice de simple fase.
Renovación de aire	Número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del edificio.
Ventilación y refrigeración	Es la técnica que facilita las operaciones de renovación del aire. En términos industriales y comerciales, la ventilación es el proceso por medio del cual el aire fresco exterior extraído hacia adentro del edificio para

acondicionar, circular y remover aire contaminado.

#### Ventilación natural

Este tipo de ventilación es la que no necesita de ninguna instalación, ya que debido a su propio diseño y estructuración permite una renovación suficiente de aire.

#### Tiro natural

El tiro natural es provocado por la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el aire exterior.

#### Ventilación por cambio de presiones

Movimiento del aire en un ducto del cual nace una resistencia, el cual provoca una caída de presión.

#### Ventiladores

Los ventiladores son artefactos utilizados generalmente para la circulación de aire y otros gases a través de sistemas de baja presión. Existen dos tipos que dependen de la dirección del flujo con respecto a la hélice: flujo axial y flujo centrífugo.

#### Ventilador axial

Son llamados simplemente ventiladores, su flujo de aire es paralelo al eje y, generalmente, son utilizados donde los requerimientos de

un alto volumen de aire, con una baja presión son necesarios, por lo que la mayoría no pueden ser utilizados para sistemas de ductos.



## RESUMEN

Pilandros es una empresa que se dedica a la fabricación y creación de productos que utilizan como materia prima parafina, sus métodos son artesanales, ya que no utilizan maquinaria para la fabricación de estas, se han destacado por mantener una gama mayor a 2,000 productos.

En general, la fábrica contaba con muchas áreas distribuidas de una forma ineficiente provocando el traslado de área en área continuo del producto en el proceso de fabricación

Se tomó en cuenta que las instalaciones así como la ventilación no eran las adecuadas para mantener un nivel estable de temperatura, además las estufas derretidotas aportan un gran calor al área de trabajo, obligando a hacer uso de ventilación por medio de aire forzado.

También se consideró tomar en cuenta aislar el techo materiales aislantes, para que no dejen pasar el calor de un lado a otro con tanta facilidad renovar el aire constantemente, ya que éste es el depósito térmico donde el calor se disipa, con esto se lograría controlar el calor del ambiente, reubicar las áreas para que las estufas que producen calor estén ubicadas en el mismo lugar de secado aplicar la ventilación solamente en un área, para evitar gastos mayores y que el producto no recorra tantas distancias.

El objetivo de controlar la temperatura del ambiente de trabajo es proporcionar información confiable con respecto a estándares de tiempo para la producción y un sistema de planificación, ya que el producto debe de mantenerse en un ambiente donde la temperatura sea constante entre 24 y 26 grados Celsius.

Se designó un área específica para el llenado y secado del producto, aquí es donde se va a centrar el calor y es donde necesitamos aplicar sistemas de ventilación.

Lo que se obtuvo fue la redistribución de mesas, construcción de nuevas de menor ancho más eficientes para el tipo de trabajo, diseñadas para transportar el producto fácilmente

Se logró controlar la temperatura del lugar creando una nueva distribución de áreas buscando agrupar los agentes productores de calor para intensificar los esfuerzos de ventilación en un área específica, con el fin de reducir costos variables por la utilización de sistemas artificiales de ventilación. A partir de la climatización del área y de lograr eliminar los picos se validó, la utilización de una función química exponencial que estima el tiempo de secado, según la temperatura del ambiente, logrando así, la estandarización de tiempo de secado del producto y optimizando los tiempos del mismo.

Con lo que se logró obtener un aumento del 1.67% en relación a los tiempos de secado así como en la reducción de los costos, lo cual muestra el beneficio de las modificaciones mencionadas

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Lograr la estandarización de tiempos y aumento de la productividad por medio del control de la temperatura en el área de secado.

### **Específicos:**

1. Crear una distribución de planta adecuada para concentrar las áreas asociadas y eficientar los movimientos
2. Mejorar los sistemas de calentado de parafina, minimizando los tiempos de calentado y la utilización de combustible.
3. Lograr crear un ambiente óptimo para el secado del producto.
4. Determinar un modelo termoquímico para la predicción del tiempo de secado del producto dada una temperatura constante.
5. Comparar el método termoquímico en relación a un estudio muestral y determinar su confiabilidad.
6. Crear un modelo de programación y planificación de la producción con base al estudio realizado.
7. Hacer un estudio de la situación actual y compararlos con los resultados obtenidos y determinar la rentabilidad.



## INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas son muy comunes en economías en desarrollo, estas muestran la diversidad de productos en los cuales se puede incursionar para su producción. También se pueden mencionar características en relación a su desempeño muy comunes como lotes de producción pequeña, métodos manuales de fabricación, capitales pequeños con potencial de crecimiento, dificultades de contar con la economía de escalas y la apertura a mercados mundiales.

Este tipo de empresas se encuentra en un nivel bajo de desarrollo y cuentan con un gran potencial para el éxito, pero debido a la inmadurez presentan muchos problemas relacionados con la producción como los procesos indefinidos, descontrol de la capacidad, capitales bajos para el desarrollo, personal no capacitado, compromisos de entrega y niveles de venta oscilantes, descontrol de inventarios y el descontrol total de la planificación. Estos son causas que afectan directamente la credibilidad y la imagen de la empresa destinándola a la muerte a largo plazo, factores como estos son los que se deben de atacar de raíz, para lograr obtener ventajas competitivas que las pequeñas y medianas empresas poseen sobre las grandes, factores como eficiencia y reducción de costos son puntos que se pueden llegar a controlar en una empresas pequeñas y que al controlas puedan producir resultados marginales tan competitivos como lo muestran empresas grandes.

La industria de velas aromáticas es una industria nueva en el campo de la economía guatemalteca, se considera como una industria artesanal, su gran potencial radica en el desarrollo y aceptación que pueda tener en el extranjero como un producto de exportación y de imagen nacional. El segmento en el que

se encuentra puede producir muchas ganancias debido a su valor estético y decorativo.

## **1 ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 La empresa**

El siguiente apartado se presentará una pequeña descripción que corresponde a los datos generales de la empresa, la actividad económica que realiza así como una breve descripción de su historia y desarrollo en la economía guatemalteca.

#### **1.1.1 Descripción**

Pilandros es una empresa que se dedica a la fabricación y creación de productos que utilizan como materia prima parafina, sus métodos son artesanales, ya que no utilizan maquinaria para la fabricación de éstas, se han destacado por mantener una gama mayor a 2,000 productos.

Se destacan por participar en varios segmentos del mercado como los artículos decorativos, candelas para proveer de iluminación, y productos aromáticos.

#### **1.1.2 Ubicación**

Pilandros se encuentra ubicado sobre el boulevard principal de Ciudad San Cristóbal, a un costado del centro comercial Plaza San Cristóbal, cuentan con una área de 24234mt<sup>2</sup> y en ella, contemplan una sala de ventas, el área de producción y bodegas de producto terminado.

El edificio cuenta con un diseño de dos naves con techo de dos aguas, las vías de comunicación, así como los accesos son de tipo industrial, ya que se encuentra a un costado del boulevard principal.

El área donde se encuentra ha tenido un gran incremento comercial, ya que se espera la apertura de Paiz ubicado en la salida hacia Mixco, también tienen a

unos pocos metros una tienda nueva de la cadena Electra así como una nueva estación Shell.

Se espera que el crecimiento comercial sea significativo, ya que la empresa se ha preparado al crecimiento de éste creando una nueva sala de ventas con un café en la parte frontal para atraer al público y aumentar las ventas.

### **1.1.3 Historia**

Pilandros nació en el año de 1990, su principal actividad económica era la creación de productos aromatizantes esencias y popurrí, luego la diversificación los llevó a la fabricación de velas aromáticas con uso decorativo, creando mercado y una demanda que los hizo trasladarse a lo que actualmente son las oficinas centrales.

Se dedican a la venta del producto, por medio de tiendas de adornos decorativos ENAKERI y distribución del producto en los centros comerciales más grandes del país, actualmente exportan productos a países como Costa Rica, Estados Unidos y México esperando tener una gran apertura del mercado con el futuro Tratado de Libre Comercio (TLC).

### **1.1.4 Visión**

Ser una empresa líder en la creación, producción, distribución y venta de productos y servicios de fragancias, regalos y decoración. Ser líder indica que lo siguen y copian

### **1.1.5 Misión**

Crear bienestar, prosperidad y satisfacción para clientes, empleados y amigos de la empresa. Mediante la creación, producción, distribución y venta de productos y servicios de fragancias, regalos y decoración.

## **1.2 Estandarización de tiempos y aumento de la productividad**

La estandarización de tiempos y el aumento de a productividad es un estudio muy importante para el desarrollo de la producción de una empresa y los procesos con los que trabajan, pueden considerarse como los indicadores del desempeño de una empresa, este tipo de información puede mostrar datos y mediciones de la situación actual de una empresa en relación al desempeño y proporcionar información para crear un plan de mejoras y aumento de la productividad.

### **1.2.1 Estandarización**

La estandarización es el término que se utiliza para crear procesos iguales, lo cual lleva a la mecanización de procesos, reducción de errores y defectos y a la capacitación de operarios, para alcanzar la calidad

#### **1.2.1.1 Definición**

Es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabaja a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado. En la práctica, el estudio de tiempos incluye, por lo general, al estudio de métodos. El ingeniero industrial tiene que observar los métodos mientras hace el estudio de tiempos. La definición del estudio de tiempos postula que la tarea medida se realiza conforme a un método especificado. Es deseable, que mientras se realiza el estudio de tiempos, el analista busque también las oportunidades para la mejora de métodos. Muchas compañías usan el término “análisis de métodos y

estándares”, para animar a la persona que hace el estudio a buscar la mejora de métodos mientras observa con el propósito de medirlos.

Herramientas para el estudio de tiempos con cronómetro:

- Reloj para estudio de tiempos
- Tablero para apoyo
- Forma para el estudio
- Lápiz
- Cinta métrica
- Estroboscopio
- Calculadora

#### **1.2.1.2 Métodos**

Existen dos métodos de cronometraje:

- Tiempo acumulativo o continuo

En este el reloj acumula el tiempo, cada lectura muestra el tiempo total transcurrido desde el inicio del primer evento. El cronómetro se pone en marcha desde el inicio del primer elemento y no se detiene hasta que el estudio se completa, Se lee el tiempo al final de cada elemento, sin devolverlo, y el valor de tiempo se registra en la hoja de estudio, por lo cual, en esta hoja quedan solo lecturas del cronómetro sucesivamente mayores. Después que se han completado las observaciones, los tiempos de los elementos individuales se calculan por medio de una serie de restas.

- Cronometraje vuelta a cero

En cronometraje vuelta a cero el reloj se inicia al comienzo del primer elemento del primer ciclo. Al final de cada elemento, el reloj muestra el tiempo para cada elemento y se regresa a cero. Este procedimiento se sigue para cada elemento a través del estudio. Es un buen hábito, en estudios de vuelta a cero, registrar la hora de inicio y de finalización del estudio.

El tiempo total de los elementos y de otras actividades anotadas en el estudio se debe agregar al tiempo total transcurrido desde el inicio hasta el final del estudio. En la práctica, este tiende a ser algo menor debido a lecturas incorrectas y elementos perdidos. Si hay una diferencia significativa, el estudio de tiempos no resulta confiable.

Tolerancias administrativas se utilizan por lo general ya sea que los conceptos de valoración del desempeño sean con base en el tiempo requerido o por jornada diaria. El porcentaje acostumbrado de tolerancias es como sigue:

Necesidades personales: 3-5 %

Fatiga: 3-5 %

Demoras: 3-5%

Lo que da un rango total de 9-15%

No hay un rango o reglas fijas sobre los porcentajes, solo hábitos y tradiciones y por lo general se utiliza la experiencia.

### **1.2.1.3 Función**

Es la creación de un manual de estudio de tiempos que establezca las políticas, procedimientos reglas para el uso del estudio de tiempos en la compañía. Se puede tomar ventaja de cualquier oportunidad para explicar el contenido del manual a todos los involucrados. El estudio de tiempos no tiene nada que ocultar. Mientras mejor se entienda, mas armónicas serán las relaciones entre los ingenieros de estudio de tiempos, los supervisores y la fuerza de trabajo. El manual de estudio de tiempos puede ser un sumario de las copias de buenos estudios o puede ser un escrito completo de las prácticas y políticas aprobadas por la compañía.

Lo mejor es empezar con un esquema manual e ir agregando instrucciones y practicas conforme avanza el tiempo, de modo que el manual se adapte a las operaciones particulares. Esto lo puede hacer el personal apoyo por medio de algún tipo de programa procesador de textos y actualizarse cuando sea necesario.

### **1.2.1.4 Aplicaciones**

Con base a los datos obtenidos con anterioridad se verifica si el operario no logra conseguir los estándares de tiempo, puede ser debido a:

- Dificultades con el material.
- Problema con el manejo de materiales
- Problemas con la maquinaria y el equipo
- Problemas de calidad
- Fallas en el trabajo
- Diligencia, deseo del operario en realizar el trabajo
- Habilidades del operario para realizar el trabajo

- Conocimiento del operario para realizar el trabajo

Una vez que la razonabilidad de los estándares del estudio de tiempos han sido validados, los estándares de tiempo se vuelven herramientas visibles. El primer paso para conseguir mejor productividad es el uso positivo de los estándares. Los empleados quieren reconocimiento personal y trato justo consecuente con el que se da al resto de su grupo de iguales.

Para superar las objeciones de los supervisores a la medición del trabajo se deben seguir los siguientes pasos.

- A. Hacer medir al supervisor conforme a los estándares de costo
- B. No medir al supervisor conforme a los estándares de productividad

Uno de los problemas mas comunes del analista de estudio de tiempos, es la hostilidad y oposición de los supervisores de línea. Esta hostilidad y oposición de los administradores de la línea del frente, es lógica y debe esperarse en la mayoría de las operaciones debido a que:

- A. Por lo general, la instalación de los estándares significa un aumento en la producción para el área de trabajo del supervisor y más trabajo para él, capacitar a los operarios, tener todo lo que necesita el operario a mano, asegurarse que todo esté en orden para trabajar, etc.
- B. Es particularmente molesto cuando los estándares piden más producción en un patrón que es inconsistente comparado con la producción histórica. Y en los casos en que los supervisores no entienden como se establecieron los estándares, existe el temor y sospecha de que los estándares que están siendo instalados sean injustos

- C. La mayoría de supervisores de línea frontal se les mide por desempeño de su departamento comparado con los estándares de tiempo. Reduciendo la cobertura de los estándares de tiempo, disminuye la carga de trabajo del supervisor, por otro lado se incrementa la cobertura de los estándares de tiempo, también se incrementa la carga de trabajo del mismo.

## **1.2.2 Aumento de la productividad**

El aumento de la productividad puede ser considerado a partir de factores iniciales, luego se realizan cambios en los factores los cuales deben de afectar el resultado final como pueden ser el tiempo, los insumos, costos etc. El cambio porcentual entre el valor inicial y el resultado se conoce como diferencial de la productividad, el cual puede ser negativo o positivo

### **1.2.2.1 Definición de productividad**

Se puede comenzar definiendo la productividad como la relación entre la calidad y cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos. Esta resulta un instrumento sumamente útil a la hora de comparar la producción en diferentes niveles del sistema económico con los recursos consumidos.

Un estudio de productividad nos da una idea mas precisa acerca de la situación de una empresa que otros indicadores como la producción, eficacia, volumen de ventas y otros, ya que éstos no toman en cuenta la cantidad de recursos utilizados. Con bastante seguridad se puede decir que aumentar la productividad es una forma efectiva de asegurar un aumento en la rentabilidad.

Existe gran variedad de factores que influyen en la productividad, se dividen principalmente en externos e internos. Los externos son se definen como los factores que no dependen de decisiones de la empresa como lo son: Disponibilidad de materias primas, disponibilidad de mano de obra, políticas estatales tributarias y arancelarias, infraestructura pública, tasas de interés y otros. Los factores internos son aquellos que pueden ser manejados por la empresa, como ejemplo se puede citar: Terrenos y edificios, materiales, energía, recurso humano, máquinas y equipo. Los factores internos suelen dividirse en función del nivel de manejabilidad en duros y blandos.

Existen distintos índices de productividad, que dan distintos enfoques a la relación entre producción e insumos:

- A. Productividad parcial: Es la relación entre la producción y un insumo específico, por ejemplo, la productividad parcial en mano de obra es igual al cociente de la producción y el monto correspondiente a la mano de obra.
- B. Productividad total: Es la relación entre la producción y el total de insumos.
- C. Productividad factor total: Se define como la relación entre la producción neta producción – materiales + servicios comprados y la mano de obra más el capital invertido.

Para aumentar la productividad en una empresa se puede modificar todos los factores que esta comprenda, aunque como mencionamos anteriormente algunos se modifican con mayor facilidad. El capital humano es el primer

elemento a tomar en cuenta, ya que su influencia en el nivel de productividad de negativa a positiva puede ser modificada en un plazo relativamente corto, mediante capacitación o instrucción de la población trabajadora ya que del conocimiento y habilidad dependen los resultados del trabajo. Así pues si se obtiene un aumento sustancial en la producción, manteniendo los costos de mano de obra, obtenemos un aumento notable en la productividad.

Otros factores como el producto, los materiales y el equipo que se utilizan para su elaboración se pueden modificar aunque esto implica mayores costos y dificultad en relación con una modificación en los costos de capital humano. En cuanto a los materiales es posible buscar nuevos distribuidores para obtener materia prima de la misma calidad a un precio menor, ya sea a nivel local o en el extranjero, se lograría así mantener la producción, disminuyendo el costo de los insumos y logrando un aumento en la productividad. En lo que concierne al equipo, se puede considerar el comprar nueva maquinaria, que permitiría reducir el tiempo de producción y probablemente los costos de energía y aumentar la calidad del producto, en este caso no se puede concluir si esto aumentaría o no la productividad sin realizar un estudio de costos de capital de inversión. Por último una modificación es el diseño del producto que supone grandes riesgos ya que de no resultar exitosa podría afectar seriamente el nivel de ventas.

Por último, existen factores como la organización interna, los métodos de trabajo y estilos de dirección los cuales pueden aumentar la productividad en la medida que aumente su productividad. Se debe realizar análisis continuos de estos factores para así eliminar el trabajo innecesario, los desperdicios de materia prima y energía.

### 1.2.2.2 Métodos para calcular la productividad

Básicamente los métodos para calcular la productividad se basan en calcular los factores de entrada contra los factores de salida, esto nos muestra un porcentaje de rendimiento entre el valor inicial y el final

#### a) PRODUCTIVIDAD PARCIAL

$$P_{parcial} = \frac{\text{producción}}{\text{insumos}}$$

#### b) PRODUCTIVIDAD TOTAL

$$P_{Total} = \frac{\text{producción}}{\sum \text{insumos}}$$

#### c) PRODUCCIÓN NETA

$$P_{Neta} = \text{producción} - (\text{Materia prima} + \text{servicios comprados})$$

#### d) PRODUCTIVIDAD DE FACTOR TOTAL

$$P_{F.Total} = \frac{\text{Producción Neta}}{(\text{Mano de Obra} + \text{Capital})}$$

### 1.2.2.3 Indicadores para medir la productividad

Los indicadores son constantes de producción que se obtienen a partir de los resultados de un proceso o trabajo, entre ellos se puede mencionar indicadores que muestran los desempeños de las personas así como el desempeño de los insumos, estos factores al interactuar muestran eficiencias que pueden ser desde el ahorro de insumos como la utilización del tiempo con respecto a producción, costeo y prorrateo del mismo.

Tabla I Ejemplo de indicadores para medir la productividad

Descripción
Producción
Materia prima
Capital
Mano de obra
Energía eléctrica
Publicidad
Varios
Agua potable

. Estudio del Trabajo. Ing de Métodos 1998

### 1.2.2.4 Aplicaciones en la industria

En la siguiente tabla se presenta información acerca de las condiciones productivas de la empresa, basándose en ésta se realizará un análisis de la situación a través de las diferentes formas de medir la productividad.

Tabla II Ejemplo de insumos con cantidades

No.	Descripción	Cantidad Q.
1	Producción	500,000.00
2	Materia Prima	200,000.00
3	Capital	100,000.00
4	Mano de Obra	90,000.00
5	Energía Eléctrica	50,000.00
6	Publicidad	25,000.00
7	Varios	10,000.00
8	Agua Potable	5,000.00

. Estudio del Trabajo. Ing de Métodos 1998

b) PRODUCTIVIDAD PARCIAL

$$P_{parcial} = \frac{\text{producción}}{\text{insumos}}$$

$$PP_{Materia\ Pr\ ima} = \frac{500,000}{200,000} = 2.5 * 100\% = 250\%$$

$$PP_{Capital} = \frac{500,000}{100,000} = 5 * 100\% = 500\%$$

$$PP_{MO} = \frac{500,000}{90,000} = 5.56 * 100\% = 556\%$$

$$PP_{EnergíaEléctrica} = \frac{500,000}{50,000} = 10 * 100\% = 1,000\%$$

$$PP_{Publicidad} = \frac{500,000}{25,000} = 20 * 100\% = 2,000\%$$

$$PP_{Varios} = \frac{500,000}{10,000} = 50 * 100\% = 5,000\%$$

$$PP_{AguaPotable} = \frac{500,000}{5,000} = 100 * 100\% = 10,000\%$$

#### b PRODUCTIVIDAD TOTAL

$$P_{Total} = \frac{\text{producción}}{\sum \text{insumos}}$$

$$P_{Total} = \frac{500000}{(200000+100000+ 90,000+ 50,000+ 25,000+ 10,000+ 5,000)} = \frac{500000}{480000}$$

$$P_{Total} = 1.0417 * 100\% = 104.17\%$$

#### c PRODUCCIÓN NETA

$$P_{Neta} = \text{producción} - (\text{Materia prima} + \text{servicios comprados})$$

$$P_{Neta} = 500,000 - (200,000 + 90,000 + 50,000 + 25,000 + 10,000 + 5,000) = 120,000$$

d PRODUCTIVIDAD DE FACTOR TOTAL

$$P_{F.Total} = \frac{\text{Producción Neta}}{(\text{Mano de Obra} + \text{Capital})}$$

$$P_{F.Total} = \frac{120,000}{(90,000 + 100,000)} = 0.6315 * 100\% = 63.15\%$$

### 1.2.3 Parafina

Una vela es una de iluminación consistente en una mecha que asciende por el interior de una barra de combustible sólido, como puede ser la cera, la grasa o la parafina el más habitual en la actualidad.

En la antigua Roma se utilizaban las velas fabricadas con la cera de las abejas. En la Edad Media en Europa se utilizaban velas hechas a base de grasa animal sebo. A mediados del siglo XIX se comenzaron a fabricar con una preparación a base de parafina, ácido esteárico ácido sólido graso y en ocasiones cera de abejas, aceites vegetales hidrogenados u otros materiales grasos.

La forma más antigua conocida para fabricar velas consiste en la inmersión de la mecha lino o algodón, en un recipiente donde se aloja cera o grasa fundida. Se quita la mecha del recipiente y se espera hasta que se solidifique al

enfriarse. Se repite este proceso varias veces sobre la misma mecha hasta obtener el grosor buscado. Aún se fabrican algunas velas artesanales de esta manera, aunque la mayor parte de las mismas se fabrican mediante moldes y maquinaria en las fábricas.

### 1.2.3.1 Datos técnicos

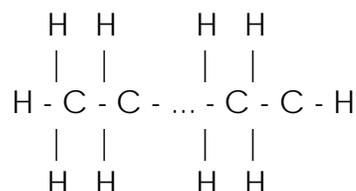
Las parafinas utilizadas en el medio pueden estar constituidas por parafinas naturales de carácter animal como la cera de abeja o puede ser de carácter orgánico como el extraído del petróleo.

#### A. Alcano

Los alcanos son hidrocarburos, es decir que tienen sólo átomos de carbono e hidrógeno. La fórmula general para alcanos alifáticos de cadena lineal es  $C_nH_{2n+2}$ , y para cicloalcanos es  $C_nH_{2n}$ . También reciben el nombre de hidrocarburos saturados.

Los alcanos son moléculas orgánicas formadas únicamente por átomos de carbono e hidrógeno, sin funcionalización alguna, es decir, sin la presencia de grupos funcionales como el carbonilo, carboxilo, amida, etc. Esto hace que su reactividad sea muy reducida en comparación con otros compuestos orgánicos, y es la causa de su nombre no sistemático: parafinas del latín, poca afinidad. La relación C/H es de  $C_nH_{2n+2}$  siendo n el número de átomos de carbono de la molécula advertir que esta relación sólo se cumple en alcanos lineales o ramificados no cíclicos, por ejemplo, el ciclobutano, donde la relación es  $C_nH_{2n}$ . Todos los enlaces dentro de las moléculas de alcano son de tipo simple o sigma, es decir, covalentes por compartición de un par de electrones en un orbital s, por lo cual la estructura de un alcano sería de la forma:

Figura 1 Estructura molecular de un alcano

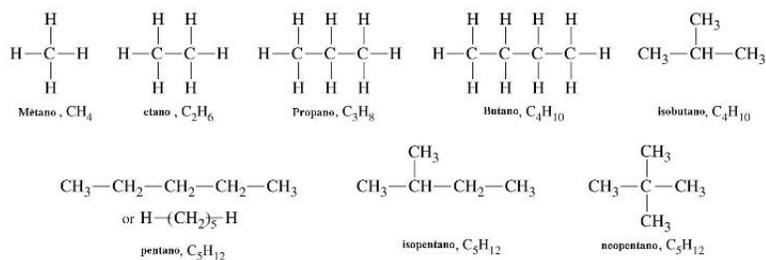


Fuente: Rosember Joene C. Química General 1998

Donde cada línea representa un enlace covalente. El alcano más sencillo es el metano con un solo átomo de carbono. Otros alcanos conocidos son el etano, propano y el butano con dos, tres y cuatro átomos de carbono respectivamente. A partir de cinco carbonos, los nombres se derivan de numerales griegos: pentano, hexano, heptano...

Los alcanos se obtienen mayoritariamente del petróleo, ya sea directamente o mediante cracking o pirólisis, esto es, rotura de térmica de moléculas mayores. Son los productos base para la obtención de otros compuestos orgánicos. Estos son algunos ejemplos de alcanos:

Figura 2. Estructuras moleculares de alcanos mas complejos



Fuente: Rosember Joene C. Química General 1998

Los alcanos se presentan en estado sólido, líquido o gaseoso según el tamaño de la cadena de carbonos. Hasta 4 carbonos son gases metano, etano, propano y butano, a partir del pentano hasta el hexadecano 16 carbonos son líquidos y los compuestos superiores a 16 carbonos se presentan como sólidos aceitosos parafinas. Todos los alcanos son combustibles, al ser una forma reducida del carbono, y liberan grandes cantidades de energía durante la combustión.

Tabla III Tabla propiedades de los alcanos

**Fórmulas y propiedades físicas de algunos alcanos**

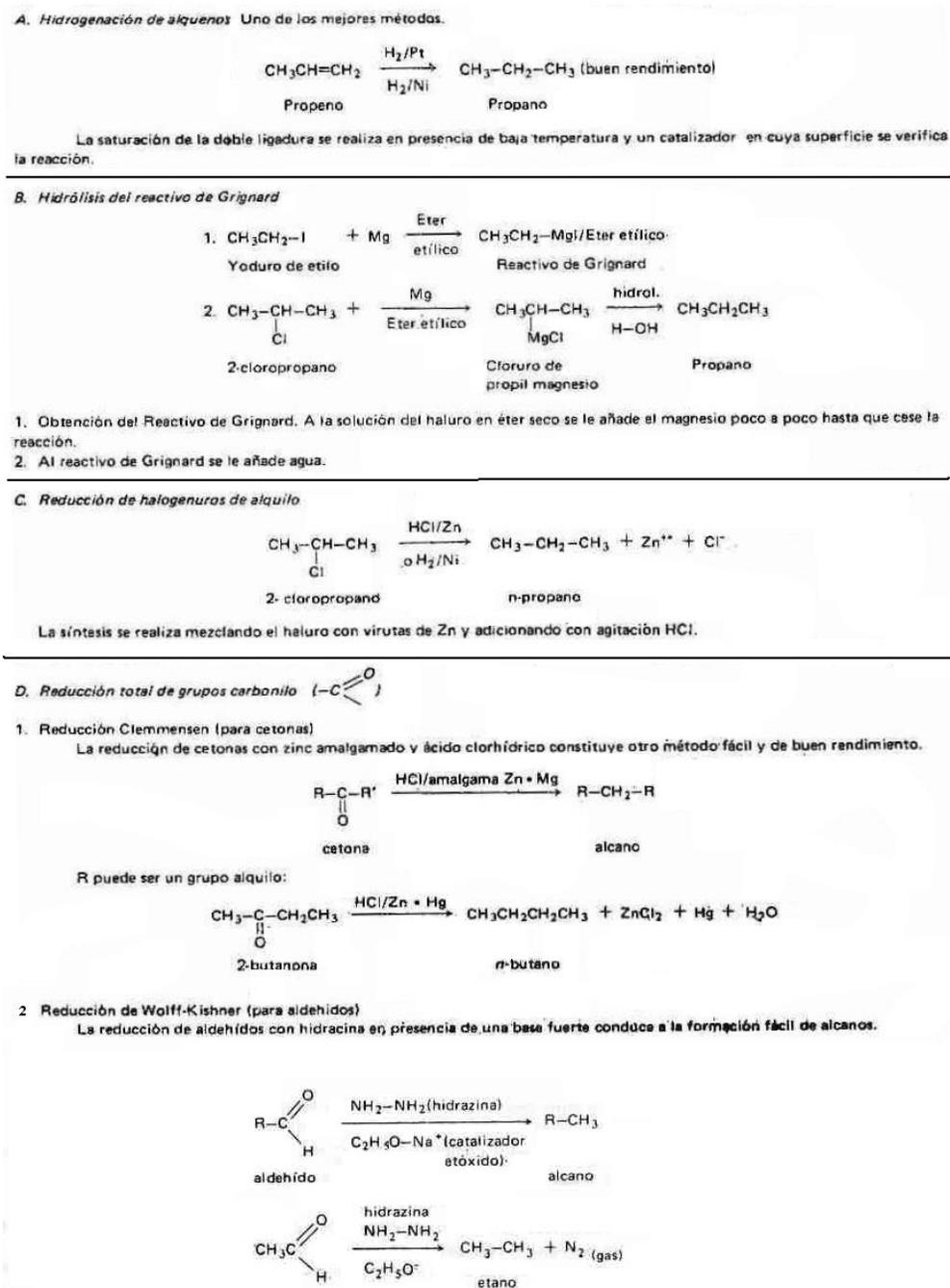
Alkane	Número de carbonos	Estructura	Formula	p.e.	p.f	Densidad
metano	1	H—CH <sub>2</sub> —H	CH <sub>4</sub>	-164	-183	0.55
Etano	2	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> —H	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-89	-183	0.51
Propano	3	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> —H	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42	-189	0.50
Butano	4	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> —H	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0	-138	0.58
Pentano	5	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> —H	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	36	-130	0.63
Hexano	6	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> —H	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	69	-95	0.66
Heptano	7	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> —H	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	98	-91	0.68
Octano	8	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> —H	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	126	-57	0.70
Nonano	9	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> —H	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	151	-51	0.72
Decano	10	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> —H	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	174	-30	0.73
Undecano	11	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> —H	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	196	-26	0.74
Dodecano	12	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> —H	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	216	-10	0.75
Tridecano	13	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> —H	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	235	-5	0.76
Tetradecano	14	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> —H	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	254	6	0.76
Pentadecano	15	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> —H	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	271	10	0.77
Hexadecano	16	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> —H	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	287	18	0.77
Heptadecano	17	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>17</sub> —H	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	303	23	0.76
Octadecano	18	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> —H	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	317	28	0.76
Nonadecano	19	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>19</sub> —H	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	330	32	0.78
Eicosano	20	H—(CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> —H	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	343	37	0.79

: Rosember Joene C. Química General 1998

Los alcanos presentan una propiedad denominada isomería, consistente en las diferentes formas de ordenarse los átomos geométrica y topológicamente dentro de la molécula, de forma que dos moléculas con la misma fórmula pueden presentar estructuras y por tanto propiedades físicas y químicas diferentes. La isomería puede ser geométrica u óptica, en cuyo caso estamos hablando de enantiómeros moléculas no superponibles y que son reflejo especular una de la otra y estereoisómeros.

