



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN
COORDINACIÓN DE POSGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE CALIDAD**

**OPTIMIZACION DE LA LINEA DE
PRODUCCION DE PLACAS FILTRANTES**

TESINA

Para obtener el Grado de
Especialista en Sistemas de Calidad

PRESENTA

YADIRA AYALA MARTINEZ

Asesor: M en I. Alberto Fuentes Maya

México, Septiembre 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Jurado

Presidente: Mtro. Adalberto López López

Secretario: Mtro. Alberto Fuentes Maya

Vocal: Mtra. Mtra. Nelly Karina Jiménez Genchi

Suplente 1: Mtra. Coral González Mercado

Suplente 2: Esp. Carlos Joel Martínez Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis profesores de la especialidad, por compartir su tiempo, experiencias y conocimientos durante sus clases, que me enriquecieron durante de este año y me aportaron las herramientas necesarias para la elaboración de este trabajo y enfrentar el mundo laboral con un criterio más amplio.

Al M. en I. Alberto Fuentes Maya por sus consejos basados siempre en fundamentos que permitieron que este trabajo tuviera bases solidas para sustentar las propuestas que lleven a la mejora continua.

A la M. en I. Nelly Karina Jiménez Genchi por la oportunidad de ingresar a esta especialidad y por el seguimiento personalizado que nos brinda a cada alumno, permitiéndonos ser personas más comprometidas.

A la empresa Columbia Filter por permitir el acceso a sus instalaciones para la realización de la propuesta de optimización en esta tesina.

A mis sinodales por tomarse un tiempo para la lectura de la tesis y sobretodo por sus valiosos comentarios que sin duda, enriquecieron mi trabajo.

A mis compañeros por enriquecer las clases con sus experiencias laborales y personales.

Y a mi familia por el apoyo y por el entusiasmo que todos los días me transmiten en cada meta y logro.

ÍNDICE	Página	
INTRODUCCIÓN	5	
Capítulo 1. Problemática en la línea de Placas Filtrantes		7
1.1 Planteamiento del Problema de Investigación. Baja producción en la línea de Placas Filtrantes	7	
1.2 Metodología	7	
1.3 Objetivos de la investigación	10	
1.3.1 Objetivo General	10	
1.3.2 Objetivos Específicos	11	
1.4 Pregunta de la Investigación	11	
1.5 Justificación y Viabilidad	11	
1.6 Hipótesis y Variables	12	
1.7 Tipo de Investigación	13	
1.8 Recopilación de la Información	14	
1.9 Análisis de la Información	14	
1.10 Presentación de Resultados	14	
Capítulo 2. Antecedentes		15
2.1 Historia de Columbia Filter Company de México	15	
2.2 Diagrama de proceso	16	
2.3 Layout de la planta	17	
2.4 Superficie de operación	18	
2.5 Descripción del proceso de la línea de producción de placas filtrantes	19	
2.6 Características del equipo	20	
Capítulo 3. Marco Teórico		21
3.1 Conceptos de filtración	21	
3.1.1 Filtración	21	
3.1.2 Moldeadora	21	
3.1.3 Horno de secado al vacío	21	
3.1.4 Placas filtrantes	22	
3.1.5 Mezcla	22	
3.1.6 Tanque	22	
3.1.7 Capacidad	22	
3.1.8 Línea de producción	22	
3.1.9 Velocidad	22	
3.1.10 Temperatura	23	
3.1.11 Almacenamiento	23	
3.2 Calidad	23	
3.2.1 Capacidad	23	
3.2.2 Sistema	23	
3.2.3 Alta dirección	23	
3.2.4 Proceso	23	
3.2.5 Producto	23	
3.2.6 Proyecto	24	
3.2.7 Información	24	
3.2.8 Parte interesada	24	
3.3 Herramientas de análisis	24	
3.3.1 Encuesta	24	
3.3.2 Diagrama de Ishikawa	24	
3.3.3 Diagrama de Pareto	25	

3.3.4	Análisis Jerárquico (PAJ)	25
3.3.4.1	Medición absoluta y relativa e Información estructural	27
3.3.4.2	La Escala Fundamental	27
3.3.4.3	La solución vector propio de Peso y Consistencia	28
3.3.4.4	Cómo estructurar una jerarquía	29
3.3.5	Simulación	30
3.3.5.1	Las etapas para realizar un estudio de simulación	30
Capítulo 4.	Análisis de la Organización	31
4.1	Recopilar información	31
4.2	Diagnostico de las causas mediante Diagrama de Isikawa	31
4.3	Generación de soluciones	32
4.3.1	Toma de decisiones multicriterio	33
4.3.2	Diagrama de Pareto	40
Capítulo 5.	Optimización de la Línea de Producción de Placas Filtrantes	42
5.1	Programación de actividades	42
5.2	Desarrollo de aumento de tamaño de la moldeadora e incremento de capacidad del tanque	44
5.2.1	Definir capacidades actuales y nuevas	44
5.2.2	Diseño de la moldeadora y tanque	47
5.2.3	Cotización de materiales	47
5.2.4	Aprobación del proyecto	48
5.2.5	Capacitación	48
5.2.6	Simulación	48
5.2.7	Compra del equipo necesario	50
5.2.8	Implementación	50
5.3	Pruebas y evaluación	51
	CONCLUSIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	54

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla una propuesta para la optimización de una línea de producción de placas filtrantes perteneciente a la empresa Columbia Filter ubicada en el Estado de México, en la cual se presenta un problema de baja producción, ya que están pasando por un proceso de crecimiento por fusionarse con una empresa Suiza y el renombre de la misma les ha incrementado el número de pedidos de los clientes existentes y nuevos.

En virtud de lo anterior, el objetivo general consiste en “Incrementar el tamaño de la moldeadora ajustándola a la máxima capacidad del horno e incrementar el tamaño del tanque de abastecimiento de manera proporcional para optimizar la línea de producción de placas filtrantes”.

Debido a que se busca optimizar la línea de producción de placas filtrantes de la Empresa Columbia Filter, se seleccionó la metodología establecida por Arturo Fuentes Zenón que corresponde a los problemas de tipo operacional con enfoque en procesos y con base en ella se realizaron los capítulos que integran la tesina.

El trabajo de investigación se desarrolla de la siguiente forma, en el capítulo 1 se presenta la problemática actual de la empresa Columbia Filter, así como la metodología con la cual se abordara el problema, dejando claros los objetivos, la hipótesis y la justificación del trabajo, así como la viabilidad para efectuarlo una vez demostrado.

El capítulo 2, corresponde a los antecedentes de la empresa, así como el flujo del proceso de fabricación de placas filtrantes y las características del equipo utilizado.

Una vez descrita la situación problemática y los antecedentes de la organización, en el capítulo 3 se presentan los conceptos teóricos que se aplicaran en la investigación para comprender el proceso de producción de la línea de placas filtrantes y la optimización de la misma.

El capítulo 4 presenta el diagnóstico realizado a la línea de producción de placas filtrantes mediante la recolección de datos y análisis de los mismos.

En el capítulo 5, se describe la propuesta de implementación detectada con el análisis del capítulo anterior y el uso de reportes que ayuden a medir el cumplimiento de la implementación y de los objetivos de la misma.

La presente investigación busca demostrar la siguiente hipótesis “Al emplear Columbia Filter un tamaño de moldeadora superior al actual, con tamaño 1x2m e incrementar la capacidad del tanque a 4167L, lograra optimizar la línea de producción de placas filtrantes, aumentando un 77% la producción”.

CAPITULO 1. PROBLEMÁTICA EN LA LÍNEA DE PLACAS FILTRANTES

*"Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos que hay muchas otras montañas por escalar".
Nelson Mandela*

En el presente capítulo se describirá la situación actual de la línea de producción de placas Filtrantes de la empresa Columbia Filter, con la finalidad de establecer un marco de referencia para optimizar su producción.

1. 1 Planteamiento del Problema de Investigación: Baja Producción en la Línea de Placas Filtrantes

La empresa Columbia Filter está presentando un problema de baja producción en su línea de placas filtrantes, ya que la cantidad producida no será suficiente para abastecer el incremento en el número de pedidos de sus clientes actuales y de nuevos que esta captando, debido a que están pasando por un proceso de crecimiento por fusionarse con una empresa Suiza y el renombre de la misma ha atraído la atención de nuevo mercado.

Por ello es importante que la empresa busque la optimización de su línea de producción de placas filtrantes para poder satisfacer los requerimientos de sus clientes existentes y captar a los nuevos.

1.2 Metodología

La metodología establecida por Arturo Fuentes Zenón que se utilizará en las diferentes etapas de la investigación para optimizar la línea de producción de placas filtrantes es la que corresponde a los problemas de tipo operacional con enfoque en procesos de mejora¹.

Los problemas del tipo operacional corresponden a aquella clase de situaciones en las que se busca corregir las fallas o mejorar el desempeño que tiene la organización, ya sea en un nivel general o en cualquiera de los procesos o partes.

¹ Fuentes Zenón, Arturo, *Enfoques de Planeación un Sistema de Metodologías*, 2ª ed., México, DEPFI-UNAM, 2001, p 91

El proceso de solución tiene como tarea fundamental indagar la razón de las fallas detectadas o identificar los posibles puntos de mejora, para sobre esta base definir los ajustes que es necesario introducir.

Por tanto, se puede afirmar que en los problemas operacionales se tiene como propósito mover un indicador de un estado actual hacia un estándar que se considera aceptable o deseable, o simplemente llevarlo tan alto como sea posible.

Las líneas de enfoque para tratar esta clase de problemas, de acuerdo con Fuentes Zenón, son: procesos de mejora, métodos causales y métodos funcionales, la que mejor se adecua a esta problemática es la de procesos de mejora y para su implementación el autor recomienda cuidar los siguientes puntos:

Primero, es necesario crear una cultura de mejora que atraiga una genuina atención de las personas, que lleve a reconocer que aún los problemas pequeños son importantes y siempre hay espacio para la mejora.

Segundo, instaurar un procedimiento de análisis amigable que favorezca la participación, con un lenguaje simple y pasos claros que todos capten de inmediato.

Tercero, estructurar un sistema que reúna y dé respuesta rápida a las propuestas de cambio, para su pronta puesta en marcha.

La metodología correspondiente a un problema operacional para los procesos de mejora está integrada por cinco etapas, como se muestra en la figura 1.1

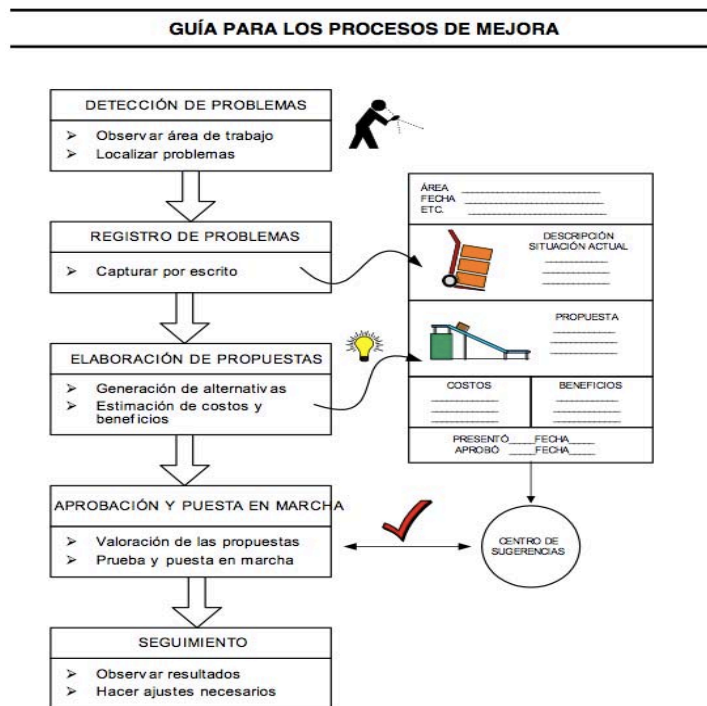


Figura 1.1 Guía para los Problemas de Tipo Operacional.

Fuentes Zenón, Arturo, *Enfoques de Planeación un sistema de metodologías*, p. 91

1. Detección del problema

Un problema de baja producción de placas filtrantes está provocando falta de abastecimiento a la demanda de los clientes existentes y los nuevos.

En esta etapa se identifican las causas de mayor impacto que genera la baja producción en la línea de placas filtrantes mediante la recolección de datos y análisis de los mismos.

2. Registro de problema

En esta segunda etapa se documentan las causas de mayor impacto detectadas en la etapa anterior que generan baja producción con la finalidad de poder elegir las de mayor impacto y posteriormente realizar propuestas. También se ilustra la situación actual mediante un gráfico y su descripción.

La etapa 1 y 2 se desarrolla en el capítulo 1. Problemática.

3. Elaboración de propuestas

En esta etapa se desarrolla una propuesta que genere alternativas que ayuden a eliminar las causas de nuestra problemática, son evaluadas en costos y beneficios basados en las mediciones de producción, utilidad, mano de obra, maquinaria y materiales.

Se desarrolla en el capítulo 4. Análisis

4. Aprobación y puesta en marcha

La propuesta debe ser revisada, aprobada y se pondrá en marcha siguiendo lo estipulado en la misma.

Se determina la viabilidad del proyecto evaluando disponibilidad del recurso financiero, humano, materiales y alcances de la investigación para poder ser aprobada y ponerla en marcha.

5. Seguimiento

Se tienen que establecer los indicadores a utilizar para evaluar y vigilar los resultados que se vayan dando y hacer los ajustes necesarios hasta cumplir con lo que se quiere.

Las etapas 4 y 5 se desarrollan en el capítulo 5. Optimización de la Línea de Producción de Placas Filtrantes.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Incrementar el tamaño de la moldeadora ajustado a la máxima capacidad del horno e incrementar el tamaño del tanque de abastecimiento de manera proporcional para optimizar la línea de producción de placas filtrantes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir la situación problemática de la empresa en estudio para establecer las causas que originan la baja producción en la línea de placas filtrantes.
- Explicar el proceso de fabricación de placas filtrantes y determinar que partes del proceso son las involucradas en la baja producción.
- Aplicar los conceptos de optimización, las herramientas que se emplean en el análisis de información y definiciones involucradas con el proceso de producción de placas filtrantes.
- Analizar el nivel de producción de la empresa mediante la aplicación de herramientas de calidad y toma de decisiones para determinar los factores que influyen en la optimización de la producción.
- Comparar la producción de la línea de placas filtrantes del nuevo tamaño de moldeadora contra el anterior para comprobar que se trata de un proyecto factible, logrando identificar el grado de mejora mediante indicadores.

1.4 Pregunta de la Investigación

¿Es factible incrementar el tamaño de la moldeadora ajustado a la máxima capacidad del horno?

1.5 Justificación y Viabilidad

El incrementar el tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del horno optimizara la producción en la línea de placas filtrantes.

La implementación de este proyecto es tecnológicamente viable porque los equipos requeridos para poner en marcha la propuesta de esta tesis están disponibles y es económicamente factible, debido a que en cuanto la empresa empiece a vender las placas filtrantes producidas podrá obtener ingresos que reditúen a corto plazo la inversión inicial.

Además esta mejora favorecerá la captación del mercado que están demandando los clientes existentes y los nuevos.

1.6 Hipótesis y variables

Hipótesis

Al emplear Columbia Filter un tamaño de moldeadora superior al actual, con tamaño 1x2m e incrementar la capacidad del tanque a 4167L, lograra optimizar la línea de producción de placas filtrantes, aumentando un 77% la producción.

