

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Propuesta del diseño de las instalaciones de La Industria Harinera S.A. para su
nueva ubicación en el Parque Industrial de Quito en el sector Turubamba**

David Nicolás Tobar Amoroso

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Industrial

Quito, Mayo 20 de 2011

Universidad San Francisco de Quito Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Propuesta del diseño de las instalaciones de La Industria Harinera S.A. para su
nueva ubicación en el Parque Industrial de Quito en el sector Turubamba**

David Nicolás Tobar Amoroso

Ximena Córdova, PhD

Directora de la Tesis y

Miembro del Comité de Tesis

Daniel Merchán, MSc

Miembro del Comité de Tesis

Verónica León, MSc

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, MSc

Decano del Colegio Politécnico

Quito, Mayo de 2011

© Derechos de autor

David Nicolás Tobar Amoroso

2010

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres quienes siempre han estado al lado mío para apoyarme y guiarme y a mis abuelitas Michi y Kity quienes son un ejemplo cada día de mi vida.

Agradecimientos

Especiales agradecimientos a Francisco Sánchez y a toda la Industria Harinera, quienes permitieron el desarrollo de la tesis de la mejor manera, siempre con la disposición de ayudar. A mi mejor amigo Ismael Jaramillo, sin él no se hubiera podido tener una simulación con el alcance obtenido. A Manual Andrade, quien colaboró de manera directa con las herramientas necesarias para la tesis. A Daniel Merchán que siempre estuvo dispuesto a ayudar tanto fuese necesario; A mi familia en general quienes brindaron ánimos y soporte durante toda la tesis y a Ximena Córdova, mi directora, quien guió la tesis hasta ser lo que es.

Resumen

El diseño de la nueva planta fue un proyecto que abarcó varios procedimientos. Se comprobaron los diferentes departamentos existentes, dependiendo de los productos y los procesos por los que éstos pasan. Conociendo los departamentos se procedió a realizar un análisis de los flujos y las dimensiones de los departamentos. Con la información anterior se realizó una simulación, tomando en consideración los deseos de crecimiento de gerencia; la simulación tenía como objetivo encontrar la cantidad óptima de recursos. La cantidad de recursos se utilizó como entrada para el cálculo de las nuevas dimensiones de cada departamento. Se realizaron 3 opciones de plantas, se seleccionó la más eficiente. Una vez seleccionado el diseño más eficiente se procedió a establecer la ubicación de extintores y salidas de emergencia, así como el ancho de puertas y corredores.

Abstract

The design of the new plant layout involved several steps. First, a diagnostic of the existing units of the company was performed. Once this was completed a flowchart and measurement analysis of the different areas was done, followed by a simulation. The objective of the simulation was to obtain the optimization of the resources' amount; at this level, the expected demand growth from the management office was taken into account. The increase of the resources determined the new areas of the units. Moreover, three different layouts were proposed; the most efficient one was chosen. In addition, safety measures and regulations were adopted such as: fire extinguisher placement plan, determination of emergency exits and corridor width.

Tabla de contenidos

1.	Introducción.....	2
1.1.	Objetivos	3
1.1.1.	General.....	3
1.1.2.	Específicos	3
1.2.	Alcance	4
1.3.	Antecedentes	5
1.4.	Justificación e importancia del proyecto	7
1.5.	Descripción de la empresa	8
1.5.1.	Historia.....	8
1.5.2.	Aspectos generales	9
1.5.3.	Productos y servicios	10
1.5.4.	Mercado objetivo	12
2.	Revisión Literaria	14
2.1.	Objetivo primordial del diseño	14
2.2.	Pasos para el diseño:	15
2.3.	Tipos de distribución de planta:	16
2.4.	Información básica para el planeamiento	17
2.5.	Ancho de pasillos	18

2.6.	Celdas de fabricación.....	20
3.	Marco Teórico.....	23
3.1.	Conceptos Básicos	23
3.1.1.	Cadena de valor.....	23
3.1.2.	Lista Maestra de Procesos	23
3.1.3.	BILL OF MATERIALS, BOM, o detalle de los materiales	24
3.1.4.	Diagrama de Precedencia	24
3.1.5.	Dominio de flujos	25
3.1.6.	Orden Topológico.....	27
3.1.7.	Algoritmo del orden topológico	28
3.1.8.	Flujograma:.....	28
3.1.9.	Algoritmo	29
3.1.10.	Heurística.....	29
3.1.11.	Metodología SLP (Systematic Layout Process de muther	30
3.1.12.	Medición del flujo cuantitativa	31
3.1.13.	Tabla de relaciones:	31
3.1.14.	Simulación:	32
3.1.15.	Número de réplicas para la simulación	35
3.1.16.	Número de observaciones de tiempo	36

3.1.17.	Pruebas de Bondad y Ajuste.	37
3.1.18.	Estado estable de la simulación	38
3.1.19.	Métodos para mejorar la planta	38
3.1.20.	Cálculo de la eficiencia de la planta	43
3.1.21.	Seguridad Industrial	44
3.2.	Metodología	46
4.	Diseño de instalaciones.....	48
4.1.	Definir el problema	48
4.1.1.	Problemas actuales	48
4.1.2.	Perspectiva de la Gerencia	48
4.2.	Analizar el problema	49
4.2.1.	Cadena de valor	49
4.2.2.	Lista maestra de procesos	50
4.2.3.	Flujogramas principales	52
4.2.4.	Análisis celdas de manufactura	61
4.2.5.	Medidas Físicas de los departamentos.....	66
4.2.6.	Distancias entre departamentos.....	76
4.2.7.	Flujos de trabajo.....	76
4.2.8.	Cálculo de la eficiencia de la planta actual.....	79