Los prefijos de numeración griega se utilizan a partir cinco átomos de carbono: pent-, hex-, hept-, oct-, non-, dec-, etc. De las cadenas de parafinas alcanos sintetizadas pueden contarse las cadenas lineales de átomos de carbono en 100 unidades. Uno de los enlaces más simples es el Metano

Figura 3. Proceso de transformación molecular de un alcano



Fuente: Rosember Joene C. Química General 1998

Los alcanos son importantes sustancias puras de la industria química y también los combustibles más importantes de la economía mundial.

Los primeros materiales de su procesado siempre son el gas natural y el petróleo crudo, el último es separado en una refinería petrolera por destilación fraccionada y procesado en muchos productos diferentes, por ejemplo la gasolina. Las diferentes fracciones de petróleo crudo poseen diferentes temperaturas de ebullición y pueden ser separadas fácilmente: en las fracciones individuales los puntos de ebullición son muy parecidos.

Se ha utilizado tradicionalmente para hacer velas, para alumbrado, de gran calidad; para encerar maderas, papel, telas y cuero, como conservante e impermeabilizante; con todo lo que se desprende de eso. Desde la construcción de una cerilla para encender el fuego, hasta de un cartucho o munición en la industria militar. Utilizada como material dieléctrico en virtud que es aislante.

En cosmética, en forma de cremas o de ungüentos, debido a las propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes de muchos de sus componentes. Otra aplicación cosmética es como depilatorio, ya que el vello se adhiere a ella y es más fácil de retirar, aunque doloroso.

En el arte es la técnica de pintura conocida como encáustica utilizada desde los romanos descrita por Plinio el Viejo en el Siglo I. Posiblemente tomada de Egipto donde la utilizaban para confeccionar máscaras, retratos o efigies de los faraones. En la era industrial se la utilizó para la confección de figuras en los famosos museos de cera que observamos en todo el mundo.

En la época medieval se usaba para hacer pasta para sellos.

Son muchos los pintores que utilizaron mezclas de cera y miel en sus óleos, desde la antigüedad hasta la edad moderna. También fueron utilizadas tablillas

de cera para escribir sobre ellas o para recubrir escritos. Para confeccionar pasta para los sellos.

En la fundición es utilizada para la construcción de moldes y vaciados, tanto en forma positiva como negativa. Técnica denominada microfusión.

Las ceras son ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de peso molecular elevado, es decir, son moléculas que se obtienen por esterificación de un ácido graso con un alcohol monovalente lineal de cadena larga. Por ejemplo la cera de abeja. Son sustancias altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura ambiente se presentan sólidas y duras. En los animales la se puede encontrar en la superficie del cuerpo, piel, plumas. En vegetales las ceras recubren en la epidermis de frutos, tallos, junto con la cutícula o la suberina, que evitan la pérdida de agua por evaporación en las plantas.

La cera se obtiene derritiendo los panales de cera que las abejas construyen en el interior de sus colmenas. El derretimiento se puede realizar en agua caliente o bien con vapor de agua, presentando la cera un bajo peso específico, esta se separa de los restos extraños, que quedan adheridos en la parte inferior del bloque de cera. La cera de abeja que recubren las celdas, se denomina cera de opérculo y es la más apreciada. Esta es una cera muy clara, comparada con la obtenida de los cuadros melarios o cuadros de cría. La cera es una sustancia grasa segregada por glándulas cereras de las abejas obreras jóvenes.

También se obtiene a partir de hidrocarburos en las refinerías, mediante procesos petroquímicos.

### **Rol biológico de las ceras**

- A. Protección: debido a su carácter altamente hidrófobo, repelen el agua, y a nivel orgánico recubren ciertos tejidos dándoles consistencia y

protección frente a la acción externa, como lubricantes o impermeabilizantes en piel, pelo y plumas de animales lanolina, secreción sebácea, cerumen del conducto auditivo; en hojas y frutos de plantas. cutina

- B. Estructural: las ceras frecuentemente se encuentran formando cubiertas protectoras e impermeabilizantes, normalmente recubriendo las partes aéreas de las plantas, flores o frutos para repeler los parásitos y ayudar a conservar el agua del vegetal. Una aplicación bien conocida de la cera es la formación de los panales de las abejas.

#### **1.2.3.1.1 Punto de fusión**

Las parafinas refinadas que se venden en el mercado tienen un punto de fusión que varían desde los 54,00 C hasta los 64 C, esto depende de la dureza que se requiera en la parafina, la más utilizada es la parafina, el cual su punto de fusión son los 60 C, se utiliza debido a su maleabilidad y duración al momento de su consumo.

#### **1.2.3.1.2 Punto de coagulación**

Muy relacionada con su punto de fusión esta se encuentra entre un rango de 54C y 64C, como vemos el punto de solidificación de la parafina que se utiliza comercialmente es aproximadamente 50C factor muy importante al momento de la producción, ya que dependiendo del modelo varían los tiempos de secado. El producto puede sufrir de choques térmicos si sus cambios son demasiados rápidos, si la parafina se enfría muy rápido sufre de rajadura en el núcleo.

El factor mas importante en el momento de secado para un cilindro de 3X3 es lograr alcanzar un tiempo de secado mínimo, esto se consigue teniendo un ambiente fresco de tal manera que el producto se enfríe lo antes posible para realizar sus acabados finales y al mismo tiempo cuidar de que el producto no sufra de rajaduras por dentro.

El tiempo de secado sigue una función física-matemática, la cual se describe a continuación:

Ecuación diferencial de decrecimiento y desintegración ley de enfriamiento de Newton:

$$dY/dT = ay$$

La ecuación indica la intensidad o velocidad de variación con relación al tiempo de una cantidad "Y" es proporcional a "y" si tanto la constante de proporcionalidad "a" como "y" son positivas entonces dY/dT es positiva e "y" es creciente. En este caso nos referimos a "y" creciente y el problema es decrecimiento. Por el contrario si "a" es negativa e "y" positiva, dY/dT será negativa e y es decreciente. En este caso el problema es decrecimiento o de desintegración.

Si la diferencia entre el medio y el producto esta dado por:

$$U-Uam$$

U = temperatura del producto

U<sub>am</sub> = Temperatura del ambiente

Aplicando separación de variables obtenemos:

$$U - U_{am} = ce^{-kt}$$

C = constante inicial

K = constante de proporcionalidad

Según datos obtenidos en un lote de producción de cilindros de 3X3 tenemos:

Temperatura del ambiente: 25C

Temperatura final del producto: 90C

Tiempo transcurrido en la primera toma: 180 min

Temperatura obtenida en la primera toma: 55C

De lo cual obtenemos:

Para un tiempo = 0

$$90 - 25 = C \cdot e^{-K \cdot 0}$$

$$65 = C \text{ Valor inicial}$$

Tenemos que a los 180 min la temperatura es 55C por lo que:

$$55-25=65*e^{-k*180}$$

Obtenemos la constante de proporcionalidad K:

$$k=0.00429550$$

Por lo que obtenemos la función para determinar la temperatura a un tiempo dado:

$$U=25+65*e^{-0.00429550*T}$$

**FUNCIÓN DE TEMPERATURA VRS  
TIEMPO**

Esta ecuación puede ser utilizada para determina la temperatura del producto en un tiempo dado.

Las restricciones que tiene la formulan:

- La temperatura del ambiente tiene que ser constante o no debe de tener cambios muy bruscos +1,-1 C
- La media de la temperatura debe de estar alrededor de 24-26 grados C

- La fórmula es una aproximación y sus usos deben de ser solamente para pronósticos y proyecciones, ya que pueden existir factores climáticos incontrolables que puedan reducir el tiempo de enfriado o aumentarlo.

#### **1.2.3.1.3 Comportamiento químico**

En cuanto a reactividad, los alcanos sufren las siguientes reacciones básicas:

- Ruptura hemolítica: A partir de una molécula neutra obtenemos dos radicales que pueden reaccionar con otras especies o entre ellos volviendo a la molécula original.
- Halogenación radicalaria: Introducción de uno o más átomos de halógenos flúor, cloro, bromo y yodo por sustitución de un átomo de hidrógeno mediante un proceso radicalario, iniciado por fotones o térmicamente. La energía liberada desciende desde el flúor explosiva hasta el yodo endotérmica.
- Combustión: Proceso de oxidación de los alcanos, desprendiendo una gran cantidad de energía y obteniéndose agua y dióxido de carbono. Para una molécula de n carbonos hacen falta  $3n+1/2$  moléculas de oxígeno  $O_2$ .

#### **1.2.4 Refrigeración**

Los procesos de refrigeración se refiere a métodos para mantener niveles de temperatura favorables para la producción de algún artículo, hay condiciones en las cuales los productos tienen un mejor rendimiento y se puede aumentar la eficiencia de la producción vrs los costos de implementar un programa de climatización.

#### **1.2.4.1 Datos técnicos**

Los procesos de refrigeración pueden ser de dos tipos, de aire forzado y de aspiración natural, cada uno tiene sus ventajas y desventajas y son utilizados según la conveniencia del trabajo y mas aun según el costo que representa en relación al beneficio que contrae.

##### **1.2.4.1.1 Ventilación y refrigeración**

Es la técnica que facilita las operaciones de renovación del aire. En términos industriales y comerciales, la ventilación es el proceso por medio del cual el aire fresco exterior extraído hacia adentro del edificio para acondicionar, circular y remover aire contaminado.

El aire que se respira ha de poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire esta determinada por la concentración de agentes contaminantes. Se entiende por contaminación, la existencia de partículas que normalmente no deben encontrarse en el aire o una concentración demasiado alta de partículas existentes.

La contaminación del aire se produce por polvos, humos, detergentes, gases, vapores, disipadores de calor de equipos, secadores, calderas, el calor que libera el cuerpo humano, etc.

Los fines concretos de la ventilación son: suministrar el aire puro en la cantidad y periodicidad de cada lugar lo requiere, además de regular el grado de temperatura y humedad, expulsar las sustancias y olores nocivos, renovando completamente el aire viciado.

La falta de ventilación adecuada produce fatiga y reduce la atención a los trabajadores, produciendo mayor propensión a accidentes. Las impurezas que se generan en los lugares de trabajo, como otras que abundan en la atmósfera, pueden ser las causantes de enfermedades profesionales enfermedad contraída en el trabajo como la silicosis, asbestosis y otras.

Los trabajadores deben laborar en ambientes de trabajo higiénicos y con adecuada circulación, ya que un espacio donde el aire permanezca quieto hará que el ambiente que rodea a las personas termine saturándose en temperatura y humedad.

#### **1.2.4.1.2 Control de la temperatura del ambiente**

La selección de una temperatura según el ambiente puede ser utilizada por ambientes ya que de esta forma se podrá adaptar a los requerimientos necesarios y ahorrar en costos.

- Clases de ventilación

La renovación de aire en un lugar se puede llevar a cabo por dos medios

- Natural
- Artificial

La artificial puede ser de dos tipos:

- Forzada estática
- Forzada dinámica

##### **A. Natural**

Este tipo de ventilación es la que no necesita de ninguna instalación, ya que debido a su propio diseño y estructuración permite una renovación suficiente de aire.

En la ventilación natural se aprovechan los medios naturales disponibles, como la energía cinética del viento y el tiro natural, para introducir aire al interior del edificio, pasarlo por el y expulsarlo. El tiro natural es provocado por la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el aire exterior.

El movimiento del aire puede ocurrir por uno de estos medios o por la combinación de ambos, lo cual depende de las condiciones atmosféricas, diseño localización y orientación del edificio y de la orientación y diseño de las ventanas. Los resultados esperados pueden variar con el tiempo debido a los cambios de velocidad y dirección del viento y de las diferencias de temperatura.

La temperatura del aire en el interior de los edificios es, generalmente, mayor a la temperatura del aire exterior, por lo que el peso de porción de aire en el interior del edificio es menor que el peso de la misma porción del aire exterior, esta diferencia de pesos referida a un área determinada da una diferencia de presiones que recibe el nombre de tiro natural y que establece una corriente de aire del exterior al interior del edificio a través de las aberturas localizadas en los niveles inferiores. El aire frío que entra por la parte inferior del edificio torna calor del interior formándose corrientes ascendentes que encuentran su salida por las aberturas del nivel superior. Este efecto es conocido como tiro chimenea, el cual se ha aprovechado para lograr una ventilación artificial en los edificios, siendo reforzada por la acción dinámica del viento cuando éste sopla contra el edificio

#### B. Artificial

Debido al alto grado de contaminación que exista en un ambiente, muchas veces no se podrá ventilar utilizando, únicamente la ventilación natural.

La necesidad de renovación del aire de un recinto se debe a que el aire se encuentre deteriorado por:

- A. consumo de oxígeno
- B. mezclado con otros gases
- C. malos olores
- D. contaminado con partículas en suspensión
- E. radio-activado.

En ventilación forzada se puede realizar la siguiente clasificación:

- a. Ventilación general
- b. Extracción local a directa

La elección de cada una depende de grado de concentración, la ventilación general hara entrar aire fresco y limpio para que la contaminación baje a limites aceptables. Mientras que la ventilación local o directa consiste en tomar el aire contaminado que está siendo generado en ese momento y sacarlo antes de que se expanda por todo el recinto.

La ventilación forzada general puede ser ascendente, descendente y cruzada, lo cual depende de las características del elemento a evacuar.

La extracción local o directa del aire viciado se hace por medio de mangueras o ductos, los cuales se instalan directamente en el origen de la contaminación. En los casos de gases de pequeño volumen, pero altamente tóxicos como en laboratorios, soldaduras eléctricas; gases de mezcla químicas, etc. por ser emitidos cerca de las personas, es imprescindible la extracción directa, antes de que llegue a las vías respiratorias del operarlo.

En algunos casos, la extracción directa no puede reemplazar totalmente a la ventilación, general, sin embargo, es posible casi siempre resolver los problemas de ventilación mediante La extracción directa, sin aumentar la ventilación natural sin necesidad de realizar gastos adicionales,

### C. Presiones

Del movimiento del aire en un ducto nace una resistencia, la cual provoca una caída de presión. La magnitud de esta caída de presión depende de varios factores: diámetro o forma de la sección del ducto y condiciones de su superficie, viscosidad, masa específica, temperatura y presión del fluido, transferencia de calor hacia el líquido, tipo del flujo, viscoso o turbulento.

Cuando existe aire fluyendo a una velocidad específica causará una presión exacta la cual es conocida como presión de velocidad. Cuando el aire está encerrado, en movimiento crea otro tipo de presión a cual se ejerce perpendicularmente a las paredes del área encerrada y es conocida como presión estática y es normalmente independiente de la velocidad del aire.

Cuando la presión estática es menor que la presión atmosférica, aquella es negativa.

Cuando está sobre la presión atmosférica, es positiva. Mientras que la presión de velocidad es siempre positiva. Por lo que cuando se suma algebraicamente la presión estática y la presión de velocidad se obtiene la presión total.

Para la selección de un ventilador y diseño de ductos es importante considerar las pérdidas de presión estática que se producen en el ducto. Las pérdidas que se producen son magnitudes relativamente pequeñas por la que se utiliza

dimensionales en pulgadas de columna de agua  $1 \text{ Lb/plg}^2 = 27.7$  pulgadas de agua.

El ventilador es, entonces el aparato que además de brindar el flujo de aire, suministra una presión estática suficientemente mayor para compensar la resistencia del sistema.

#### D. Flujo de Aire

El suministro adecuado de aire hacia adentro del local es esencial para una buena ventilación. Los requerimientos para suministrar aire fresco adecuado a las necesidades de un ambiente son: la temperatura, la humedad y el volumen de aire.

El flujo de aire es el volumen de aire que pasa por un lugar en un tiempo determinado.

Para la selección de un ventilador es de mucha importancia conocer el flujo de aire necesario a una determinada caída de presión, que depende del sistema de ductos.

#### E. Ventiladores

Los ventiladores son artefactos utilizados generalmente para la circulación de aire y otros gases a través de sistemas de baja presión. Existen dos tipos que dependen de la dirección del flujo con respecto a la hélice: flujo axial y flujo centrífugo.

Usualmente los axiales son llamados simplemente ventiladores, su flujo de aire es paralelo al eje y, generalmente, son utilizados donde los requerimientos de

un alto volumen de aire, con una baja presión son necesarios por lo que la mayoría no pueden ser utilizados para sistemas de ductos.

El volumen de aire que generan, depende del tamaño de las aspas, de la potencia del motor y de la presión estática. Estos ventiladores necesitan un mínimo de potencia para generar un alto volumen, pero manejan presiones desde 0 aire libre hasta 1 1/2" de columna de agua como máximo.

#### F. Sopladores

Los ventiladores centrífugos son muy frecuentemente llamados sopladores, estos tienen una rueda con múltiples aspas las cuales crean un vacío relativo el cual causa la entrada del aire paralelo al eje y luego es expedido a un ángulo de 90 grados.

Los sopladores necesitan más potencia para generar el mismo volumen de aire que se genera con un ventilador axial, pero están diseñados para generar presiones más altas, pueden llegar a manejar presiones de hasta 14" de columna de agua de presión estática.

Por las presiones que manejan son generalmente utilizados en sistemas de ductos y también en algunas ocasiones son utilizados para la transportación de materiales.

#### G. Sopladores regenerativos

Son diseñados para generar presión o vacío a través de la rotación de una hélice de simple fase. El aire entra a través de un puerto de entrada y es recogido entre las aspas de la hélice. Como la hélice está rotando, el aire es rebotado entre la base de la hélice y la cubierta. El ciclo de rebotamiento de aire

hacia arriba y abajo acelera y comprime o regenera el aire hasta que llega al puerto de salida.

Estos sopladores pueden manejar presiones muy altas, pero necesitan más potencia para generar el mismo flujo de aire que los ventiladores centrífugos. Las presiones que manejan pueden llegar hasta 416" de agua aprox. 15 Psi. Y un vacío de hasta 110" de columna de agua.

Los sopladores regenerativos son utilizados en la oxigenación de hornos y baños químicos, agitación, recuperación de producto, amortiguamiento, secado y enfriamiento, extracción, transporte de material, mezclado, empaquetado, separación, desgasificación, etc.

#### H. Compresores

En todos los equipos anteriores, su producción de flujo de aire es inversamente proporcional a su presión. Entre más presión generan menos capacidad tienen de producir un flujo de aire.

Los compresores son unidades que necesitan de una mayor potencia para generar un flujo de aire que los sopladores, pero generan presiones más altas. Las presiones que manejan pueden llegar hasta los 175 Psi.

Los compresores son utilizados para el accionamiento de taladros, martillos, chorros de arena, controles, pulverizadores, bombas y todo aquel equipo que necesite de altas presiones y de poco caudal de aire.

#### I. Usos de los ventiladores

El movimiento de aire, que se realiza por medio de ventiladores, es bastante importante para los sistemas de aire acondicionado que son diseñados para

mantener un determinado nivel de confort, para mejorar la cantidad y calidad de trabajo de las personas en oficinas, talleres, escuelas y fábricas.

La ventilación también es necesaria para la operación de equipo y de fábrica. Alta velocidad del aire es usada para transportar material, secado de productos en una línea de ensamble, en lavado de carros, para remover materiales granulares, aserrín y humos, para proveer aire de combustión para calderas y hornos y para ayudar a extraer humos y gases que ellos producen.

Hay maquinaria que necesita ser ventilada y en muchos casos es requerida para proteger o prolongar la vida de sus componentes debido al alto calor que produce ella misma como también para mantener en condiciones adecuadas a transformadores, tubos y accesorios electrónicos.

#### **1.2.4.1.3 Concepto de renovación de aire**

La ventilación natural de edificios industriales se mide por el número de veces que cambia el volumen del aire por hora dentro del edificio, siendo este aire exclusivamente el destinado a ventilación. Este número de renovaciones de aire por hora esta en función del número de personas que se encuentran en el, del tipo de maquinaria y de las operaciones del proceso, presentándose la situación mas crítica en la época del verano que es cuando se da la máximas temperaturas.

**Tabla V. Volumen de aire necesario por persona/hora/m<sup>3</sup>**

HOSPITALES SALAS GENERALES	60
HOSPITALES SALAS DE HERIDOS	100
HOSPITALES SALAS DE ENFERMEDADES	150

TALLERES	60
INDUSTRIAS INSALUBRES	100
TEATROS Y SALAS DE REUNION	50
ESCUELA DE NIÑOS	15
ESCUELA DE ADULTOS	30
ESTANCIAS ORDINARIAS	10

Fuente. Manual del ingeniero industrial

**Tabla VI Renovación del aire en número de veces/hora**

HABITACIONES ORDINARIAS	1
DORMITORIOS	2
HOSPITALES, ENFERMEDADES COMUNES	3 A 4
HOSPITALES, ENFERMEDADES EPIDEMICAS	5 A 6
TALLERES	3 A 4
TEATROS	3 A 4

Fuente. Manual del ingeniero industrial

**Tabla VII Factores a tomar en cuenta en un sistema de ventilación**

VELOCIDAD PROMEDIO DEL AIRE
DIRECCION DOMINANTE
VARIACIONES DIRARIAS Y ESTACIONARIAS DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION
OBSTACULOS CERCANOS TALES COMO EDIFICIOS ÁRBOLES, TOPOGRAFIA ETC.

Fuente. Manual del ingeniero industrial

A. Extractor de aire dinámico de techo

La cantidad de aire que entra a un edificio la se puede medir a través de la siguiente fórmula.

$$Q = C \cdot A \cdot V$$

Q FLUJO DE AIRE M3/SEG

C COEFICIENTE DE ENTRADA DE LA VENTANA

A ÁREA DE PASO DE LAS VENTANAS EN METRO CUADRADO

V VELOCIDAD DEL AIRE

Tabla VIII Coeficientes de entrada de aire

CONSTANTE C	CARACTERISTICA
0,25-0,35	CUANDO ACTUA LONGITUDINALMENTE
0,3-0,5	CUANDO ACTUA PERPENDICULARMENTE

. Manual del ingeniero industrial

$$CA = V \cdot No \text{ REV/HRA}$$

CA CAUDAL DE AIRE NCESARIO MT3/HRA

V VOLUMEN DE AIRE QUE SE DESEA RENOVAR

No\*R NÚMERO DE RENOVACIONES DE AIRE POR HORA

#### **1.2.4.1.4 Métodos y características para climatizar**

El primer paso en la selección de un ventilador es determinar los requerimientos del volumen de aire en pies cúbicos por minuto CFM. Los variados métodos que existen están basados en la experiencia y son prácticas aceptadas por la industria.

Para muchas instalaciones, el volumen de aire, velocidad mínima o cambios por minuto deben de estar de acuerdo a normas o requerimientos del ministerio de salida como es el caso de las farmacéuticas.

##### **A. Método de índice de cambio de aire**

Uno de los métodos más utilizados para calcular el volumen de aire está basado en un cambio completo de aire en una estructura dentro de un periodo de tiempo. Este método es más efectivo en edificios pequeños y secciones individuales.

La fórmula para calcular el volumen de aire en CFM es:

$\text{Vol CFM} = \text{tamaño del lugar en pies cúbicos} \times \text{minutos por cambio de aire}$

Tabla IX Propiedades y características de los alcanos

<i>Espacio a ser Ventilado</i>	<i>Minutos por cambio de aire</i>	<i>Espacio a ser Ventilado</i>	<i>Minutos por cambio de aire</i>
Sala de sesiones	3-10	Cocinas	1-3
Auditorios/Teatros	3-8	Laboratorios	1-5
Horneadoras	1-3	Lavanderías	1-3
Bancos	3-10	Vestidores	2-8
Bares	2-5	Taller de maquinas	3-5
Granero	10-15	Molinos	2-3
Salon de belleza	2-5	Oficinas	2-8
Cuarto de calderas	2-4	Empacadoras	2-5
Pista de boliche	2-8	Casa de chapeado	1-5
Iglesias	3-10	Plantas de impresión	3-8
Corredores	6-20	Cuartos de proyección	1-3
Lecherías	2-5	Cuarto de recreación	2-8
Dormitorios	5-8	Restaurantes/comedores	3-10
Secadoras de limpieza	1-5	Sanitario/tocadores	4-8
Cuarto de motores	1-3	Sala de ventas/reuniones	3-10
Fábrica	4-10	Escuelas/Aulas	5-10
Fundidoras	1-5	Tiendas	5-8
Talleres de reparación	3-10	Baños	2-5
Gimnasio	2-10	Cuarto de transformadores	1-5
Cuarto de tratamiento de calor	1-2	Bodegas	3-10

. Manual del ingeniero industrial

## B. Método de CFM por pie cuadrado de área de piso

Esta forma de cálculo de CFM es más adecuado para áreas más grandes como salas de sesiones, comedores, teatros y gimnasios. El volumen de aire es determinado por la multiplicación del total de pies cuadrados del área del piso por los CFM especificados por pie cuadrado. Normalmente 2-10 CFM por pie cuadrado pueden ser utilizados, sin embargo, 3-4 CFM es el mínimo que generalmente es aceptado para ventilación en verano.

Esta manera de cálculo puede producir resultados insatisfactorios en muchos casos donde el control de distribución de aire y velocidad falla, por lo que debe ser utilizado únicamente cuando los cálculos pueden ser basados en experiencia y en métodos probados de un diseño adecuado de sistemas de distribución de aire.

## C. Método de velocidad de aire

Esta manera de cálculo de volumen de aire puede ser bastante efectivo para ventilación de confort. Es basado en la inyección suficiente de flujo de aire para crear una brisa para proveer comodidad personal en condiciones de verano. Los requerimientos de CFM son calculados por la multiplicación de la sección transversal WXH de un área que será refrescada a una velocidad deseada a los distintos largos de edificios que se listan en la siguiente tabla

Tabla X Velocidad del aire por longitud de nave

Largo del edificio	Velocidad del aire
Hasta 100 pies	150 Pies/min.
100 a 200 pies	200 Pies/min.
200 a 300 pies	250 Pies/min.
3000 pies o más	250 Pies/min. Más ventilador reforzador.

. Manual del ingeniero industrial

La fórmula puede ser escrita de la siguiente manera:

Volumen en CFM = {Ancho pies} X {Alto pies} X Velocidad deseada por largo de edificio

Existen limitaciones prácticas en la mayoría de los edificios que seriamente afectan los resultados deseados cuando se utiliza este método. La altura de los techos no debe exceder 12 pies para poder mantener velocidades de aire al nivel del pisos, el espacio que será refrescado debe estar libre de divisiones, maquinaria produciendo calor, tabiques que obstruyen el flujo de aire y muy larga evitar la fuga de aire o circulación corta a través de aberturas no planeadas como puertas y ventanas abiertas

Consideraciones apropiadas durante la etapa de planeación pueden superar muchas limitaciones. Incluir los circuladores de aire para reforzar el flujo de aire en edificios largos ya que pueden también redireccionar el aire a áreas ocupadas cerca del piso y refrescar espacios donde no llega el flujo causada por obstrucciones.

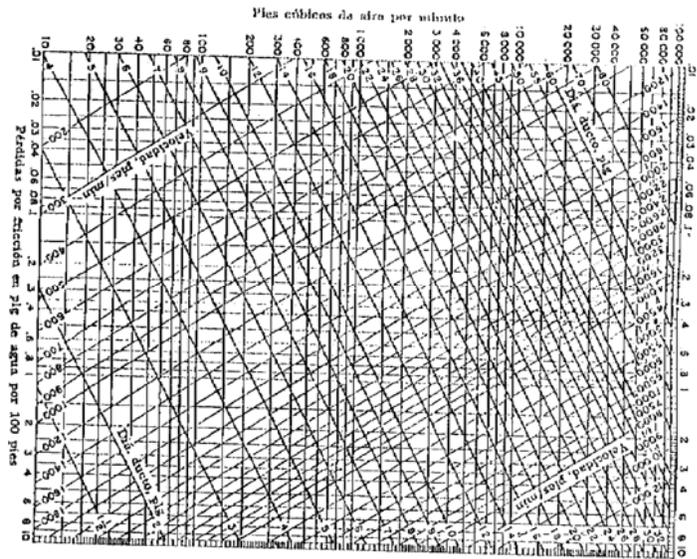
#### A. Estimación de la presión estática

La resistencia al flujo de aire a través de una serie de ductos es conocido como presión estática o pérdidas del sistema. La resistencia del flujo de aire viene de dos fluentes principales, la que es causada por el flujo de aire a través de los lados del ducto y la llamada pérdida dinámica que se logra cambiando la velocidad del aire cuando existe un cambio abrupto en el tamaño del ducto y cuando hay un cambio de dirección en codos y vueltas del sistema del ducto.