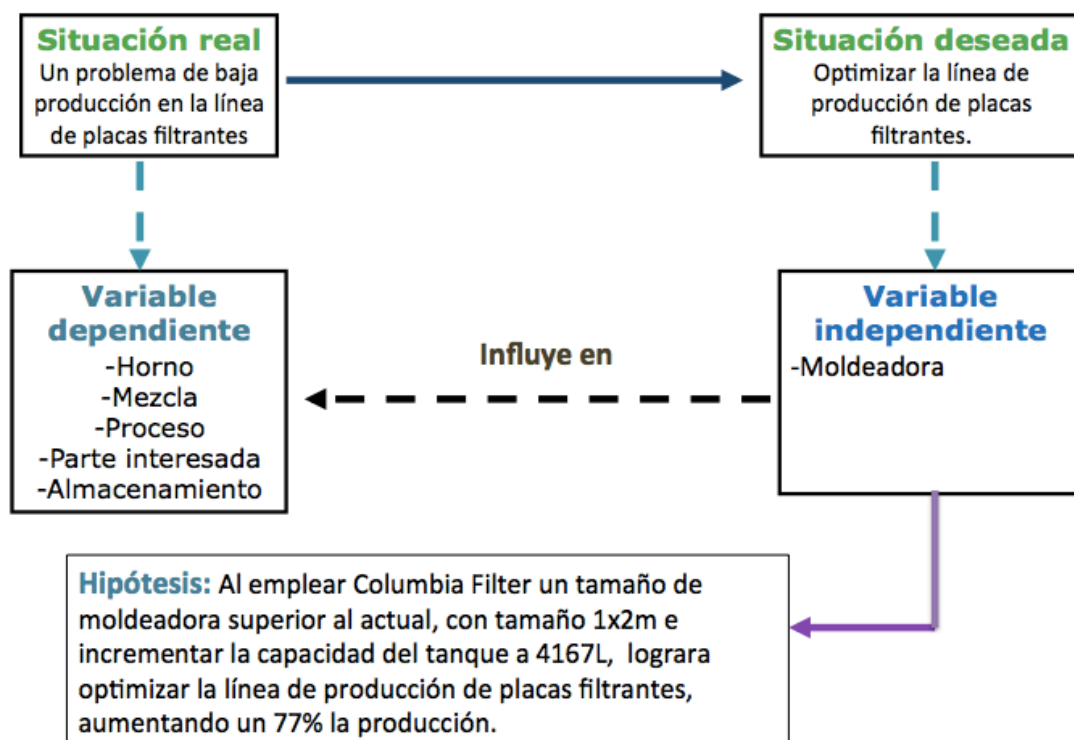


Figura 1.2 Contexto de la Hipótesis y Variables de la investigación

Fuente: Apuntes del Seminario de Investigación de Sistemas de Calidad, Especialización en Sistemas de Calidad, FES Acatlán, UNAM

Variables

- La variable independiente es la moldeadora de la línea de producción de placas filtrantes.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicador	Índice
Moldeadora	Recipiente o pieza hueca donde se echa una masa líquida o blanda que toma la forma del recipiente al volverse sólida	Línea de producción de placas filtrantes	Placas	Número

- Las variables dependientes son: el horno, mezcla de fabricación de las placas, proceso, parte interesada y almacenamiento.

Variable Dependientes	Definición	Dimensión	Indicador	Índice
Horno	Se encargara de eliminar por completo el excedente de agua de la placa hasta lograr que salga seca.	Línea de producción de placas filtrantes	Placas	Número
Mezcla	Es un sistema material formado por dos o más sustancias puras	Línea de producción de placas filtrantes	Litros / m ³	Número
Proceso	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.	Línea de producción de placas filtrantes	Procedimientos y registros	Número
Parte interesada	Persona o grupo que tiene un interés en el desempeño o éxito de una organización.	Línea de producción de placas filtrantes	Personas	Número
Almacenamiento	Es ubicar la mercancía en la zona más idónea del almacén, con el fin de poder acceder a ella y localizarla fácilmente.	Línea de producción de placas filtrantes	Placas	Número

1.7 Tipo de Investigación

La investigación inicia como descriptiva al establecer la situación que prevalece con relación a la baja producción de la línea de placas filtrantes y la problemática que esto provoca y se convierte en correlacional, al analizar la relación existente entre las variables que intervienen en la modificación del tamaño de la moldeadora, capacidad del horno, el aumento del tamaño del tanque para que tengan una mayor capacidad de surtido a la línea y velocidad y temperatura del horno.

1.8 Recopilación de la Información

Con base en la metodología empleada en esta investigación, se requiere recopilar información observando el área de trabajo para poder obtener y enlistar los problemas que existen relacionados con la baja producción de la línea de placas filtrantes, también se entrevistara a los trabajadores que se encuentran relacionados directamente con la operación preguntando ¿Cuáles consideran que son las causas de la baja producción?.

1.9 Análisis de la Información

Inicialmente se realizará un diagrama de Ishikawa para encontrar las causas que impactan en la baja producción en la línea de placas filtrantes de la empresa Columbia Filter, lo que ayudara a determinar la mejor alternativa de solución.

Posteriormente, la información recolectada se examinará y se determinarán las acciones necesarias que convergen en un plan de trabajo. Dichas acciones se ponderarán con base en criterios, para finalmente establecer una programación de actividades evaluadas en base a su calidad y costo. En esta etapa se utilizará el Diagrama de Pareto y el Proceso de Análisis Jerárquico empleando el software Expert Choice.

1.10 Presentación de Resultados

Basados a el análisis nos enfocaremos en las actividades de mayor impacto para la optimización de la producción en la línea de placas filtrantes, simulando en Promodel los beneficios que se obtendrán con la modificación del tamaño de moldeadora ajustado a la capacidad del horno y el aumento del tamaño del tanque de manera proporcional para que tenga una mayor capacidad de surtido la línea.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

*“Las empresas excelentes no solo creen en la excelencia,
también en la mejora continua y el camino constante”.*

Tom Peters

En este capítulo se describirán los antecedentes de la empresa, así como el flujo del proceso de fabricación de placas filtrantes y las características del equipo utilizado.

2.1 Historia de Columbia Filter Company de México

Es una compañía mexicana que desde 1970 se ha especializado en la fabricación de equipos y sistemas de filtración de líquidos. Cuenta con equipos diseñados y fabricados bajo los más rigurosos y reconocidos patrones de calidad internacional y de acuerdo a las necesidades de cada cliente, contruidos con ingeniería y tecnología de punta que garantizan una larga vida de servicio y excelente funcionamiento. También cuenta con medios filtrantes adecuados a las distintas necesidades de cada industria.

Columbia Filter cuenta con un equipo calificado de 60 integrantes en su totalidad de la empresa y específicamente 3 personas participan en la producción de placas filtrantes las cuales cuentan con la más alta experiencia ya que han laborado entre 15 y 20 años participando en los diferentes procesos de la empresa.

La empresa lleva 44 años de experiencia en fabricación de placas filtrantes y constantemente está desarrollando nuevas tecnologías en filtración que se ajusten a las necesidades de los clientes.

Cuenta con un moderno laboratorio en el cual se realizan análisis físicos y químicos de gramaje, caudal(cantidad de agua que pasa por determinada área, en cierto tiempo y bajo cierta presión), espesor y cenizas(contenido de minerales) con la finalidad de innovar en la producción de placas filtrantes.

Cuenta con excelente localización en Tlalnepantla, ya que favorece su distribución en toda la República Mexicana, Norteamérica y Sudamérica.

2.2 Diagrama de proceso

El diagrama de proceso de las actividades que intervienen con la fabricación de placas filtrantes se muestra en la figura 2.1; para fines de esta investigación nos enfocaremos a los procesos de fabricación en la línea de producción de placas filtrantes que consta de las actividades **9. Preparar mezcla en el tanque, 10. Moldeado de la placa filtrante en la moldeadora y 11. Secado de la placa mediante un horno.**

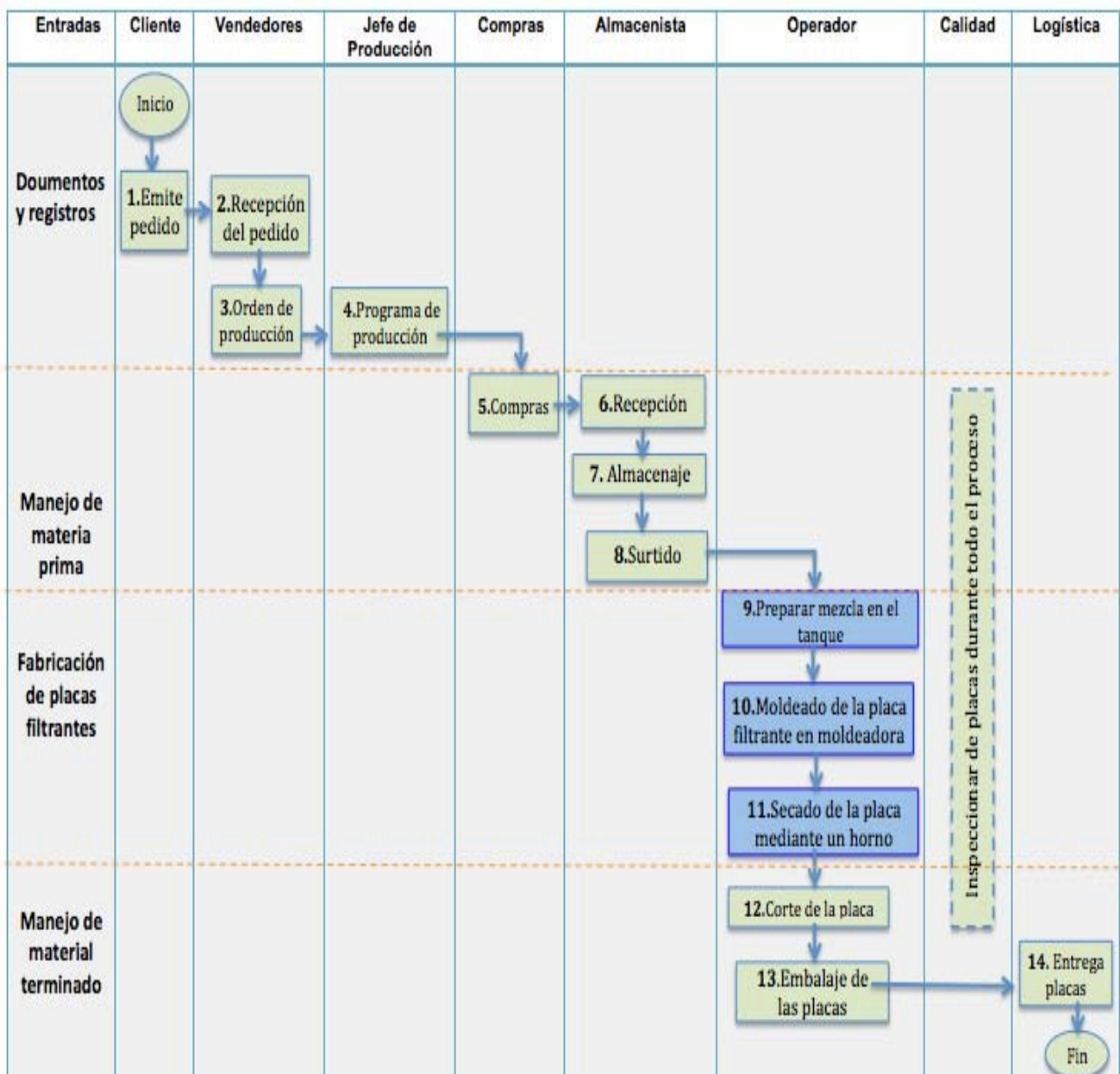


Figura 2.1 Diagrama de proceso de fabricación de placas filtrantes en Columbia Filter.

Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter.

2.3 Layout de la planta

El Layout de la planta se encuentra distribuido como se muestra en la figura 2.1, el cual tiene una superficie total de 2,640m² para la operación.

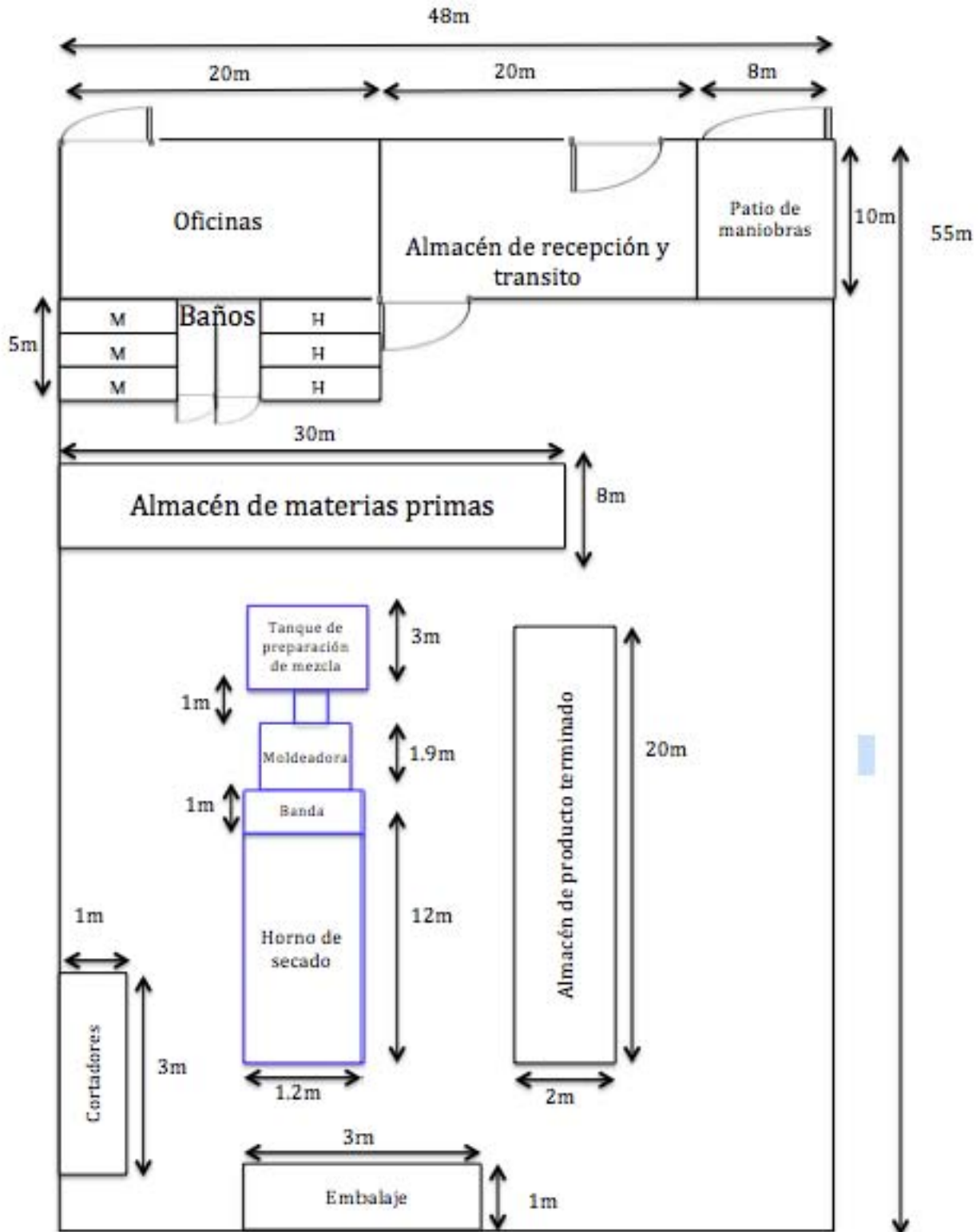


Figura 2.1 Layout de la empresa Columbia Filter.
Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter.

2.4 Superficie de Operación

En la tabla 2.1 se muestra el cálculo de la superficie necesario para realizar las diferentes actividades que tienen relación con el proceso de fabricación de placas filtrantes, el cual da un total de 1,403.10m² y como mencionamos en el párrafo anterior la empresa cuenta con 2,640m², con esto se demuestra que la empresa tiene espacio suficiente para ampliar sus instalaciones en caso de requerir una expansión.

Área	Ancho m	Largo m	Total m ²	Operador	Mtto/ Limpieza Servicios	Factor de mov.		Total
						Material/ maquina	M.O.	
Almacén de recepción y tránsito	10	20	200			1.8		360
Almacén de materias primas	30	8	240			1.8		432
Tanque de preparación de mezcla	1.2	3	3.6	0.6	0.9	1.8	1.3	9.2
Tubería	0.5	1	0.5		0.9	1.8		2.52
Moldeador	0.9	1.9	1.71	0.6	0.9	1.8		5.8
Banda transportadora	0.9	1	0.9		0.9			1.8
Horno de secado	1.2	12	14.4	0.6	0.9	1.8		28.6
Cortador	1	3	3	0.6	0.9	1.8		8.1
Embalaje	1	3	3	0.6	0.9	1.8		8.1
Almacén producto terminado (1er piso)	2	20	40	0.6	0.9	1.8	1.3	74.7
Almacén producto terminado (2do piso)	2	20	40	0.6	0.9	1.8	1.3	74.7
Patio de maniobras	8	10	80	0.6	0.9	1.8	1.3	146.7
Oficinas	10	20	200					200
Baños	5	10	50		0.9			50.9
Total metros requeridos para la operación de Columbia Filter								1,403

Tabla 2.1 Cálculo de superficie de la operación de la empresa Columbia Filter.

Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter.