4.2.9.	Dominio del flujo y orden topológico	81
4.2.10.	Diagrama de relación de espacio	87
4.3.	Simulación de la planta actual	90
4.3.1.	Objetivo de la simulación	90
4.3.2.	Descripción general del sistema	90
4.3.3.	Recolección y Análisis de datos de entrada	94
4.3.4.	Construcción y ejecución del modelo actual.....	96
4.4.	Crecimiento deseado.....	112
4.5.	Simulación de la nueva planta	113
4.5.1.	Determinación de las dimensiones de los departamentos.....	116
5.	Diseño de plantas	118
5.1.	Nueva disposición de departamentos.....	118
5.2.	Disposición de plantas de varios pisos	120
5.3.	Primera opción de diseño: Programación Entera Mixta, PEM	125
5.4.	Segunda opción de diseño. PEM.....	137
5.5.	Tercera opción de diseño. CORELAP	141
5.6.	Elección del mejor diseño.	145
6.	Seguridad Industrial	150
6.1.	Extintores de incendio.....	150

6.2.	Corredores.....	151
6.3.	Salidas de emergencia.....	151
7.	Diseño final de la planta.....	152
8.	Conclusiones y Recomendaciones	156
8.1.	Conclusiones	156
8.2.	Recomendaciones.....	162
	Bibliografía	164
	Anexo 1.....	168
	Anexo 2.....	172
	Anexo 3.....	209

Lista de Figuras

Figura 1: Centros de distribución de La Industria Harinera	14
Figura 2: Ejemplo de cadena de valor	23
Figura 3: Ejemplo de BOM	24
Figura 4: Ejemplo de Diagrama de precedencias	25
Figura 5: Ejemplo de orden topológico	27
Figura 6: Ejemplo de un flujograma	29
Figura 7: Metodología SLP	30
Figura 8: Ejemplo de tabla de relaciones	32
Figura 9: Pasos para una simulación exitosa	33
Figura 10: Cadena de Valor de La Industria Harinera	50
Figura 11: Flujograma de ensacado de harina	53
Figura 12: Flujograma de elaboración de premezclas.....	55
Figura 13: Flujograma elaboración de harina en funda	57
Figura 14: Flujograma de Delipan	60
Figura 15: Mapa de recursos la Industria Harinera S.A	60
Figura 16: Mapa de recursos de Delipan.....	61
Figura 17: imagen de los silos externos de la Industria Harinera S.A.	67
Figura 18: Área de limpieza de la Industria Harinera (3 pisos)	68
Figura 19: Área del granel	69
Figura 20: Área de ensacado de la Industria Harinera S.A.	69
Figura 21: Área de bodega del granel de la Industria harinera	70

Figura 22: Área de ensacado de semi-productos de la Industria Harinera	70
Figura 23: Área de bodega de semi-productos de la Industria Harinera	71
Figura 24: Semi-producto ubicado en corredores.....	71
Figura 25: Área del departamento de bodega de materias primas de la Industria Harinera.....	72
Figura 26: Área para el empaque de harina de la Industria Harinera.....	72
Figura 27: Área para la bodega de harina empacada.....	73
Figura 28: Área del departamento de premezclas de la Industria Harinera	73
Figura 29: Área del almacén de premezclas de la Industria Harinera.....	74
Figura 30: Dimensiones de la bodega de materia prima de Delipan	74
Figura 31: Área de Delipan	75
Figura 32: Área de la bodega de Delipan	75
Figura 33: Diagrama de precedencia de la planta actual	85
Figura 34: Orden topológico de la planta.....	87
Figura 35: Diagrama de relación de espacio de la Industria Harinera	88
Figura 36: Diagrama de relaciones de espacio del edificio principal	89
Figura 37: Modelo macro de la simulación	91
Figura 38: Llegada de camiones del modelo de simulación	97
Figura 39: Proceso de silos, humectación y granel del modelo de simulación	98
Figura 40: Envío de semiproducto del modelo de simulación.....	98
Figura 41: Proceso de ensacado de harina y envío a otras áreas.....	99
Figura 42: Envío de harina del modelo de simulación	100

Figura 43: Proceso de empaque de la simulación	101
Figura 44: Proceso de premezcla del modelo de simulación	102
Figura 45: Proceso de Delipan del modelo de simulación parte I	103
Figura 46: Proceso de Delipan del modelo de simulación parte II	103
Figura 47: utilización de los recursos en la actualidad	111
Figura 48: Utilización propuesta	115
Figura 49: Modelo matemático para determinar los departamentos en los pisos.....	121
Figura 50: Parámetros para determinar la asignación de departamentos a los pisos	123
Figura 51: Solución a modelo para asignación de departamentos y pisos	124
Figura 52: Modelo matemático para encontrar diseño del primer piso	131
Figura 53: Parámetros para el modelo matemático del primer piso	132
Figura 54: Pantalla del programa ampl para determinar el diseño del primer piso ...	133
Figura 55: Disposición de los 6 departamentos con el modelo matemático	134
Figura 56: Primera propuesta de diseño	136
Figura 57: Modelo matemático relajando la restricción de la razón entre el ancho y el largo.....	138
Figura 58: Modelo matemático con restricción de razón de ancho y largo de 2	138
Figura 59: Diseño de planta según modelo de programación entera con relajación en restricción.....	140
Figura 60: Segunda propuesta de diseño.....	141
Figura 61: Resultado de algoritmo CORELAP	144
Figura 62: Tercer propuesta de diseño	145