#### B. Resistencia de ductos

Para el cálculo de la resistencia que se produce en el sistema de ductos generalmente se puede utilizar la siguiente figura.

Figura 4 Relación entre el volumen de aire CFM, el tamaño del ducto



Fuente. Manual del ingeniero industrial

La figura ilustra gráficamente la relación entre el volumen de aire CFM, el tamaño del ducto, la velocidad y la pérdida de fricción Presión estática en pulgadas de columna de agua.

Para la utilización de esta tabla se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Líneas horizontales representa el volumen de aire en CFM
- Líneas verticales representa la presión estática en pulgadas de columna de agua por cada 100 pies de ducto.
- Líneas diagonales inclinadas hacia la derecha superior, indican el diámetro del ducto en pulgadas

d. Líneas diagonales inclinadas hacia la izquierda superior, indican la velocidad del aire en pies por minuto.

Un ducto de sección rectangular ofrece más resistencia al flujo de aire, que si fuese ducto circular, siempre que cada uno de ellos tenga igual valor de sección transversal, pero es más sencillo y por lo tanto más económico realizar un ducto rectangular, por lo que es frecuente observar instalaciones de ductos rectangulares.

### C. Efectos de temperatura en ventiladores

Para la localización de un ventilador, siempre que sea práctico, se debe localizar en la parte más fresca del sistema, esto resulta más económico y se comprueba al aplicar el factor de corrección, comparando dos áreas con distinta temperatura.

Cuando el ventilador mueve aire a temperaturas sustancialmente arriba de 70 la velocidad de operación de seguridad de la rueda y el eje pueden ser excedidos. La mayoría de los metales se convierten más débiles a altas temperaturas.

En los catálogos de los proveedores existen recomendaciones de temperaturas máximas de operación para los distintos tipos. Las velocidades de la rueda que aparecen por cada tamaño de ventilador son máximas para el tipo de construcción por lo que nunca deben ser excedidas.

La parte más débil de un ventilador es el sistema de cojinetes, no importando el diseño que se utilice. Temperaturas arriba del rango máximo de operación pueden cortar el efecto del lubricante en el cojinete y causar que falle.

La localización de los cojinetes debe ser considerada cuando se mueve aire a alta temperatura. El diseño de los ventiladores para altas temperaturas tienen los cojinetes localizados afuera de la ráfaga de aire y en el caso de los tubos axiales se les puede instalar un tubo para aislarlo de la corriente.

## **2 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

### **2.1 Distribución de planta**

El análisis de distribución de planta trata de mostrar la organización mas eficiente que pueda tener una área de trabajo, contempla ergonomía, ahorro de movimientos y ahorro de tiempos de trabajo

#### **2.1.1 Plano de la planta**

La planta esta dividida básicamente en 4 áreas.

1. Área de llenado
2. Área de bodega
3. Área de empacado
4. Área de bodega

Como se puede observar en los diagramas la altura de la nave industrial no es muy alta.

Figura 5 Plano general de la planta

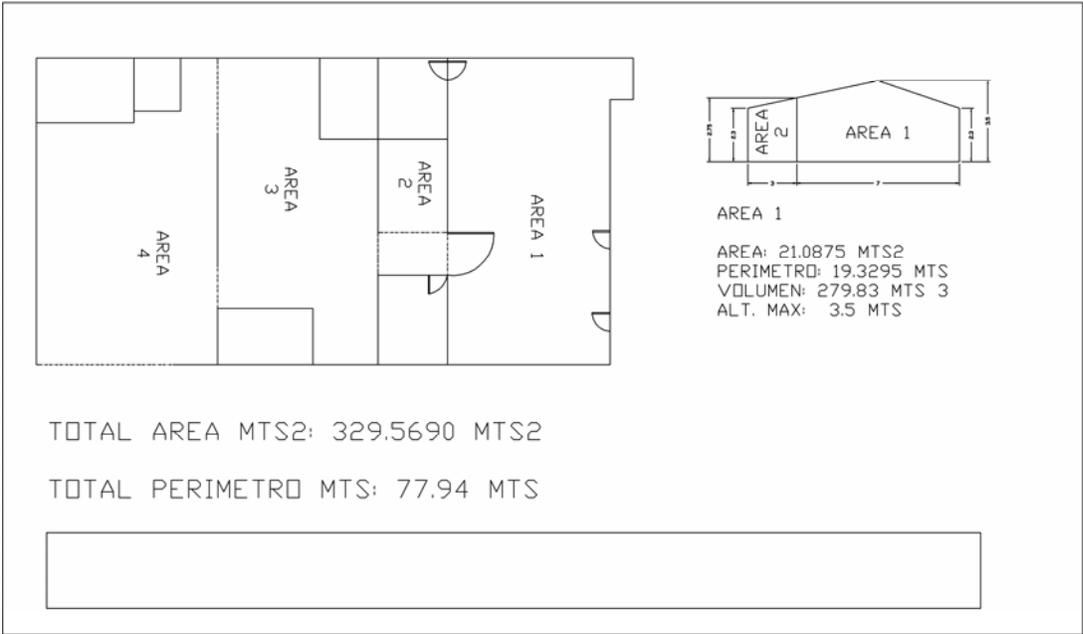


Figura 6. Perfil del área 1

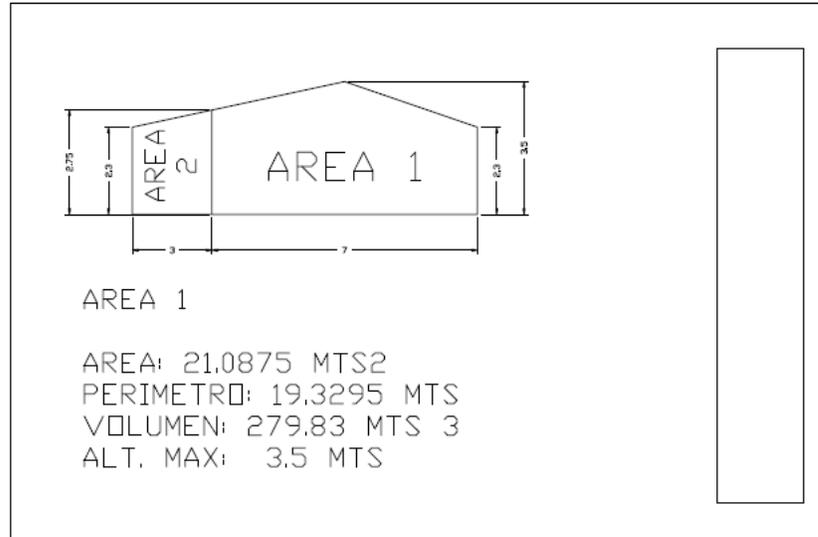


Figura 7 Plano de la base del área 1

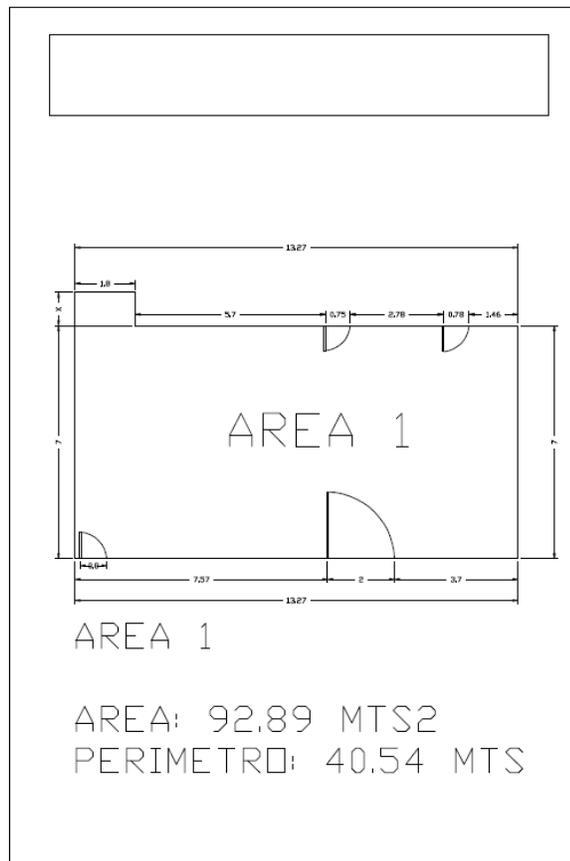


Figura 8 Plano de la base del área 2

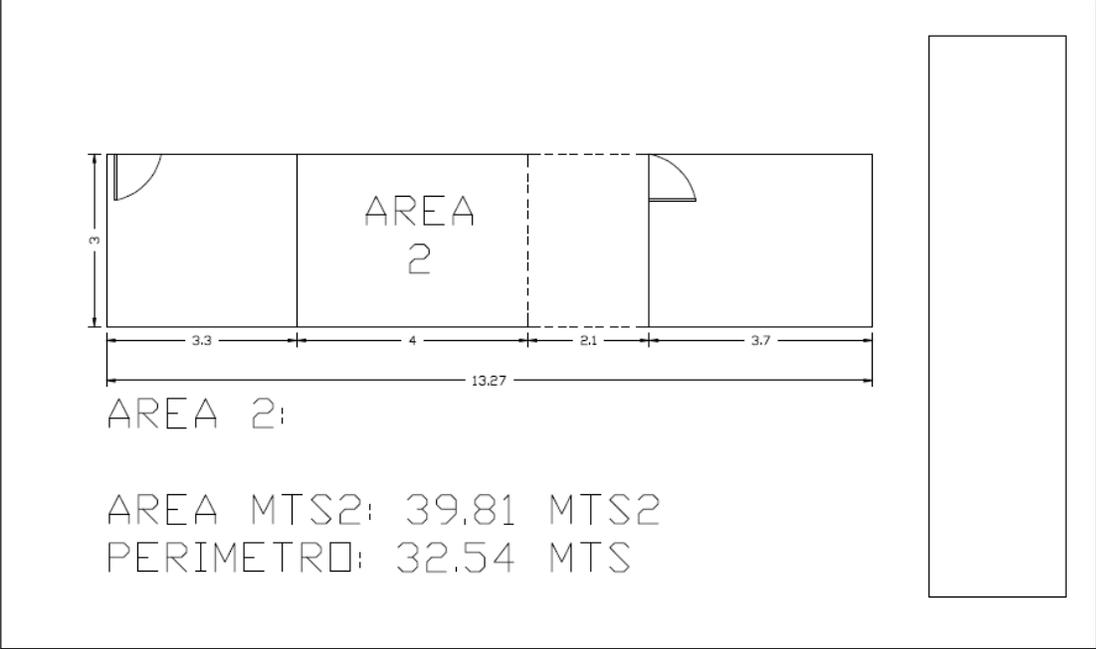


Figura: 9 Plano de la base del área 3

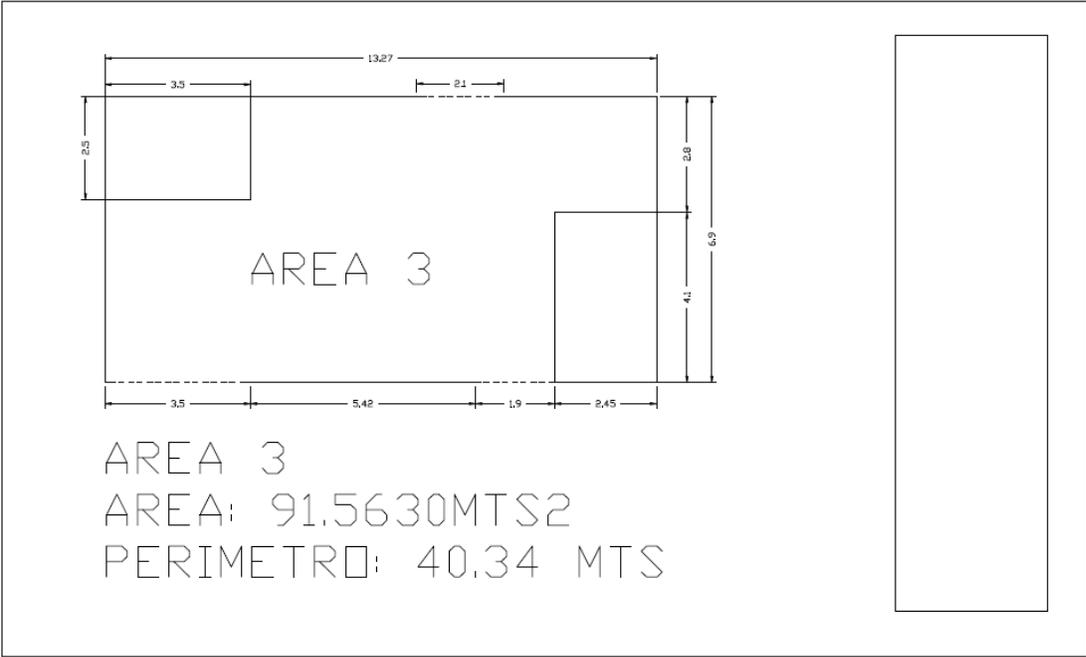
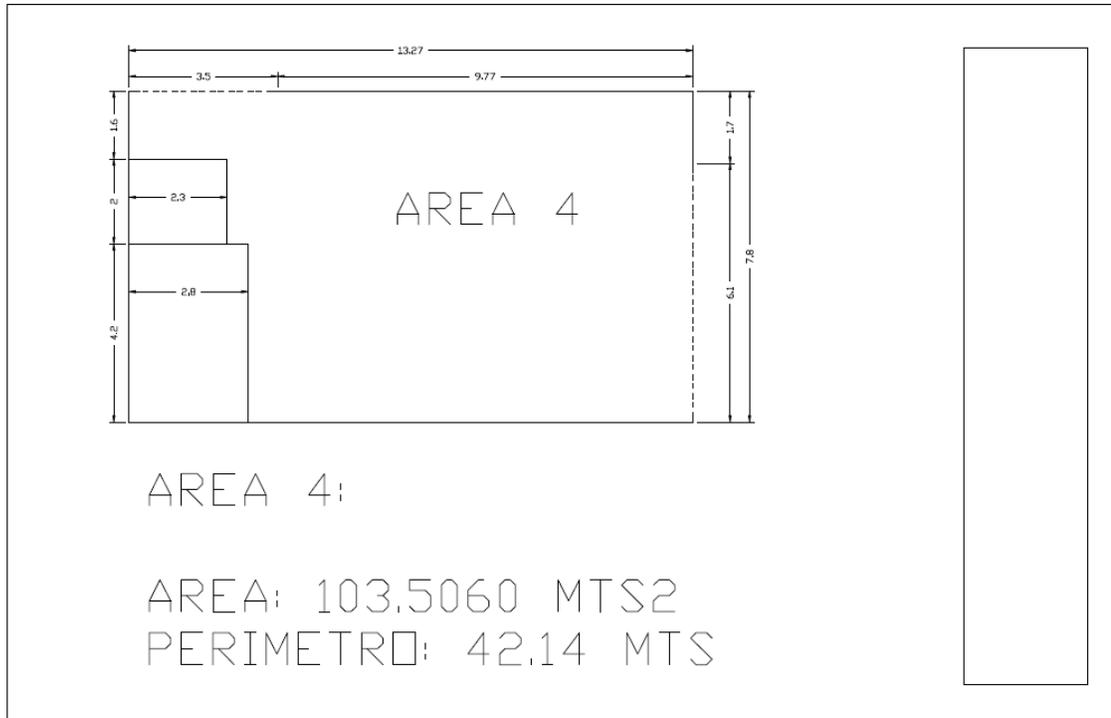


Figura 10 Plano de la base del área 4



### 2.1.2 Distribución actual de la planta

Se puede observar continuación la distribución de la planta, mesas de trabajo y áreas para ubicar los moldes. Se puede concluir que no hay una eficiencia del espacio ya que los moldes están acumulados en una área y las marmitas se encuentran en otra, las mesas de trabajo pueden estar diseñadas de otra forma para maximizar el área de trabajo

Figura 11 Distribución actual del área 1

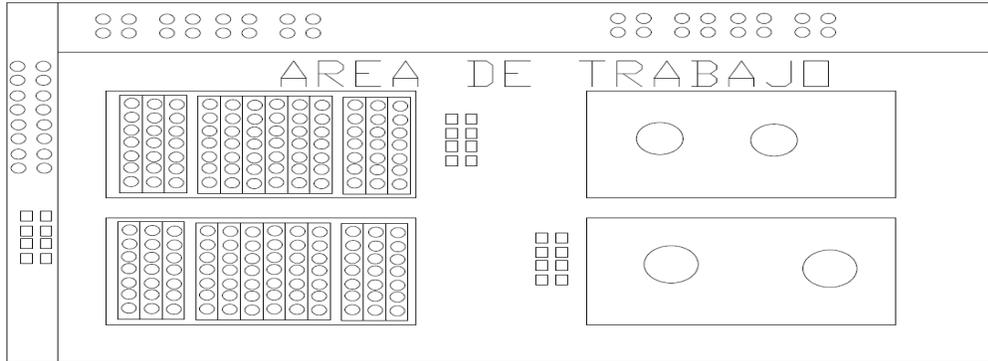


Figura 12 Distribución actual del área 2

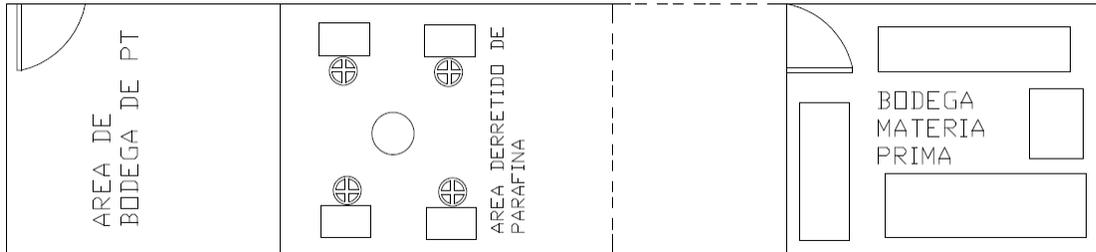


Figura 13 Distribución actual del área 3

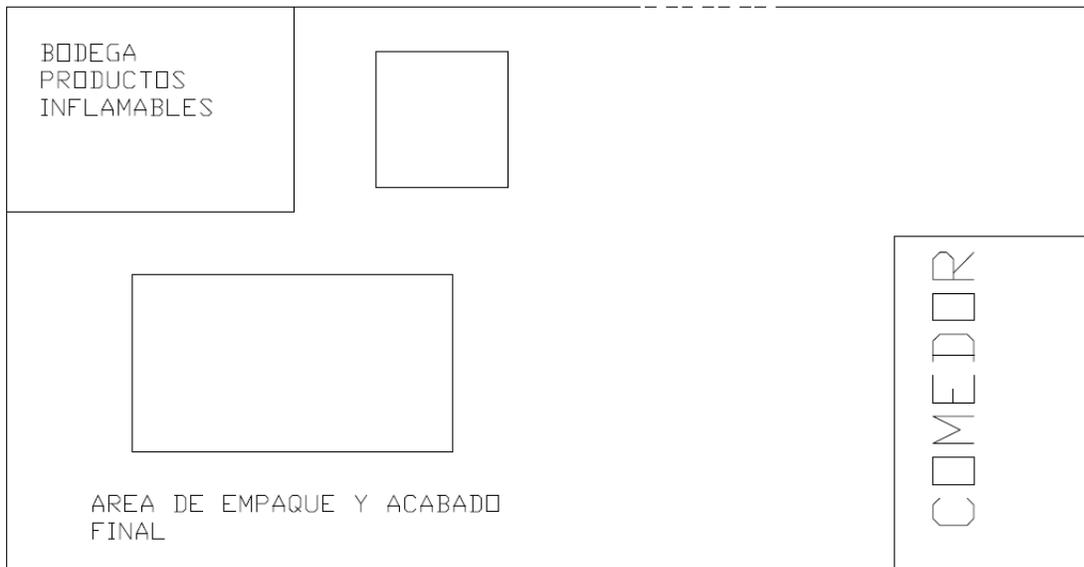
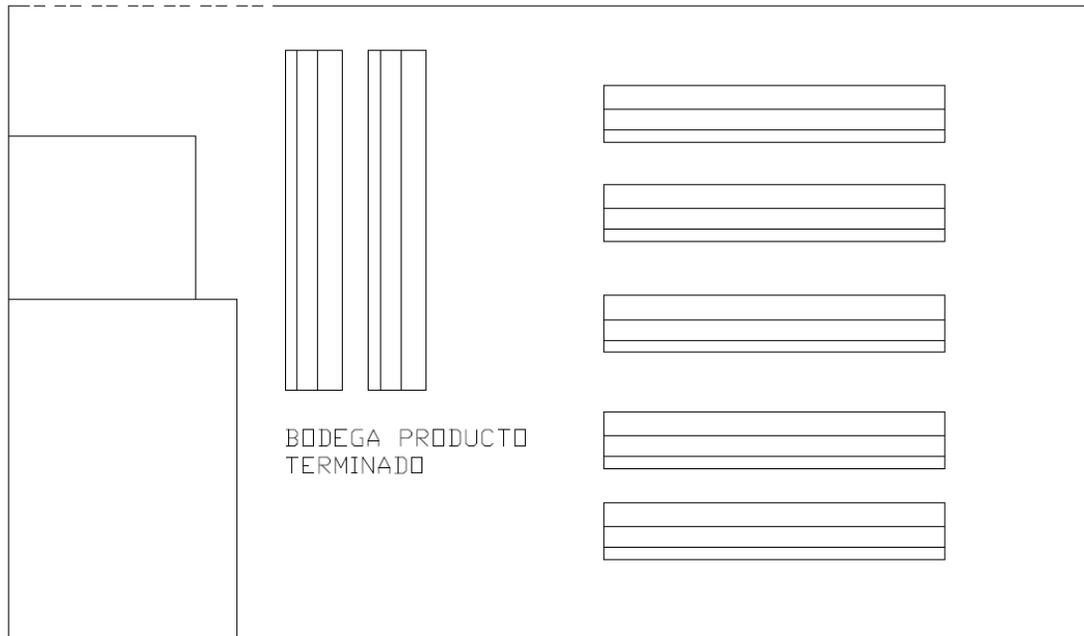


Figura 14 Distribución actual del área 4



### 2.1.3 Análisis de la distribución

Se busca encontrar los puntos o las posibles mejoras que puedan contribuir a la maximización del área de trabajo, así como la ubicación de productos y su temperatura, con esto se busca obtener una mejora en la ergonomía del trabajo y lograr así una producción continua sin interrupciones

- A. Se puede observar que las instalaciones no siguen un flujo eficiente de materiales, las zonas están mal distribuidas y las áreas de trabajo se cruzan unas con otras.
- B. La zona de producción no mantiene un orden adecuado ya que se pueden observar los depósitos de agua para el enfriamiento del producto alejado del área de llenado.
- C. El área de derretido de parafina se encuentra alejado del área de producción siendo un riesgo para el transporte del producto al área de llenado.

- D. El área de bodega de materia prima está bien ubicado y será el punto de partida para la nueva distribución de la planta
- E. El área de productos inflamables está mal ubicada, ya que en algún momento de emergencia pone en peligro la seguridad de todas las áreas de la fabrica.
- F. En general, la fábrica cuenta con muchas áreas distribuidas de una forma ineficiente provocando el traslado continuo del producto en el proceso de fabricación, también pone en riesgo la seguridad del trabajar al momento de transportar largas distancias productos aceitosos que están a mas de 100C, y por ultimo el producto recorre muchas distancias antes de llegar a la parte de empaque y acabado final, como consecuencia de esto el producto puede sufrir daños por el traslado repercutiendo en la calidad final del producto y en un aumento de costos por producto defectuoso.

## **2.2 Temperatura del área**

El análisis de la temperatura del área contempla la temperatura exterior del ambiente que impacta directamente en la temperatura del ambiente dentro de la planta de trabajo afectado básicamente el tiempo de secado

### **2.2.1 Medición de la temperatura del área en grados Celsius.**

Se tomaron muestras de la temperatura interna cada hora durante una semana, las pruebas se realizaron la ultima semana de Julio se pudo observar que los días fueron nublados y hubo lluvia por lo que las temperaturas no fueron tan elevadas estos días y la producción no sufrió de demoras.

Tabla XI Toma de temperaturas en el área de trabajo

Hora/Día	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	PROMEDIO
7:00	18,00	15,00	19,00	19,00	19,00	20,00	18,33
8:00	19,00	17,00	19,00	21,00	20,00	22,00	19,67
9:00	20,00	20,00	20,00	23,00	22,00	24,00	21,50
10:00	22,00	21,50	21,00	26,00	24,50	26,00	23,50
11:00	24,00	22,00	23,00	28,00	27,00	26,50	25,08
12:00	26,00	24,00	24,00	30,00	28,00	27,00	26,50
13:00	30,00	26,00	28,00	32,00	29,50	28,00	28,92
14:00	31,50	24,00	28,50	33,00	30,00	29,00	29,33
15:00	32,00	22,00	27,00	35,00	33,00	30,00	29,83
16:00	31,00	21,50	26.5	34,50	32,00	31,00	25,83
17:00	28,00	21,00	26,00	32,00	30,50	29,00	27,75

Características que hay que tomar en cuenta, según el análisis de temperatura en el lugar.

- A. El área de trabajo cuenta con una altura muy limitada 3.5 en su punto mas alto del techo de dos aguas y un promedio de 2.3m, el techo esta fabricado de lámina, lo cual hace que la temperatura exterior ingrese al área de trabajo durante todo el día, la iluminación es mas que todo por medio de luz artificial debido a que las láminas transparentes transmiten mucho calor en especial a desde las 12:30 hasta las 15:00.
- B. La planta no cuenta con medios de ventilación artificial y no cuenta con entradas de aire que faciliten la circulación del aire natural.
- C. La temperatura ideal para el trabajo del producto está entre 24C y 26C ya que se necesita que ésta sufra un descenso continuo y no muy rápido

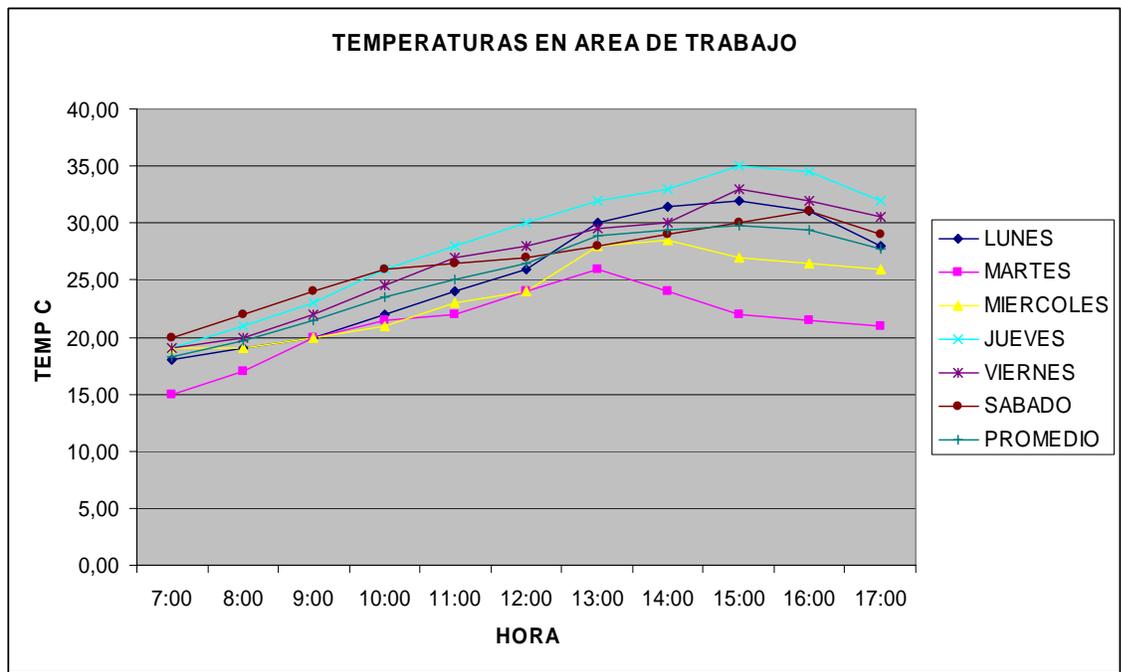
para evitar problemas de calidad, existen productos que se necesitan trabajar en un estado caliente semisólido de forma que temperaturas muy bajas dificultarían esto y se gastaría mucha energía en mantener el producto caliente.

- D. Se detectaron picos de hasta 35C, lo cual es una temperatura muy elevada, tanto para el trabajador como para el área de trabajo y el enfriamiento óptimo.
- E. Se tiene que tener en cuenta que las instalación así como la ventilación no son las adecuadas para mantener un nivel estable de temperatura, además las estufas derretidotas aportan un gran calor al área de trabajo obligando a hacer uso de ventilación por medio de aire forzado.

### 2.2.2 Gráficas de la tendencias de la temperatura hora-temp.

A partir de los datos obtenidos y tabulados anteriormente se presenta la siguiente gráfica.

Figura 15. Gráfica del comportamiento de la temperatura



Como se puede apreciar en la gráfica se puede concluir lo siguiente:

- A. La temperatura tiene una tendencia de incrementar a medida que transcurre el día, esto debido a la ubicación del sol, el calor emitido por las estufas al comienzo del día, la poca ventilación y la transmisión del calor de las candelas al la atmósfera del lugar.
- B. Lo que se quiere buscar es que la pendiente de la gráfica sea menor con esto conseguir una temperatura mas estable 24-26 grados Celsius
- C. Buscar un ambiente estable agradable para el persona y óptimo para la estimación de tiempos de secado, con esto logramos obtener una estandarización de los tiempos del proceso, así como una planificación más ordenada y estimación de la capacidad actual de la fábrica.
- D. Se observa que el período que transcurre entre las 11hrs hasta las 15hrs es el período más crítico para el ambiente del lugar, manteniendo el producto en un punto líquido en el que el tiempo muerto aumenta, ya que su manipulación es casi nula.
- E. El ambiente de trabajo es agotador y provoca en los trabajadores agotamiento, debido al calor y deshidratación disminuyendo su productividad y motivación para realizar tareas físicas como lo es trasladar producto de un lugar a otro, realizar acabados en candelas, etc.
- F. El fin de tener mas control con la temperatura y su ambiente radican en la estimación de tiempos por medio de la función de enfriamiento base para calcular tiempos de secado y producción.

### **2.2.3 Gráfica de tendencia de la producción y la temperatura cant-temp.**

Las gráfica de tendencia de la producción en relación a la temperatura demuestra lel impacto que tiene la temperatura exterior, la cual cambia

constantemente dependiendo de la hora y posición del sol con respecto a la velocidad de secado que afecta directamente la producción.