La producción de placas filtrantes se realiza en una línea de producción en serie desde la preparación de la mezcla, moldeo de la placa y el secado de la misma en el horno, el proceso de surtido de materia prima será mencionado por ser considerado fundamental para la preparación de la mezcla y los procesos posteriores a la fabricación de la placa son el corte y embalaje. Este proceso es mostrado en la figura 2.1

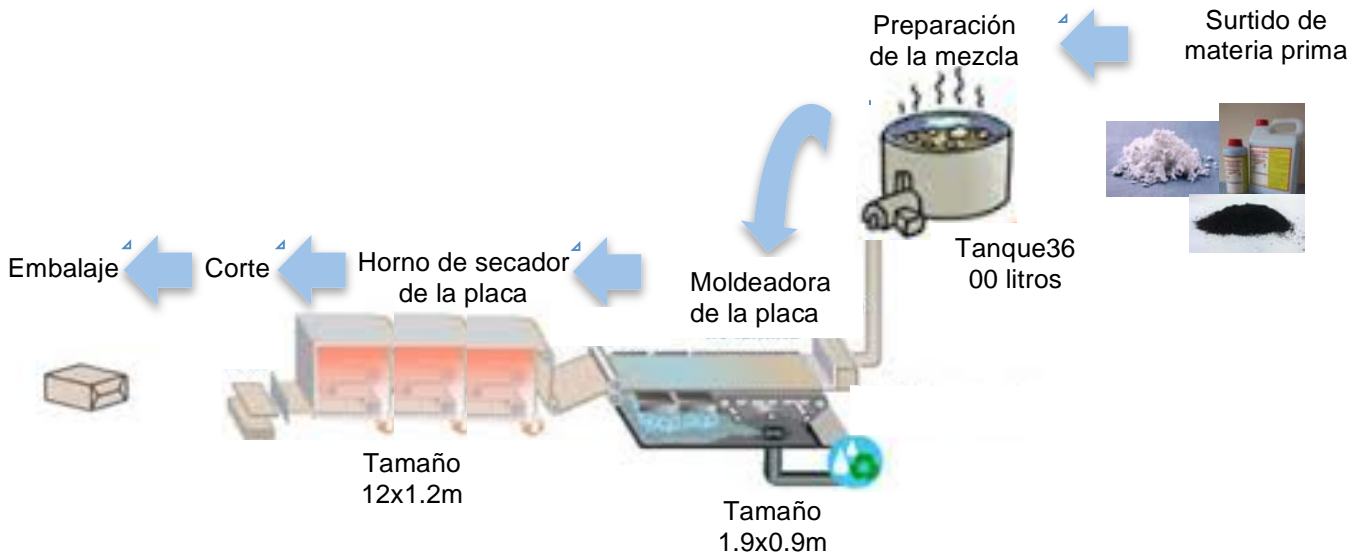


Figura 2.1 Proceso de producción de la línea de placas filtrantes.
Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter.

2.5 Descripción del proceso de la línea de producción de placas filtrantes

Surtido de material: El primer paso del proceso es el surtido del material por parte del almacén de acuerdo al programa de producción.

Preparación de la mezcla: Se prepara en un tanque de 3600L la mezcla con la materia prima necesaria según los parámetros de fabricación del grado de placa que se va a fabricar.

Moldeado de la placa: El siguiente paso es alimentar a la moldeadora que no es más que un molde en el cual es vertida la mezcla que fue preparada en el tanque y por medio de un proceso de succión se le elimina el excedente de agua para formar una placa de .9x1.9cm.

Horno de secado de la placa: Posterior a la formación de la placa, pasa a un horno en forma de túnel que se encargara de eliminar por completo el excedente de agua de la placa hasta lograr que salga seca. Las variables que intervienen en esta parte del proceso son la velocidad y la temperatura.

Corte: Una vez concluido el proceso de fabricación de las placas, pasan a corte de acuerdo a las medidas requeridas por el cliente.

Embalaje: La última etapa del proceso es el embalaje para que las placas se encuentren protegidas de cualquier daño y finalmente son entregadas al cliente.

2.6 Características del equipo

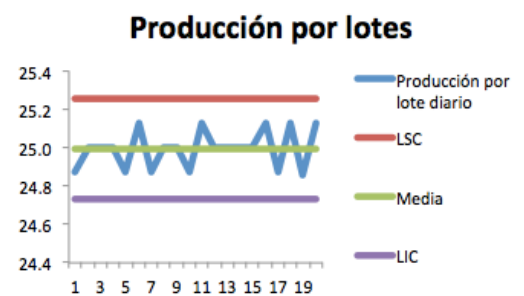
Las características del equipo con el que cuenta la línea de producción de placas filtrantes es el siguiente:

- Un tanque de acero inoxidable para la preparación de la mezcla con capacidad de 3,600 litros.
- Una moldeadora de acero inoxidable con dimensiones de 1.90x.90x.084m con capacidad de 0.144m³.
- Un horno con dimensiones de 12x1.2m con una altura de 2.5m, con capacidad de temperatura de 260° y velocidad de 36m/h.

La Empresa Columbia Filter produce 25 placas filtrantes de 1.90x.90m por lote, lo que equivale a 4000 placas diarias, su principal cliente y un nuevo cliente requieren incrementa la producción en 1200 placas mensuales cada uno, lo que representa un incremento del 60% de la producción, esta información se determinó mediante una muestra a 8 lotes.

Dia	Lote							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	25	24	25	25	25	24	26	25
2	25	25	26	25	24	25	25	25
3	25	25	25	25	25	26	24	25
4	25	25	25	25	25	25	25	25
5	25	24	25	25	25	26	25	24
6	25	25	26	25	25	25	25	25
7	25	25	25	24	25	25	25	25
8	25	25	25	25	25	26	25	24
9	25	25	25	26	25	24	25	25
10	25	24	25	25	25	25	25	25
11	25	25	26	25	25	25	25	25
12	25	25	25	25	26	25	24	25
13	25	26	24	25	25	26	25	24
14	25	25	26	25	24	25	25	25
15	25	25	25	25	25	25	25	25
16	26	25	25	25	25	25	25	25
17	25	24	25	25	24	25	26	25
18	25	25	26	25	25	24	25	26
19		25	25	25	24	25	25	25
20	26	25	25	25	25	25	25	25

Figura 2.2 Muestra de 8 lotes producidos



Media: 25 placas por lote
 LIC: 24.73
 LSC: 25.25
 Desv est: 0.22
 Varianza: 0.049

Basado en el proceso mencionado en este capítulo y las características del equipo, se procederá al análisis para determinar las causas que están provocando la baja producción en la línea de fabricación de placas filtrantes.

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

*Las palabras amables pueden ser cortas y fáciles de decir,
pero sus ecos son realmente infinitas.*

Madre Teresa

En este capítulo se presentan los conceptos teóricos de administración, calidad y herramientas de análisis que se aplicaran en la investigación para comprender el proceso de producción de la línea de placas filtrantes y la optimización de la misma.

3.1. Conceptos de filtración

Los siguientes conceptos son muy importante ya que explican los equipos y variables que intervienen en el proceso de fabricación de placas filtrantes.

3.1.1 Filtración

Es el proceso de separación que experimenta un sólido y un líquido. A menudo, lo que se pretende es aislar el sólido, en otras ocasiones lo que nos interesa es conseguir la disolución. Con base en dicho factor, podemos hacer mención a dos tipos diferentes de filtraciones, los cuales poseen un procedimiento e instrumental distinto. Estas son, la filtración por gravedad, y la filtración a presión reducida o también llamada, filtración al vacío².

3.1.2 Moldeadora

Recipiente o pieza hueca donde se echa una masa líquida o blanda que toma la forma del recipiente al volverse sólida.³

3.1.3 Horno de secado al vacío

Los hornos de secado al vacío encuentran su aplicación en sustancias muy sensibles y cuando se deba alcanzar un buen secado residual. En función del grado de secado, de la temperatura máxima admisible y de los disolventes utilizados, casi siempre será necesario un buen vacío final. Con determinados parámetros de proceso se originan grandes

²Filtración | La Guía de Química <http://quimica.laguia2000.com/general/filtracion#ixzz3X9ObTWHN> Fecha de consulta: 11/04/15

³<http://es.thefreedictionary.com/molde> Fecha de consulta: 11/04/15

cantidades de vapor que sólo se podrán controlar con la capacidad de aspiración correspondiente⁴.

3.1.4 Placas filtrantes

Medio tridimensional que aseguran la capacidad de retención de partículas solidas en un caudal, los tamaños de los poros pueden proporcionar diferentes resultados como clarificado, pulido y/o esterilización.⁵

3.1.5 Mezcla

Es un sistema material formado por dos o más sustancias puras.⁶

3.1.6 Tanque

Recipiente o depósito de mezclas.⁷

3.1.7 Capacidad

La capacidad es la habilidad productiva de una instalación, la que normalmente se expresa como volumen de producción en unidad de tiempo: máxima tasa de posibilidad productiva o de conversión en las operaciones de una organización.⁸

3.1.8 Línea de producción

La forman una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total.⁹

3.1.9 Velocidad

Distancia recorrida en la unidad de tiempo. En este caso se medirá en m/h.¹⁰

⁴<http://www.vacuubrand.com/es/page1085.html> Fecha de consulta: 11/04/15

⁵<http://www.filtrox.com/products-services/filter-media/depth-filter-sheets/standard/> Fecha de consulta: 11/04/15

⁶Cabrerizo, Andrés et. al, *Física y Química*, México, Editex, 2008, p 58

⁷<http://www.wordreference.com/definicion/tanque> Fecha de consulta: 11/04/15

⁸Everett E., Adam, Ronald J., Ebert, *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. 4^a ed., España, Prentice Hall, 1991, p. 210

⁹Groover, Mikell P., *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas*, 1^a ed., México, 1997, p.908

¹⁰Gerald James, Holton, Stephen G., Brush, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, 2^a ed., USA, Reverte S.A., 1987, p. 101

3.1.10 Temperatura

Noción de calor o frío que transmite un cuerpo a otro y es medido con termómetro.¹¹

3.1.11 Almacenamiento

Es ubicar la mercancía en la zona más idónea del almacén, con el fin de poder acceder a ella y localizarla fácilmente.¹²

3.2. Calidad

Representa un proceso de mejora continua, en el cual todas las áreas de la empresa buscan satisfacer las necesidades del cliente o anticiparse a ellas, participando activamente en el desarrollo de productos o en la prestación de servicios.¹³

3.2.1 Capacidad

Aptitud de una organización, sistema o proceso para realizar un producto que cumple los requisitos(3.1.2) para ese producto. Consulta: Punto 3.1.5 ISO 9000:2005

3.2.2 Sistema

Conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan. Consulta: Punto 3.2.1 ISO 9000:2005

3.2.3 Alta dirección

persona o grupo de personas que dirigen y controlan al más alto nivel una organización. Consulta: Punto 3.2.7 ISO 9000:2005

3.2.4 Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Consulta: Punto 3.4.1 ISO 9000:2005

3.2.5 Producto

Resultado de un proceso. Consulta: Punto 3.4.2 ISO 9000:2005

¹¹Michael J., Moran, N. Shapiro, Howard, *Fundamentos de termodinámica técnica*, 2ª ed., USA, Reverte S.A., 2005, p. 18

¹²Escudero Serrano, María José, *Logística de Almacenamiento*, 3ª. ed., España, Parainfo, 2014, p. 18

¹³Álvarez Ibarrola, José María, et. al, *Introducción a la Calidad. Aproximación a los Sistemas de Gestión y Herramientas de Calidad*, 1ª. ed., España, Vigo, 2006, p. 5

3.2.6 Proyecto

Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos. Consulta: Punto 3.4.3 ISO 9000:2005

3.2.7 Información

Datos que poseen significado. Consulta: Punto 3.7.1 ISO 9000:2005

3.2.8 Parte interesada

Persona o grupo que tiene un interés en el desempeño o éxito de una organización. Consulta: Punto 3.3.7 ISO 9000:2005

3.3. Herramientas de Análisis

3.3.1 Encuesta

Técnica destinada a obtener información primaria a partir de un número representativo de individuos de una población. Permite analizar el problema de acuerdo con la opinión del sujeto a nivel de satisfacción y proyecta resultados sobre el total de la población. Se estructura con preguntas afirmativas de tipo abierto o cerrado, dicotómicas o de selección múltiple. Requiere de tratamiento estadístico.¹⁴

3.3.2 Diagrama de Ishikawa

Un diagrama de Causa y Efecto o Ishikawa es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Algunas veces es denominado Diagrama Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.¹⁵

¹⁴ Saravia Pinilla, Martha Helena, *Ergonomía de concepción. Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*, 4^a ed., Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2006, p. 99

¹⁵ http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm Fecha de consulta: 04/04/15

3.3.3 Diagrama de Pareto

Basado en el principio de Pareto (regla 80/20) separa los problemas de mayor incidencia de aquellos de menor incidencia.

La utilización en teoría de análisis del Diagrama de Pareto (diagrama de barras en el cual se distribuyen los datos en orden de magnitud decreciente de izquierda a derecha), permite destacar la frecuencia con que ocurren ciertos problemas y priorizar las medidas adecuadas, bajo el criterio de <lo primero es lo primero>.

De acuerdo con los datos obtenidos del diagrama y la información específica de las investigaciones de los accidentes, permite iniciar una actuación específica.¹⁶

3.3.4 Análisis Jerárquico (PAJ)

El Proceso del Análisis Jerárquico (PAJ)¹⁷ es una teoría general de medición. Se utiliza para derivar escalas de relación de comparaciones en estructuras jerárquicas multinivel, tanto discretas como continuas. Estas comparaciones se pueden tomar a partir de mediciones reales o de una escala fundamental que refleja la fuerza relativa de las preferencias y sentimientos. El PAJ tiene especial cuidado con la desviación de la consistencia y la desviación de la medición, y con la dependencia dentro y entre los grupos de elementos de esta estructura. Se ha encontrado sus aplicaciones más amplias en la toma de decisiones multicriterio, en la planificación y asignación de recursos, y en la resolución de conflictos. En su forma más general, el PAJ es un marco no lineal para llevar a cabo tanto el pensamiento deductivo e inductivo sin el uso del silogismo. Esto se hace posible mediante la adopción de varios factores en consideración simultáneamente, lo que permite la dependencia y la retroalimentación, así como las compensaciones numéricas para llegar a una síntesis o conclusión. Fig. 3.1 y 3.2

El PAJ es un método que se puede utilizar para establecer medidas tanto en los dominios físicos (bienes materiales) y sociales (ideas subjetivas, sentimientos y creencias de la persona y de la sociedad).