Figura 63: Diseño final del primer piso	153
Figura 64: Diseño final del segundo y tercer piso.....	155
Figura 65: Pareto productos premezcla	169
Figura 66: Pareto productos Delipan.....	170
Figura 67: Pareto productos empaque	171
Figura 68: Horario de llegada de camiones	173
Figura 69: Distribución ajustada al tiempo de descarga de camiones.....	174
Figura 70: Series de tiempo para el proceso de parqueo y descarga de camiones	175
Figura 71: Distribución ajustada a la cantidad de harina procesada en una hora	176
Figura 72: Serie de tiempo para la cantidad procesada de harina	177
Figura 73: Distribución ajustada al tiempo de procesado de semiproducto.....	178
Figura 74: Cantidad de semiproducto procesado en una hora	179
Figura 75: Distribución ajustada al tiempo de ensacado de harina o semiproducto ..	180
Figura 76: Serie de tiempo para el proceso de ensacado de producto	181
Figura 77: Distribución ajustada al tiempo de premezcla.....	182
Figura 78: Series de tiempo para el proceso de premezcla	183
Figura 79: Distribución ajustada al tiempo de empacado en máquina	185
Figura 80: Serie de datos para el empacado en máquina	185
Figura 81: Distribución ajustada al tiempo de empaque manual	186
Figura 82: Series de tiempo del empacado manual	187
Figura 83: Series de tiempo para los procesos de Rosquetas	189
Figura 84: Distribución ajustada al tiempo de mezclado en Rosquetas	189

Figura 85: Distribución ajustada a tiempo de manguero en Rosquetas	190
Figura 86: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Rosquetas	190
Figura 87: Distribución ajustada al tiempo de decorado de Rosquetas	191
Figura 88: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Rosquetas	191
Figura 89: Series de tiempo para los procesos de elaboración de Orejas	193
Figura 90: Distribución ajustada al tiempo de mezclado de Orejas	193
Figura 91: Distribución ajustada al tiempo de laminado de Orejas	194
Figura 92: Distribución ajustada al tiempo de estirado de Orejas	194
Figura 93: Distribución ajustada al tiempo de formado de Orejas	195
Figura 94: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Orejas	195
Figura 95: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Orejas	196
Figura 96: Serie de tiempos de los datos para la elaboración de Aplanchados	197
Figura 97: Distribución ajustada al tiempo de mezclado de Aplanchados	197
Figura 98: Distribución ajustada al tiempo de laminado de Aplanchados	198
Figura 99: Distribución ajustada al tiempo de estirado de Aplanchados	198
Figura 100: Distribución ajustada al tiempo de formado de Aplanchados	199
Figura 101: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Aplanchados	199
Figura 102: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Aplanchados	200
Figura 103: Series en el tiempo para los procesos de elaboración de bizcochos	202
Figura 104: Distribución ajustada al tiempo de amasado de Bizcochos de sal	202
Figura 105: Distribución ajustada al tiempo de formado de Bizcochos de sal	203
Figura 106: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Bizcochos de sal	203

Figura 107: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Bizcochos de sal	204
Figura 108: Series de tiempo para los procesos de elaboración de melvas	205
Figura 109: Distribución ajustada al tiempo de amasado de Melvas	206
Figura 110: Distribución ajustada al tiempo de formado de Melvas	206
Figura 111: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Melvas	207
Figura 112: Distribución ajustada al tiempo de decorado de Melvas	207
Figura 113: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Melvas	208

Lista de Tablas:

Tabla 1: Centros de Distribución de La Industria Harinera	13
Tabla 2: Estimados de holguras para pasillos	18
Tabla 3: Anchura de pasillo para diferentes flujos	19
Tabla 4: Anchos recomendados por Konz	20
Tabla 5: Matriz máquina-parte	20
Tabla 6: Ejemplo de tabla desde-hacia en kilogramos	31
Tabla 7: Módulos principales del software Arena	34
Tabla 8: Número de ciclos recomendados	37
Tabla 9: Lista Maestra de Procesos de La Industria Harinera	51
Tabla 10: Cantidades en Premezcla	54
Tabla 11: Relación de producto con proceso	62
Tabla 12: Primera iteración algoritmo King	63
Tabla 13: Segunda iteración algoritmo King	64
Tabla 14: Optimización de las celdas de producción	65
Tabla 15: Medidas departamentos Industria Harinera	66
Tabla 16: Distancia real entre departamentos	76
Tabla 17: Tabla de relaciones del flujo de trabajo en toneladas	78
Tabla 18: Distancia entre departamentos en metros	79
Tabla 19: Flujo entre departamentos en toneladas	80
Tabla 20: tabla de relaciones sustituyendo letras	81
Tabla 21: flujos entre departamentos simplificados	84

Tabla 22: Iteraciones para encontrar el orden topológico	86
Tabla 23: Resumen de distribuciones y pruebas de bondad y ajuste	95
Tabla 24: Resumen de recursos utilizados en Delipan	104
Tabla 25: Recursos disponibles de la planta actual	104
Tabla 26: Comparación de datos de simulación con la realidad	107
Tabla 27: desviación estándar de los diferentes productos	108
Tabla 28: Valores inversos de la distribución t para diferentes grados de libertad....	109
Tabla 29: Número mínimo de réplicas	109
Tabla 30: Resumen de los resultados de la simulación de la planta actual con 20 réplicas.....	111
Tabla 31: Aumento en capacidad y producción deseado por gerencia	112
Tabla 32: Comparación de nueva planta con especificación de gerencia	114
Tabla 33: Aumento de recursos según simulación	115
Tabla 34: Nuevas dimensiones de los departamentos	117
Tabla 35: Departamentos para el modelo para determinar en qué piso se ubicarán los mismos.	122
Tabla 36: Asignación de departamentos y pisos	124
Tabla 37: Departamentos que se ubicarán en la planta baja	127
Tabla 38: número de departamento utilizado en modelo.....	128
Tabla 39: Área encontrada del modelo y área deseada	135
Tabla 40: Nomenclatura de los departamentos	136
Tabla 41: Comparación de áreas del modelo matemático y de la simulación	139