Para un cilindro de 3X3 tenemos los siguientes datos:

Tabla XII Tendencia de la producción vrs temperatura

<b>PROCESO</b>	<b>TEMPERATURA</b>
PREPARADO DE PARAFINA	19,00
LLENADO DEMOLDES	21,00
LLENADO DE MOLDES	23,00
1ER ENFRIADO	26,00
1ER ENFRIADO	28,00
1ER ENFRIADO	30,00
2NDO SECADO DEL PRODUCTO	32,00
2NDO SECADO DEL PRODUCTO	33,00
COLOCACION MECHA	35,00
SECADO/RELLENO	34,50
SECADO FINAL	32,00

Figura 16 Gráfica de la Tendencia de la producción vrs temperatura

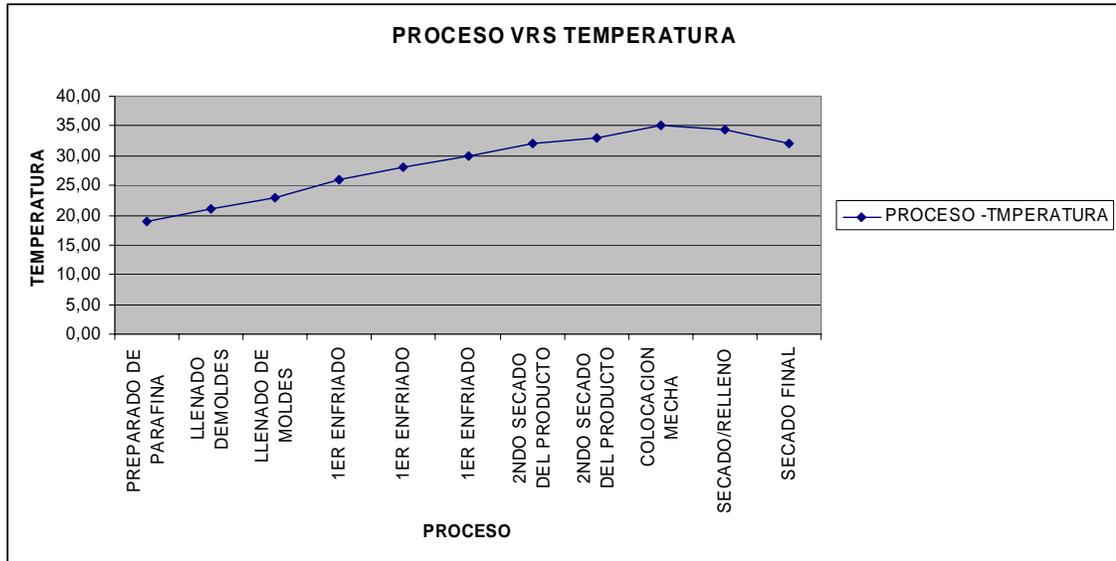
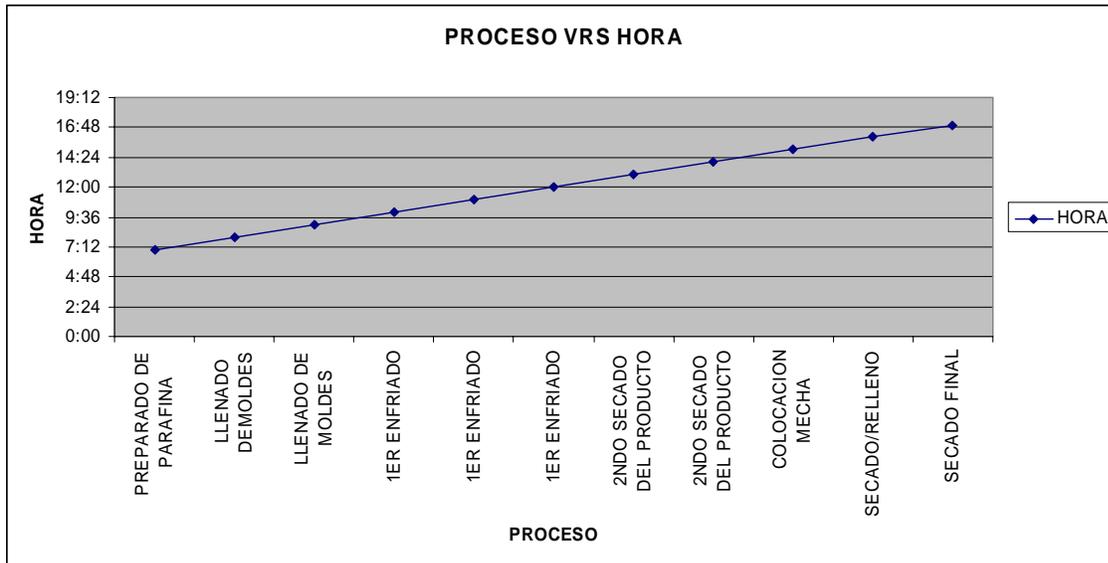


Tabla XIII Proceso vrs hora

PROCESO	HORA
PREPARADO DE PARAFINA	7:00
LLENADO DEMOLDES	8:00
LLENADO DE MOLDES	9:00
1ER ENFRIADO	10:00
1ER ENFRIADO	11:00
1ER ENFRIADO	12:00
2NDO SECADO DEL PRODUCTO	13:00
2NDO SECADO DEL PRODUCTO	14:00
COLOCACION MECHA	15:00
SECADO/RELLENO	16:00
SECADO FINAL	17:00

Figura 17 Gráfica de la tendencia del proceso vrs la hora



- A. El tiempo del primer enfriado es aproximadamente 180 min, y vemos que se encuentra comprendido en el área donde la temperatura sube a su máximo punto.
- B. Se puede observar en la gráfica que el producto sufre unos enfriamientos luego del primer enfriado, estos son enfriamientos para ajustar el tamaño de la candela que según la cantidad deberían de ser enfriamientos rápidos, pero vemos que consumen mucho tiempo
- C. Cada enfriamiento es un muerto tiempo en el trabajo del operario disminuyendo la eficiencia
- D. El último enfriamiento ocurre cuando la temperatura está en su punto más alto, lo cual tarda mucho tiempo en enfriarse considerando que solo se aplica 5% mas de contenido en relación a su peso total

- E. Se observa que el proceso no incluye acabados finales ni empaque en el día de producción, lo cual se quiere llegar a disminuir en días de producción alto
- F. Los tiempos muertos son utilizados para realizar tareas como empackado y acabados finales de producciones de días anteriores técnica que funciona muy bien en días de producción baja, pero en temporada alta no pueden esperar a que el proceso dure un día completo, ya que se retrasa en las entregas de producto.
- G. El proceso toma aproximadamente 8 hrs y se fabricaron 170 candelas, número que se incrementa, según las mesas de trabajo, el tiempo de secado tan largo impacta en que luego se obtiene un cuello de botella en acabado final, cuando se puede agilizar el secado del producto y reducir la carga en acabado final aumentando la eficiencia en la línea.

#### **2.2.4 Análisis del control de la temperatura**

Para lograr controlar la temperatura del área de trabajo se debe de lograr lo siguiente:

- A. Aislar el techo con materiales que no dejen pasar el calor de un lado a otro con tanta facilidad como lo observamos con la lámina de zinc.
- B. Renovar el aire constantemente, ya que éste es el depósito térmico donde el calor se disipa, con esto lograremos controlar el calor del ambiente
- C. Reubicar las áreas para que las estufas que producen calor estén ubicadas en el mismo lugar de secado, con esto se quiere buscar que la ventilación sea aplicada solamente en un área para evitar gastos mayores y que el producto no recorra tantas distancias.

- D. Lograr aislar las estufas que producen mucho calor en la mañana y lograr mantener el ambiente más fresco.
- E. Lograr mantener horarios estrictos de calentado de parafina por la mañana cuando la temperatura es mas baja y no utilizar estas estufas durante el día cuando perjudican en el aumento de la temperatura del lugar

### **2.2.5 Análisis de la temperatura óptima para el secado**

El análisis de la temperatura óptima de secado trata de buscar la temperatura en la cual obtenemos un máximo entre la velocidad de secado y el mínimo de costo en la implementación de un sistema de ventilación. De esta forma lograríamos validar el beneficio costo del sistema.

- A. El producto debe de mantenerse en un ambiente donde la temperatura sea constante entre 24 y 26 grados Celsius.
- B. No se pueden instalar métodos de refrigeración debido a que el producto necesita tiempo para secarse y evitar un choque térmico
- C. Los sistemas de circulación de aire deben de estar diseñados en forma de no dejar entrar contaminantes al aire como polvo y tierra, ya que pueden dañar el producto
- D. Necesitamos un área que se mantenga a una temperatura constante con lo que se realizará una propuesta de reorganización para ubicar de una forma eficiente cada sector o área de trabajo en busca de reunir todos los agentes que emitan calor en un área y controlarla en general.
- E. El objetivo de controlar la temperatura del ambiente de trabajo es proporcionar información confiable con respecto a estándares de tiempo para la producción y un sistema de planificación.

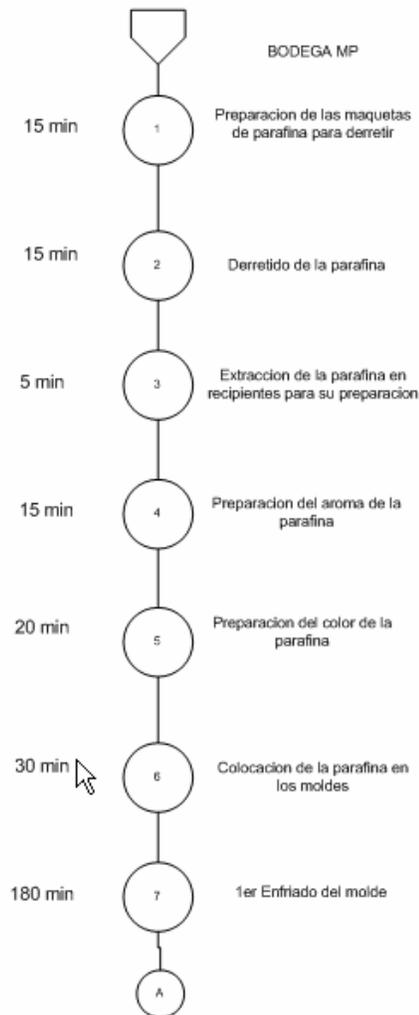
## 2.3 Control y medición de tiempos

### 2.3.1 Diagrama de procesos

Se presenta el diagrama de proceso para la creación de una candela tipo cilindro de 3X3, se decidió utilizar este producto, ya que es un producto fabricado a nivel mundial.

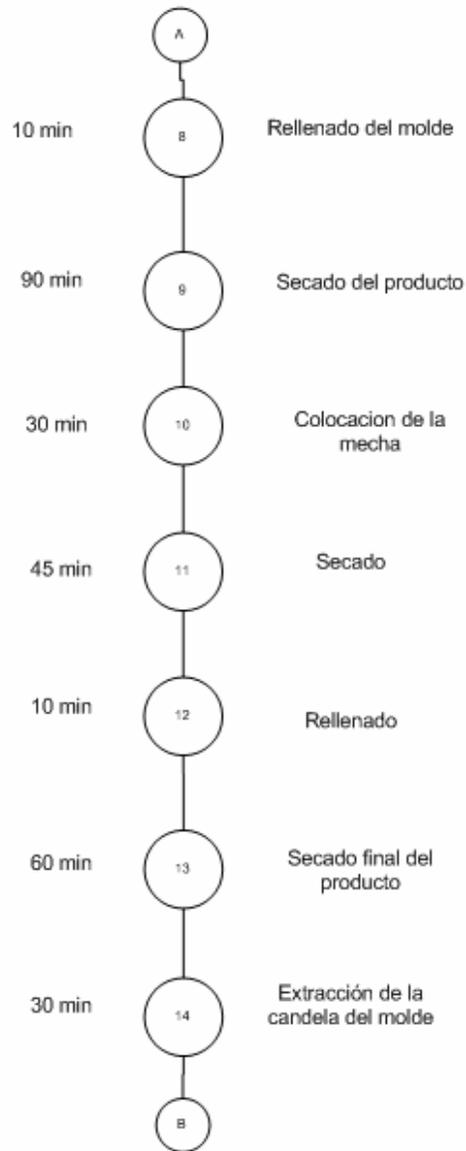
Empresa: Pilandros Crafts.  
Fecha: 24 de Agosto 2007  
Diagrama: Operaciones  
Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
Termina: Empaque  
Hoja: 1/3  
Elaborado: Rafael Estrada



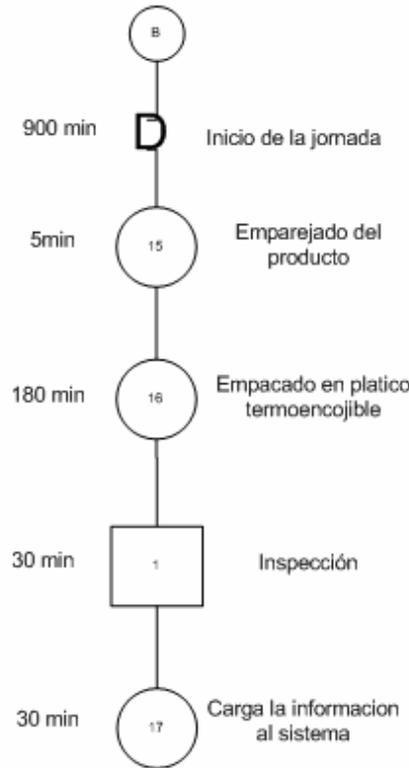
Empresa: Pilandros Crafts.  
Fecha: 24 de Agosto 2007  
Diagrama: Operaciones  
Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
Termina: Empaque  
Hoja: 2/3  
Elaborado: Rafael Estrada



Empresa: Pilandros Crafts.  
 Fecha: 24 de Agosto 2007  
 Diagrama: Operaciones  
 Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
 Termina: Empaque  
 Hoja: 3/3  
 Elaborado: Rafael Estrada



	Cantidad	Tiempo
⊙ 18	17	800
➔	0	0
□ 17	1	30
⊙ 16	0	0
□ D	1	900
		Total 1730 min/ 28.83 Hrs

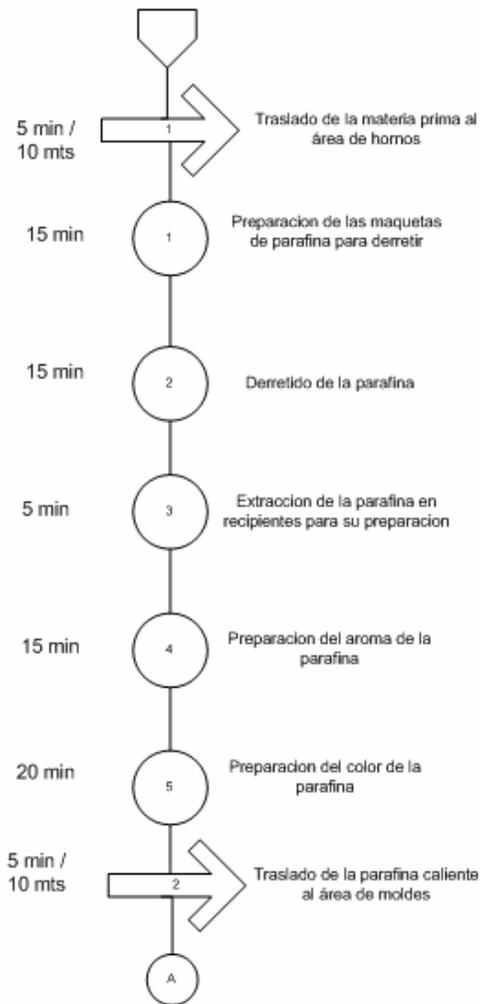
### 2.3.2 Diagrama de flujo

Se presenta el diagrama de flujo para la creación de una candela tipo cilindro de 3X3, se decidió utilizar este producto, ya que es un producto fabricado a nivel mundial.



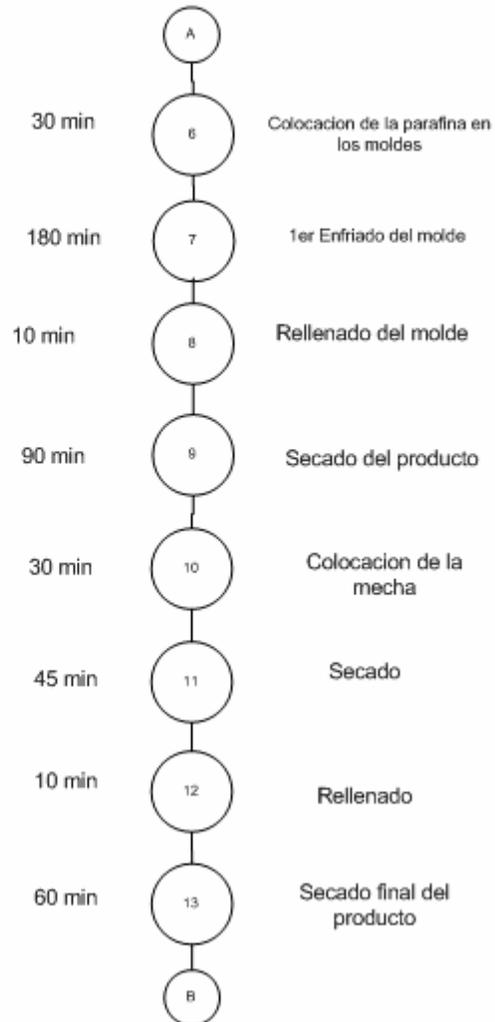
Empresa: Pilandros Crafts.  
Fecha: 24 de Agosto 2007  
Diagrama: Operaciones  
Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
Termina: Empaque  
Hoja: 1/4  
Elaborado: Rafael Estrada



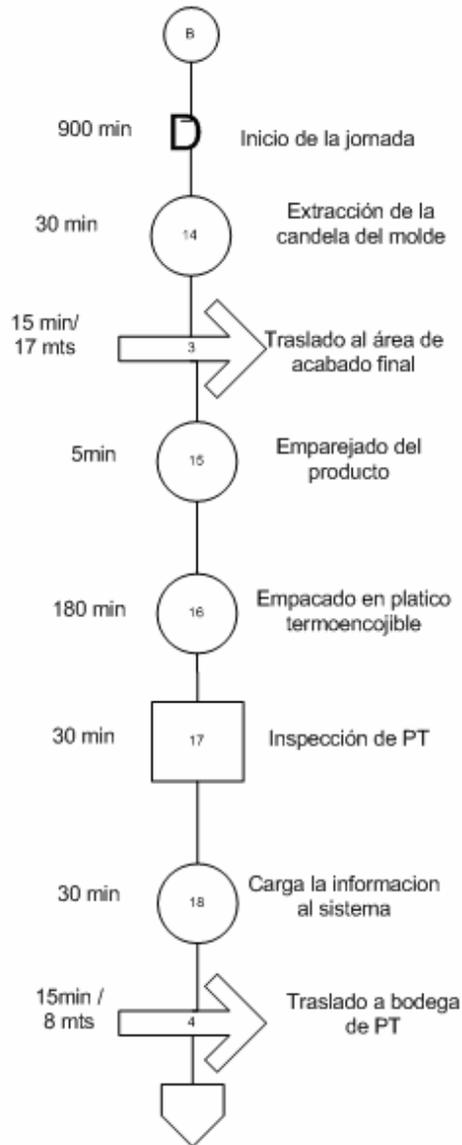
Empresa: Pilandros Crafts.  
Fecha: 24 de Agosto 2007  
Diagrama: Operaciones  
Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
Termina: Empaque  
Hoja: 2/4  
Elaborado: Rafael Estrada



Empresa: Pilandros Crafts.  
Fecha: 24 de Agosto 2007  
Diagrama: Operaciones  
Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
Termina: Empaque  
Hoja: 3/4  
Elaborado: Rafael Estrada



Empresa: Pilandros Crafts.  
 Fecha: 24 de Agosto 2007  
 Diagrama: Operaciones  
 Nombre: Proceso de fabricación cilindro 3X3

Comienza: Bodega materia prima  
 Termina: Empaque  
 Hoja: 4/4  
 Elaborado: Rafael Estrada

	Cantidad	Tiempo	Distancia
	17	800	
	4	40 min	45 mts
	1	30	
	0	0	
<b>D</b>	1	900	
<b>Total</b>		1730 min/ 28.83 Hrs	45mts

### 2.3.3 Estudio muestral de tiempos

A partir del análisis realizado por medio de estudio de tiempos y los diagramas de procesos y flujo obtenemos la siguiente tabal de tiempos promedio por actividad.

Tabla XIV Tiempos promedio por actividad

No	Actividad	1	2	TIEMPO PROMEDIO/ MIN
1	Traslado de materia prima a hornos	4,5	6	5
2	Preparación de maquetas de parafina	14	15	15
3	Derretido de la parafina	13,2	16	15
4	Extracción de la parafina para su preparación	4,5	5	5
5	Preparación del aroma	16	14,5	15

6	Preparación del color	20	20	20
7	Traslado de la parafina al área de moldes	4,8	5	5
8	Colocación de parafina en moldes	29	30	30
9	1er Enfriado en moldes	168	192	180
10	Rellenado de los moldes	9	11	10
11	2ndo enfriado en moldes	95	85	90
12	Colocación de la mecha	31	29	30
13	3er enfriado en moldes	43	46	45
14	Rellenado	9	11	10
15	Secado final del producto	58	62	60
16	Extracción de la candela del molde	22	38	30
17	Traslado al área de acabado final	18	12	15
18	Emparejado del producto	5	4	5
19	Empacado en plástico	171	189	180
20	Inspección	33	27	30
21	Carga de la información al sistema	29	30	30
22	Traslado a bodega de PT	14	15	15

#### 2.3.4 Análisis de los procesos

- A. Los procesos siguen un distribución lineal, ninguno puede ser hecho antes de terminar otro dependientes.
- B. El producto es fabricado según normas artesanales no utiliza ninguna maquinara para su fabricación.
- C. Todos los procesos son hechos a mano, la mano de obra posee varios años de trabajar en la empresa por lo cual conocen todos los parámetros y procedimientos necesarios para entregar un producto sin fallas.

- D. Los movimientos de producto son ineficientes y podrían ser reducidos e incluso eliminados si se realiza una redistribución eficiente de la planta.

### **2.3.5 Diagnóstico de la situación actual de los tiempos, con respecto a la temperatura del área y los procesos**

- A. Se observó que los tiempos en los procesos no son constantes, estos dependen mucho de la temperatura del ambiente y el ambiente depende de la temperatura del clima y el exterior
- B. En la estación de verano las temperaturas pueden aumentar, lo cual provoca que cualquier pronóstico que se haya hecho en el pasado no funcione
- C. Se observa que existe gran cantidad de tiempo muerto, en especial demorar un día entero y esperar la otra jornada para hacer el desmoldado
- D. La fábrica no implementa la jornada nocturna ni mixta debido a que tendrían que esperar mucho en tiempo muerto para lograr la temperatura adecuada para hacer el desmoldado, debido a esto dejan enfriando toda la noche los moldes y al otro día se ejecuta la extracción del producto.
- E. Lo que se busca es disminuir los tiempos de secado y que se pueda hacer el desmoldado antes de que termine el día, con esto el área de empaque y acabado final pueden utilizar jornada mixta u horas extra para terminar el lote, lo cual aumentaría la productividad y el costo de las horas extra o el aumento de la jornada factible en temporadas de alta demanda.
- F. Se busca descargar la línea de acabado final para que no ocasione cuellos de botella, mas que todo en temporada alta.

## **2.4 Estudio actual de la eficiencia de los procesos**

El estudio de la eficiencia de los procesos busca encontrar el estado actual de la empresa en función a su eficiencia a partir de los kilogramos empacados en relación a proyecciones a futuro a partir de modelos estadísticos, de esta forma establecer si se puede cumplir con la demanda o no.

### **2.4.1 Historial de producción**

El historial de producción es obtenido a partir de las bitácoras de producción de la empresa, estas muestra la cantidad de producto empacado en un determinado período de tiempo

#### **2.4.1.1 Recopilación de datos de producción de temporadas anteriores**

Por medio de la base se obtuvo la estadística de la producción mensual calculada en KG empacados y vendidos lo que es respectivamente la producción mensual que tiene la planta

Tabla XV Producción mensual en KG empacados

<b>MES DEL AÑO</b>	<b>KG EMPACADO</b>
ago-06	2548
sep-06	3077
oct-06	4401
nov-06	5532
dic-06	3622
ene-07	791
feb-07	1996
mar-07	2342
abr-07	1621

may-07	2076
jun-07	2554
jul-07	1820

#### 2.4.1.2 Estudio estadístico de producción

Se utilizó el análisis de promedio ponderado, el cual es un método que utiliza los promedio de meses anteriores para pronosticar los siguientes más un porcentaje de ponderación.

Se utilizó este, ya que es el que más se aproxima a la realidad, muestra un error absoluto aceptable y puede ser manipulado según la demanda, según datos históricos los meses de agosto a diciembre son meses de mucha demanda, lo cual hace de este método una gran herramienta, ya que al aumentar el valor según el mes se pronostica según la expectativa de crecimiento que la empresa se haya fijado en sus metas a corto plazo.

Tabla XVI Análisis y estimación de producción método promedio ponderado

<b>PROMEDIO PONDERADO</b>
---------------------------

Período	ventas	Pronóstico	error prom	abs erro	error acum	rmse	mae
1	2548						
2	3077						
3	4401						
4	5532						
5	3622						
6	791						
7	1996						

8	2342						
9	1621	2177	-556,82	556,82	556,82	310043,39	<b>388,53</b>
10	2076	2025	51,43	51,43	608,25	2645,48	
11	2554	2067	486,90	486,90	1095,15	237074,14	
12	1820	2279	-458,97	458,97	<b>1554,12</b>	210651,81	
						<b>436,01</b>	

ponderación

a	0,50
B	0,50
C	1,20
d	1,80
e	1,70

### 2.4.1.3 Proyecciones de producción

A partir de los análisis de producción y métodos estadísticos se puede concluir lo siguiente.

- A. La empresa tiene estimado como meta un aumento del 5% en su producción siendo un total de 35,000 kgs de parafina empacada para finales del mes de diciembre, en promedio una candela tiene un peso aproximado de 0.3 kgs lo cual nos da un número de aproximadamente 117,000 candelas.
- B. Para lograr alcanzar metas como estas, se debe mejorar los tiempos de producción, modificación en los métodos de ventas, así como mercadeo masivo y un plan estratégico enfocado en ventas a 6 meses.
- C. Hasta el momento la fabrica lleva producidos 13200 kgs, lo cual muestra que el segundo semestre del año deben de producir mas de 21,000 kgs

de parafina, meta que consideran alcanzar ya que se han esforzado en planes de mercadeo masivo como el comercio electrónico, exportación y ampliación de su red de distribuidores y clientes.

#### **2.4.2 Estudio de los procesos**

En el diagrama de hombre-maquina presentado se muestra el proceso de trabajo de los dos operarios situados en una de las cuatro mesas de trabajo, se puede observar que la utilización de espacio así como los tiempos del proceso solo permiten fabricar 4 lotes distintos de producto por día, capacidad muy restringida en temporada alta.

Se observa también que la preparación del producto debe de ser fuera de la marmita debido a que se evita que se manche con los colorantes y esencias ya que no se practica una limpieza de estos equipos ya que consumirían demasiado tiempo debido al tipo de producto que es muy difícil de limpiar.

#### **2.4.3 Deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos**

Por medio del estudio realizado a los procesos y a los datos obtenidos de las mediciones de temperatura obtuvimos lo siguiente.

- A. Se puede observar en el diagrama hombre – maquina que los tiempos de secado son muy extensos, esto provoca muchas horas de tiempo muerto en el operario que actualmente son ocupadas en distintas actividades lo cual ocasiona ineficiencia debido al constante cambio de actividades.
- B. Aproximadamente el total del tiempo muerto es de 400 minutos lo cual obliga a que la producción de un día sea terminada hasta el otro día, técnica que funciona bien ya que poseen cuatro maquinas, pero en épocas de alta demanda esta técnica se vuelve ineficiente creando asi

contrato de mas personal, altos costos de producción, malos tiempos de entrega, perdida de producto e ineficiencia en los procesos resultando en una disminución considerable del margen de ganancia.

- C. Los operarios no cuentan con un bono de producción y su sueldo es en base a una cantidad monetaria constante, esto se debe a que el sistema de producción no permite el uso de incentivos ni de horas extra debido al largo tiempo de secado del producto.
- D. En temporada alta el espacio es insuficiente debido a que se juntan con mucho material en proceso, afectando a la línea de acabado final y empaque, ya que se sobrecarga.

#### **2.4.4 Indicadores de producción**

El principal indicador de producción que actualmente se utiliza en la fabrica son los kilogramos empacados, ya que parte del registro que se lleva es el peso final de la caja con el producto, esto sirve para asegurarse deque las cajas lleven la cantidad de producto adecuada no excedentes ni faltantes.

Actualmente se lleva un record de cuanto se ha empacado por mes, sus metas de producción están relacionadas según el monto de las ventas y los kilogramos empacados según la información proporcionada por registros anteriores estimaron un crecimiento del 5% en relación al año pasado y ha provocado una serie de proyectos de mercadeo y venta para lograr alcanzar esta meta de producción.