¹⁶Rubio Romero, Juan Carlos, et al, *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales*, 1ª ed. España, Díaz de Santos, 2005, p. 81

¹⁷Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G., *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2ª ed. USA, Stanford University, Springer, 2012, p. 3

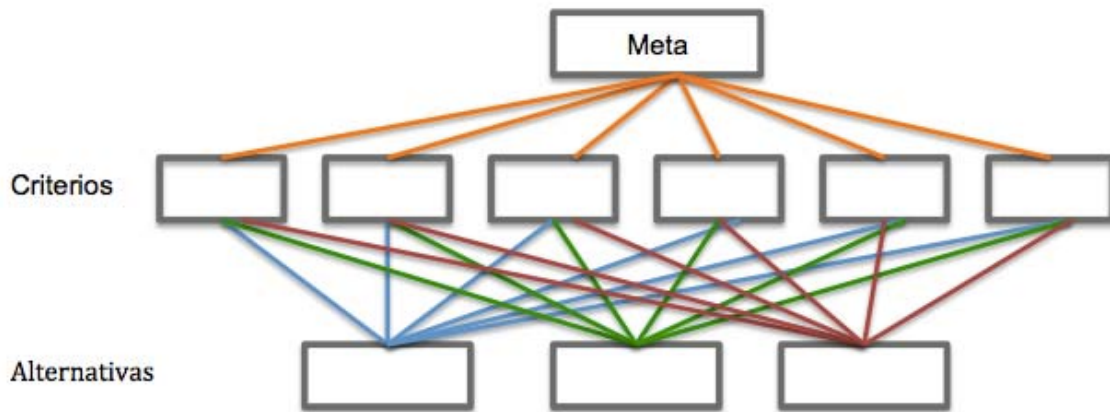


Figura 3.1 Árbol jerárquico

Fuente: Saaty, Thomas L. The Analytic Hierarchy Process. USA, 1988, p. 3

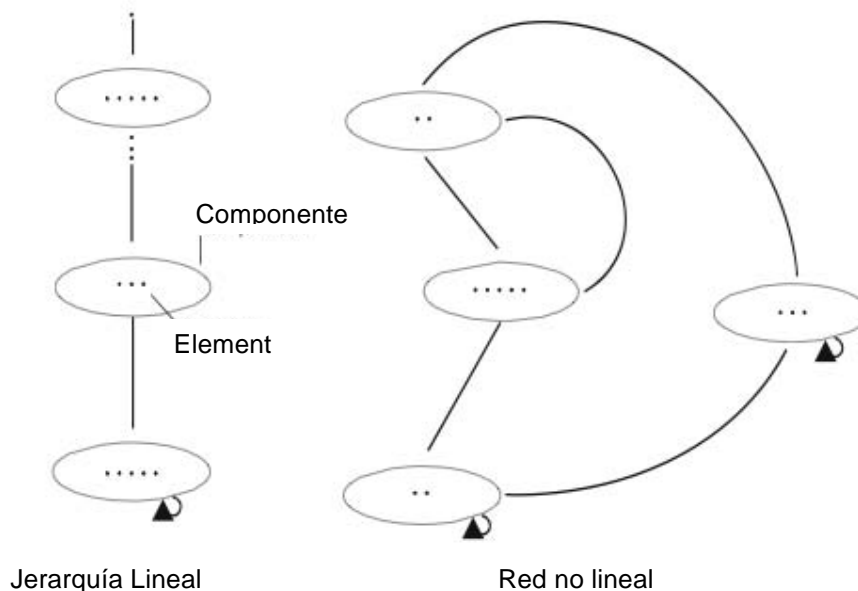


Figura 3.2 Diferencia estructural entre una red lineal y no lineal

Fuente: Saaty, Thomas L. The Analytic Hierarchy Process. USA, 1988, p. 4

En el uso del PAJ para modelar un problema, se necesita una estructura jerárquica o una red para representar ese problema, así como comparaciones por pares para establecer relaciones dentro de la estructura. En el caso discreto estas comparaciones llevan al prevalecimiento de matrices y en el caso continuo de Operadores Fredholm, de la que se derivan las escalas de relación en forma de vectores principales o funciones propias, según sea el caso. Estas matrices o núcleos, son positivos y recíprocos, por ejemplo. $a_{ij}=1/a_{ji}$. En particular, se ha hecho un esfuerzo especial para caracterizar estas matrices.

Debido a la necesidad de una variedad de juicios, se ha considerado el trabajo hecho para hacer frente al proceso de juicios de grupos.

3.3.4.1 Medición absoluta y relativa e Información estructural¹⁸

El PAJ utiliza en comparaciones absolutas y relativas para derivar escalas de razón de medición. Llamamos a tales escalas de medición absolutos y relativos. Relativa w_i medición, $i = 1, \dots, n$, de cada uno de n elementos es una escala de proporción de los valores asignados a ese elemento y derivados mediante la comparación en pares con los otros. En comparaciones por pares de dos elementos i y j se comparan con respecto a una propiedad que tienen en común. El i más pequeño se utiliza como la unidad y la j grande se estima como un múltiplo de esa unidad en la forma $(w_i / w_j) / 1$, donde la relación w_i / w_j se toma de una escala fundamental de valores absolutos.

Medición absoluta (a veces llamado de puntuación) se aplica para clasificar las alternativas en términos de cualquiera de los criterios o las votaciones (o intensidad) de los criterios; por ejemplo: excelente, muy buena, buena, regular, por debajo de la media, pobres y muy pobres; o A, B, C, D, E, F y G. Después de establecer las prioridades para los criterios (o subcriterios, si los hay), las comparaciones por pares son también entre las clasificaciones de sí mismos para establecer prioridades para ellos bajo cada criterio y dividiendo cada una de sus prioridades por el mayor intensidad nominal para obtener la intensidad ideal. Por último, las alternativas se califican por el control de sus respectivas clasificaciones en cada criterio y sumando estas calificaciones para todos los criterios. Esto produce una puntuación de escala de razón para la alternativa. Las puntuaciones obtenidas de este modo de las alternativas puede que al final se normalizaron dividiendo cada uno por su suma.

3.3.4.2 La Escala Fundamental¹⁹

Los juicios de comparación en pares en el PAJ se aplican a parejas de elementos homogéneos. La escala fundamental de valores para representar las intensidades de los juicios se muestra en la Tabla 3.1. Esta escala ha sido validada para la eficacia, no sólo en muchas aplicaciones por un número de personas, también a través de la justificación teórica de qué escala se debe utilizar en la comparación de elementos homogéneos.

¹⁸ibidem, p.4

¹⁹ibidem, p.5

Intensidad de importancia	Descripción	Explicación
1	Igual importancia de ambos elementos.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad.
3	Débil importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y juicios levemente favorecen a un elemento sobre otro.
5	Esencial o importancia fuerte de un elemento sobre otro.	La experiencia y juicios fuertemente favorecen a un elemento sobre el otro.
7	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.	Un elemento fuertemente favorecido, cuyo dominio está demostrado en la practica.
9	Absoluta importancia de un elemento sobre otro.	La evidencia que favorece a un elemento sobre el otro es de mayor orden posible de afirmación.
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los juicios adyacentes.	Un compromiso es necesario entre los dos juicios.
Recíprocos	Si la actividad i posee uno de los valores descritos y cuando éste es comparado con la actividad j, entonces j será poseedor del valor recíproco respectivo cuando sea comparado con i.	

Tabla 3.1 Intensidad de importancia para cada alternativa

Fuente: Saaty, Thomas L. *The Analytic Hierarchy Process*, USA, 1988, p.6

3.3.4.3 La solución vector propio de Peso y Consistencia²⁰

Hay un número infinito de formas de derivar el vector de las prioridades de la matriz (aij). Pero el énfasis en la coherencia conduce a la formulación de valores propios $Aw = nw$. Para ver esto, asumen que las prioridades $w = (w_1, \dots, w_n)$ con respecto a un solo criterio se conocen, como el peso de las piedras, podemos examinar lo que tenemos que hacer para recuperarlos. Así que formamos la matriz de comparaciones de relación y se multiplica por la derecha por w obtener nw de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

Figura 3.3 vector propio de Peso y Consistencia

El índice de consistencia de una matriz de comparaciones está dada por $CI = (K_{max} - n) / (n - 1)$. La relación de consistencia (CR) se obtiene mediante la comparación de la CI con el apropiado de la siguiente conjunto de números (Ver Tabla 1.2), cada uno de los cuales es un índice promedio consistencia aleatoria derivada de una muestra de matrices recíprocas generadas aleatoriamente utilizando la escala de 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9. Si no es inferior a 0,10, estudiar el problema y revisar los juicios. El AHP incluye un índice de consistencia de una jerarquía entera. Una inconsistencia de 10 por ciento o menos implica que el ajuste es pequeño en comparación con los valores reales de las entradas vector propio. Una prueba de que el número de elementos debe ser pequeño para preservar la consistencia se puede encontrar en

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Figura 3.4 vector propio de Peso y Consistencia

Fuente: Saaty, Thomas L., *The Analytic Hierarchy Process*.USA, 1988, p.9

3.3.4.4 Cómo estructurar una jerarquía²¹

1. Identificar objetivo general.
2. Identificar subobjetivos de meta general. Si es relevante, identificar horizontes temporales que afectan a la decisión.
3. Identificar los criterios con el fin de cumplir con las submetas del objetivo general.
4. Identificar los subcriterios en cada criterio. Tomar en cuenta que los criterios o subcriterios pueden especificarse en términos de rangos de valores de parámetros o en términos de intensidades verbales tales como alta, media, baja.
5. Identificar los actores involucrados.
6. Identificar metas actor.
7. Identificar las políticas actor.

²⁰Ibidem, p. 7

²¹Ibidem, p. 9

8. Identificar las opciones o resultados.

9. Tome el resultado más preferido y comparar la proporción de los criterios para

tomar la decisión con los de no hacerlo. Haga lo mismo cuando hay varias alternativas.

10. Debido a que se trata de jerarquías de dominación, preguntarse con qué alternativa se obtiene el mayor beneficio.

El programa de software Expert Choice incorpora la metodología PAJ y permite al analista estructurar la jerarquía y resolver el problema con las mediciones relativas o absolutas, según el caso.

3.3.5 Simulación

Este método requiere de la representación real de características de las condiciones del sistema, de un subsistema o de alguno de sus elementos. Desde el punto de vista del diseño con carácter ergonómico, la simulación debe hacerse en escala 1:1 para que permita corroborar y/o corregir los planteamientos ergonómicos y funcionales. Permite el tratamiento estadístico.²²

3.3.5.1 Las etapas para realizar un estudio de simulación²³

1. Definir el sistema
2. Formulación del modelo
3. Colección de datos
4. Implementación del modelo en la computadora
5. Validación
6. Experimentación
7. Interpretación
8. Documentación

²²Saravia Pinilla, Martha Helena, Op. Cit. p. 99

²³Coss Bu, Raúl, *Simulación un enfoque práctico.*, 20ª. Ed., México, Limusa, 2013, p.12

CAPITULO 4. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

*“La calidad nunca es un accidente;
siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia”
John Ruskin*

En este capítulo se presenta el diagnóstico realizado a la línea de producción de placas filtrantes mediante la recolección de datos y análisis de los mismos.

4.1 Recopilar Información

Como se comentó en los capítulos anteriores la empresa Columbia Filter presenta una problemática de baja producción en la línea de placas filtrantes y el objetivo es optimizarla; con base en esa información se observó el área de trabajo para poder obtener y enlistar las causas relacionadas, también se entrevistó a los trabajadores que se encuentran involucrados directamente con la operación.

4.2 Diagnóstico de las Causas mediante Diagrama de Ishikawa

El diagnóstico se realizó mediante la técnica causa-efecto o de Ishikawa (Figura 4.1.), para identificar las causas que pueden impactar en la baja producción de la línea de placas filtrantes, y se complementó con la herramienta de las 6M's, que consiste en agrupar las causas principales en seis ramas: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente.

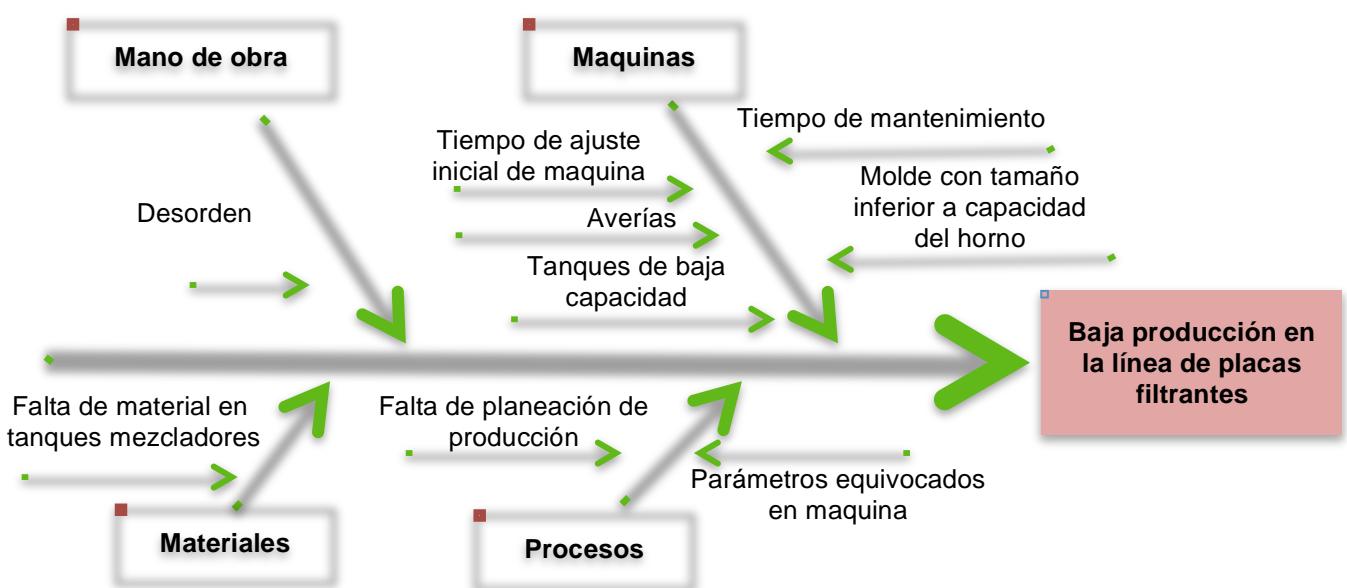


Figura 4.1 Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter

Del diagrama de Ishikawa (Figura 4.1) se detecto que las causas que afectan la baja producción de la línea de placas filtrantes son: **molde con tamaño inferior a la capacidad del horno, tiempo de ajuste inicial de maquina, tiempo de mantenimiento, averías, tanque de baja capacidad, falta de material en tanques mezcladores, falta de planeación de producción, parámetros equivocados en maquina y desorden.**

4.3 Generación de soluciones

Con base en las causas detectadas en el diagrama de Ishikawa se realizo un análisis para determinar y proponer una serie de acciones que permitan optimizar la producción en la línea de placas filtrantes, las cuales se mencionan a continuación:

A). Aumentar el tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del horno.

B). Aumentar la capacidad de los tanques de manera proporcional al incremento de la moldeadora.

C) Implementar herramienta de 5s´.

D) Programar los requerimientos de material con el mayor tiempo de anticipación posible según los requerimientos de los clientes, para evitar retrasos en el surtido.

E) Turnos de 12 horas sin apagar el equipo al termino de cada turno para ahorrar los tiempos de arranque.

F) Actualizar el manual de parámetros de producción.

G) Mejorar sistema de programa de producción.

H) Elaborar un programa de mantenimientos preventivos de las maquinas para evitar invertir largos periodos de tiempo en los mantenimientos correctivos.

4.3.1 Toma de Decisión Multicriterio

Después del análisis de causa y efecto, se obtuvieron 8 posibles causas que pueden influir en la optimización de la línea de producción de placas filtrantes, mismas que serán analizadas con el programa de cómputo de análisis jerárquico para la toma de decisiones “Expert Choice” y posteriormente con un diagrama de Pareto que permitirá identificar cuales son las acciones que constituyen el 80%.

En el programa Expert Choice, se dan valores a cada uno de los niveles, considerando la escala de Saaty²⁴ que se muestra en la tabla 4.1, para la cual se utilizan los valores 1,3,5,7 y 9; el 2, 4, 6 y 8 son valores intermedios entre los juicios contemplados. Se utilizarán también dos criterio de evaluación para la toma de decisiones “Calidad” y “Costo”.

En base a las causas se construye el árbol jerárquico que se utilizara en el Expert-Choice figura 4.3.