Tabla 42: Determinación de áreas en unidades de 50 metros cuadrados	142
Tabla 43: Tabla de relaciones de departamentos piso inferior	142
Tabla 44: resumen de CORELAP.....	143
Tabla 45: comparación de áreas de los modelos	146
Tabla 46: Distancias entre departamentos diseño 1	147
Tabla 47: Distancias entre departamentos diseño 2	147
Tabla 48: Distancias entre departamentos diseño 3	148
Tabla 49: flujos entre departamentos en toneladas	149
Tabla 50: Objetivo basado en distancias de diseños	149
Tabla 51: Tabla de emplazamiento de extintores y su número mínimo	150
Tabla 52: Toma de datos del procesamiento de Rosquetas	188
Tabla 53: Tiempos en la elaboración de Orejas.....	192
Tabla 54: Tiempos de la elaboración de Aplanchados	196
Tabla 55: Tiempos tomados para la elaboración de bizcochos	201
Tabla 56: Tiempos tomados en la elaboración de Melvas.....	204
Tabla 57: Datos más grandes en el último año y medio de los diferentes productos de la Industria Harinera.	213

Lista de ecuaciones

(2.1.1) Flujo de planta.....	25
(2.1.2) Flujo promedio	25
(2.1.3) Límite superior de flujo	26
(2.1.4) Límite inferior de flujo	26
(2.1.5) Dominio de flujo.....	26
(3.1.6) Intervalo de confianza	35
(3.1.7) Half Width	35
(3.1.8) Desigualdad del error deseado	35
(3.1.9) Número de réplicas.....	35
(3.1.10) Número de réplicas inicial.....	36
(3.1.11) Función objetivo PEM.....	39
(3.1.12) Límites de longitud	40
(3.1.13) Límites de anchura.....	40
(3.1.14) límites para el perímetro.....	40
(3.1.15) ancho máximo de la planta	40
(3.1.16) largo máximo de la planta	40
(3.1.17) valor de alfa.....	40
(3.1.18) valor de beta	41
(3.1.19) sobreposición en el eje x	41
(3.1.20) sobreposición en el eje y	41
(3.1.21) ubicación obligatoria de departamento.....	41

(3.1.22) no negatividad	41
(3.1.23) propiedad binaria	41
(3.1.24) función objetivo para modelo de disposición de plantas de varios pisos	42
(3.1.25) departamento ubicado en un solo departamento	42
(3.1.26) límite del área de cada piso	42
(3.1.27) empate entre x y y	42
(3.1.28) diferencia entre pisos	42
(3.1.29) diferencia entre pisos 2	42
(3.1.30) propiedad binaria	42
(3.1.31) objetivo basado en distancias	44
(4.4.32) perímetro para un cuadrado	125
(4.4.33) perímetro para un rectángulo	125
(4.4.34) área de un rectángulo	126
(4.4.35) área de un rectángulo con razón de 2.5 entre largo y ancho	126
(4.4.36) ancho en función de área en el caso de razón 2.5 entre largo y ancho	126
(4.4.37) perímetro en función de un solo lado en el caso de razón 2.5 entre largo y ancho	126
(4.4.38) perímetro en función del área en el caso de que la razón sea de 2.5 entre largo y ancho	126

Reglas y convenciones para el uso de la tesis.

El software Rockwell Arena utilizado en la tesis como herramienta de simulación, no permite el ingreso de caracteres latinos. Los nombres de módulos, recursos, horarios, entidades y descripciones estarán en español, pero sin caracteres latinos. De antemano se manifiesta que los aparentes errores gramaticales relacionados con la simulación son intencionales.

1. Introducción

El diseño de la planta tiene como finalidad la eficiencia de los procesos, la seguridad de los empleados y optimización del manejo de materiales (Shanbhag). Para el nuevo diseño se partirá con el levantamiento de los procesos productivos. Conociendo los procesos de la planta se realizará un análisis de las células de manufactura actuales, es decir se analizará si los diferentes departamentos son los correctos y si los productos están bien ubicados en los mismos.

Una vez obtenida la información de los departamentos, se procederá a calcular el flujo entre departamentos y las dimensiones de los mismos. A su vez se levantará información de tiempos, entradas y salidas de los diferentes procesos. Recabada la información mencionada anteriormente se realizará una simulación de la planta actual.

La simulación de la planta será validada con datos reales de la empresa y se podrá apreciar cómo está funcionando la planta y la utilización de los recursos. Posteriormente se realizará una nueva simulación, que tomará como base el primer modelo de simulación y los deseos de gerencia sobre crecimiento y sobre la futura producción. La nueva simulación tiene como objetivo encontrar el número óptimo de recursos a utilizar. La nueva cantidad de recursos será necesaria para el cálculo de las nuevas dimensiones de los departamentos.

Solamente en este punto se puede realizar posibles diseños de plantas. Se realizarán 3 diferentes diseños, utilizando diferentes algoritmos y modelos matemáticos. Se escogerá el diseño que sea más eficiente, es decir el que reduzca la distancia recorrida por los materiales.