### 3 PROPUESTAS DE MEJORA

#### 3.1 Distribución de planta

##### 3.1.1 Diagrama de la planta con distribución mejorada

Se analizó el flujo de la planta y se realizó una distribución mejorada, se busca el flujo de material, que los recorridos sean mínimos y la agrupación de sectores según la temperatura alcanzada debido a la actividad que se realiza

Figura 18 Distribución mejorada del área 1

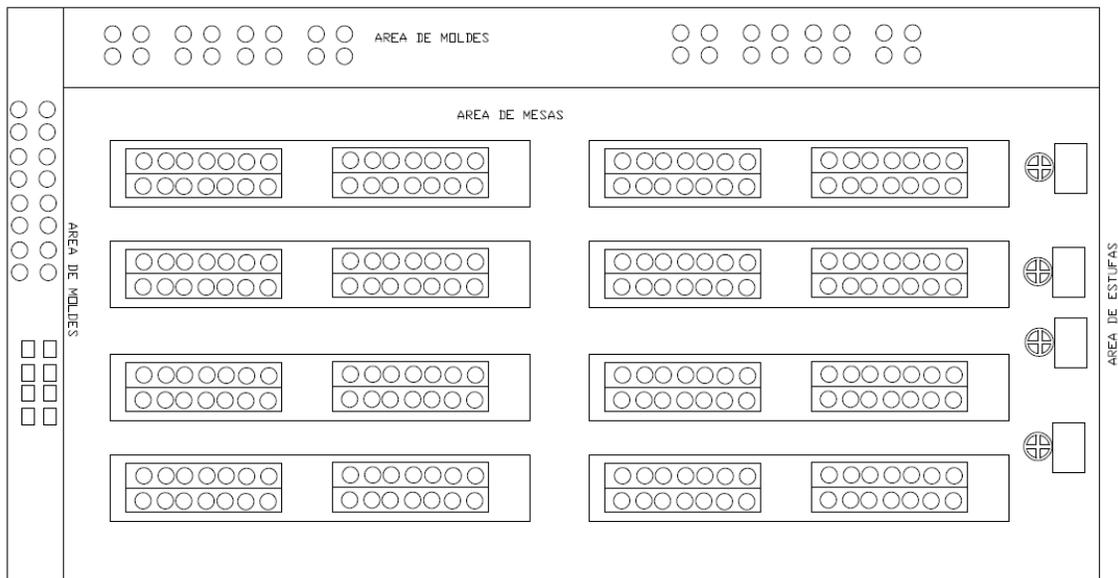


Figura 19 Distribución mejorada del área 2

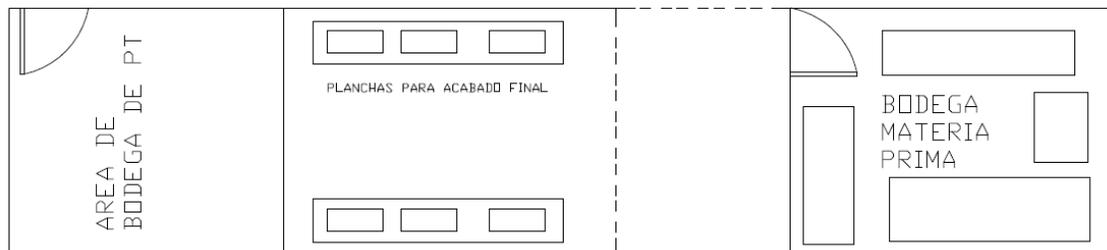


Figura 20 Distribución mejorada del área 3

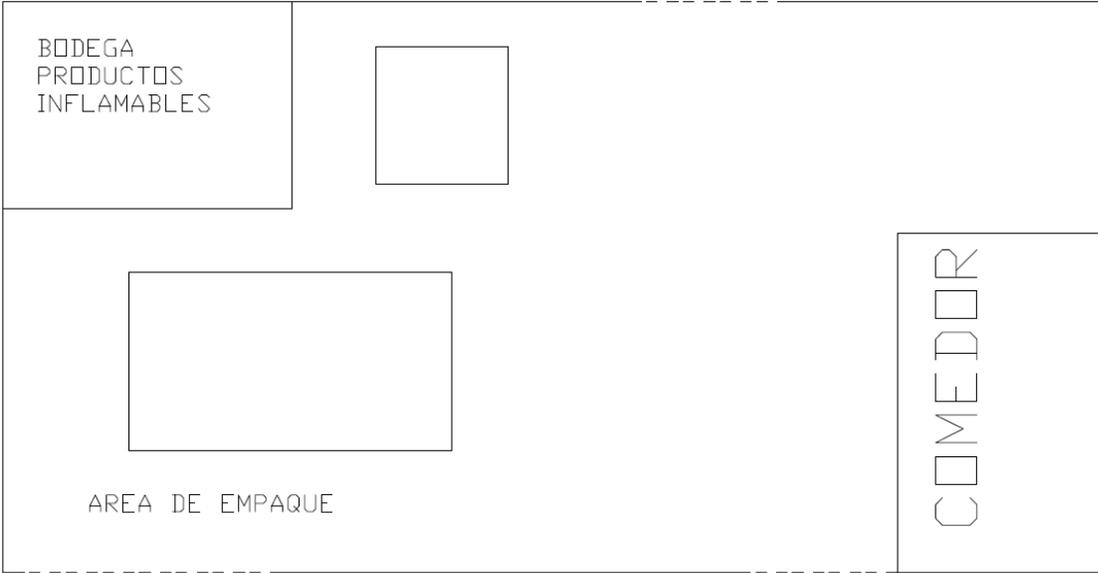
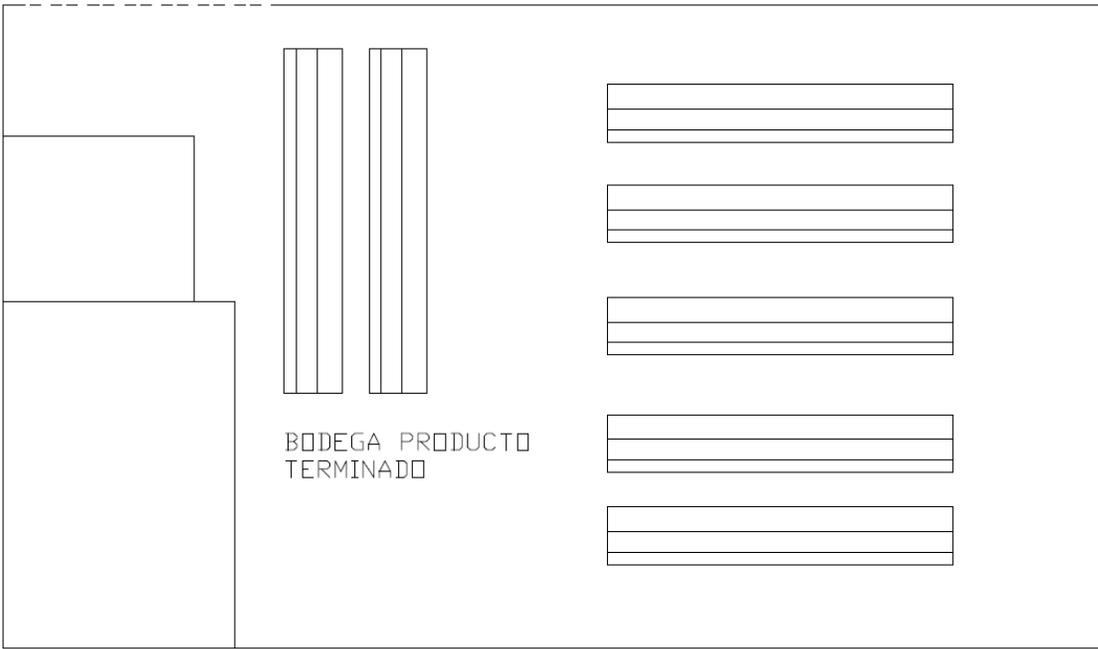


Figura 21 Distribución mejorada del área 4



### 3.1.2 Señalización y ubicación de áreas

Se analizo la señalización y ubicación de las estaciones de trabajo y se realizo una distribución mejorada, se busco ubicar todos agentes productores de calor en una sola área.

Figura 22 Señalización y ubicación, en el área 1

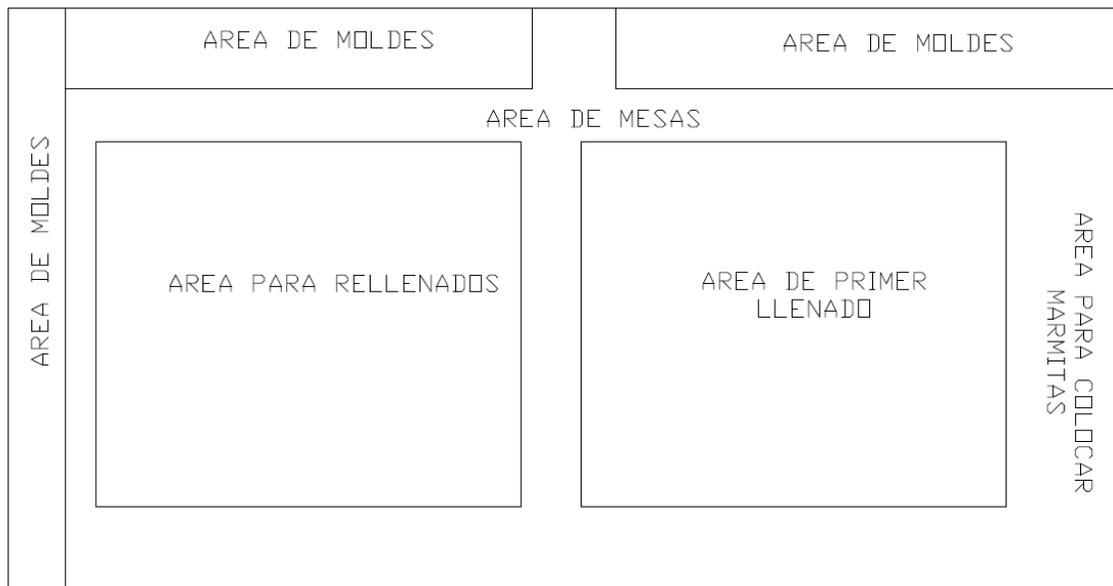


Figura 23 Señalización y ubicación, en el área 2

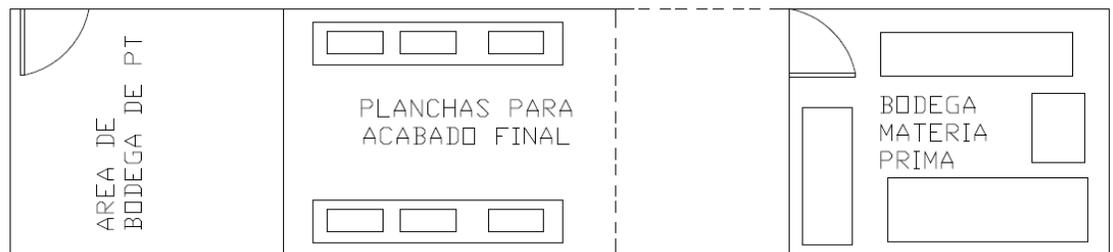


Figura 24 Señalización y ubicación en el área 3

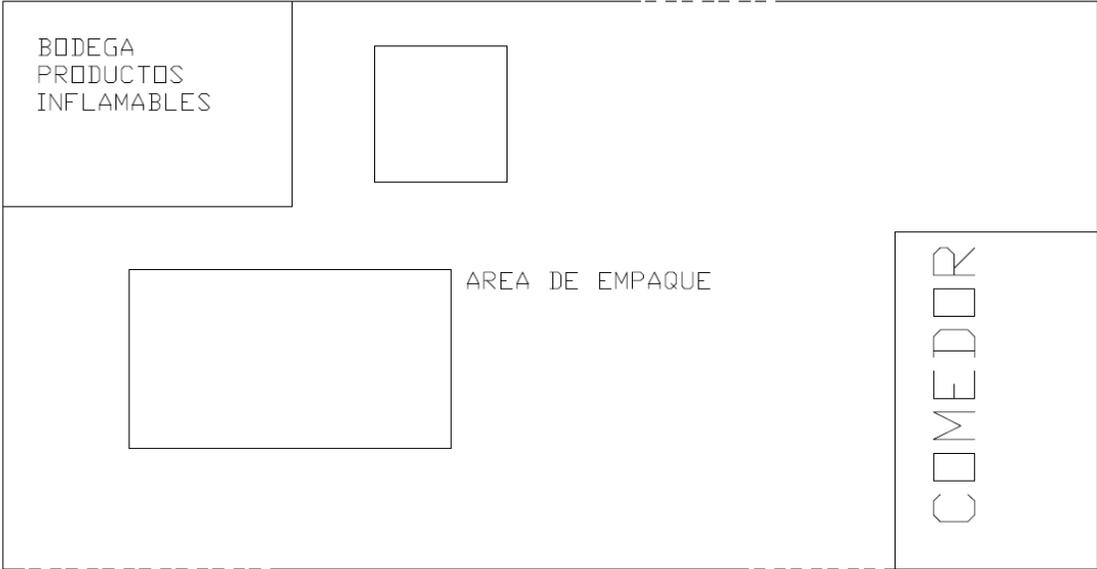
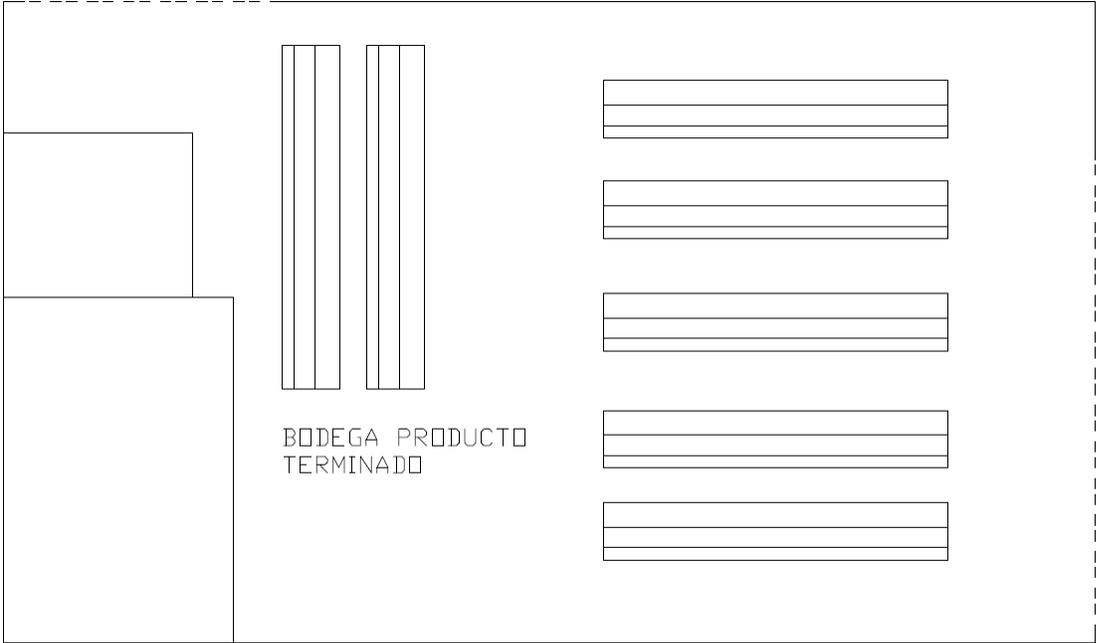


Figura 25 Señalización y ubicación en el área 4



### 3.1.3 Señalización y ubicación de maquinaria

Se analizó la ubicación de maquinaria y mesas de trabajo para agrupar las áreas de calor, se realizó una distribución mejorada.

Figura 26 Señalización y ubicación, en el área 1

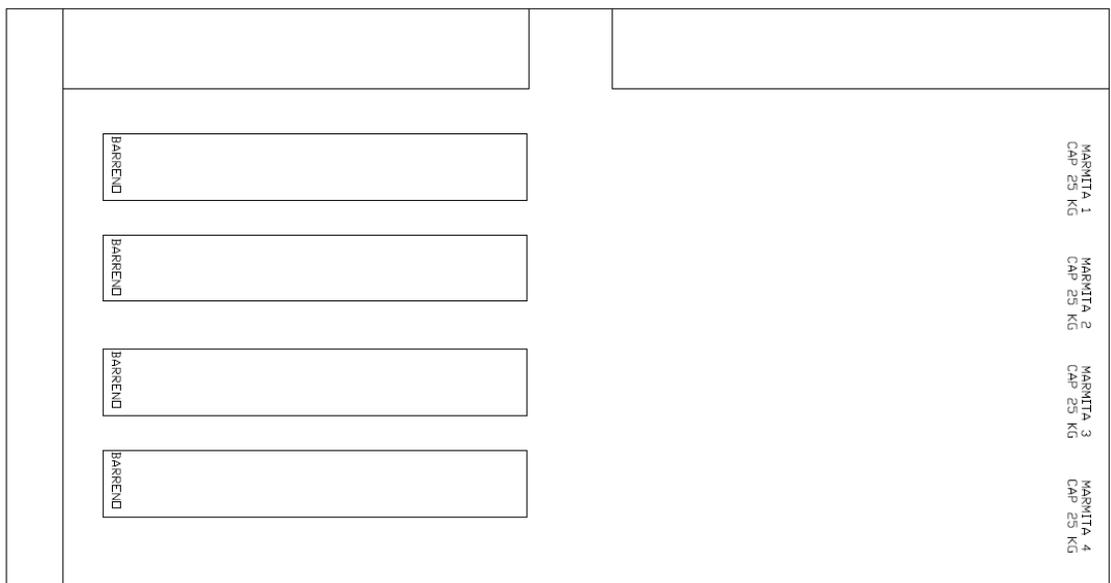


Figura 27 Señalización y ubicación, en el área 2

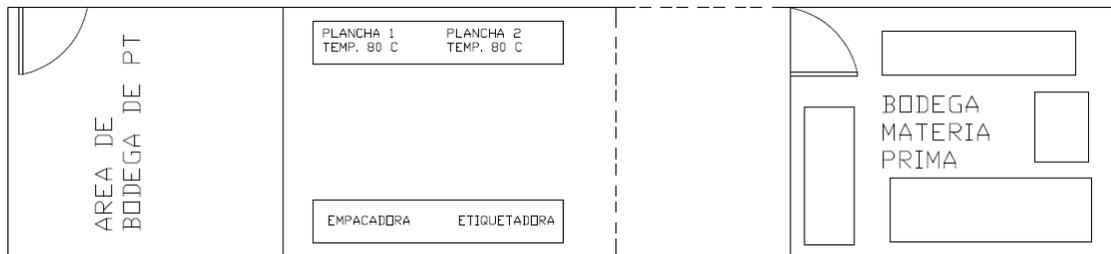


Figura 28 Señalización y ubicación, en el área 3

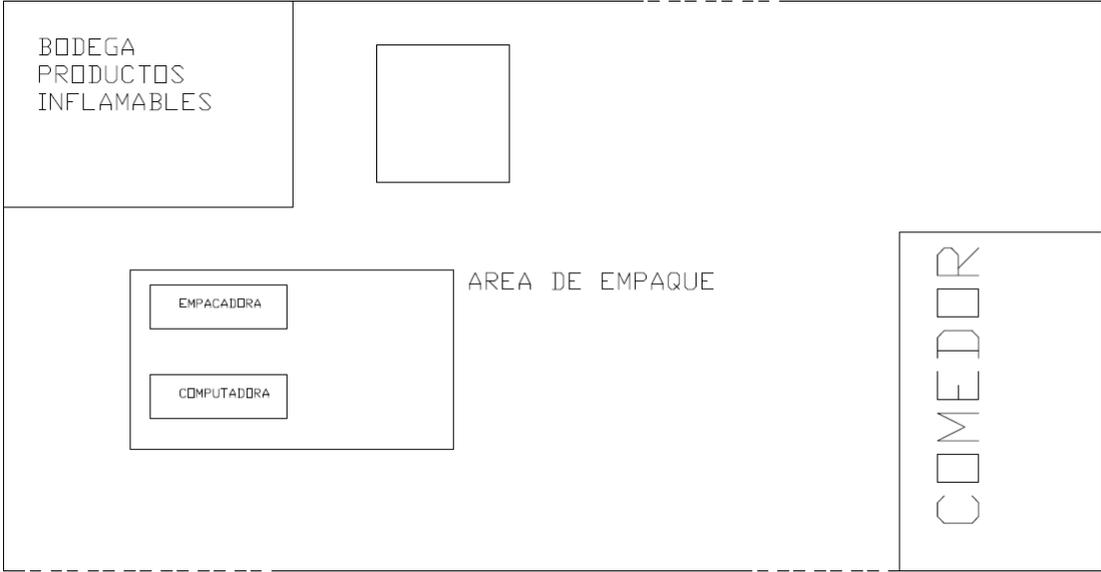
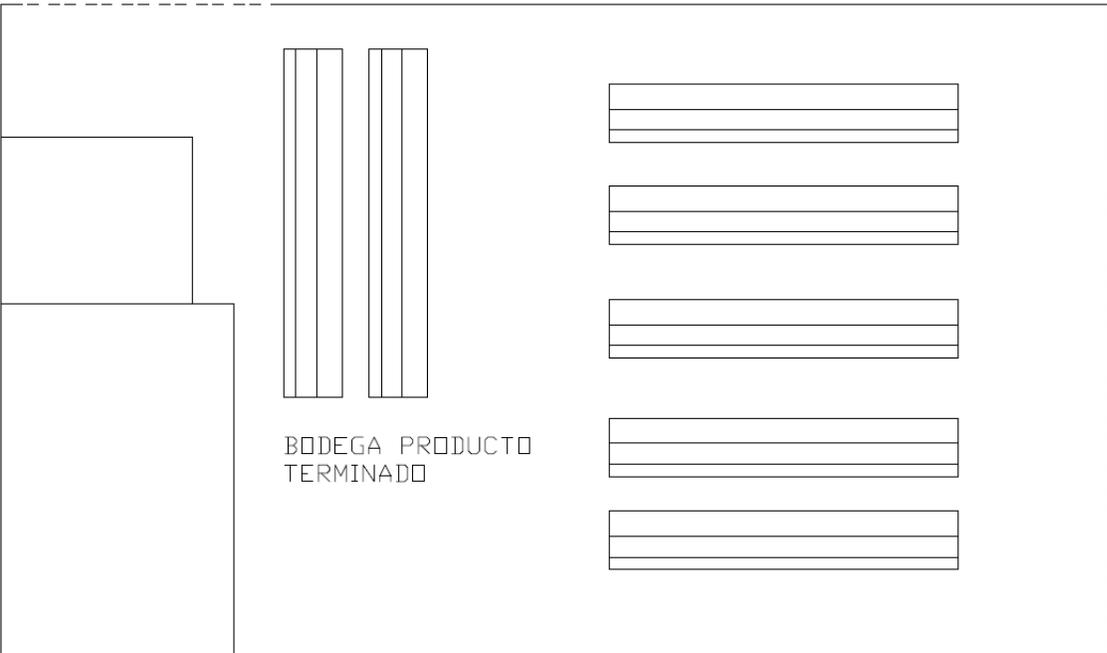


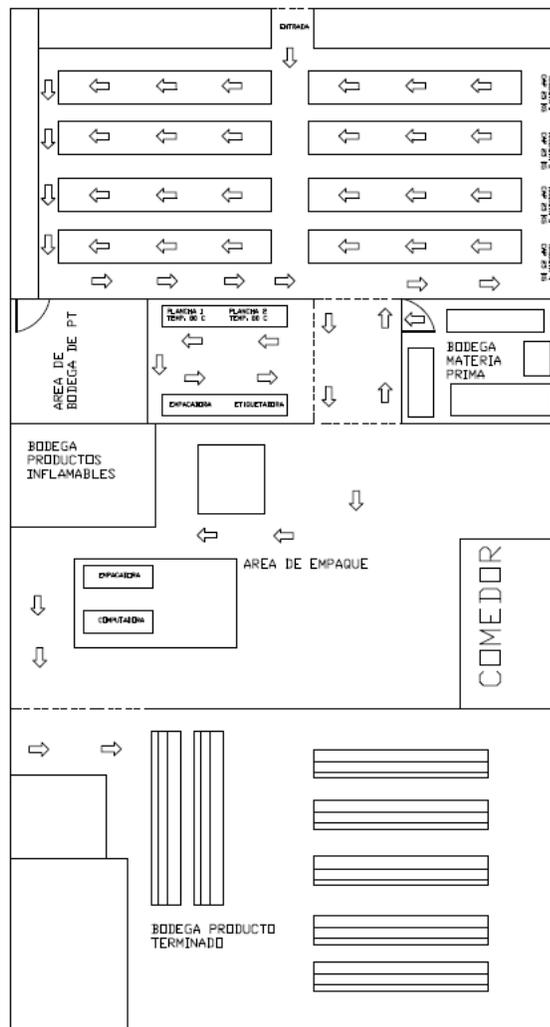
Figura 29 Señalización y ubicación, en el área 4



### 3.1.4 Señalización de áreas de paso y de flujo de material

Se analizó el flujo de materiales, se buscó la continuidad del producto por sus diferentes procesos hasta llegar al área de bodega, se minimizaron los recorridos de producto no terminado reduciendo el riesgo de accidentes.

Figura 30 Diagrama de flujo del producto



### 3.1.5 Localización del área de secado

Se realizó un estudio de los agentes productores de calor y el sistema de ventilación con sentido hacia los agentes que producen más calor, con el fin de alejar el calor del área de producto en proceso donde afecta el secado

Figura 31 Diagrama de circulación de aire.

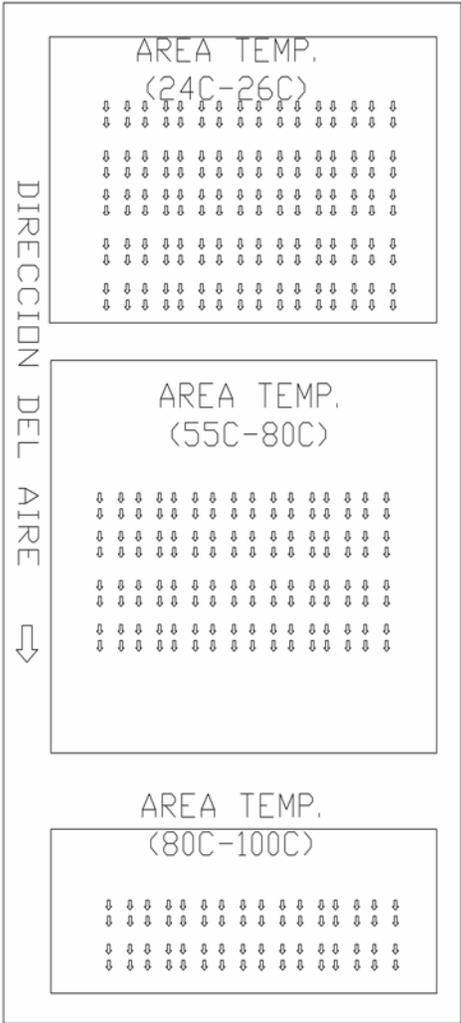
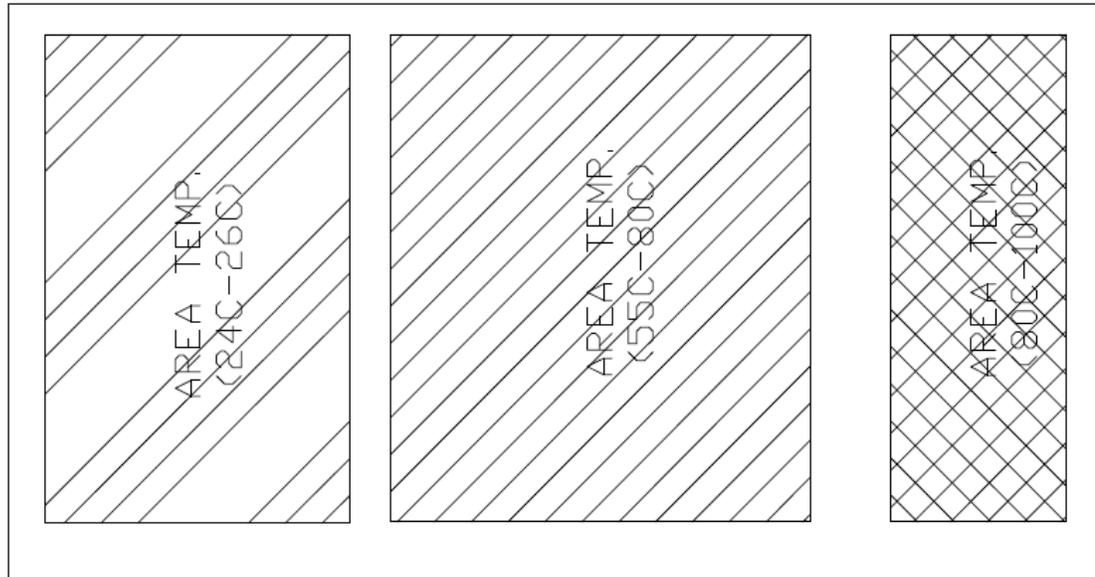


Figura 32 Temperaturas alcanzadas, en el área 1



### 3.1.6 Cálculo de las medidas de las áreas de trabajo

La fábrica cuenta con un área total de 329.57 mts<sup>2</sup>, los cuales se distribuyen de la siguiente forma.

#### A. Área 1:

- Cuenta con un área aproximado de 92.89 mts<sup>2</sup>, es la segunda área mas grande y actualmente se utiliza básicamente para el llenado de candelas, cuentan con 4 mesas grandes de las cuales se observó que son ineficientes, ya que existe mucho espacio muerto, ya que los trabajadores solamente utilizan las orillas de la mesa para poner los moldes y realizar el llenado, la razón de esto es que el llenado lo hacen por medio de picheles, los cuales pesan mucho y no dejan al trabajador estirar el brazo.
- Se estima que el área 1 sea el área destinado completamente a los que es el llenado y secado del producto, aquí es donde se va a

centrar el calor y es donde necesitamos aplicar sistemas de ventilación, también se quiere reducir las distancias que recorre el producto en sus distintos estados y cuidar mas de la calidad de este.

#### B. Área 2

- El área 2 contiene aproximadamente 39.81 mts<sup>2</sup>, esta área actualmente se utiliza como bodega para la materia prima y también para el derretido de la parafina, el área 1 y el área 2 son las áreas mas calientes y aquí se localizan 4 marmitas con capacidad de derretir 25 kgs de parafina en 10 min.
- Según la nueva distribución esta área estará destinada al proceso de emparejado y acabado final de las velas, con esto se busca tener en un punto el producto que ya paso por el proceso de secado y necesita que sea emparejado para luego terminar el proceso de empaquetado.

#### C. Área 3

- Cuenta con 91.56 mts<sup>2</sup> esta área sirve actualmente para realizar el acabado final del producto y al mismo tiempo realizar el proceso de empaquetado y etiquetado, cuenta con varias máquinas emparejadoras y máquinas para el suministro de bobinas de plástico termoencojible.
- Se tiene planificado redistribuir esta área y dejar solamente las bobinas de plástico, aquí se tiene ubicada la computadora de bodega de producto terminado la cual seguirá ubicada en esta área.

#### D. Área 4

- Esta área actualmente cuenta con 103.50 mts<sup>2</sup>, los cuales son utilizados para almacenar maquinaria vieja y producto terminado.
- Está planificado convertir esta área en bodega de producto terminado y eliminar la maquinaria vieja que se almacena en esta área.

### **3.2 Diseño del sistema de ventilación**

El diseño busca obtener un beneficio costo rentable, el cual debe de ser adecuado a la capacidad de producción.