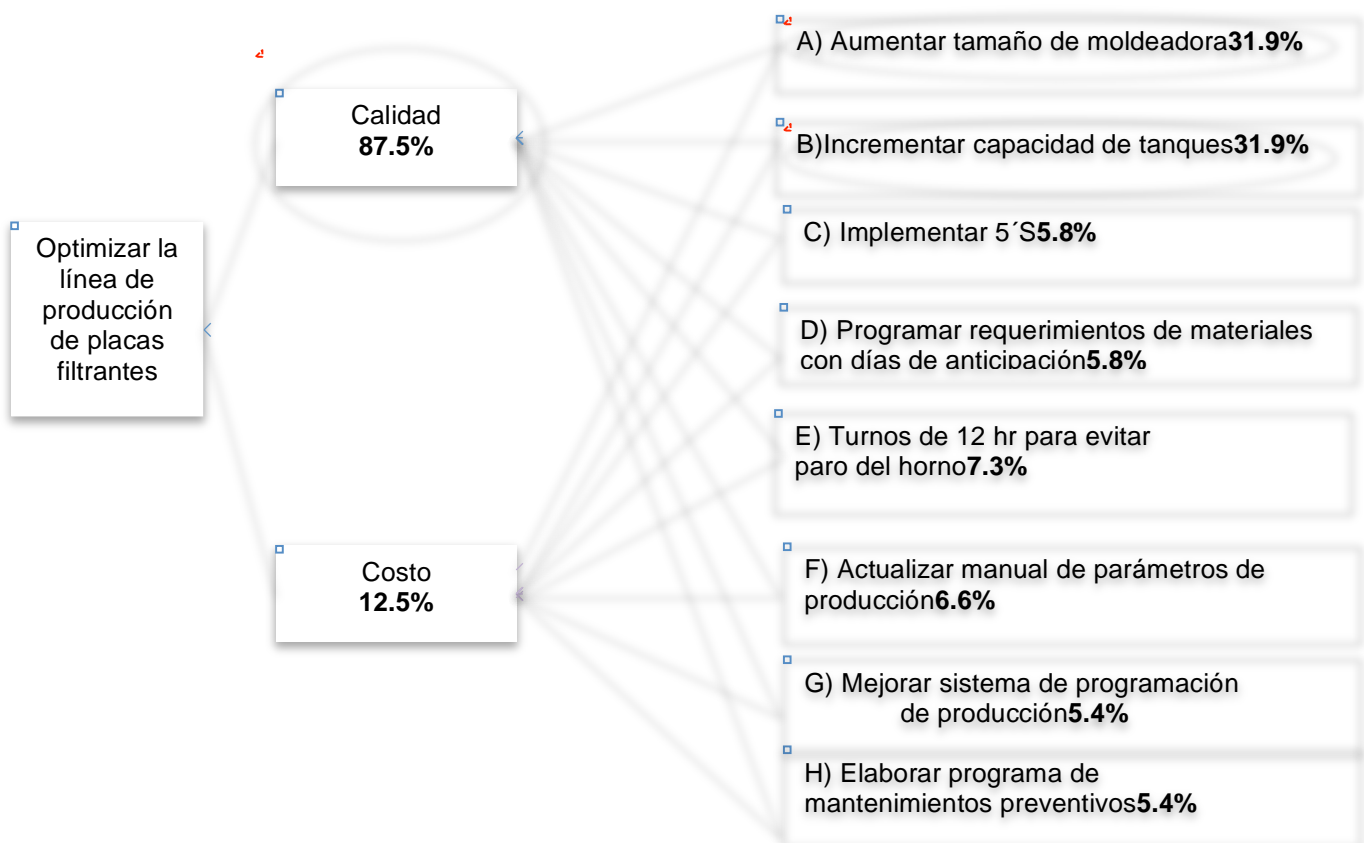


Figura 4.2 Árbol jerárquico con los Criterios y diferentes alternativas para su evaluación.

Fuente: creación propia

²⁴Saaty, Thomas L. The Analytic Hierarchy Process. USA, 1988

Intensidad de importancia	Descripción	Explicación
1	Igual importancia de ambos elementos.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad.
3	Débil importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y juicios levemente favorecen a un elemento sobre otro.
5	Esencial o importancia fuerte de un elemento sobre otro.	La experiencia y juicios fuertemente favorecen a un elemento sobre el otro.
7	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.	Un elemento fuertemente favorecido, cuyo dominio está demostrado en la práctica.
9	Absoluta importancia de un elemento sobre otro.	La evidencia que favorece a un elemento sobre el otro es de mayor orden posible de afirmación.
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los juicios adyacentes.	Un compromiso es necesario entre los dos juicios.
Recíprocos	Si la actividad i posee uno de los valores descritos y cuando éste es comparado con la actividad j, entonces j será poseedor del valor recíproco respectivo cuando sea comparado con i.	

Tabla 4.1 Intensidad de importancia para cada alternativa
Fuente: Saaty, Thomas L. *The Analytic Hierarchy Process*, USA, 1988, p.6

Primero, se determina en el programa el objetivo general, que en este caso es la optimización de la línea de producción de placas filtrantes, posteriormente se plantean en el programa las matrices según los criterios de calidad y costo como se muestra en la figura 4.3

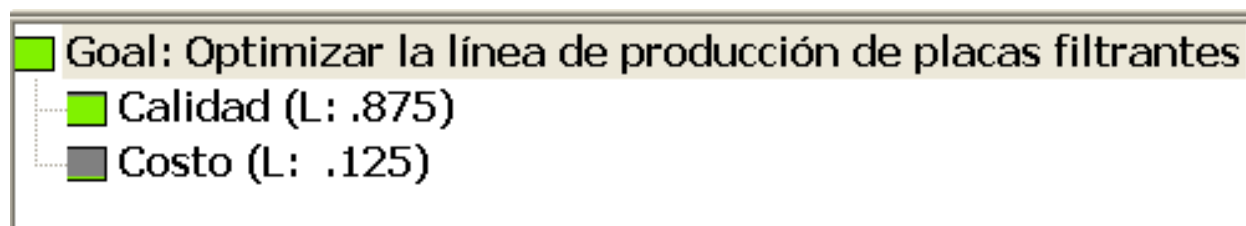


Figura 4.3. Planteamiento para la selección de la estrategia en Expert Choice

Posteriormente se ingresan en el programa Expert Choice las ponderaciones propuestas para las matrices de Calidad y Costo en cada uno de los criterios, tal como se visualiza en la figura 4.4 y 4.6, estas matrices fueron calculadas mediante la asignación de ponderaciones de cada alternativa asignando valores al primer renglón según la escala de Saaty, tal como se muestra en las siguientes matrices.

Calidad	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1	1	7	7	7	7	9	9
B	1	1	7	7	7	7	9	9
C	1/7	1/7	1	1	1	1	9/7	9/7
D	1/7	1/7	1	1	1	1	9/7	9/7
E	1/7	1/7	1	1	1	1	9/7	9/7
F	1/7	1/7	1	1	1	1	9/7	9/7
G	1/9	1/9	7/9	7/9	7/9	1	1	1
H	1/9	1/9	7/9	7/9	7/9	1	1	1

Matriz de Calidad

Costo	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3
B	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3
C	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3
D	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3
E	3	3	3	3	1	1	1	1
F	3	3	3	3	1	1	1	1
G	3	3	3	3	1	1	1	1
H	3	3	3	3	1	1	1	1

Matriz de costo

Cálculos de los valores de la matriz de Calidad.

A=1 B=1A A=1B B=1 C=1/7A A=7C C=1 D=1/7A A=7D D=1
 A=1B B=1A C=1/7A C=1/7B B=7C D=1/7A D=1/7(7C) D=C C=D E=1/7A E=1/7(7D) E=D D=E
 A=7C C=1/7A D=1/7A D=1/7B B=7D E=1/7A E=1/7(7C) E=C C=E F=1/7A F=1/7(7D) F=D D=F
 A=7D D=1/7A E=1/7A E=1/7B B=7E F=1/7A F=1/7(7C) F=C C=F G=1/9A G=1/9(7D) G=7/9D D=9/7G
 A=7E E=1/7A F=1/7A F=1/7B B=7F G=1/9A G=1/9(7C) G=7/9C C=9/7G H=1/9A H=1/9(7D) H=7/9D D=9/7H
 A=7F F=1/7A G=1/9A G=1/9B B=9G H=1/9A H=1/9(7C) H=7/9C C=9/7H
 A=9G G=1/9A H=1/9A H=1/9B B=9H
 A=9H H=1/9A

 E=1/7A A=7E E=1 F=1/7A A=7F F=1
 F=1/7A F=1/7(7E) F=E E=F G=1/9A G=1/9(7F) G=7/9F F=9/7G
 G=1/9A G=1/9(7E) G=7/9E E=9/7G H=1/9A H=1/9(7F) H=7/9F F=9/7H
 H=1/9A H=1/9(7E) H=7/9E E=9/7H

 G=1/9A A=9G G=1
 H=1/9A H=1/9(9G) H=1G G=1H

Cálculos de los valores asignados a la matriz de Costo.

A=1 B=1A A=1B B=1 C=1A A=1C C=1 D=1A A=1D D=1
 A=1B B=1A C=1A C=1B B=1C D=1A D=1C C=D E=3A E=3D D=1/3E
 A=1C C=1A D=1A D=1B B=1D E=3A E=3C C=1/3E F=3A F=3D D=1/3F
 A=1D D=1A E=3A E=3B B=1/3E F=3A F=3C C=1/3F G=3A G=3D D=1/3G
 A=1/3E E=3A F=3A F=3B B=1/3F G=3A G=3C C=1/3G H=3A H=3D D=1/3H
 A=1/3F F=3A G=3A G=3B B=1/3G H=3A H=3C C=1/3H
 A=1/3G G=3A H=3A H=3B B=1/3H
 A=1/3H H=3A

 E=3A A=1/3E E=1 F=3A A=1/3F F=1
 F=3A F=3(1/3E) F=1E E=1F G=3A G=3(1/3F) G=1F F=1G
 G=3A G=3(1/3E) G=1E E=1G H=3A H=3(1/3F) H=1F F=1H
 H=3A H=3(1/3E) H=1E E=1H

 G=3A A=1/3G G=1
 H=3A H=3(1/3G) H=1G G=1H

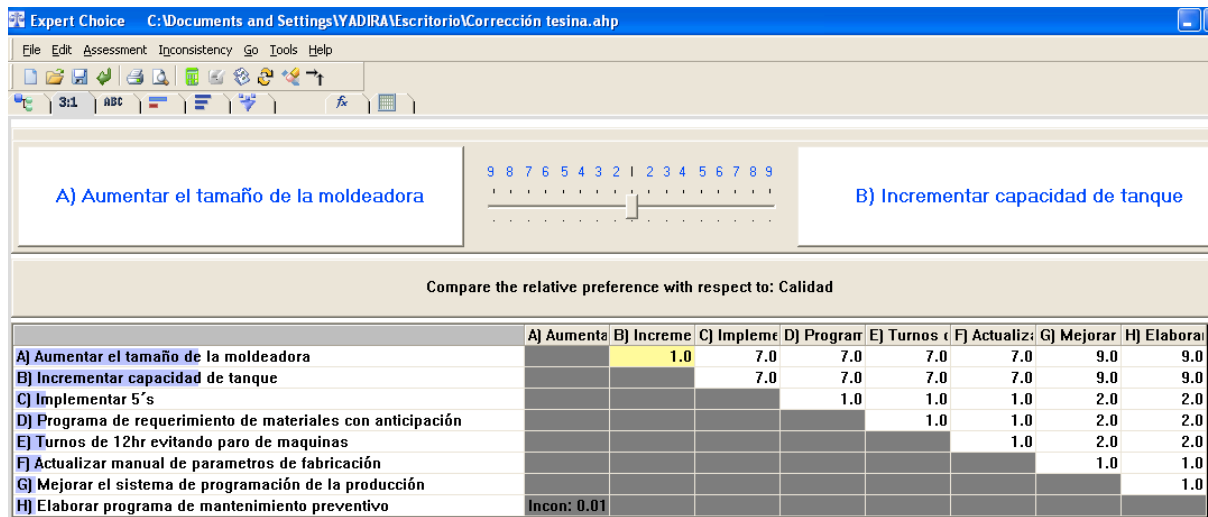


Figura 4.4. Matriz de juicios del criterio de Calidad(X) planteada en ExpertChoice

Los resultados obtenidos para este criterio en Expert Choice, son los siguientes:

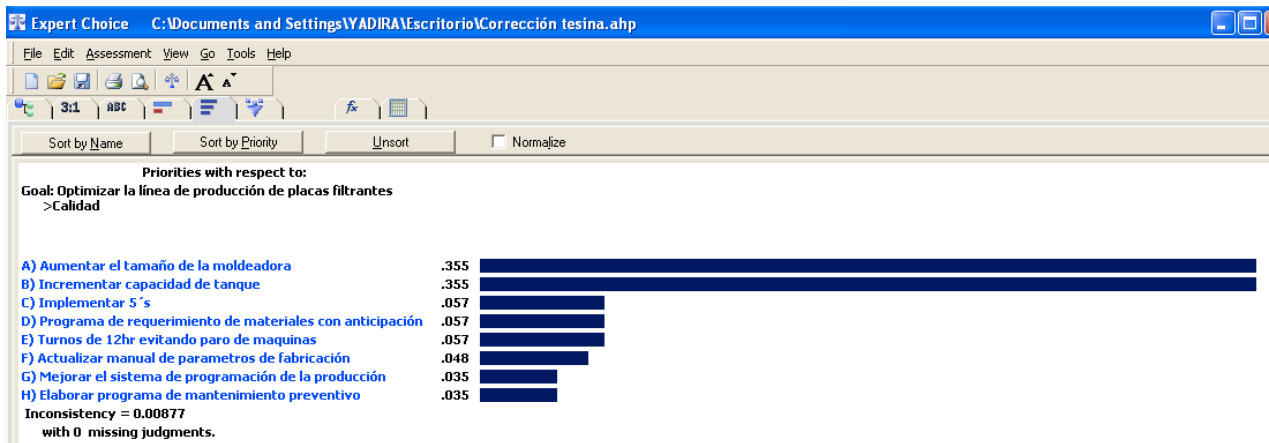


Figura 4.5. Resultado de prioridades con respecto al criterio Calidad (X)

De la misma forma que se ingresaron los datos para el primer criterio, se realiza para el costo, visualizándolo en la matriz de Expert Choice de la figura 4.6.

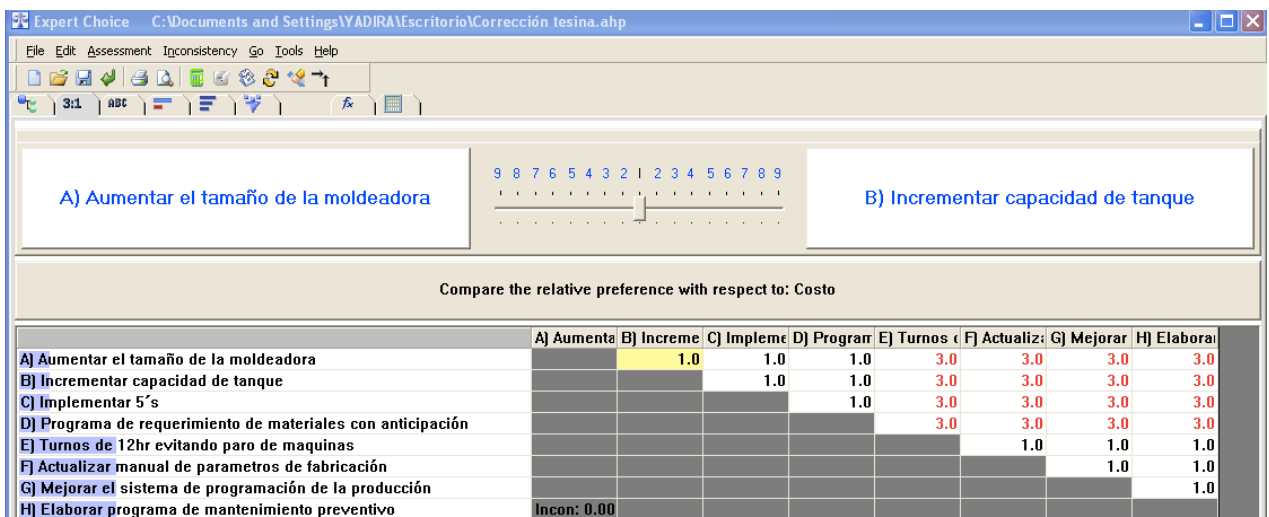


Figura 4.6. Matriz de juicios del criterio de costo (Y) planteada en Expert Choice

Los resultados obtenidos para el criterio de costo son:

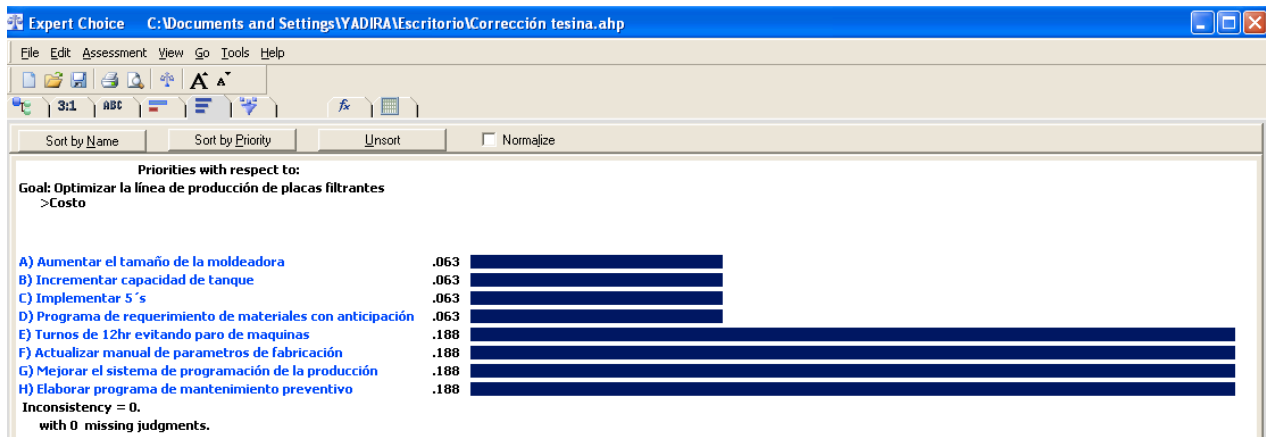


Figura 4.7. Resultado de prioridades con respecto al criterio Costo (Y)