Al diseño seleccionado se implementarán regulaciones y normas de seguridad, éstas son: emplazamiento de extintores, salidas de emergencia y ancho de puertas y pasillos. Finalmente se realizará el diseño definitivo de la planta. La cual toma en consideración la eficiencia de los procesos, la seguridad de los empleados y la optimización del manejo de materiales.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Generar una propuesta y un plan de implementación de un diseño adecuado para la nueva planta de La Industria Harinera ubicada en el nuevo parque industrial del sur de Quito en Turubamba.

1.1.2. Específicos

- Realizar un levantamiento de los procesos actuales, que incluya el flujo entre áreas e información referente a la adyacencia entre áreas.
- Determinar si las celdas de manufactura son apropiadas, tomando en consideración los diferentes procedimientos que siguen los productos realizados.
- Analizar el flujo de la planta, encontrar si se puede realizar un diseño donde no exista flujos regresivos.
- Realizar una simulación de la planta actual

- Realizar una simulación de la nueva planta, optimizando la utilización de los recursos.
- Incorporar los requerimientos de la gerencia sobre el aumento de la producción y de la capacidad de los departamentos en la nueva simulación
- Encontrar las nuevas dimensiones de los departamentos.
- Optimizar el flujo de los productos con el diseño de la planta.
- Crear un diseño que mantenga la seguridad industrial tanto para los trabajadores como para las instalaciones y el producto.

1.2. Alcance

El proyecto influenciará todos los procesos de la empresa y afectará también a los empleados de llegar a implementarse. El proyecto es una propuesta, por lo que la implementación y control no se realizará. Además el proyecto tomará en cuenta la demanda futura, sin embargo no considerará un plan maestro de producción para los meses antes y después del traslado.

El nuevo diseño de las instalaciones se enfocará en los procesos de elaboración de productos derivados de la harina, Delipan, por especificaciones de la gerencia.

1.3. Antecedentes

De acuerdo a las estadísticas levantadas por la FAO, Food and Agriculture Organization, Quito es una de las ciudades de mayor crecimiento poblacional en América Latina. Desde el año 1990 el porcentaje de población urbana rebasó el 50% de la población total ecuatoriana. Este porcentaje se ve comprendido principalmente en las ciudades de Quito y Guayaquil representando el 48% de la población urbana del Ecuador. También el incremento desmesurado de la población se ha visto reflejado en la población vehicular y la medida de contención ha sido el llamado “pico y placa”; la cual consiste en restringir la circulación de los automotores durante 6 horas, cada día, de acuerdo con el último dígito de su correspondiente placa (El Universo, 2010). Por esta razón es que con el tiempo se ha hecho más difícil la entrada y salida de vehículos en la actual planta de la empresa La Industria Harinera S.A., ubicada a 4 cuadras del centro comercial “El Recreo”. Con el tiempo la planta se está rodeando de empresas y zonas pobladas que complican las diferentes actividades realizadas (Sánchez, 2009).

Por otra parte la planta actual llegará a su límite de capacidad en un corto tiempo, sin poder cumplir con la demanda futura. La planta actual no tiene espacio para un crecimiento, por ende, la gerencia ha decidido mudar sus instalaciones a un lugar enfocado a la actividad manufacturera; la misma que tenga a sus alrededores empresas que ayuden en sus procesos tanto productivos como habilitantes, y no zonas pobladas. Asimismo, La Industria Harinera

requiere de un espacio mayor para poder obtener mayor almacenamiento e incrementar su maquinaria. (Tobar Guillermo, 2010)

La Asociación de Empresarios del Parque Industrial del Sur, AEPIS, y la Agencia Municipal de Desarrollo Económico, CONQUITO, han estado trabajando conjuntamente para el desarrollo del nuevo parque industrial del sur de Quito con una extensión de 120 hectáreas. Este parque industrial será promotor de las empresas de la ciudad, el mismo que ofrecerá distintos servicios para apoyar las actividades que se realicen en el parque (Hoy, 2008). La Industria Harinera ya ha conseguido una ubicación con un espacio aproximadamente 150% más grande en el mencionado sector, lo que será base para el crecimiento y desarrollo de la empresa. (Tobar Guillermo, 2010)

El aspecto a seguir más importante, es el desarrollo del diseño de la planta; en el cual se identifiquen flujos de productos, zonas de crecimiento y aspectos para la correcta distribución de productos terminados y materia prima. El diseño es el primer paso para realizar una planificación en la cual se identifiquen aspectos como transporte de maquinaria y un plan maestro de producción para la época cercana al traslado. Así poder mantener y mejorar la imagen de la marca de la empresa. (Serrano, 2009)

1.4. Justificación e importancia del proyecto

La Industria Harinera S.A. ha adquirido el terreno en el nuevo parque industrial del sur de Quito. De no realizar un diseño de planta el cual tenga la capacidad de sustentar el crecimiento tanto de la ciudad como de la industria, la misma no podrá mantener sus operaciones. Es de vital importancia el traslado de la planta al parque industrial, ya que éste tiene muchas ventajas como son: mejoras en transporte, servicios cercanos de logística y manejo de residuos, entre otros. (Tobar Guillermo, 2010)

Existe una necesidad de cambio de ubicación dado por distintas razones. En la actualidad la empresa se encuentra situada en una zona urbana de gran crecimiento, dificultando las actividades operativas y logísticas. Conjuntamente, la planta está llegando a su límite de capacidad, siendo urgente la expansión de la misma, tanto en espacio como en implementos y tecnología. (Sánchez, 2009)