#### **3.2.1 Cálculo de las capacidades del sistema**

El cálculo de la capacidad del sistema consta del costo de instalación o inversión que debe de hacer la empresa para implementar el proyecto, se analizará el costo de operación, el cual es el costo mensual y del cual dependerá directamente el beneficio en relación a la mejora a nivel producción y su costo para analizar su factibilidad. Se toma en cuenta en el estudio de las capacidad el número de renovaciones de aire, el cual nos da valor de flujo de aire que puede proporcionar el equipo así como la temperatura que se desea alcanzar y el tiempo de vida del equipo.

##### **3.2.1.1 Costo de instalación**

El costo de instalación incluye el costo de instalación del equipo, el cual según el tiempo de vida mostrará un beneficio costo a futuro, los materiales a utilizar son:

Tabla XVII Costo y cantidad a utilizar en la instalación del sistema de ventilación

**COSTO DE INSTALACIÓN**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45 WATTS	10	160	1600
SOLDADURA	10	50	500
MANO DE OBRA DE SOLDADURA	10	35	350
COSTO DE INSTALACIÓN	10	20	200
<b>TOTAL</b>			<b>2650</b>

CÁLCULO DE MATERIAL A UTILIZAR PARA COLOCAR COMO AISLANTE TÉRMICO EN M2	25 MTS2
---	---------

COSTO DEL MT2	2,5
<b>TOTAL</b>	<b>62,5</b>

- En total el costo de instalación es aproximadamente de Q2715.00

### 3.2.1.2 Costo de operación

Cada motor tiene un consumo de 10 watts por hora por lo que obtenemos lo siguiente:

Tabla XVIII Consumo mensual y costo total de las implementaciones

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45	10

WATTS	
CONSUMO EN KILOWATTS	0,1
COSTO DE KILOWATT POR HORA	Q1,30
TIEMPO OPERADO POR DÍA	10
COSTO DE OPERACIÓN DIARIO	13
COSTO DE OPERACIÓN MENSUAL	Q390,00

El Costo de operar los motores ventiladores por 10 hrs diarias es de aproximadamente Q400 mensuales, el costo de este puede variar dependiendo de la tarifa y el uso diario.

### 3.2.1.3 Renovaciones de aire por unidad de tiempo

Las renovaciones de aire es la cantidad en que el sistema es capaz de introducir y a la vez expulsar el volumen total de la nave.

Cálculo de las renovaciones de aire utilizando motores de 45 watts

Tabla XIX Cálculo del caudal de aire

CAUDAL DE AIRE NECESARIO EN MT3/HORA VOL A RENOVAR	$CA= V*NoR$
VOLUMEN DE AIRE EN MT3 A RENOVAR	280 MTS3
NÚMERO DE RENOVACIONES POR HORA	3*HORA
VOLUMEN TOTAL A RENOVAR	840 MTS3 * HORA

CAPACIDAD DE LOS VENTILADORES A RENOVAR PIES 3/HORA	4500 PIES3/HORA
CAPACIDAD DE LOS VENTILADORES A RENOVAR MTS3/HORA	127 MTS3/HORA
CAPACIDAD DE RENOVAR CON 10 MOTORES	1270 MTS3/HORA

El volumen o caudal necesario para renovar 3 veces por hora un volumen de 280 metros cúbicos es de 840,000 litros por hora, la capacidad de los 10 motores da un caudal de 1,270,000 litros por hora, cantidad suficiente para mantener el área de trabajo con una temperatura estable y agradable para el trabajador

#### **3.2.1.4 Temperatura a mantener en el área**

Por medio de la utilización de ventiladores se espera mantener el producto y el área de trabajo por debajo de los 26C, con lo que se puede obtener datos constantes acerca del enfriado del producto por medio de la fórmula de enfriamiento exponencial así como por medio de análisis estadístico de tiempos.

#### **3.2.1.5 Tiempo de vida**

Debido a que los motores son equipos que su reparación es más costosa que la compra de nuevos debido a que el componente que falla es la bobina, su costo de mantenimiento es de Q2650 aumentando un 10% debido a la inflación cada dos años según lo estipulado por las especificaciones técnicas del fabricante.

### **3.2.2 Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos comprende el análisis químico de la parafina, el cual muestra los tiempos de secado del producto a temperatura estándar por medio de la utilización de la ecuación de decaimiento exponencial de Newton, el procedimiento trata de estandarizar el proceso a partir de la masa y la temperatura inicial

#### **3.2.2.1 Análisis químico de la parafina**

El análisis químico comprende el estudio del comportamiento de la parafina en un ambiente determinado de manera que se puedan establecer constantes en el modelo de enfriamiento para distintos tipos de candelas

##### **3.2.2.1.1 Tiempos estimados para secado a una temperatura constante**

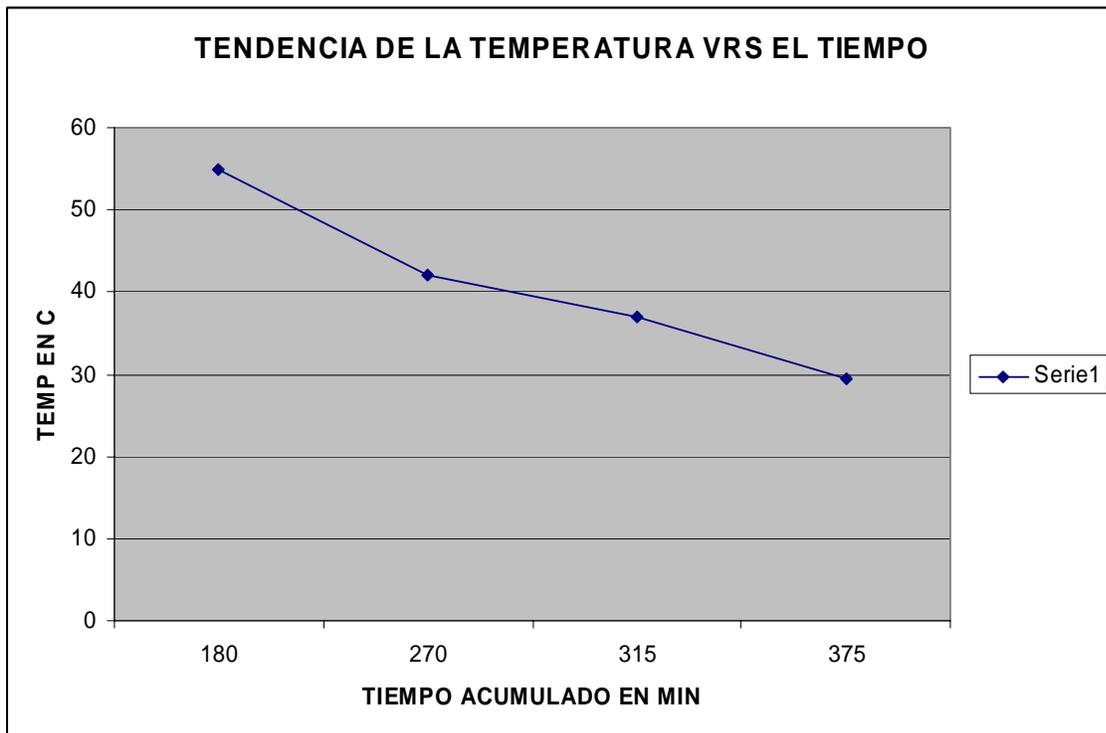
Por medio de un muestreo de tiempos luego de implementado los cambios se obtuvo los siguientes resultados

Tabla XX Cálculo de tiempos después de implementar cambios

Temperatura Cte.	28,5 C
------------------	--------

Descripción	Tiempo / min	Acumulado	Temp obtenido al T en Celsius
1er Enfriado en moldes	180	180	55
2ndo enfriado en moldes	90	270	42
3er enfriado en moldes	45	315	37
Secado final del producto	60	375	29,5

Figura 33 Gráfico de la tendencia de la temperatura vrs el tiempo



### 3.2.2.1.2 Estimación de tiempos de secado método químico

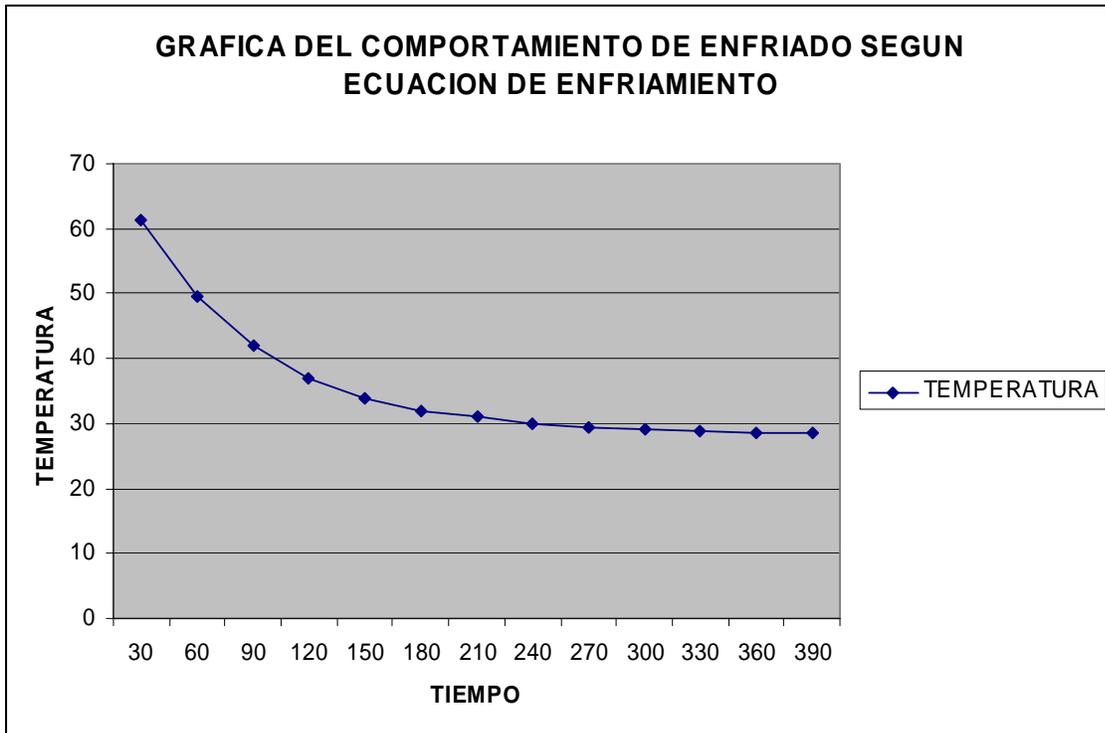
Por medio de la utilización de la fórmula de enfriamiento de Newton se obtuvieron los siguientes resultados entre el tiempo y la temperatura del producto a una temperatura controlada de 28 grados Celsius.

Tabla XXI Temperatura y tiempo alcanzado luego de las implementaciones de mejora

<b>FÓRMULA 28 C</b>	$U=28+51,5*e^{-0,015*T}$
---------------------	--------------------------

TIEMPO	TEMPERATURA
30	61,37
60	49,47
90	41,88
120	37
150	34
180	32
210	31
240	30
270	29,5
300	29
330	28,8
360	28,7
390	28,6

Figura 34 Gráfica del comportamiento de enfriado vrs tiempo después de las mejoras



- A. Se observa que para que la candela baje su temperatura a 35 grados C toma aproximadamente 150 min
- B. Se toma en cuenta que la temperatura del lugar es constante y de 28 C, también no se tomaron en cuenta los rellenados de producto que esta a 80 C y que afectan grandemente al enfriado
- C. Se tomaron los procesos de enfriado como uno solo, ya que es en este en donde se desea lograr minimizar los tiempos, ya que son nuestros cuellos de botella.

### 3.3 Planificación de la producción

La planificación de la producción muestra un sistema estandarizado de pasos para realizar de modo que se pueda tener listado el número de pasos para realizar un producto con ello se puede determinar el tiempo final de proceso

para realizar un lote y determinar la capacidad de la fábrica a partir de las unidades producidas por unidad de tiempo.

### **3.3.1 Método para planificar**

Se hace uso del método de diagrama de Gant para establecer un control de la línea de producción por medio grafico de la utilización de las estaciones de trabajo.

#### **3.3.1.1 Sistema de control de la producción**

Debido al tipo de producción se establecieron 6 criterios a tomar en cuenta para el proceso de de las candelas.

##### **A. COLOCACIÓN DE LA MECHA**

1. Derretido: tiempo estándar para todos los procesos de 15 min promedio
2. Enebrado: es el proceso más complicado para la colocación de la mecha, ya que se debe de sujetar la parte superior del molde colocar la mecha y medir el largo final, luego colocar la parte inferior del molde y pegar con cinta, el operario consume aproximadamente entre 1 y 2 min para la colocación de la mecha.
3. Barrenado: este proceso es laborioso pero mas rápido que el enebrado y consiste en sujetar antes del ultimo relleno de producto el molde y barrenar un pequeño hoyo para insertar la mecha dentro, luego se rellena con lo último del producto y se deja secar, el tiempo aproximado es de 1 minuto
4. Normal: el cual es el insertado de la mecha con una varilla durante el proceso de enfriado final.

##### **B. DECORADO:**

1. Liso: no se aplica ningún decorado

2. Degradado: se aplica un proceso de degradación al tener el producto frío
3. Capas: puede ser introducido en otro molde y se le puede agregar un paso mas de enfriamiento dentro de otro producto
4. Potpourri: se coloca el decorado en la parte exterior manualmente
5. Flor: Se coloca el decorado afuera manualmente
6. Mixto: proceso en el cual se hace uso de mas de dos tipos de decorado

#### C. LLENADO

1. Enfriado: cantidad de tiempo estimada por medio de la fórmula de enfriamiento exponencial y por medio de datos de producciones anteriores.
2. Rechupes: será la cantidad estimada de rechupes, según el tipo de producto que se este realizando

D. DESMOLDADO: tiempo utilizado para retirar las candelas de los moldes este dependerá de la cantidad de producto a fabricar y desmoldar

E. EMPAREJADO: tiempo utilizado para pasar las candelas sobre las planchas rectificadoras este dependerá de la cantidad de producto a fabricar y desmoldar

F. EMPAQUE: será estimado según el tamaño y producciones anteriores.

#### **3.3.1.2 Sistema de proyección de la producción**

La producción será estimada aplicando valores a cada uno de los procesos en relación al tiempo de enfriado tiempo de enfriado obtenido a partir de la ecuación de enfriamiento exponencial de la siguiente manera:

Tabla XXII Valores estimados según del tipo de proceso

DESCRIPCIÓN	VALOR % EN RELACIÓN AL VALOR ENFRIADO	VALOR	CANTIDAD DE CANDELAS
DERRETIDO DE PARAFINA	ESTANDAR	15 MIN	
MECHA			
ENEBRADO	ALTO	0,15%	X
BARRENADO	MEDIO	0,08%	X
NORMAL	BAJO	0,03%	X
DECORADO			X
LISO	BAJO	0,00%	X
DEGRADADO	BAJO	0,10%	X
CAPAS	MEDIO	0,15%	X
POTPOURRI	MEDIO	0,17%	X
FLOR	ALTO	0,20%	X
MIXTO	ALTO	0,25%	X
LLENADO		0,20%	X
CANTIDAD DE RECHUPES	PORCENTAJE DE ENFRIADO	5%	X
TIEMPO DE ENFRIADO	ESTIMADO POR LA ECUACIÓN DE PROCESOS ANTERIORES	n/a	
DESMOLDADO	NORMAL	0,10%	X
EMPAREJADO	NORMAL	0,20%	X
EMPAQUE	NORMAL	0,30%	X

POR EJEMPLO:

Tabla XXIII Ejemplo de la estimación de tiempos, según el proceso

<b>PARA PRODUCIR 170 CANDELAS LISAS, 3 RECHUPES ENEBRADO NORMAL</b>					
No	DESCRIPCIÓN	VALOR % EN RELACION AL ENFRIADO	VALOR	CANTIDAD DE CANDELAS	TIEMPOS ESTIMADOS MIN
1	<b>DERRETIDO DE PARAFINA</b>	<b>ESTANDAR</b>	<b>15 MIN</b>		15
2	<b>MECHA</b>				
	NORMAL	BAJO	0,10%	170	40,8
3	<b>DECORADO</b>				
	LISO	BAJO	0,00%	170	0
4	<b>LLENADO</b>		0,10%	170	40,8
5	<b>CANTIDAD DE RECHUPES</b>	PORCENTAJE DE ENFRIADO	5,00%	3	36
6	<b>TIEMPO DE ENFRIADO</b>	ESTIMADO POR LA ECUACIÓN O PROCESOS ANTERIORES	n/a		240
7	<b>DESMOLDADO</b>	NORMAL	0,10%	170	40,8
8	<b>EMPAREJADO</b>	NORMAL	0,10%	170	40,8
9	<b>EMPAQUE</b>	NORMAL	0,10%	170	40,8
				<b>TIEMPO TOTAL EN MIN</b>	<b>495</b>

Para calcular el tiempo de producción se debe de utilizar los proceso por el valor porcentual en relación al tiempo de secado si el producto cambia la ecuación también afectando todos los tiempos porcentualmente

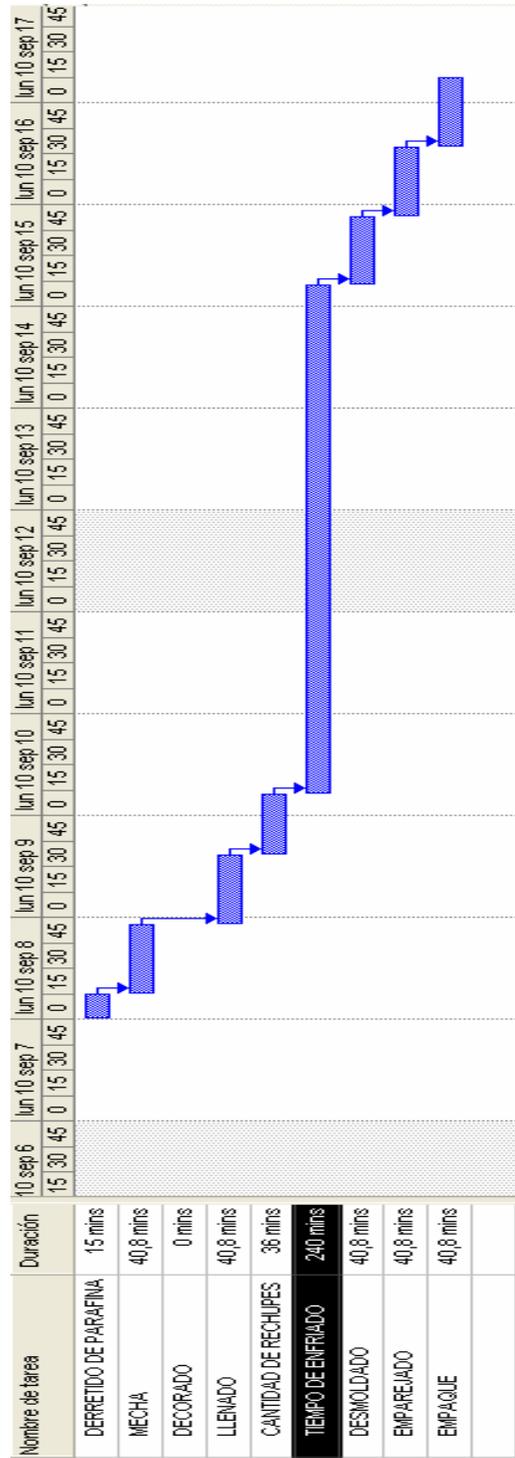
Según una temperatura de 28 C, el tiempo promedio que debe de utilizar el proceso total de enfriado para llegar aproximadamente a 30 C es de 240 min tiempo que puede ser modificado luego de pruebas y análisis para validarlo.

#### **3.3.1.3 Diagrama para producción**

El diagrama de GANTT nos muestra el tiempo estimado para cada operación, esto puede ser utilizado para realizar la programación líneas por mesa ya que se posee la información de cuando empieza una orden de trabajo y cuando termina.

Tiene que ser utilizada en conjunto con un diseño de planeación para dos operarios para estimar tiempos muertos y actividades individuales.

Figura 35 Diagrama de Gantt del proceso de producción



### **3.4 Análisis beneficio costo de las propuestas de mejora**

El análisis de beneficio costo busca ver la factibilidad del proyecto propuesto de forma que los costos de inversión y operación sean rentables para la empresa en función del aumento de la productividad y ganancias que esta tenga.

#### **3.4.1 Beneficios**

Entre los beneficios se encuentran el aumento de la productividad que es en base al numero de unidades producidas por tiempo y el análisis de reducción de costos debido a la reducción de tiempos muertos en estaciones de trabajo

##### **3.4.1.1 Estimación del aumento de la producción**

Se puede observar que por medio de los cambios el tiempo de enfriado se redujo de tal manera que se pueda terminar el proceso en un día incluyendo los procesos de emparejado y empaquetado final.

De los datos obtenidos tenemos:

Tabla XXIV Eficiencias obtenidas por los cambios aplicados

<b>CANTIDAD DE CANDELAS</b>	<b>170</b>	<b>0,10 CANDELAS POR MINUTO</b>
<b>TIEMPO PARA PRODUCIR EN MIN</b>	<b>1730</b>	
<b>CANTIDAD DE CANDELAS</b>	<b>170</b>	<b>0,34 CANDELAS POR MINUTO</b>
<b>TIEMPO PARA PRODUCIR EN MIN</b>	<b>495</b>	

Lo que nos lleva a concluir que el aumento en la productividad fue del 29 %, esto fue obtenido debido a que logramos reducir el tiempo de secado, con esto evitamos la demora de 900 minutos provocado por el cambio de día.

Se logra una mejoría en las áreas de acabo final y de empaque, ya que logran trabajar la producción del día, evitando demoras y sobre cargas que ocasionan cuellos de botella en estas áreas al momento que se incrementa la producción debido a que se elimina el tiempo muerto.

### 3.4.2 Costos

Los costos considerados son la inversión, el cual es el dinero que tiene que desembolsar la empresa para poner en funcionamiento el proyecto y el costo de operación que incurre en mantenimientos y el costos de la energía para operar.

#### 3.4.2.1 Costos de implementar sistemas de ventilación

Los costos finales de implementar los cambios en los sistemas de ventilación son:

COSTOS FIJOS CON VALOR DE RESCATE Q0.00 A DOS AÑOS Q 2750.00

Tabla XXV Costo de instalación de la maquinaria implementada

COSTO DE INSTALACIÓN
----------------------

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45 WATTS	10	160	1600
SOLDADURA	10	50	500
MANO DE OBRA DE SOLDADURA	10	35	350
COSTO DE INSTALACIÓN	10	20	200
TOTAL			2650

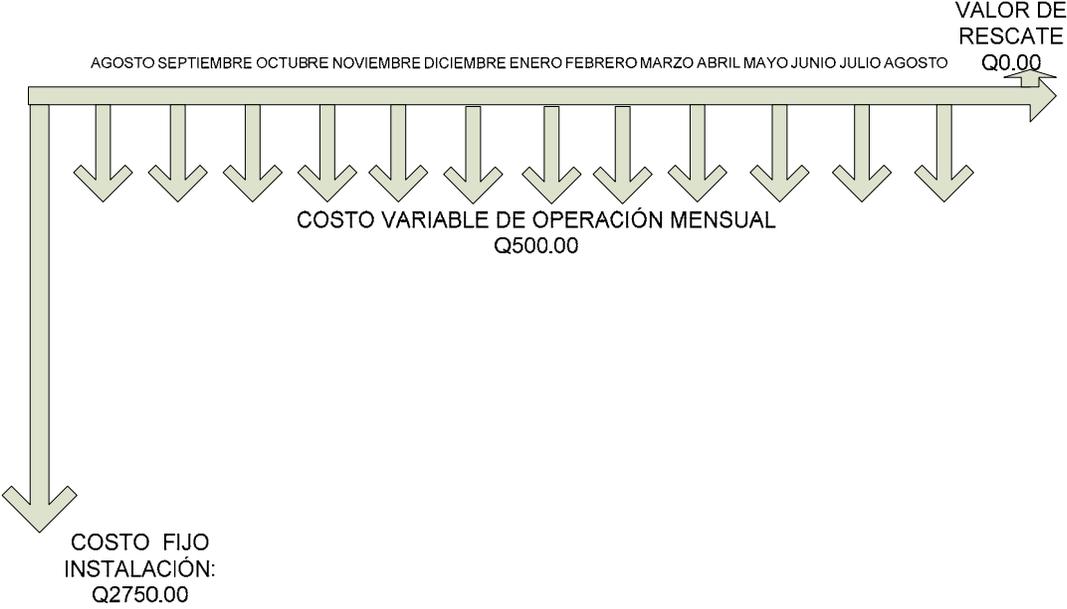
CÁLCULO DE MATERIAL A UTILIZAR PARA COLOCAR COMO AISLANTE TERMICO EN MTS2	25 MTS2
---	---------

COSTO DEL MT2	2,5
TOTAL	62,5

Tabla XXVI Costos variables mensuales debido al uso del equipo

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45 WATTS	10
CONSUMO EN KILOWATTS	0,1
COSTO DE KILOWATT POR HORA	Q1,30
TIEMPO OPERADO POR DÍA	10
COSTO DE OPERACIÓN DIARIO	13
COSTO DE OPERACIÓN MENSUAL	Q390,00

Figura 36 Flujo de caja de la inversion realizada y el valor de rescate a 2 años



### 3.4.2.2 Costos de redistribución de planta

El costo de redistribución es básicamente la remodelación de las mesas del área de trabajo, ya que estas son fabricadas de aluminio con rectangulares de acero y unida por medio de remaches.

Tabla XXVII Costo de la mesa de trabajo

Mesa de 0.5 X 5 mts	
ALUMINIO	Q400,00
RECTANGURA	Q50,00
REMACHES	Q5,00
MANO DE OBRA	Q50,00
PINTURA	Q10,00
TOTAL	Q515,00

Su duración aproximada es de 5 años sin mantenimiento y su valor de rescate es de Q450

### 3.4.3 Análisis beneficio – costo

El análisis de beneficio costo consta de ver la relación entre los gastos a largo plazo y su efecto en la producción, si este es positivo determina la factibilidad del proyecto.

Tabla XXVIII Costo de implementación de maquinaria y equipo nuevo

COSTO DE INSTALACIÓN
----------------------

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45 WATTS	10	160	1600
SOLDADURA	10	50	500
MANO DE OBRA DE SOLDADURA	10	35	350
COSTO DE INSTALACIÓN	10	20	200
TOTAL			2650

Tabla XIX Consumo mensual por el uso del equipo

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
VENTILADOR MARCA CHEKEE DE 45 WATTS	10
CONSUMO EN KILOWATTS	0,1
COSTO DE KILOWATT POR HORA	Q1,30
TIEMPO OPERADO POR DÍA	10
COSTO DE OPERACIÓN DIARIO	13
COSTO DE OPERACIÓN MENSUAL	Q390,00

El costo de instalación esta dado por la maquinaria nueva y el consumo mensual por el uso de esta.

- Costo de mano de obra sin el proyecto:

Se tienen 2 operarios por mesa de trabajo los cuales trabajan un tiempo extra de 245 minutos debido a que el proceso de enfriado es muy lento, tiempo que puede ser empleado en otra producción, esto representa un costo de oportunidad.

Tabla XXX Costos en el área de producción

Área de producción	
Costo de mano de obra	Q0,12 X min X obrero
Costo de trabajar 245 min por obrero	Q29,40
Costo por estación de trabajo	Q58,80

- Costo del tiempo muerto de la estación de empaque por el tiempo extra que esta efectuando producción sin la aplicación del proyecto.

Tabla XXXI Costos en el área de empaque

Área de empackado cálculo de tiempo muerto	
Costo de mano de obra por minuto	Q0,12 X min X obrero
Costo del tiempo muerto de 245 min	Q29,40

Tabla XXXII Cálculo de la productividad

Lote a producir en una corrida para candelas de 3X3	170	
Tiempo estimado para producir un lote sin el proyecto min	830	
	0,20	candelas X min
Lote a producir en una corrida para candelas de 3X3	170	
Tiempo estimado para producir un lote con el proyecto min	495	
	0,34	candelas X min
Aumento de la productividad		
CANDELAS POR MINUTO CON EL PROYECTO	0,34	candelas X min
CANDELAS POR MINUTO SIN EL PROYECTO	0,20	candelas X min
	167,68%	AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD

Tabla XXXIII Cálculo en el costo de mano de obra:

Costo de mano de obra		
Mano de obra	Q0,12	min X candela
Tiempo estimado sin el proyecto	830	minutos
Cantidad de operarios	2	operarios X mesa
Total de mano de obra	Q199,20	
Candelas producidas	170	
<b>Costo por candela</b>	<b>Q1,17</b>	<b>por candela</b>

Costo de mano de obra		
Mano de obra	Q0,12	min X candela
Tiempo estimado sin el proyecto	495	minutos
Cantidad de operarios	2	opearios X mesa
Total de mano de obra	Q118,80	

Candelas producidas	170	
Costo por candela	Q0,70	por candela

## BENEFICIO

- Ahorro en mano de obra

Ahorro por lote de 170 candelas	Q80,40
---------------------------------	--------

Tabla XXXIII Ahorro con la implementación del proyecto

BENEFICIOS POR AHORRO DE TIEMPO MUERTO	
AHORRO PRODUCCIÓN DEBIDO A COSTO DE OPORTUNIDAD	58,8
AHORRO EMPACADO DEBIDO A TIEMPO MUERTO	29,4
EN UN PERÍODO DE 30 DÍAS	2646

### 3.4.4 Justificación

El proyecto se justifica debido a que la inversión se recupera rápidamente en menos de dos meses, lo se puede observar por medio de la ecuación de beneficio costo.

Tabla XXXIV Justificación del proyecto

BENEFICIOS POR AHORRO DE TIEMPO MUERTO	
AHORRO PRODUCCIÓN	58,8
AHORRO EMPACADO	29,4
EN UN PERÍODO DE 30 DÍAS	2646
ECUACIÓN DE BENEFICIO	$2646X + 80,40 Y$
X = TIEMPO EN MESES	
Y = CORRIDAS DE LOTES DE 170 CANDELAS	
PARA 5 LOTES POR MES PROMEDIO	$2646X+402$
ECUACIÓN DE COSTOS	
INVERSIÓN INICIAL	2750
COSTO DE MANTENIMIENTO MENSUAL	500
ECUACIÓN FINAL DE COSTOS	$2750+500X$
X = TIEMPO EN MESES	
IGUALANDO ECAUCIONES	$2646X+402=2750+500X$
PUNTO DE EQUILIBRIO	1,09 MESES

Se puede observar que el punto de equilibrio está en 1.09 meses, a partir de este tiempo la inversión habrá sido recuperada y se presentan ganancias.