Después se ingresan los datos para la matriz del objetivo general priorizando la importancia de los criterios tal como se muestra en la figura 4.8

Calidad = X
Costo = Y

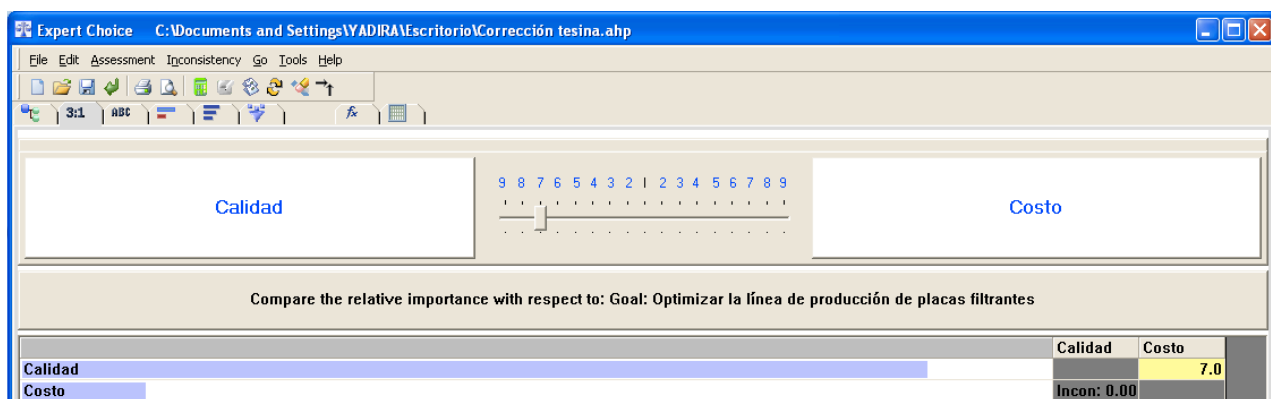


Figura 4.8 Planteamiento de la matriz de juicios del objetivo general

Las relevancias de cada criterio son las que se muestran en la figura 4.9

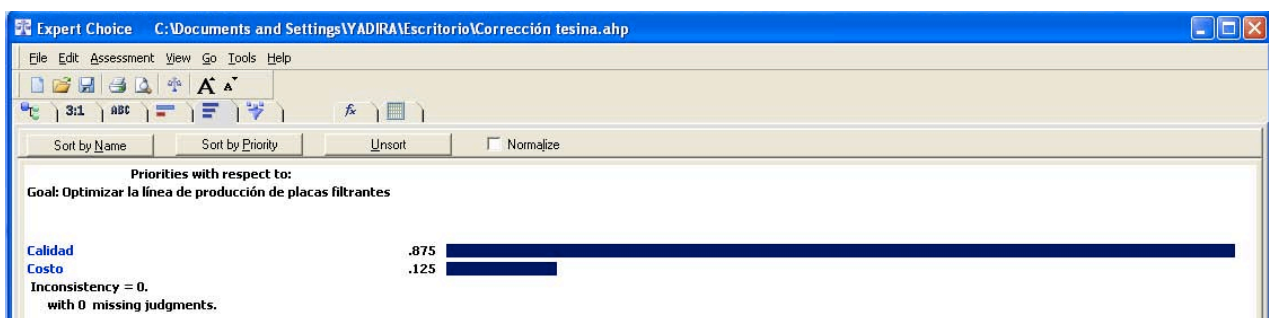


Figura 4.9 Resultado de prioridades con respecto al objetivo general

El programa Expert Choice nos muestra los resultados finales con los porcentajes correspondientes a cada criterio para priorizar las acciones que mayor impacto representan como se muestra en la figura 4.10 con una inconsistencia de 0.01 dentro de los parámetros permitidos.

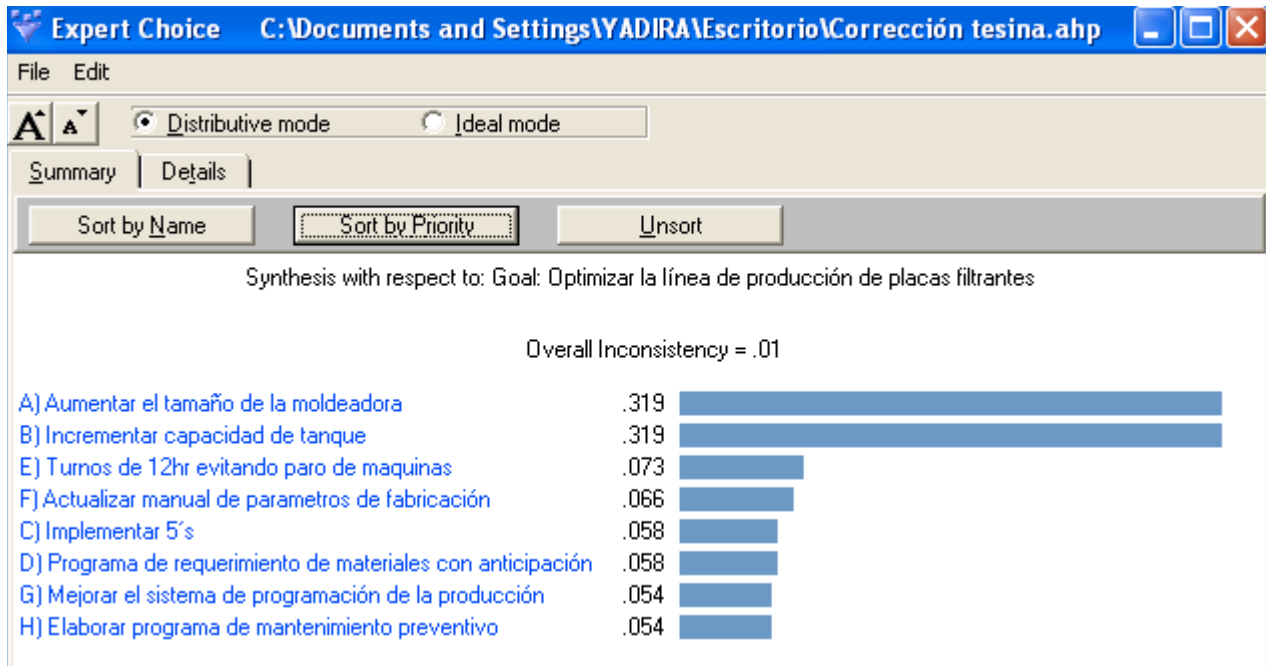
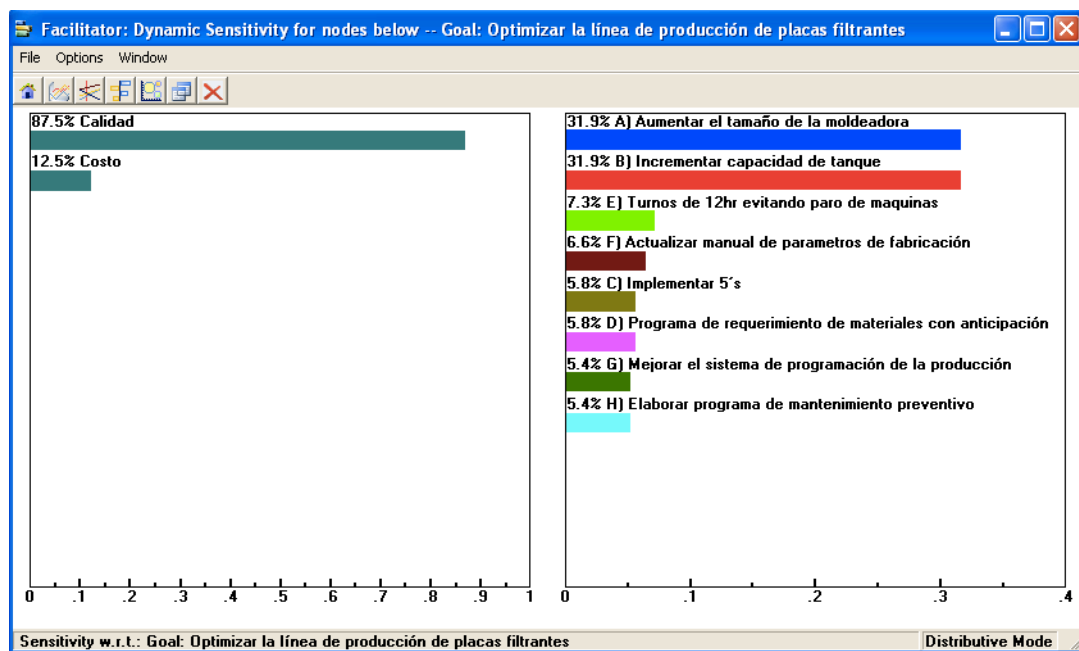
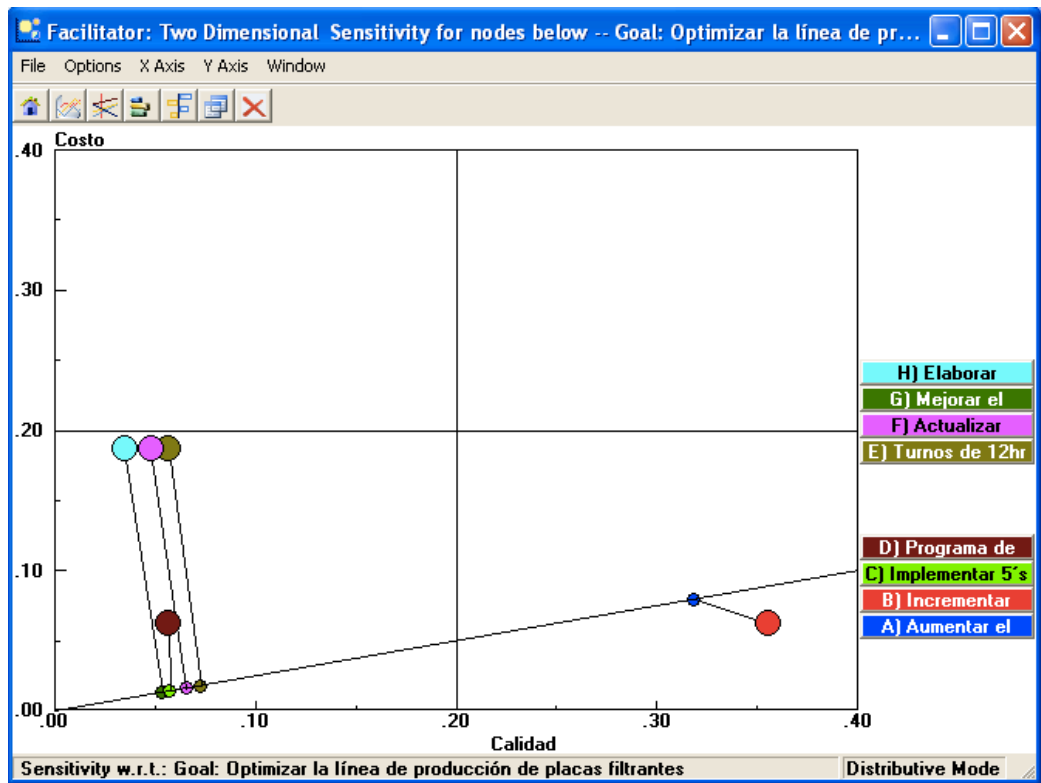


Figura 4.10 Resultado de relevancias globales

Utilizando el programa Expert Choice se obtienen las graficas 4.1y 4.2 que muestran las acciones con mayor porcentaje que deben ser las primeras en implementar para optimizar la producción de la línea de fabricación de placas filtrantes.



Grafica 4.1 Jerarquización de alternativas de acuerdo a criterios de calidad y costo



Grafica 4.2. Jerarquización de alternativas de acuerdo a criterios de calidad y costo

Analizando la grafica 4.1 y 4.2 nos indican que en base a la prioridad de calidad, debemos incrementar el tamaño de la moldeadora a la máxima capacidad del horno, seguida del incremento de la capacidad del tanque, ya que ambas tienen una importancia muy similar y puesto que una depende de la otra. Es decir, para que la producción se pueda optimizar al incrementar el tamaño de moldeadora, también deberá aumentar la capacidad el tanque, para poder abastecer las nuevas dimensiones de la moldeadora.

Los resultados del Expert Choice, se ordenan en forma descendente para obtener una tabla de frecuencia acumulada de las acciones, como se muestra en la tabla 4.2, para posteriormente realizar un diagrama de Pareto figura 4.11, que indicara las acciones que debemos resolver para impactar el 80% de la optimización de la producción de la línea de placas filtrantes.

No.	Acciones	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
A	Aumentar tamaño de moldeadora a máxima capacidad del horno	0.319	0.32	31.9%	31.9%
B	Incrementar la capacidad de los tanques	0.319	0.64	31.9%	63.7%
C	Turnos de 12 hr evitando paros al final de cada turno	0.073	0.71	7.3%	71.0%
D	Actualizar el manual de parámetros de producción	0.066	0.78	6.6%	77.6%
E	Implementar herramienta de 5s.	0.058	0.84	5.8%	83.4%
F	Programar requerimientos de material con anticipación	0.058	0.89	5.8%	89.2%
G	Mejorar sistema de programa de producción.	0.054	0.95	5.4%	94.6%
H	Elaborar un programa de mantenimiento preventivo	0.054	1.00	5.4%	100.0%
Total		1.00		100%	

Tabla 4.2 Tabla de frecuencia acumulada Fuente: creación propia

4.3.2 Diagrama de Pareto

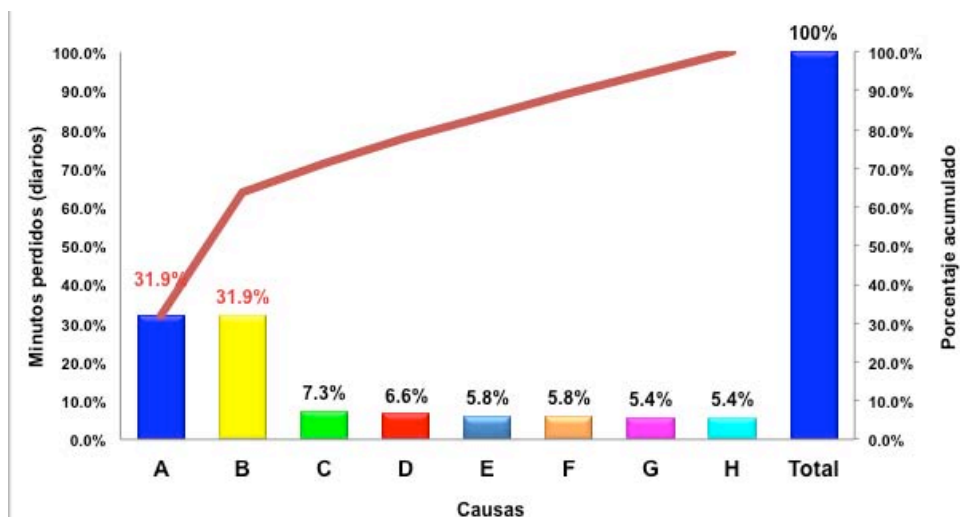


Figura 4.11 Diagrama de Pareto Fuente: creación propia

De acuerdo con el Diagrama de Pareto, se determina que las acciones que tendrán mayor impacto en la optimización de la producción de la línea de placas filtrantes son: **Aumentar el tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del horno, Incrementar la capacidad de los tanques de producción, turno de 12 horas evitando paros al final de cada turno, actualizar el manual de parámetros de producción e implementar herramienta de 5s.**; estas acciones suman un porcentaje acumulado de 83.4%. Por lo tanto, la propuesta para optimizar la línea, se enfocará fundamentalmente en dar prioridad a dichas causas considerando el porcentaje de mayor a menor.

Para atender las acciones antes mencionadas y logara la mejora continua se sugiere iniciar por el aumento de tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del

horno y al mismo tiempo se puede trabajar en el incremento de la capacidad del tanque de producción, ya que al incrementar el tamaño de la moldeadora dependerá del incremento del tanque para tener un correcto abastecimiento, posteriormente se implementara el programas de trabajo de los turnos de 12 horas sin apagar el horno al final de cada turno y finalmente se actualizara el manual de parámetros de producción e implementara la herramienta de 5s.