El diseño de las instalaciones es la parte crucial del traslado; en el mismo se considerará las planeaciones estratégicas del crecimiento de la empresa. También se tomará en cuenta las tendencias del mercado y la voz del cliente. La gerencia tiene planeado la introducción de nuevos productos, aspecto que se podrá poner en funcionamiento en las nuevas instalaciones. De una forma concisa, el diseño duplicará la capacidad de producción de harina, y aumentará la capacidad de las otras áreas en diferentes porcentajes, todos alrededor de 75% (Sánchez, 2009)

Ésta es la oportunidad para solucionar los problemas existentes en la actual planta; y mejorar los procedimientos actuales. Finalmente, esta tesis es el paso fundamental para: planear el movimiento de maquinaria, reformar la logística de material y productos, tomar decisiones sobre la adquisición de nueva maquinaria, incorporar nueva tecnología, estandarizar operaciones, entre otras. Éstas son decisiones estratégicas para la empresa para el desarrollo futuro de la misma. El traslado a una nueva ubicación es el momento ideal para un rediseño en los procesos y la implementación de tecnologías y metodologías; de esta manera evitar una doble curva de aprendizaje debida al nuevo método y al traslado. (Sánchez, 2009)

1.5. Descripción de la empresa

1.5.1. Historia

La Industria Harinera fue fundada en el año 1938 en Quito en el barrio La Floresta, por cuatro personas: Reinaldo Schualbe, Erma Schulze de Schualbe, Ernesto Iturralde y Arturo Klein. En un inicio, la fábrica contó con un capital alrededor de un millón de sucres y con la importación de maquinaria alemana (Tobar Javier, 2006). A comienzos del año 1948, por consecuencias de la crisis mundial, La Industria Harinera requiere ingreso de capital, el cual fue aportado por Julio Tobar Donoso y su hermano Luís, quienes pasaron a ser poseedores de la empresa (La Industria Harinera S.A, 2006).

El primer gran paso que dio la empresa fue en el año 1960. Éste fue la implementación de prácticas bolsitas de 1 kilogramo de harina para el uso casero. En sus inicios consiguieron ventas de 200 fundas por día. En el año 1978 se dispone la compra de un nuevo terreno con mayor capacidad ubicado en el sur de Quito, el cual se lo mantiene hasta la actualidad (Tobar Javier, 2006). Por los problemas con la importación de trigo, los diferentes molinos de la sierra ecuatoriana deciden la creación de una empresa que se encargue de la descarga de diferentes granos en la ciudad de Guayaquil. En 1994 Ecuagran es fundada haciendo que los diferentes molinos del país tengan un desarrollo acelerado. (La Industria Harinera S.A, 2006)

1.5.2. Aspectos generales

La Industria Harinera S.A se subdivide en el grupo Santa Lucía y Delipan. La empresa se encarga de la venta y distribución de productos alimenticios especialmente vinculados con la molienda de trigo y derivados, como son premezclas para pastelería, galletas, afrecho (producto para la alimentación de ganado), etc. Santa Lucía se encarga de la elaboración de diferentes harinas y subproductos de la molienda y diferentes premezclas; mientras que, Delipan se encarga de la elaboración de galletería. (La Industria Harinera S.A, 2006)

La empresa importa trigo desde Canadá en un 97%, mientras que el resto es proveniente de diferentes sectores nacionales. El trigo importado es almacenado en Guayaquil y luego procede a Quito para su desarrollo. En la actualidad la industria cuenta con

135 empleados entre planta y administrativos. La misma que llega a ventas superiores de 1000 toneladas de harina mensuales. Con la venta de diferentes productos como son: harina, afrecho, afrechillo, harina para premezclas y diferentes productos galleteros se logra facturar aproximadamente 5 millones de dólares anuales. (Sánchez, 2006)

La planta industrial y oficinas administrativas están ubicadas en la Av. Maldonado s13-178 y Joaquín Gutiérrez, cinco cuadras al sur del Centro Comercial el Recreo. La planta industrial cuenta con silos con capacidad de 2500 toneladas, 9 bancos de molienda, un laboratorio para investigación de nuevos productos, un área de descargue y Delipan. (La Industria Harinera S.A., 2006)

1.5.3. Productos y servicios

En la página web de La Industria Harinera se puede encontrar los diferentes productos que ofrecen. A continuación se nombraran los diferentes tipos de harina:

Harina Lucy panadera: Presentados en empaques de 50 Kg, 45 Kg y 10 Kg que se utiliza para la elaboración de masas fermentadas, panificación y también para la elaboración de empanadas, milanesas, frituras, etc.

Harina Santa Lucía Granel: Igualmente viene en los tamaños mencionados anteriormente. Ésta se emplea en la realización de repostería fina como es pastelería, galletería, pizzas, etc.

Santa Lucía con Polvo de Hornear: Existen diferentes tipos de presentación se venden pesos de 50, 2 y 1 kilogramo. Con diferentes especificaciones de la cantidad de polvo para hornear según la necesidad del cliente. También sirve para repostería fina.

Harina Multiuso BB: BB hace referencia a Bueno y Barato es una harina más económica que la panadera y es utilizada para el proceso de preparación de masas fermentadas antes nombradas.

Santa Lucia Harina integral: Es utilizada en todo tipo de elaboración de repostería fina: pizzas, pies, galletas, panes. Esta harina como su nombre indica es integral.

Salvado de trigo semitostado: El salvado de trigo es la fuente natural de fibra más completa. Tiene grandes beneficios ya que regula el metabolismo y la digestión, evitando que las grasas y el azúcar se acumulen. Utilizado en diferentes recetas.

Germen de Trigo Semitostado: El germen puede mezclarse con cualquier comida. Desde los cereales en el desayuno, espolvoreado en ensalada de frutas o vegetales, jugos, yogurt, leche o batidos, mezclado con la masa de una torta, la carne picada,apañaduras, etc. Es un alimento rico en vitaminas, minerales y fibra.