## 4 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

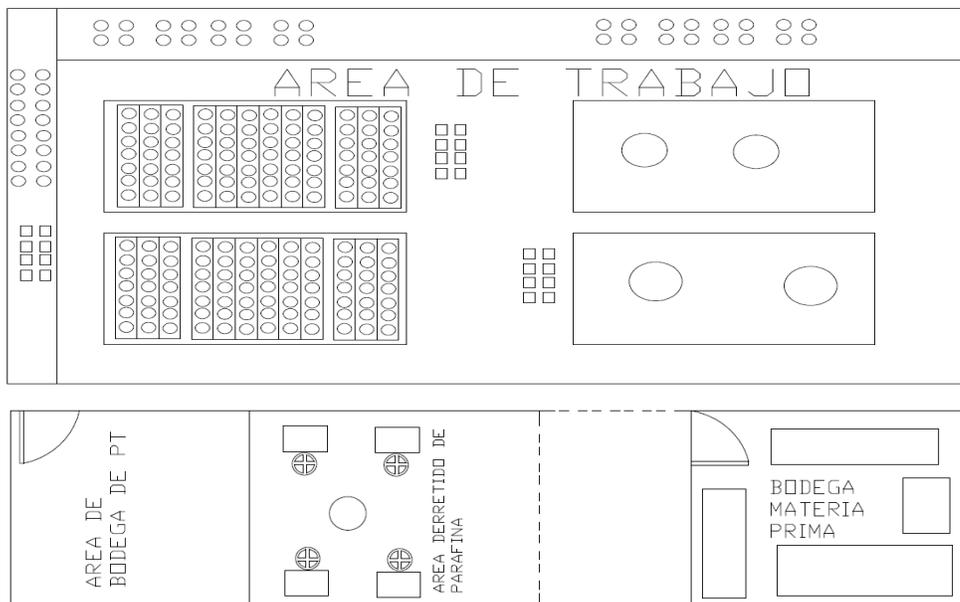
### 4.1 Distribución de planta

La distribución de planta básicamente hace uso del análisis mostrado al inicio del estudio de movimientos para lograr distancias mas cortas y rápidas buscando cuidar mas del producto y que la linea siguiera un modelo lineal en el proceso.

#### 4.1.1 Reubicación de la planta

Se presenta los planos de ubicación antes y después de las mejoras realizadas, tomar en cuenta que todo se realizo en base a flujo de materiales y agentes productores de calor

Figura 37 Áreas de trabajo antes de las modificaciones



Continuación figura 36

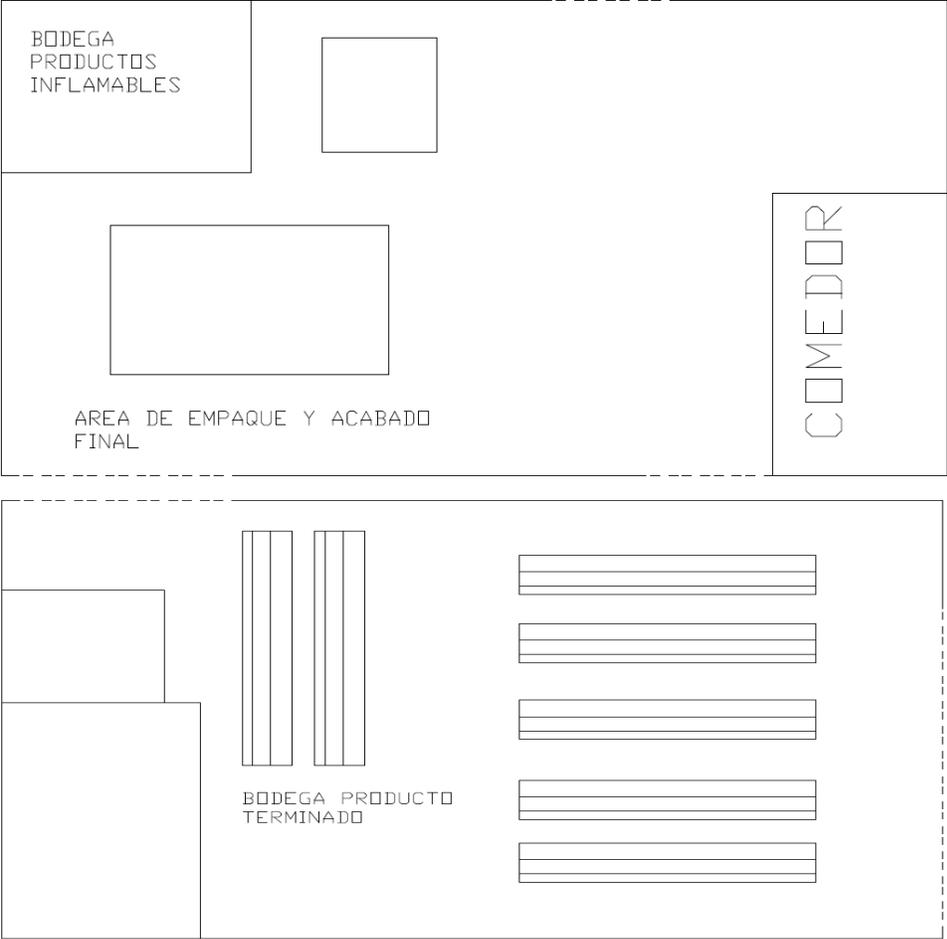
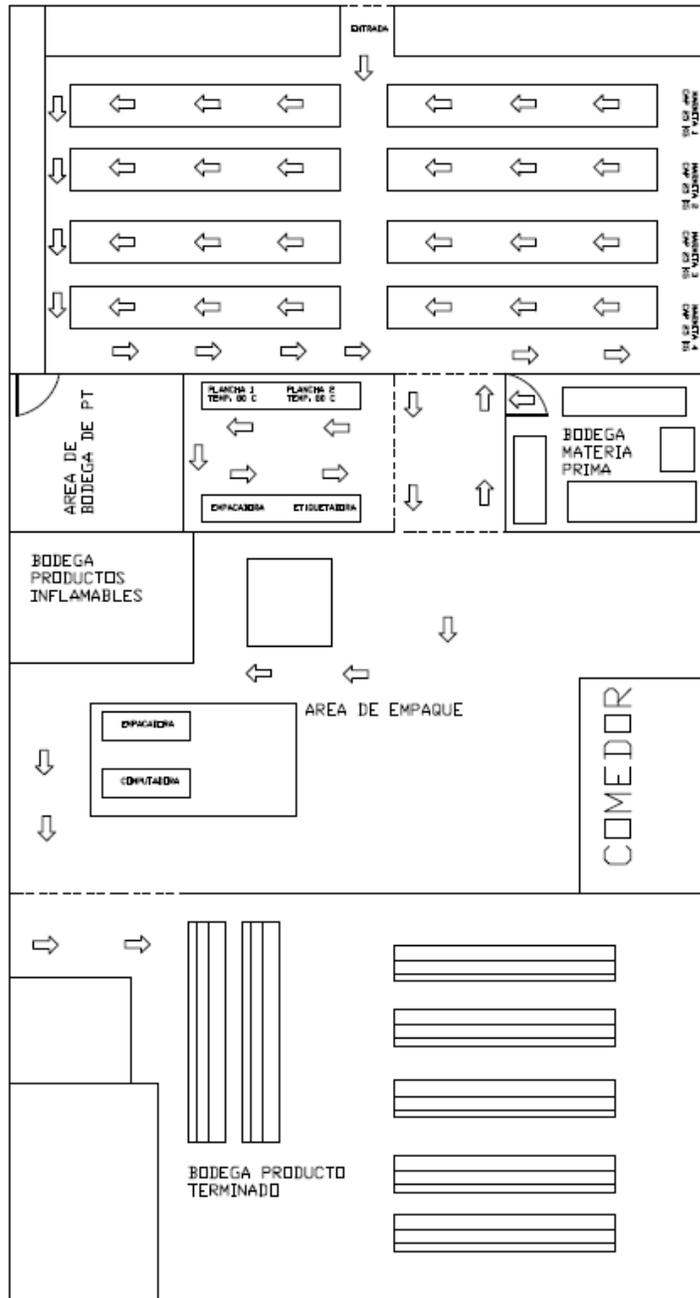


Figura 38 Áreas de trabajo después de las modificaciones



Los cambios obtenidos:

- A. Redistribución de mesas, construcción de nuevas, menor ancho mas eficientes para el tipo de trabajo, diseñadas para transportar el producto fácilmente
- B. Reubicación de maquinaria en estaciones centralizadas para mantener el calor en zonas específicas.
- C. Reubicación de áreas para distribuir eficientemente los proceso
- D. Áreas ubicadas eficientemente para que los transportes de producto sean menores a 2.5 mts con lo que no afecta los procesos.

#### 4.1.2 Procedimiento de control y la limpieza

Procedimiento creado para mantener buenas prácticas de manufactura, hacer reciclaje del producto y cumplir con objetivos de seguridad

Tabla 35 *Check list* para el procedimiento de limpieza.

<b>CONTROL DE LIMPIEZA</b>
HORA DE COMIENZO
ENCARGADO DE ÁREA
HORA DE FINALIZACIÓN
1. LIMPIEZA DEL LUGAR
2. RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA
3. RECOLECCIÓN DE PRODUCTO PARA RECICLAJE
4. LIMPIEZA DE MOLDES
5. LIMPIEZA DE MESAS
6. LIMPIEZA DE MARMITAS
7. CONTEO DE PRODUCTO EN PROCESO
8. CONTEO DE PRODUCTO TERMINADO
9. HOJA DE CONTROL DE PRODUCCION
10. PRODUCTO CODIFICADO Y EMPACADO
11. PRODUCTO ENTEGADO A BODEGAS

TablaXXVI Hoja para llevar control de producción diario.

ENCARGADO				
ÁREA				
FECHA				
<b>CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>				
MESA				
MODELO PRODUCIDO		MATERIA PRIMA CONSUMIDA		TIEMPO CONSUMIDO EN ENFRIADO
1				
2				
3				
4				
PRODUCTO TERMINADO ENTREGADO A BODEGA		ESTILO Y CÓDIGO		CANTIDAD DE PIEZAS
1				
2				
3				
4				
PRODUCTO EN PROCESO		ESTILO Y CÓDIGO		CANTIDAD DE PIEZAS
1				
2				
3				
4				

**4.1.3 Proyecto de señalización de áreas**

Se realizó un proyecto de señalización de áreas para definir las estaciones de trabajo, tener un diagrama de la ubicación de la maquinaria y conocer con cuanto espacio se tiene para eficientarlo al máximo

Figura 39 Señalización del área 1 y 2 de trabajo

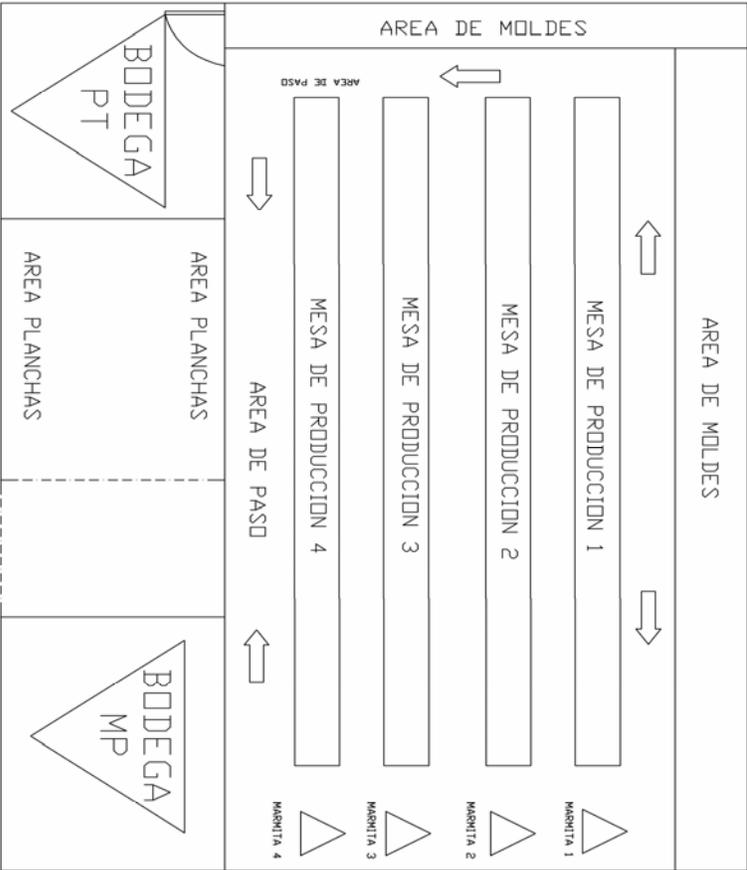
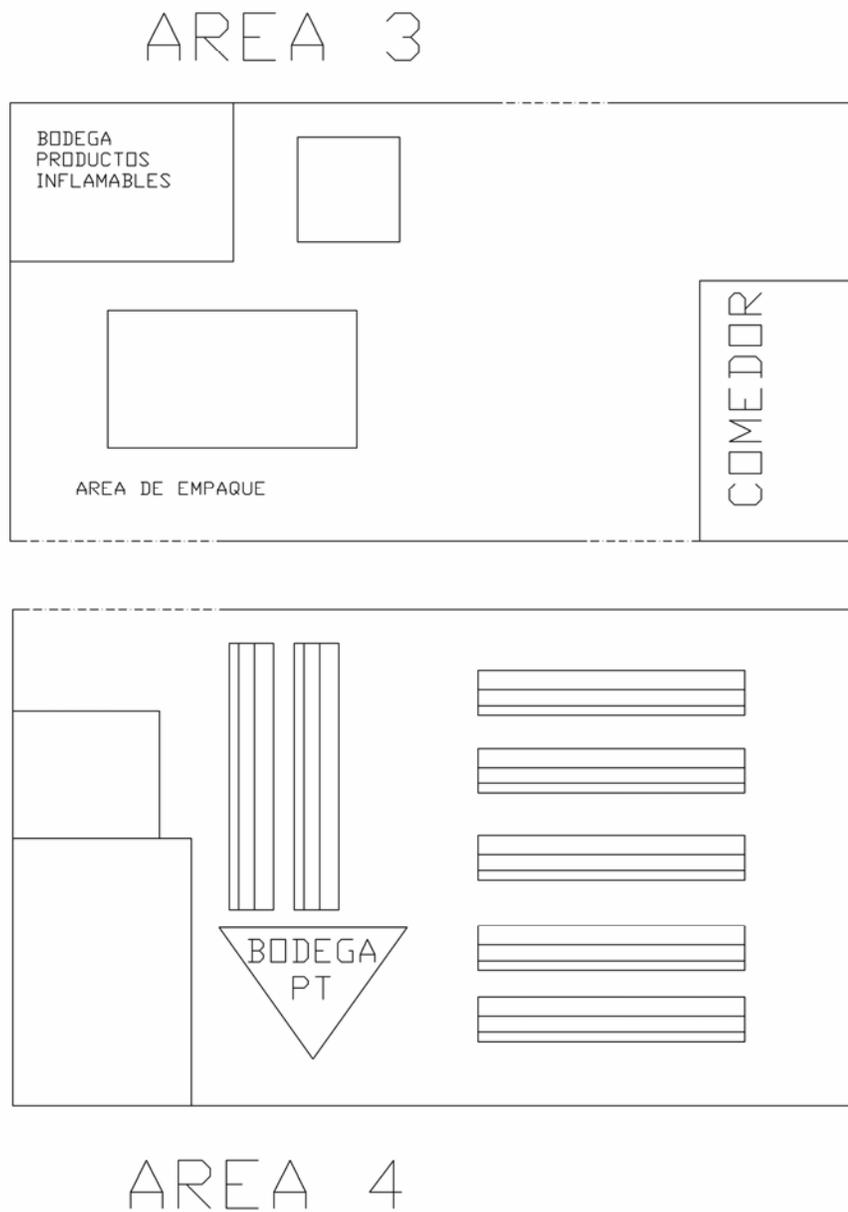


Figura 40 Señalización del área 3 y 4 de trabajo



El proyecto incluye:

- Señalización de áreas de trabajo
- Señalización de áreas de paso
- Señalización de áreas con peligro
- Señalización de bodegas

## **4.2 Instalación de sistema de ventilación**

Se analizaran factores como la temperatura alcanzada luego de la instalación del equipo, y la comparación con temperaturas previas para analizar el cambio y comparar con los pronósticos

### **4.2.1 Estudio del control de la temperatura**

Análisis de la situación actual contra la situación antes de la implementación del sistema para analizar y comparar los datos según el Pronóstico

#### **4.2.1.1 Análisis de la temperatura alcanzada**

Se realizó un muestreo de temperaturas luego de aplicar los cambios en el sistema de ventilación de la misma manera que se tomó en el momento de la evaluación, las tomas fueron durante 5 días una vez cada hora

Tabla XXXVII Datos muestrales de temperatura alcanzada luego de mejoras realizadas

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROMEDIO
7:00	18,00	14,00	18,00	16,00	17,00	16,60
8:00	19,00	18,00	19,00	17,00	19,00	18,40
9:00	20,00	19,00	21,00	18,00	20,00	19,60
10:00	22,00	20,00	22,00	21,00	22,00	21,40

11:00	24,00	21,00	24,00	25,00	23,00	23,40
12:00	26,00	21,00	26,00	28,00	24,00	25,00
13:00	27,00	20,00	28,00	30,00	25,00	26,00
14:00	27,00	18,00	30,00	29,00	28,00	26,40
15:00	27,00	17,00	30,00	28,00	28,00	26,00
16:00	26,00	16,00	29,00	27,00	27,00	25,00
17:00	25,00	16,00	28,00	26,00	26,00	24,20

#### 4.2.1.2 Comparación de las temperaturas previas

Se realizó una comparación con los datos obtenidos antes de la implementación de la mejora y luego de la implementación del cual obtuvimos una diferencia de temperaturas.

Tabla XXXVIII Diferencia de temperaturas obtenida por las mejoras realizadas

LUNES			
	1ERA TOMA	2NDA TOMA	DIFERENCIA
7:00	18	18	0
8:00	19	19	0
9:00	20	20	0
10:00	22	22	0
11:00	24	24	0
12:00	26	26	0
13:00	30	27	3
14:00	31,5	27	4,5

15:00	32	27	5
16:00	31	26	5
17:00	28	25	3
MARTES			
	1ERA TOMA	2NDA TOMA	DIFERENCIA
7:00	15	14	1
8:00	17	18	-1
9:00	20	19	1
10:00	21,5	20	1,5
11:00	22	21	1
12:00	24	21	3
13:00	26	20	6
14:00	24	18	6
15:00	22	17	5
16:00	21,5	16	5,5
17:00	21	16	5
MIERCOLES			
	1ERA TOMA	2NDA TOMA	DIFERENCIA
7:00	19	18	1
8:00	19	19	0
9:00	20	21	-1
10:00	21	22	-1
11:00	23	24	-1
12:00	24	26	-2
13:00	28	28	0
14:00	28,5	30	-1,5
15:00	27	30	-3
16:00	26,5	29	-2,5
17:00	26	28	-2
JUEVES			
	1ERA TOMA	2NDA TOMA	DIFERENCIA
7:00	19	16	3
8:00	21	17	4
9:00	23	18	5
10:00	26	21	5
11:00	28	25	3

12:00	30	28	2
13:00	32	30	2
14:00	33	29	4
15:00	35	28	7
16:00	34,5	27	7,5
17:00	32	26	6
VIERNES			
	1ERA TOMA	2NDA TOMA	DIFERENCIA
7:00	19	17	2
8:00	20	19	1
9:00	22	20	2
10:00	24,5	22	2,5
11:00	27	23	4
12:00	28	24	4
13:00	29,5	25	4,5
14:00	30	28	2
15:00	33	28	5
16:00	32	27	5
17:00	30,5	26	4,5

#### 4.2.1.3 Comparación de las temperaturas actuales

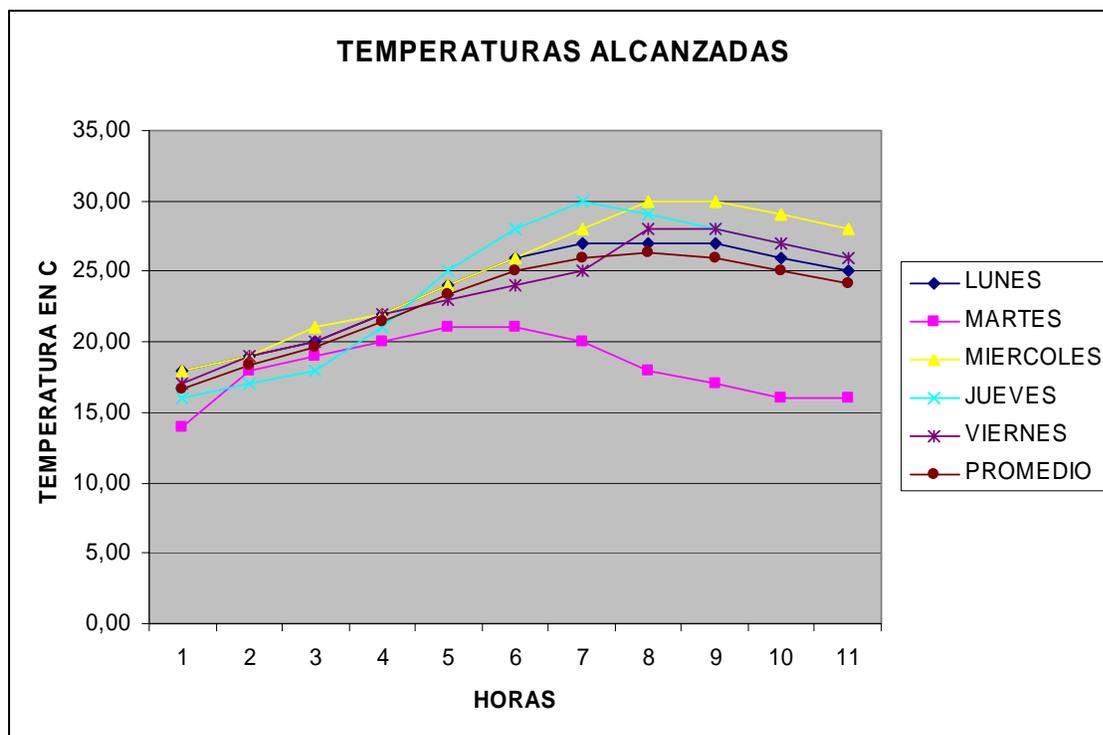
Por medio de las temperaturas alcanzadas a partir de las mejoras obtenemos los siguientes datos, los cuales nos muestran la temperatura máxima y una temperatura promedio.

Tabla XXXIX Tabla de temperaturas alcanzadas luego de la implementación de la mejora

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROMEDIO
7:00	18,00	14,00	18,00	16,00	17,00	16,60
8:00	19,00	18,00	19,00	17,00	19,00	18,40
9:00	20,00	19,00	21,00	18,00	20,00	19,60

10:00	22,00	20,00	22,00	21,00	22,00	21,40
11:00	24,00	21,00	24,00	25,00	23,00	23,40
12:00	26,00	21,00	26,00	28,00	24,00	25,00
13:00	27,00	20,00	28,00	30,00	25,00	26,00
14:00	27,00	18,00	30,00	29,00	28,00	26,40
15:00	27,00	17,00	30,00	28,00	28,00	26,00
16:00	26,00	16,00	29,00	27,00	27,00	25,00
17:00	25,00	16,00	28,00	26,00	26,00	24,20

Figura 41 Gráfica de la tendencia de la temperatura alcanzada luego de la implementación de las mejoras



#### 4.2.1.4 Descripción de las mejoras alcanzadas

Se puede observar que después de aplicar las mejoras la temperatura se mantiene en un promedio aceptable para la producción de velas y validación de la fórmula de trabajo.

Figura 42 Gráfica de temperaturas en el área de trabajo antes de la implementación de mejoras

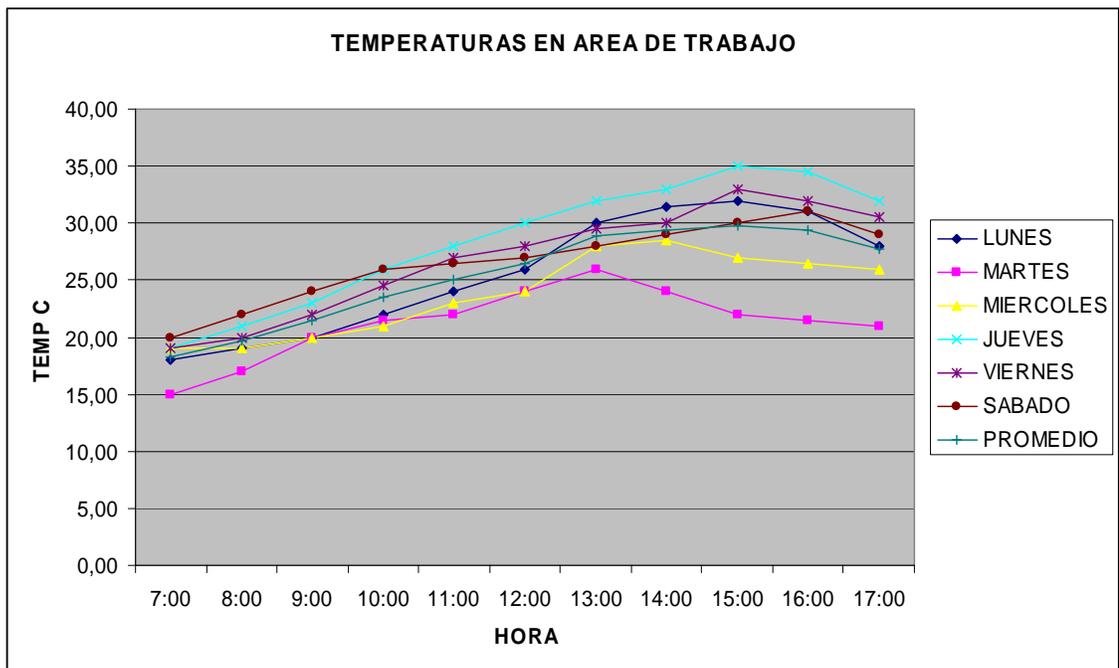
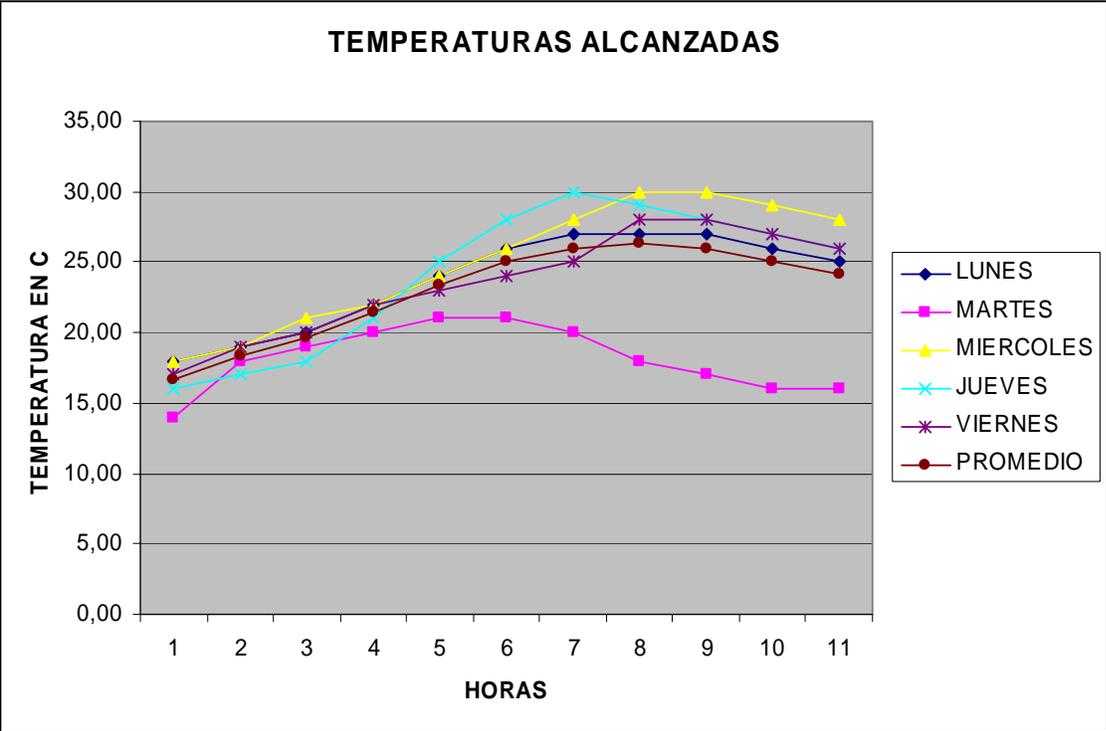


Figura 43 Gráfica de temperaturas en el área de trabajo después de la implementación de mejoras



#### 4.2.2 Estudio de secado

A partir de los datos recopilados en el análisis de la situación antes del proyecto y después de instalado en referencia a los cambios de temperatura obtenidos se procede a hacer el análisis de secado

##### 4.2.2.1 Recolección de datos muestrales

Al realizar un estudio muestral con la temperatura mejorada obtenemos los siguientes datos para cilindros de 3X3

Tabla XL Toma de tiempos muestrales de producción luego de la implementación de mejoras

Descripción	Tiempo / min	Acumulado	Temp obtenido al T en Celsius
1er Enfriado en moldes	110	110	43
2ndo enfriado en moldes	80	190	35
3er enfriado en moldes	45	235	32
Secado final del producto	60	295	29,5

#### 4.2.2.2 Comparación del modelo químico con el estudio muestral

A partir de la ecuación de decaimiento exponencial de la temperatura expuesto por Newton, el cual obtiene una constante de decrecimiento proporcional y una temperatura fina obtenemos lo siguientes datos

Tabla XLI Temperaturas obtenidas a partir del modelo exponencial de decaimiento de temperatura

<b>TIEMPO</b>	<b>TEMPERATURA</b>
30	61,37
60	49,47
90	41,88
120	37
150	34
180	32
210	31
240	30
270	29,5
300	29
330	28,8
360	28,7
390	28,6

#### 4.2.2.3 Comparación de tiempos estimados con el modelo químico y el estudio muestral

Si comparamos los dos modelos se puede observar que ambos modelos alcanzan la temperatura de 30 grados aproximadamente al mismo tiempo.