CAPÍTULO 5. OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PLACAS FILTRANTES

*“En la carrera por la calidad
no hay línea de meta.”
David T. Kearns*

En este capítulo se describirá la propuesta de implementación de incremento del tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del horno así como el incremento de capacidad del tanque de abastecimiento detectados con el análisis del capítulo anterior y el uso de reportes que ayuden a medir el cumplimiento de la implementación y de los objetivos de la misma.

5.1 Programación de Actividades

En esta investigación nos enfocaremos a la propuesta de las dos primeras actividades que representan el 63.7% del impacto en la optimización de la producción: aumentar el tamaño de la moldeadora de acuerdo a la máxima capacidad del horno así como el incremento de capacidad del tanque de abastecimiento y para su implementación se elaborara el programa de actividades mediante un diagrama de Gantt, que se obtiene a partir de un planteamiento CPM (Critical Path Method). Para ello, se empleará el programa WinQSB.

No	Actividades para el desarrollo del proyecto	Duración (semanas)	Actividad que antecede
A	Definir objetivos y elaborar el programa de actividades	1	
B	Informar al personal involucrado el objetivo y duración	1	A
C	Definir capacidades actuales y capacidades nuevas	1	B
D	Diseño de la moldeadora	2	C
E	Diseño del tanque	2	C
F	Cotización de materia de modificación de la moldeadora	2	D,E
G	Cotización de material para incremento de capacidad del tanque	2	D,E
H	Cotización bomba de vacío	2	D,E
I	Cotización de la modificaciones de la moldeadora y el tanque	2	D,E
J	Cotización instalación de la bomba de vacío	2	D,E
K	Selección de mejores costos	1	F,G,H,I,J
L	Aprobación del proyecto	1	K
M	Capacitación	1	L
N	Simulación	2	M
O	Compra de equipo necesario	2	N
P	Implementación	1	O
Q	Pruebas y evaluación	2	P

Tabla 5.1 Planteamiento de la jerarquización de actividades y su duración. Fuentes creación propia

Las actividades para poder aumentar el tamaño de la moldeadora e incrementar el tamaño del tanque se presentan en la tabla 5.1, considerando como periodo piloto 18 semanas que se obtiene de la duración de cada actividad.

Utilizando el programa WinQSB, se obtiene la red de la figura 5.1, la cual muestra la relación entre las diferentes actividades y la secuencia que deberán seguir.

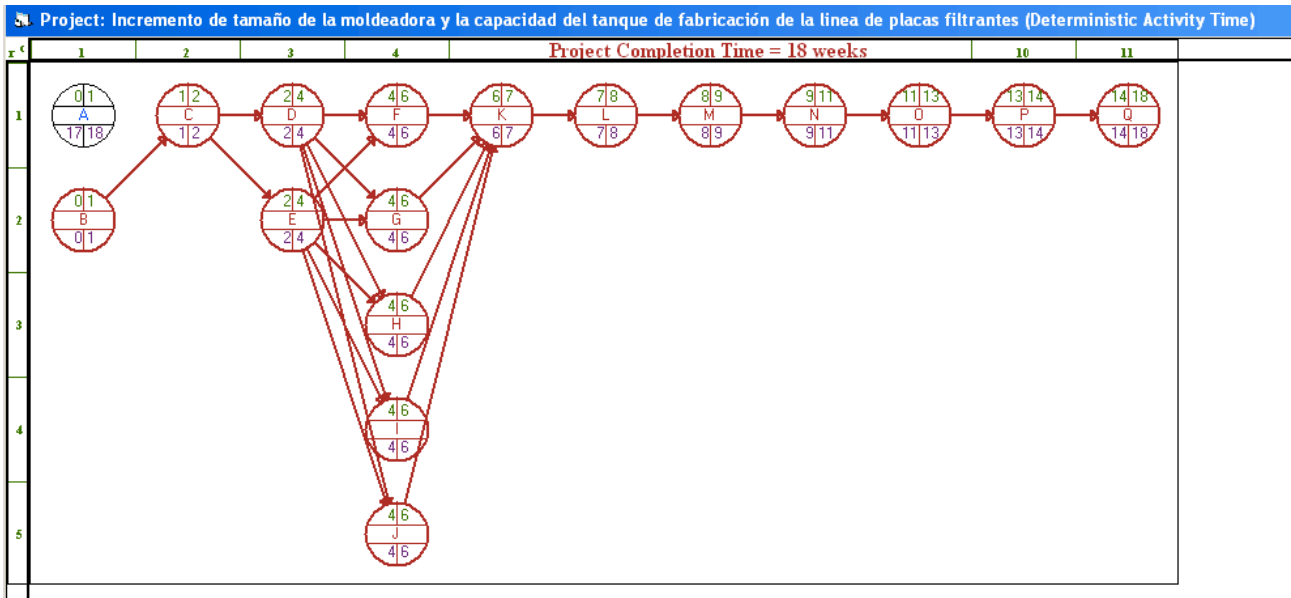


Figura 5.1. Red obtenida en el programa WinQSB

El figura 5.2 muestra el Gantt obtenido, que servirá de base para sugerir un plan de trabajo durante 18 semanas hasta concluir el proyecto, es importante dar a conocer al personal involucrado el objetivo del proyecto y mantenerlos informados de las actividades que se realizarán.

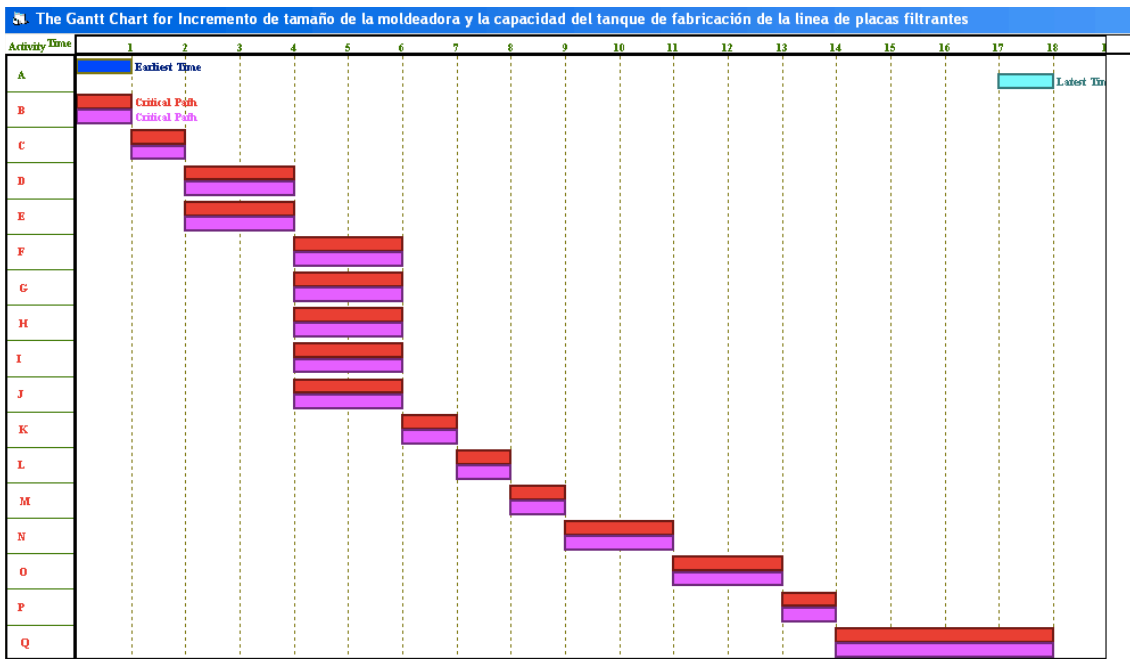


Figura 5.2 Grafica de Gantt obtenido en el programa WinQSB para un periodo de 18 semanas.

5.2 Desarrollo de aumento de tamaño de la moldeadora e incremento de capacidad del tanque.

En el presente apartado se van a desarrollar cada una de las actividades que se recomiendan para la implementación del proyecto.

De esta forma, el orden más adecuado para soportar la propuesta es el siguiente:

5.2.1 Definir capacidades actuales y nuevas

Para aumentar el tamaño de la moldeadora e incrementar la capacidad del tanque necesitamos conocer su capacidad y el factor de utilización de cada una de ellas.

En la tabla 5.2 se muestra la capacidad real y la capacidad de diseño del tanque, de la moldeadora y del horno y con esos datos se obtuvo el factor de utilización de cada uno, esto indica que el tanque y la moldeadora se utilizan en un 90% de su capacidad y el horno utiliza un 72% promedio de su capacidad (75% dimensión, 82% temperatura y 59% la velocidad); por lo tanto, el tanque y la moldeadora requieren la expansión de sus capacidades para aprovechar el aumento de capacidad que el horno ofrece. Es importante mencionar que la capacidad máxima asignada al tanque y a la moldeadora es del 90% para evitar derrames.

Equipo:	Capacidad real	Capacidad de diseño	Factor de utilización= Capacidad real/ capacidad de diseño
Tanque	3240	3600	90%
Moldeadora	$1.9 \times 0.9 \times 0.075 = 0.13 \text{m}^3$	$1.9 \times 0.9 \times 0.084 = 0.14 \text{m}^3$	90%
Horno:			
Dimensión	$12 \times 0.9 \text{m} = 10.8 \text{m}^2$	$12 \times 1.2 \text{m} = 14.4 \text{m}^2$	75%
Temperatura	214°C	260°C	82%
Velocidad	20.7m/h	36m/h	59%

Tabla 5.2 Factor de utilización del equipo actual. Fuente: Creación propia

De acuerdo a la parte del layout correspondiente a la línea de fabricación de placas filtrantes figura 5.3, se observa que el tamaño de la moldeadora mide $1.9 \text{m} \times 0.9 \text{m} \times 0.084 \text{m} = 0.114 \text{m}^3$ y la máxima expansión es de $2 \text{m} \times 1 \text{m} \times 0.084 \text{m} = 0.168 \text{m}^3$, ya que el horno mide $1.2 \text{m} \times 12 \text{m} \times 2.5 \text{m}$ y se busca expandir el tamaño de la moldeadora para obtener un 83% de utilización del horno, se esta considerando un margen de 10cm de cada lado del horno para evitar que se atore la placa en su trayecto, la modificación se observa en la figura 5.4.

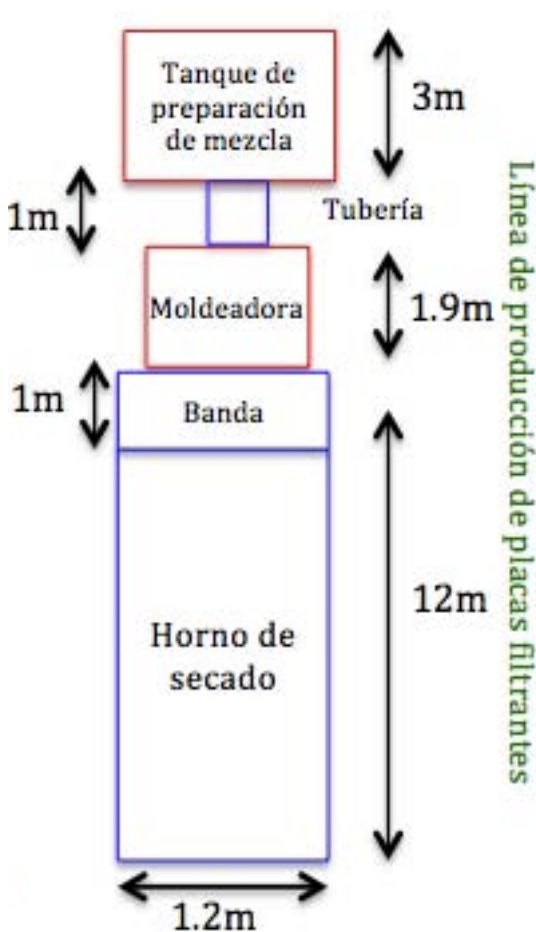


Figura 5.3 Layout línea de placas filtrantes actual. Fuente: Creación propia

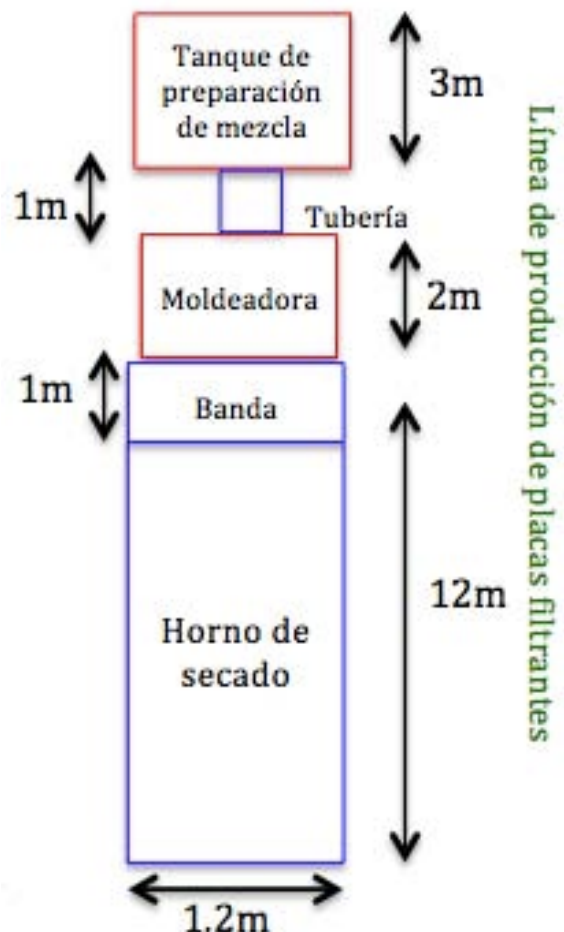


Figura 5.4 Layout línea de placas filtrantes modificada. Fuente: Creación propia

Al expandir el tamaño de la moldeadora, el tanque requiere también un incremento de su capacidad para abastecer la mezcla de preparación de la placa, la capacidad actual del tanque es de 3,600L, sin embargo se utiliza el 90% de su capacidad, lo cual refiere a una capacidad de 3,240L equivalente a 3.25m^3 que abastecen a la moldeadora, también utilizada al 90% de su capacidad, para fabricar 25 placas de $1.9\text{m}\times 0.9\text{m}\times 0.75\text{m}=0.13\text{m}^3$ por lote en un periodo de 2.5 horas. Con la modificación de la moldeadora la nueva capacidad del tanque debería ser 4,167L para que al utilizar el 90% este sea de 3,750L para el abasto de 25 placas de $1\text{m}\times 2\text{m}\times 0.75\text{m}=0.15\text{m}^3$, el incremento del tanque se verá reflejado en su crecimiento en altura y tiene espacio suficiente para incrementar el tamaño del tanque más de lo requerido; por lo tanto se sugiere aumentar la capacidad del tanque a 6,333L para que al ocupar el 90% de su capacidad abastezca 5,700L equivalentes a 5.7m^3 para fabricar 38 placas de $1\text{m}\times 2\text{m}\times 0.75\text{m}=0.15\text{m}^3$ y de este modo incrementar la producción en un 77%, siempre buscando cumplir con la máxima capacidad del horno. Los datos del comparativo de las capacidades de mezcla del tanque y la mezcla requerida para la fabricación de cada placa se muestran en la tabla 5.3.

Requerimientos del tanque	Actual	Propuesta	
	25pz de $1.9\times 0.9\times 0.75\text{m}$	25pz de $2\times 1\times 0.75\text{m}$	38pz de $2\times 1\times 0.75\text{m}$
Capacidad de diseño del tanque(100%)	3,600L	4,167L	6,333L
Capacidad real del tanque(90%)	3,240L	3,750L	5,700L
Capacidad real del tanque(90%)	3.24 m^3	3.75 m^3	5.7 m^3
Mezcla requerida por placa	0.13 m^3	0.15 m^3	0.15 m^3

Tabla 5.3 Comparativo de capacidades del tanque requeridas.

Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter

Con la propuesta de las modificaciones será necesario realizar los ajustes de velocidad y temperatura del horno proporcionales para producir las 38 placas en el mismo periodo de tiempo de 2.5 horas que se fabricaban las 25 placas actualmente. La temperatura proporcional que corresponde al incrementos de tamaño y cantidad de placas que pasaran por el horno es de 349° a una velocidad de 31.46m/h , con estas modificaciones el factor de utilización de cada equipo se modifica, quedando reflejados los cambios en la tabla 5.4.