Premezclas para tortas: Es una premezcla la cual solo necesita la adición de leche, margarina y huevos para la creación de diferentes tortas con diferentes sabores. También poseen un producto con premezclas “light”.

Premezclas para pancakes: Son premezclas que sólo necesitan la adición de margarina y leche, en el momento están tratando de crear una nueva fórmula que sólo necesite la adición de agua.

A continuación se presentan los diferentes productos de la línea Delipan, procesados de harina:

- Melvas
- Aplanchados
- Orejas
- Bizcochos (de sal y de dulce)
- Galletas con mermelada
- Dedos de chocolate
- Rosquetas
- Suspiros
- Alfajores
- Paquetes de producto surtido

(La Industria Harinera S.A, 2006)

1.5.4. Mercado objetivo

El mercado objetivo depende específicamente del producto en cuestión. Para la venta de harina a granel el mercado principal es la provincia de Pichincha, extendiéndose

ligeramente a Guayaquil, Cuenca y Latacunga. En lo que trata sobre los otros productos, éstos tienen un alcance nacional. Para el futuro aspira a ingresar en el mercado regional, esto es Colombia y Perú. A continuación se muestra en la Tabla 1 los centros de distribución de la empresa. Además en la página 14, la Figura 1, enseña la localización geográfica de los mismos. (La Industria Harinera S.A, 2006)

Centros de Distribución
Quito
Guayaquil
Cuenca
Latacunga

Tabla 1: Centros de Distribución de La Industria Harinera

Fuente: La Industria Harinera S.A, Elaboración propia

Los productos en envases de al menos 50 kilos tienen como clientes, las industrias y artesanos dedicados a la elaboración de pan, galletas, pizzas y demás productos de esta línea. En los productos de consumo masivo, tales como harina en empaques de hasta dos kilos, premezclas, y procesados de harina, los clientes son las cadenas de distribución y venta al público de éste tipo de productos (supermercados, comisariatos, tiendas de abarrotes, farmacias, etc..). Los usuarios principales de las harinas son las amas de casa. En el caso de la galletería, los usuarios finales no tienen una limitación, son hombres y mujeres de todas las edades sin problemas de la salud referentes a los productos. En los dos casos se trata de un segmento de mercado que va desde el nivel medio hasta el nivel alto. (La Industria Harinera S.A, 2006)

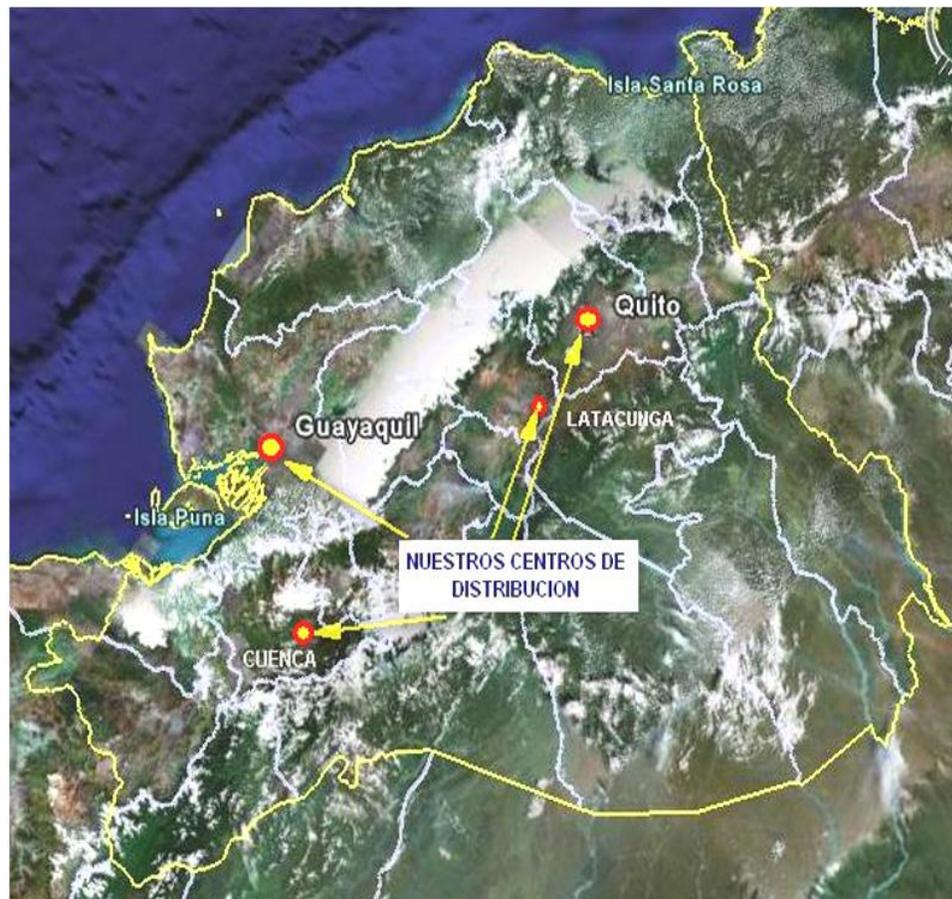


Figura 1: Centros de distribución de La Industria Harinera

Fuente: La Industria Harinera S.A

2. Revisión Literaria

2.1. Objetivo primordial del diseño

Tompkins indica que el objetivo primordial del diseño de las instalaciones es que la organización alcance la excelencia en su cadena de suministro(2006, pág. 12). Mientras que

Konz aclara que la meta es diseñar y operar una instalación que maximice los beneficios a largo plazo. Teniendo en cuenta 4 criterios con este orden: seguridad y salud; desempeño; comodidad; y finalmente necesidades mayores como son contacto social, interés de los trabajadores, etc. (1992, pág. 26). Visiones diferentes, en donde una de ellas se enfoca en un aspecto general y global, la ubicación de la planta y departamentos externos, y la otra tiene un enfoque interno de las diferentes áreas, relación entre departamentos, dimensiones, etc.