Figura 44 Gráfica de decaimiento exponencial de la temperatura por medio del modelo de Newton

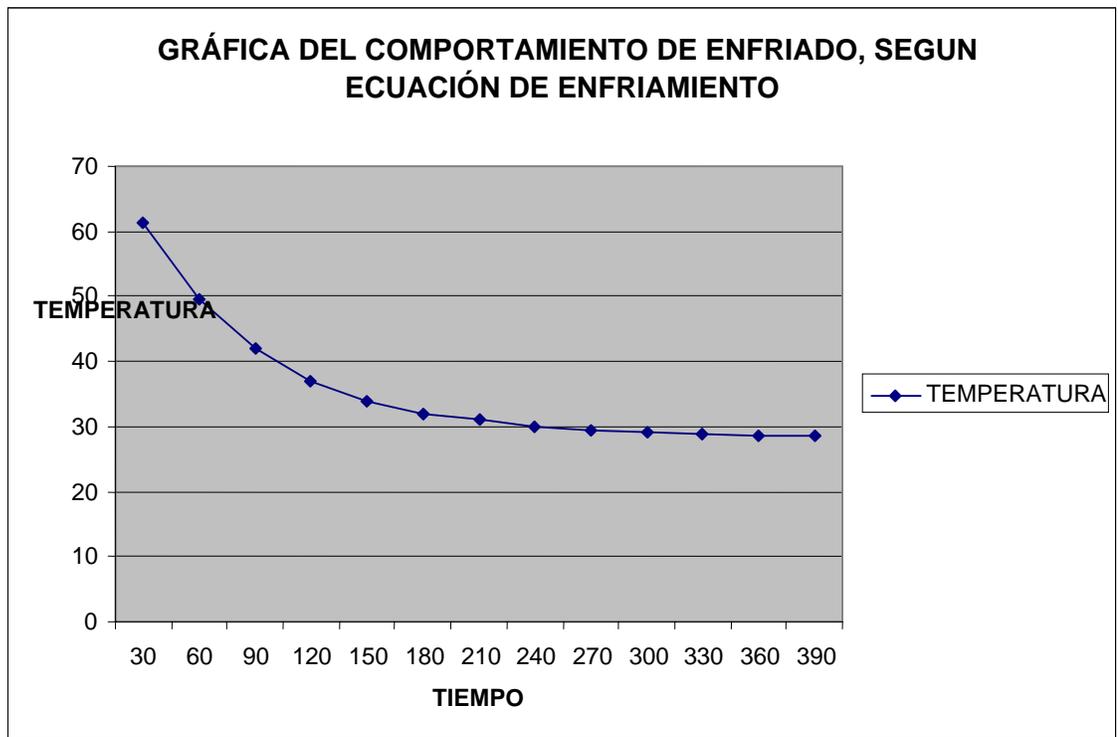
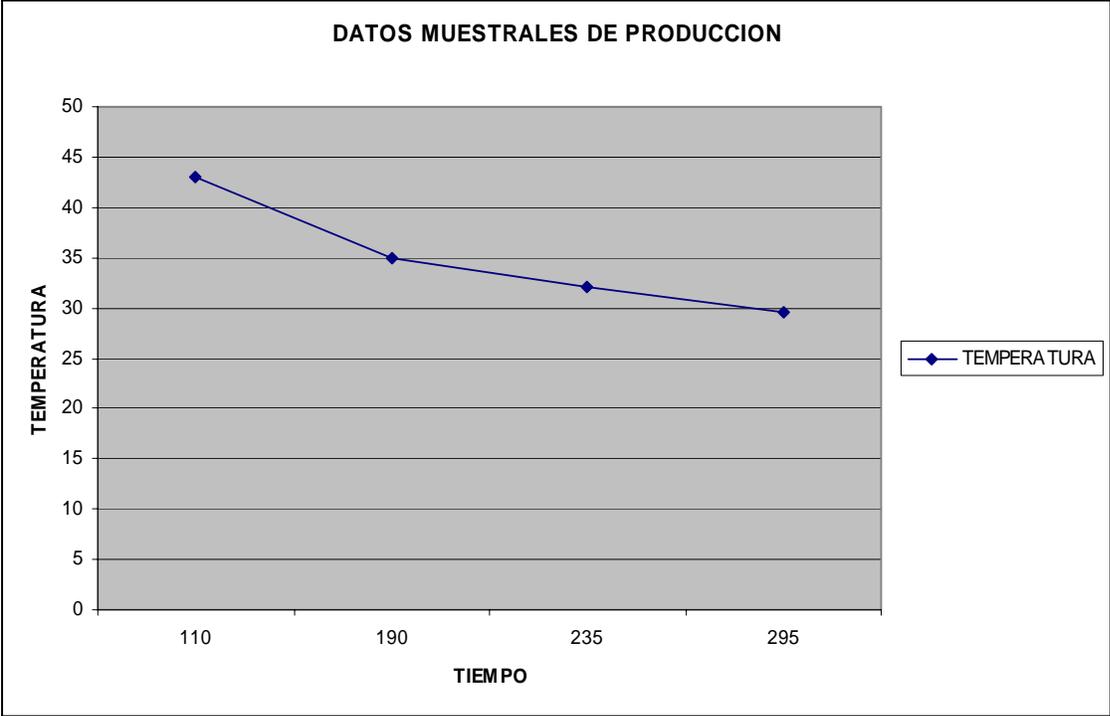


Figura 45 Gráfica de decaimiento de la temperatura obtenido por datos muestrales



Se puede observar que ambos modelos alcanzan la temperatura de 30 grados aproximadamente al mismo tiempo.

#### 4.2.2.4 Validación del método químico

A través de los datos obtenidos por la ecuación de decaimiento exponencial y los datos obtenidos por el estudio de tiempos muestral que se realizó en los cilindros de 3X3 se realizó una tabla estadística para analizar la relación y la validez de los datos.

Tabla XLII Análisis comparativo entre datos muestrales y datos teóricos

TIEMPO	TEMPERATURA CON LA ECUACION	TEMPERATURA MUESTRAL	DIFERENCIA	DIFERENCIA ACUMULADA	DIFERENCIA ABSOLUTA
120	37	43	6	6	20,9
210	31	35	4	10	
240	30	32	2	12	
300	29	29,5	1	12,5	

Se puede observar que la diferencia acumulada entre los valores es muy pequeña, y el valor se aproxima a medida que la función llega al límite cuando tiende a cero, la cual es la temperatura es de 28 grados Celsius.

Si analizamos el error acumulado absoluto es de 20 valor que se acumula a traves de las diferencias de las dos Gráficas.

El modelo será validado debido a que contribuye grandemente a la generación de tiempos para la ayuda de la planificación de la producción, esta herramienta será sustituida por medio del historial recopilado a través de las hojas de control

de la producción luego de tener patrones iniciales obtenidos a través de la formula.

#### 4.2.2.5 Tabla de tiempos estándar para el secado

A través de la validación de la ecuación y la correlación que existe entre esta y los datos obtenidos de la muestra se puede definir los tiempos estándares de secado para los cilindros de 3X3 como.

Tabla. XLIII Tiempos estándar de secado de los cilindros de 3X3

<b>TIEMPO</b>	<b>TEMPERATURA</b>
30	61,37
60	49,47
90	41,88
120	37
150	34
180	32
210	31
240	30
270	29,5
300	29
330	28,8
360	28,7
390	28,6

### 4.3 Planificación de la producción

Se procede a establecer la planificación en relación a tiempos de producción luego de aplicado el proyecto de mejora.

#### 4.3.1 Establecimiento del método de planificación por medio de los tiempos establecidos para el área de secado

Los valores estándares estarán dados por la siguiente tabla, la base del Cálculo es la estimación porcentual de cada uno de los procesos depende del tiempo de enfriado y depende de los niveles de dificultad y valores de calificación que se estimaron para cada proceso.

Tabla XLIV Tiempos estimados según el tipo de proceso para la estandarización de procesos

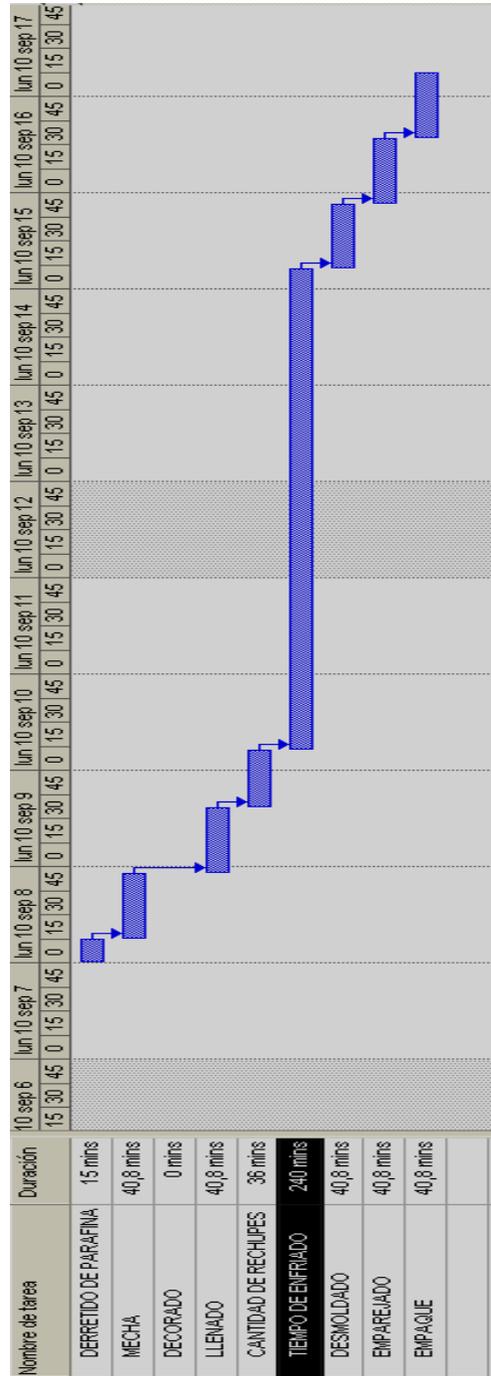
<b>VALORES ESTIMADOS SEGÚN EL TIPO DE PROCESO</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>EN</b>	<b>VALOR</b>	<b>CANTIDAD DE CANDELAS</b>
	<b>RELACION</b>		<b>AL</b>		
	<b>ENFRIADO</b>				
<b>DERRETIDO DE PARAFINA</b>	<b>ESTANDAR</b>			<b>15 MIN</b>	
<b>MECHA</b>					
ENEBRADO	ALTO			0,15%	X
BARRENADO	MEDIO			0,08%	X
NORMAL	BAJO			0,03%	X
<b>DECORADO</b>					X
LISO	BAJO			0,00%	X
DEGRADADO	BAJO			0,10%	X
CAPAS	MEDIO			0,15%	X

POTPOURRI	MEDIO	0,17%	X
FLOR	ALTO	0,20%	X
MIXTO	ALTO	0,25%	X
<b>LLENADO</b>		0,20%	X
<b>CANTIDAD DE RECHUPES</b>	PORCENTAJE DE ENFRIADO	5%	X
<b>TIEMPO DE ENFRIADO</b>	ESTIMADO POR LA ECUACION O PROCESOS ANTERIORES	n/a	
<b>DESMOLDADO</b>	NORMAL	0,10%	X
<b>EMPAREJADO</b>	NORMAL	0,20%	X
<b>EMPAQUE</b>	NORMAL	0,30%	X

#### 4.3.2 Creación de diagramas de planificación y control

El diagrama de planificación será básicamente un diagrama de Gantt, el cual muestra el tiempo que producción tarda en completar un lote y trasladarlo a acabado final y empaque, este diagrama mostrara a los operadores los tiempos establecidos para cada proceso y en base a este se evaluara el rendimiento del personal, en base a este se determinaran las causas por las cuales los operadores no logran alcanzar los estándares y constituirá la base para la mejora continua.

Figura 46 Diagrama de Gant para el análisis de los procesos



### **4.3.3 Validación de los métodos de planificación**

Podremos validar el método de planificación en base al Cálculo de las operaciones por medio de diagramas hombre maquina.

Se puede observar que los pasos y operaciones efectuadas por cada operario corresponden a lo planificado por medio del diagrama de GANTT

## 5 IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

### 5.1 Estadísticas

A partir de los datos de producción de temporadas anteriores se procede a determinar la mejora a largo plazo proyectando los aumentos en la productividad a largo plazo.

#### 5.1.1 Datos muestrales de producción antes de la mejora

Segundos datos obtenidos de temporadas anteriores tenemos los siguientes KG empacados

Tabla XLV Tabla de estadísticas de producción de períodos anteriores

<b>MES DEL AÑO</b>	<b>KG EMPACADO</b>
ago-06	2548
sep-06	3077
oct-06	4401
nov-06	5532
dic-06	3622
ene-07	791
feb-07	1996
mar-07	2342
abr-07	1621
may-07	2076
jun-07	2554
jul-07	1820

Utilizando el método de promedio ponderado para estimar la demanda del producto en los periodos próximos obtenemos los siguientes datos.

Tabla XLVI Análisis de crecimiento de la demanda por método de promedio ponderado

**PROMEDIO PONDERADO**

Periodo	ventas	Pronóstico	error prom	abs erro	error acum	rmse	mae
1	2548						
2	3077						
3	4401						
4	5532						
5	3622						
6	791						
7	1996						
8	2342						
9	1621	2177	-556,82	556,82	556,82	310043,39	<b>388,53</b>
10	2076	2025	51,43	51,43	608,25	2645,48	
11	2554	2067	486,90	486,90	1095,15	237074,14	
12	1820	2279	-458,97	458,97	<b>1554,12</b>	210651,81	
						<b>436,01</b>	

Ponderación

A	0,50
B	0,50
C	1,20
D	1,80
e	1,70

### 5.1.2 Datos muestrales de producción después de la producción

Los datos muestrales nos indican que la productividad en la eficiencia obtenida por el tiempo aumentó un 167% correspondiente a la fabricación de cilindros de 3X3

Tabla XLVII Análisis del aumento de la productividad

Aumento de la productividad		
CANDELAS POR MINUTO CON EL PROYECTO	0,34	candelas/min
CANDELAS POR MINUTO SIN EL PROYECTO	0,2	candelas/min

Por lo que se puede pronosticar un incremento en la producción y un decremento en los costos de la siguiente manera.

En cuatro meses los beneficios obtenidos estarían dados por la ecuación de beneficio.

PARA 5 LOTES POR MES PROMEDIO	2646X+402
-------------------------------	-----------

Beneficio= Q10,986.00

Costos: = Q5,250.00

El margen obtenido es de Q5,736.00

### 5.1.3 Comparación estadística de los dos escenarios

Se puede estimar un aumento de la producción utilizando el factor de eficiencia utilizando el Pronóstico de crecimiento de la demanda multiplicado por el crecimiento de la eficiencia en el cual obtenemos.

Tabla XLVI Pronóstico del crecimiento de producción utilizando el factor de aumento de productividad

PROMEDIO PONDERADO			
Periodo	ventas	Pronóstico	aumento de productividad
1	2547,88		
2	3076,84		
3	4401,17		
4	5532,27		
5	3622,47		
6	791,47		
7	1995,61		
8	2341,59		
9	1620,59	2177,41	3636,27
10	2075,95	2024,52	3380,94
11	2553,51	2066,61	3451,23
12	1819,58	2278,55	3805,18

## 5.2 Resultados

Los datos que se recopilaron a partir de los producciones anteriores y aplicando métodos de Pronóstico se procede a analizar los resultados

### 5.2.1 Resultados obtenidos

Se obtuvo una ganancia debido al costo de oportunidad por los 245 minutos que se ahorro por medio de los cambios

Tabla XLVII Cuantificación del ahorro en mano de obra por costo de oportunidad

Área de producción	
Costo de mano de obra	Q0,12 X min X obrero
Costo de trabajar 245 min por obrero	Q29,40
Costo por estación de trabajo	Q58,80

Se obtuvo una ganancia debido a la eliminación del tiempo muerto en el área de empacado.

Tabla XLVIII Cuantificación en el ahorro debido a la reducción de tiempos muertos en área de empaque

Área de Empacado Cálculo de tiempo muerto	
Costo de mano de obra por minuto	Q0,12 X min X obrero
Costo del tiempo muerto de 245 min	Q29,40

Aumento de la productividad por reducción de tiempos.

Tabla XLIX Aumento de la productividad por reducción de tiempos.

Aumento de la productividad		
CANDELAS POR MINUTO CON EL PROYECTO	0,34	Candelas X min
CANDELAS POR MINUTO SIN EL PROYECTO	0,20	Candelas X min
	167,68%	AUMENTO DE PRODUCTIVIDA

Tabla L Reducción del costo de MO en la fabricación de los cilindros de 3X3

Costo de mano de obra		
Mano de obra	Q0,12	min X candela
Tiempo estimado sin el proyecto	830	minutos
Cantidad de operarios	2	opearios X mesa
Total de mano de obra	Q199,20	
Candelas producidas	170	
Costo por candela	Q1,17	por candela
Costo de mano de obra		
Mano de obra	Q0,12	min X candela
Tiempo estimado con el proyecto	495	minutos
Cantidad de operarios	2	opearios X mesa
Total de mano de obra	Q118,80	
Candelas producidas	170	
Costo por candela	Q0,70	por candela

### 5.2.2 Costeo de los beneficios obtenidos

Las ganancias obtenidas están dadas por medio de la ecuación de beneficio:

Tabla LI Ecuación de los beneficios obtenidos

ECUACIÓN DE BENEFICIO	$2646X + 80,40 Y$
X = TIEMPO EN MESES	
Y = CORRIDAS DE LOTES DE 170 CANDELAS	
PARA 5 LOTES POR MES PROMEDIO	$2646X+402$

### 5.2.3 Costeo de la implementación de las mejoras

Costo de la implementación de las mejoras y su costo variable por mes estado por la ecuación de costo:

Tabla LII Costos de implementación

ECUACIÓN DE COSTOS	
INVERSIÓN INICIAL	2750
COSTO DE MANTENIMIENTO MENSUAL	500
ECUACIÓN FINAL DE COSTOS	$2750+500X$

### 5.3 Estudio beneficio costo

El análisis de beneficio costo son a partir de las mejoras alcanzadas y los pronósticos realizados, se concluye la factibilidad del proyecto si el proyecto a largo plazo muestra un aumento en las ganancias implementando el proyecto de mejora

#### 5.3.1 Cuadro de beneficio costo

El proyecto se justifica debido a que la inversión se recupera rápidamente en menos de dos meses, lo se puede observar por medio de la ecuación de beneficio costo.

Tabla LIII Beneficios por ahorro de tiempo

BENEFICIOS POR AHORRO DE TIEMPO MUERTO	
AHORRO PRODUCCIÓN	58,8
AHORRO EMPACADO	29,4

EN UN PERÍODO DE 30 DÍAS	2646
--------------------------	------

Tabla LIV Ecuación de beneficio mensual

ECUACIÓN DE BENEFICIO	$2646X + 80,40 Y$
X = TIEMPO EN MESES	
Y = CORRIDAS DE LOTES DE 170 CANDELAS	
PARA 5 LOTES POR MES PROMEDIO	$2646X+402$

Tabla LV Ecuación de costos mensual

ECUACIÓN DE COSTOS	
INVERSIÓN INICIAL	2750
COSTO DE MANTENIMIENTO MENSUAL	500
ECUACION FINAL DE COSTOS	$2750+500X$
X = TIEMPO EN MESES	

IGUALANDO ECAUCIONES	$2646X+402=2750+500X$
PUNTO DE EQUILIBRIO	1,09 MESES

Se puede observar que el punto de equilibrio esta en 1.09 meses, a partir de este tiempo la inversión habrá sido recuperada y se presentan ganancias.

#### 5.4 Mejora

El análisis de la mejora continua tiene como objetivo proporcionar mas información acerca de cambios que puedan estar ligados al proyecto en el futuro de forma que impacten directamente en el aumento de productividad

#### **5.4.1 Análisis de mejora continua**

Una de las aplicaciones del proyecto era realizar la base para el control de estándares de tiempo para los cilindros de 3X3, esto debe de ser perfeccionado por medio del historial obtenido en el futuro para ir recopilando información como lo son mejoras en los procesos, cambios de materiales y herramientas para eficientar procesos, estudio de movimientos y ergonomía, con el fin de mantener los estándares y lograr reducirlos.

La mejora continua debe de estar enfocada en la réplica del análisis para los demás productos realizados en la fábrica, es decir se puede empezar por los productos que tienen más demanda, con esto lograr estimar tiempos de entrega y al final la eficiencia obtenida se resume en mejor calidad y respuesta hacia los clientes los cuales demanda mucho en la exactitud de tiempos de entrega.

Debido a que los procesos son artesanales el siguiente paso para modificar los tiempos de secado serán la fabricación de un techo estilo gallinero para tener ventilación total y hacer uso de las tensiones superficiales creadas por el cambio de temperatura en el aire, con esto lograran mejorar la ventilación e incluso hacer caso omiso de los ventiladores proporcionados.

#### **5.4.2 Cambios y oportunidades de mejora del proyecto**

El proyecto muestra una función química obtenida de modelos diferenciales, los cuales están sometidos a leyes físicas las cuales no son constantes en un área de trabajo por lo que puede presentar el caso de que para algunos modelos no calcule con exactitud la cantidad de tiempo de enfriamiento y se puede presentar que los procesos decorativos sean mucho mas complejos y distorsionen los valores presentados en este trabajo de graduación.

### **5.4.3 Análisis de cambios a realizar y nuevos proyectos a futuro**

El proyecto recomendado para futuro es el cambio del techo, la cotización de este y el análisis en el aumento en la productividad de igual manera que se realizó en este trabajo de graduación, se tendrá como beneficio la eliminación de ventilación artificial y se podrá indagar mucho mas en el tema de tensión superficial creada por los cambios de temperatura en el aire,

## CONCLUSIONES

- 1 Se logró controlar la temperatura del lugar creando una nueva distribución de áreas, para buscar agrupar los agentes productores de calor en un área y con esto intensificar los esfuerzos de ventilación, con el fin de reducir costos variables por la utilización de sistemas artificiales de ventilación. A partir de la climatización del área, se logro eliminar los picos y se validó la utilización de una función química exponencial, que estima el tiempo de secado. Esta depende de variables como la temperatura del ambiente logrado en el cual se obtenemos estandarización de tiempo de secado del producto y la optimización de los tiempos del mismo.
- 2 Se pudo crear un área más eficiente con flujos continuos de material, se agruparon los agentes que emiten calor en el ambiente como: Marmitas, estufas y producto en enfriamiento. En un área se observó que con la reorganización, el producto muestra un desplazamiento eficiente por las distintas áreas y el área donde se presenta mayor calor fue climatizada por medio de circulación artificial de aire.
- 3 Se busco la agrupación de los agentes productores de calor, se buscò térmicamente todos contribuyeran al derretido del producto, se estableció que las marmitas utilizadas tiene un diseño óptimo, ya que logran utilizar eficientemente el combustible y disminuir tiempos de derretido, el método utiliza el aire como conductor térmico de tal manera se crea dentro de la marmita y el recubrimiento exterior una bolsa de aire súper calentado que contribuye a utilizar menor energía y menor tiempo para el derretido.

- 4 Se logró la creación de un ambiente óptimo para el secado del producto, en el cual se utilizó motores ventiladores que crean un efecto llamado tensión superficial del aire, logrando una circulación natural y renovando el ambiente con aire fresco aproximadamente 3 veces el volumen total del área por hora.
- 5 Se utilizó la ecuación de decaimiento exponencial de temperatura utilizado por Newton, básicamente expone que un producto sufre los efectos térmicos del ambiente que lo rodea, con base a su constante inicial y su valor de decaimiento exponencial se puede predecir matemáticamente la temperatura final de un producto dados sus valores iniciales, estos valores son experimentales y se observó que mostraron resultados cercanos a la realidad, por lo que se validó ya que servirán como base para la creación del historial, que el cual será modificado con tiempos de producción posteriores.
- 6 Se logró estimar la confiabilidad del modelo matemático tras unas pruebas realizadas luego de lograr estabilizar la temperatura del ambiente, los resultados demostraron que a medida la temperatura del producto se acerca a la temperatura del ambiente el error se vuelve cero por una parte se explica el fenómeno de intercambio térmico entre la temperatura de un elemento y su ambiente y el tiempo que tardan en igualar sus temperaturas y por parte de los datos muestrales obtenidos se estableció que el método es factible para la parte inicial del proyecto y para sus usos de planificación y control de capacidades de la planta.
- 7 Se determinó la confiabilidad de la ecuación comparándola con muestreos realizados donde se observó que el error acumulado al cruzar las dos Gráficas de tendencia de enfriamiento era de 12 grados centígrados

acumulados, lo cual indica que puede existir una variabilidad de 3 grados promedio, valor que no es significativo en los tiempos de enfriado donde sucede rellenos de material.

- 8 Se creó un modelo de programación y planificación por medio de ponderación, el cual depende de valores según sea el estilo que se quiera producir, se tomaron en cuenta todos los procesos de fabricación y estos dependen tanto de la cantidad del lote como del acabado final del producto, el resultado en conjunto del estilo, acabado y cantidad nos determina el tiempo final de producción.
- 9 Uno de los beneficios obtenidos se muestra en el aumento de la productividad, se obtuvo que con los cambios la fábrica tiene la capacidad de producir 1.67 candelas en comparación a los tiempos anteriores, esto muestra aumentos en productividad y en reducción del costo de mano de obra ya que el personal no tiene bono de producción sino que tienen un sueldo mensual, factor que hay que aprovechar al máximo. El costo de mano de obra de la candela se redujo en 47 centavos por candela producida para candelas tipo cilindro 3X3. Se puede determinar que el costo ayudará a aumentar el ingreso marginal del producto, en lotes de 170 candelas la empresa ahorra 80 quetzales.
- 10 El costo de oportunidad obtenido por la reducción de 245 minutos de producción es de aproximadamente de 2646 quetzales, ya que este es el costo de producir el lote cuando se podría estar produciendo otro, esto va relacionado con la reducción de tiempos muertos y la reducción de mano de obra. Este costo de oportunidad es muy importante ya que no es tomado en cuenta en los análisis de la empresa y son valores directamente

proporcionales a la productividad, esto quiere decir que a medida que la productividad aumenta el costo de oportunidad también aumenta pero este es un costo que es beneficioso para la empresa ya que muestra el dinero que se estaba perdiendo por no ser eficientes.

- 11 Entre la comparación obtenida por el beneficio y el costo de operación observamos que los beneficios variables están dados por Q2646 por mes mientras que la ecuación de costos esta dada por Q500.00 por mes más cargos constantes, lo que se puede apreciar es que los beneficios mensuales son mayores que los costos variables mensuales resultando en un punto de equilibrio a 1.09 meses del proyecto estar en funcionamiento. Después del punto de equilibrio para la empresa estará ahorrando Q2,646 mensualmente, valor que depende entre las cantidades de lotes fabricados al mes.
- 12 El costo de implementación del proyecto es de Q2,650 y el costo variable mensual de operación es de Q500.00, lo cual es el costo de energía eléctrica por tener los motores funcionando un promedio de 10 horas diaria, el beneficio alcanzado mensualmente es de Q2,646 con lo que la implementación de este tipo de sistemas es factible ya que su costo de operación mensual no es muy costoso, el tiempo de vida es de dos años y el costo de implementación es bajo considerando el valor que se obtiene por los beneficios obtenidos.

## RECOMENDACIONES

- 1 Se sugiere la creación de un historial que muestre datos mas reales de producción, con el fin de lograr estándares mas específicos que puedan servir de metas de producción y de trabajos de investigación en el futuro para eficientar procesos.
- 2 Se recomienda incluir un plan de producción masivo que contemple mantener una oferta constante, la creación de modelos de planificación muestran capacidades de la fábrica que pueden ser explotados al máximo, esta oferta puede ser procesada, según análisis previos de planificación, dentro de lotes para mantener el área de producción activa, eliminar tiempos muertos, lograr que el personal trabaje cantidades grandes de producto y enfocarse en alcanzar metas altas de producción.
- 3 Que la alta gerencia participe en modelos y propuestas de mejoras de sistemas de producción, para eficientar los procesos y lograr una mejora continua, a fin de buscar la máxima satisfacción del cliente.
- 4 El proyecto recomendado para el futuro es el cambio del techo, la cotización de éste y el análisis en el aumento en la productividad de igual manera que se realizó en este trabajo de graduación, se tendrá como beneficio la eliminación de ventilación artificial y se podrá indagar mas más en el tema de tensión superficial creada por los cambios de temperatura en el aire.
- 5 La mejora continua debe de estar enfocada en la réplica del análisis para los demás productos realizados en la fábrica, es decir se puede empezar

por los productos que tienen más demanda, con esto lograr estimar tiempos de entrega y al final la eficiencia obtenida se resume en mejor calidad y respuesta hacia los clientes los cuales demanda mucho en la exactitud de tiempos de entrega.

- 6 Una de las aplicaciones del proyecto era realizar la base para el control de estándares de tiempo para los cilindros de 3X3, esto debe de ser perfeccionado por medio del historial obtenido en el futuro para ir recopilando información como lo son mejoras en los procesos, cambios de materiales y herramientas para eficientar procesos, estudio de movimientos y ergonomía, con el fin de mantener los estándares y lograr reducirlos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Zemansky, Mark W. Calor y Termodinámica  
4ª edición, España 1979
2. Rosember Joene C. Química General  
2ª Edición, McGraw Hill, México 1995
3. Spiegel Murria R. Estadística General  
2ª edición México, McGraw Hill 1991
4. Harold B Maynard y William Hodson, Manual del Ingeniero Industrial 4a  
Edición McGraw Hill 1996
5. Tippens Poul E, Física, Conceptos y Aplicaciones  
5ª edición McGraw Hill 1996
6. Dossat Ray S. Principios de Refrigeración  
1ª edición México, CECSA 1980
7. Samuels Carl, Tratado practico de Refrigeración Automática  
12ava México 2000
8. Holman J P. Métodos Experimentales para Ingenieros  
1 edición McGraw Hill 1977
9. Garcia Criollo Roberto. Estudio del Trabajo, Ing Métodos  
Mexico McGraw Hill 1998

10. Vollman Thomas E. Sistemas de Planificación y Control de la  
Fabricación. 3ª edición. McGraw Hill 1997