Equipo:	Capacidad real	Capacidad de diseño	Factor de utilización= Capacidad real/ capacidad de diseño
Tanque	5,700L	6,333L	90%
Moldeadora	$2 \times 1 \times 0.075 = 0.15 \text{m}^3$	$2 \times 1 \times 0.084 = 0.168 \text{m}^3$	89%
Horno:			
Dimensión	$12 \times 1 \text{m} = 12 \text{m}^2$	$12 \times 1.2 \text{m} = 14.4 \text{m}^2$	83%
Temperatura	249°C	260°C	95%
Velocidad	31.46m/h	36m/h	87%

Tabla 5.5 Factor de utilización del equipo propuesto.

Fuente: Creación propia con información proporcionada por Columbia Filter

Si se comparan las tablas 5.2 y 5.5 se muestra el factor de utilización actual y el de la propuesta, el cual refleja un aumento en la utilización de la capacidad del horno del 16% y a su vez trae un beneficio del incremento en la producción del 77%, reflejado en 13 placas más producidas por lote y de mayor tamaño equivalente a 33.2m^2 más por lote.

5.2.2 Diseño de la moldeadora y tanque

El diseño de la moldeadora con dimensiones $1 \text{m} \times 2 \text{m} \times 0.084 \text{m}^3$ requiere la contratación de un especialista que contemple expandir la capacidad de la moldeadora actual con el mismo material del que esta fabricada, acero inoxidable, para su ampliación necesita tomar parte del espacio que ocupa la tubería que va del tanque a la moldeadora.

El diseño del tanque de preparación de mezcla, también requiere una expansión de tamaño, con lo cual se aprovecha el tanque ya existente. La capacidad necesaria es de 6,333L, lo que equivale a 2,733 litros más que la capacidad actual de 3,600L.

5.2.3 Cotización de materiales

Se obtienen las cotizaciones de los materiales requeridos, del servicios de modificaciones e instalación de la bomba de vacío, verificar los datos del diseño y no omitir alguno para evitar que posteriormente se incremente el presupuesto inicial.

Los factores a contemplar para la cotización son:

- Tiempo de entrega
- Forma de pago
- Condiciones de entrega
- Descuentos
- Precio
- Disponibilidad
- Confiabilidad del proveedor

A continuación registrarlas diferentes cotizaciones y realizar un comparativo para evaluar a los mejores candidatos, se sugiere evaluar al menos 3 proveedores para tener un panorama más amplio de opciones.

5.2.4 Aprobación del proyecto

Las cotizaciones son aprobadas por la dirección general, antes de proceder con la implementación del proyecto, ya que de no estar de acuerdo el proyecto no deberá efectuarse.

5.2.5 Capacitación

Aprobado el proyecto, el siguiente paso es capacitar al personal involucrado con el proceso de fabricación de placas filtrantes, informando las implicaciones de la modificación y las actividades en que estarán involucrados directamente antes, durante y después de la implementación.

5.2.6 Simulación

La simulación del sistema de implementación del aumento de tamaño de la moldeadora e incremento de capacidad del tanque permitirá imitar el proceso y evaluar su desempeño.

También permitirá evitar el gasto en la compra de materiales y en la inversión de tiempo sin previamente determinar si realmente funcionara, así como evitar la implementación de la técnica tradicional de prueba y error.

Se creó la simulación de la producción de placas filtrantes actual y el propuesto con el programa ProModel, en el modelo actual se programo la producción de 8 lotes de 25 placas cada uno, obteniendo un total de producción diaria de 200 placas filtrantes tal como se observa en la figura 5.5.

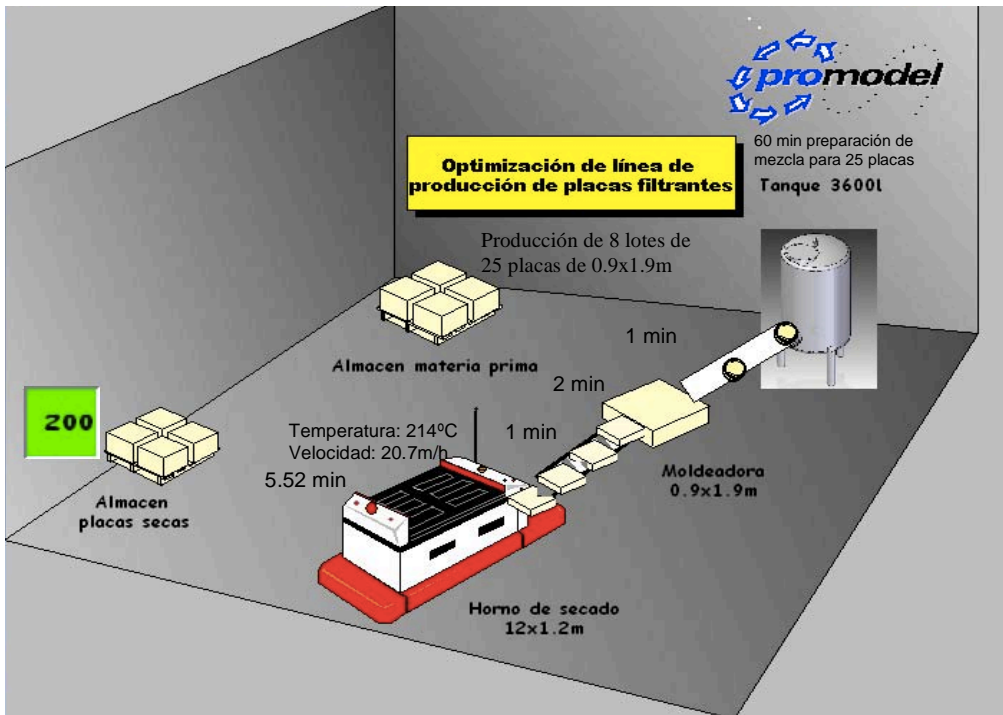


Figura 5.5 Simulación del Modelo de fabricación de placas filtrantes actual en ProModel

En el modelo propuesto se programo la producción de 8 lotes de 38 placas cada uno, obteniendo un total de producción diaria de 304 placas filtrantes como se observa en la figura 5.6

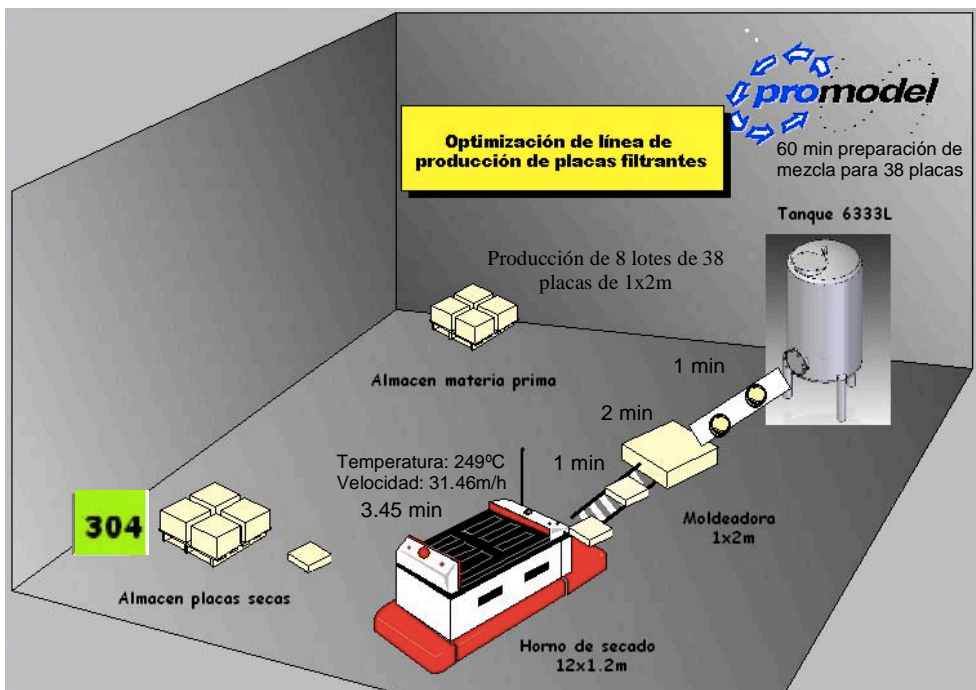


Figura 5.6 Simulación del Modelo de fabricación de placas filtrantes actual en ProModel

Ambas simulaciones fueron satisfactorias, con ello se confirma que es un proyecto viable y que se logrará incrementar la producción un 77%, optimizando la línea de producción de placas filtrantes.

5.2.7 Compra del equipo necesario

Después de cumplir las 6 actividades previas, se procede a la compra de los materiales necesarios para la implementación del proyecto, es importante considerar que el tiempo transcurrido entre la cotización y la compra no debe ser prolongada, ya que los precios cotizados pueden variar al momento de la compra, sin embargo se reconfirma con el proveedor que los precios cotizados sigan vigentes.

Al recibir el material se corrobora que corresponda con el pedido de compra que se efectuó, en caso de no ser el material correcto, se solicita la corrección inmediata.

5.2.8 Implementación

Para la implementación de la modificación del tamaño de la moldeadora y de la capacidad del tanque verifican las dimensiones propuestas y su diseño, así como los materiales requeridos, el personal especializado que realizara las modificaciones y la aprobación del proyecto, así como con el personal involucrado con el proceso.

Avisar al personal la fecha de implementación de la propuesta para prevenir la producción correspondiente a los días requeridos o avisar a los clientes en caso de no ser posible cumplir con la demanda. Verificar que las modificaciones se realicen de acuerdo a la planeación y que todas las conexiones sean correctas.

Preparar el área previamente con el espacio suficiente para realizar las maniobras requeridas para las modificaciones.

Efectuar un check list de las actividades a realizarse durante la implementación para evitar omitir algún paso.

5.3 Pruebas y evaluación

El periodo de pruebas da inicio inmediatamente después de implementar la propuesta, se realizan los ajustes necesarios para que se produzcan las 304 placas filtrantes diarias con las dimensiones de 1mx2m y se llena una bitácora con todos los ajustes que fueron necesarios para documentarlos posteriormente.

Una vez superado el periodo de pruebas, implementar los métodos para asegurar que los resultados esperados se cumplan bajo la correcta implementación del proyecto, que constan de 3 formatos que reporten la producción diaria, mensual y anual de placas filtrantes.

El primer formato se llamara **Reporte diario de Producción de Placas Filtrantes**(Figura 8.1) y se llena a mano por el operador que recibe las placas secas al final de proceso y consta de los siguientes datos:

Columbia Filter																						
Reporte diario de Producción de Placas Filtrantes																						
Fecha:	Hora de inicio:																					
Responsable:	Hora de fin de producción:																					
	Temperatura del horno:	<table border="1"><thead><tr><th>Inicio de producción</th><th>Fin de producción</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Inicio de producción	Fin de producción																		
Inicio de producción	Fin de producción																					
	Velocidad del horno:	<table border="1"><tbody><tr><td></td><td></td></tr></tbody></table>																				
<table border="1"><thead><tr><th>No. De lote</th><th>Placas producidas</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>Total diario</td><td></td></tr></tbody></table>	No. De lote	Placas producidas	1		2		3		4		5		6		7		8		Total diario			
No. De lote	Placas producidas																					
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
Total diario																						

Figura 8.1 Reporte diario de producción de placas filtrantes. Fuente: creación propia

El segundo formato se llamará **Reporte mensual de Producción de Placas Filtrantes** (Figura 8.2) y se elabora mensualmente por el operador basado en los formatos **Reporte diario de Producción de Placas Filtrantes**.

Columbia Filter
Reporte mensual de Producción de Placas Filtrantes

Fecha:
Responsable:

Fecha	Lotes producidos	Placas producidas	Hora de inicio:	Hora de fin de producción:	Temperatura del horno:		Velocidad del horno:	
					Inicio de producción	Fin de producción	Inicio de producción	Fin de producción
Total mensual								

Figura 8.2 Reporte mensual de Producción de Placas Filtrantes. Fuente: creación propia

El tercer y último reporte será el **Reporte anual de Producción de Placas Filtrantes**(Figura 8.3)y es llenado y analizado anualmente por el Jefe de Producción basado en el **Reporte mensual de Producción de Placas Filtrantes**.

Columbia Filter			
Reporte anual de Producción de Placas Filtrantes			
Fecha:	Año reportado:		
Responsable:			
Mes	Lotes producidos	Placas producidas	Observaciones
Ene			
Feb			
Mar			
Abr			
May			
Jun			
Jul			
Ago			
Sep			
Oct			
Nov			
Dic			

En las observaciones debera anotar lotes fuera de especificación de temperatura y velocidad del horno, tiempo de fabricación o cantidad de placas producidas

Figura 8.2Reporte anual de Producción de Placas Filtrantes. Fuente: creación propia

Estos tres reportes determinan si la producción se esta cumpliendo según lo estipulado y también se verifica si la temperatura y velocidad del horno están de acuerdo a lo calculado, con base en los resultados se ajustan de los parámetros en caso de ser necesario.

CONCLUSIONES

Con los análisis que se realizaron durante el procesamiento de la información que se adquirió en la investigación, se afirma que es factible la modificación del tamaño de la moldeadora y el incremento de capacidad del tanque que en esta tesis se propone. Lo anterior, responde a las necesidades actuales de optimizar la producción en la línea de placas filtrantes, lo que confirma que la hipótesis planteada inicialmente se cumple.

La evaluación de las acciones para desarrollar la optimización de la producción fue a partir de métodos cuantitativos y cualitativos, los cuales se ponderaron de acuerdo a las necesidades de la compañía Columbia Filter identificadas mediante la observación y entrevistas al personal, siendo las más relevantes:

- 1) Incrementar el tamaño de la moldeadora a la máxima capacidad del horno.
- 2) Aumentar la capacidad del tanque de preparación de mezcla que abastece a la moldeadora.

Se encontró también que para la modificación de estas actividades es necesario el ajuste de la velocidad y temperatura del horno.

Se detectó que el tanque de preparación de mezcla aumenta su capacidad más allá de lo que la moldeadora requiere con las modificaciones de la propuesta, por lo tanto se sugiere incrementar su capacidad a lo máximo que permite el espacio en el que se encuentra.

Si bien esta tesis da la pauta para investigaciones que contribuyan al crecimiento de la Especialidad de Sistemas de Calidad, también pretende aportar una idea de la utilidad que tiene la optimización de una línea de producción, ya que en esta investigación el beneficio que se obtendría es el incremento del 77% de la línea producción de placas filtrantes .

BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez Ibarrola, José María, et. al, *Introducción a la Calidad. Aproximación a los Sistemas de Gestión y Herramientas de Calidad*, 1^{ra}. ed., España, Vigo, 2006.
2. Cabrerizo, Andrés, et. al, *Física y Química*, México, Editex, 2008.
3. Coss Bu, Raúl, *Simulación un enfoque práctico.*, 20^a. Ed., México, Limusa, 2013.
4. Escudero Serrano, María José, *Logística de Almacenamiento*, 3^a. ed., España, Parainfo, 2014, p. 18
5. Everett E., Adam, Ronald J., Ebert, *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento.* 4^a ed., España, Prentice Hall, 1991.
6. Fuentes Zenón, Arturo, *Enfoques de Planeación un Sistema de Metodologías*, 2^a ed., México, DEPMI-UNAM, 2001
7. Gerald James, Holton, Stephen G., Brush, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, 2^a ed., USA, Reverte S.A., 1987.
8. Groover, Mikell P., *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas*, 1^a ed., México, 1997, p.908
9. Michael J., Moran, N. Shapiro, Howard, *Fundamentos de termodinámica técnica*, 2^a ed., USA, Reverte S.A., 2005.
10. Rubio Romero, Juan Carlos, et al, *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales*, 1^a ed. España, Díaz de Santos, 2005.
11. Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G., *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2^a ed. USA, Stanford University, Springer, 2012.

12.12. Saravia Pinilla, Martha Helena, *Ergonomía de concepción. Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales*, 4^a ed., Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2006.

Normas

1. ISO 9000:2005

Internet

1. Baroni, Marco, Zanchetta, Eros, *Word reference*, 2015,
<http://www.wordreference.com/definicion/tanque> 11/04/15

2. Gitmans, Frank ,*Vacuubrand Inc, Germany* ,
<http://www.vacuubrand.com/es/page1085.html>,11/04/15

3. Grupo filtrox,<http://www.filtrox.com/products-services/filter-media/depth-filter-sheets/standard/>, 11/04/15

4. Méndez, Ángeles, *Filtración. La Guía de Química 2000*, 5^a ed., 21 de julio de 2011,
<http://quimica.laguia2000.com/general/filtracion#ixzz3X9ObTWHN>,11/04/15

5. Pq Systems Inc, *Total Quality Tools*, 1996,
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm, 04/04/15