2.2. Pasos para el diseño:

La metodología que Tompkins, White, Bozer y Tanchoco proponen consta de 6 pasos claramente definidos: Definición del problema, Analizar el problema, Determinación de espacios, Evaluación de alternativas, Selección del diseño óptimo e implementación del diseño. Una metodología clara y concisa. (2006, pág. 13)

En cambio Williams y Rosentrater proceden de una manera diferente en cuestiones del diseño. A pesar de no tener una metodología concreta sugieren que se comience por definir las áreas de trabajo, para trabajar con departamentos delimitados. Proponen una secuencia de los departamentos y se procede a regulaciones de tamaño y seguridad. Una vez diseñada la disposición de los departamentos y sus dimensiones se procede a encontrar una ubicación para la planta que cumpla con las características anteriores. (2007, pág. 5)

En forma macro Tompkins trata de lo general a lo específico, mientras que Williams trata de lo específico a lo general.

2.3. Tipos de distribución de planta:

A continuación se muestra diferentes enfoques de los tipos de distribución. Inicialmente se mostrará una visión concreta y teórica, mientras que las dos siguientes son más guiadas.

Existen 4 tipos de distribuciones de planta. Éstas son: Disposición por ubicación fija; disposición por productos; disposición por tecnología de grupos; Disposición por procesos. Esta clasificación depende tanto del volumen de producción como de la variedad de productos realizados en la misma planta. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006, pág. 81).

Por otra parte Shanbhag indica que existen 5 tipos de instalación dependiendo de producto y del proceso como tal. Estos son: producto fijo; por proceso; por producto; por celdas o grupos. Finalmente y la más común es una mezcla de lo anterior donde parte de la planta o del proceso se realiza de una manera mientras que el resto de otra. (Shanbhag, 2009) Por otro lado Niebel indica que existen básicamente dos tipos de distribución ya sea basada en los productos o en los procesos.

“Una distribución dada puede ser la mejor para un conjunto dado de condiciones y la peor para otro. En general todas las distribuciones de planta representan una distribución de planta básica o una combinación de dos de ellas: por producto o en línea y por proceso o funcional”.

(Niebel & Freivalds, pág. 110)

Se nota fácilmente la diferencia entre los dos primeros autores, en donde uno establece que existen 5 tipos y el otro 4. El segundo autor, Shanbhag, presenta más experiencia en campo ya que considera que lo más común en las plantas actuales es una mezcla de los tipos de distribución teóricos del otro autor. Finalmente, Niebel solamente diferencia entre productos fijos y no fijos, no habla de celdas; y asimismo no toma en cuenta la mezcla de distintos tipos de distribución.

2.4. Información básica para el planeamiento

Para determinar los requerimientos de una planta hay que tener en cuenta 3 consideraciones como información básica: Flujo de trabajo, espacio y finalmente la relación de las actividades. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 79).

Este acercamiento coincide con el de Richard Muther en donde nos explica el procedimiento SLP, Systematic Layout Planning, el mismo que tiene como base el recorrido de los productos y cantidades, las relaciones entre las actividades y el espacio necesario y disponible. (1993, pág. 29). En realidad el Método SLP comprende muchos más análisis, pero la base, como lo explica Tompkins, son esas 3 consideraciones.

Cabe añadir que Konz posee un capítulo entero de la información básica para el diseño de las plantas, éste se divide en datos de entrada, relaciones y necesidades de espacio. En donde en las relaciones cita a Tompkins y en las necesidades de espacio utiliza el método de Muther. Finalmente, los datos de entrada incluyen, pero no se limitan a: dibujos ingenieriles, BOM, planos de ensamble, flujogramas, etc. (1992, págs. 38-58)

2.5. Ancho de pasillos

Tompkins indica que la anchura de los pasillos debe ser proporcional al área neta requerida para el equipo, el material y el personal. Es decir que una vez encontrada la dimensión de una estación específica, se le aumentará un porcentaje para los correspondientes pasillos. A continuación, en la Tabla 2, se muestra el porcentaje que Tompkins recomienda para la holgura de los pasillos. Estos son unos lineamientos generales para el cálculo correcto de cada área. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 113)

Si la carga más grande es	El porcentaje de Holguras del pasillo es
Menor de 6 pies cuadrados	5-10
Entre 6 y 12 pies cuadrados	10-20
Entre 12 y 18 pies cuadrados	20-30
Mayor de 18 pies cuadrados	30-40

Tabla 2: Estimados de holguras para pasillos

Fuente: Tompkins, Planeación de Instalaciones pg. 113.

Asimismo Tompkins no sólo indica porcentajes que ayudarían a determinar exactamente el área de cada departamento sino también dispone la anchura exacta del pasillo dependiente del flujo que pasa por el mismo. A continuación, en la Tabla 3, se muestra la anchura de los pasillos para distintas situaciones. En la misma no se toma en cuenta la cantidad de gente, principal diferencia con los valores determinados por Konz.

Tipo de flujo	Anchura de pasillo (pies)
Tractores	12
Montacargas de horquilla de 3 toneladas	11
Montacargas de horquilla de 2 toneladas	10
Montacargas de horquilla de 1 tonelada	9
Camión para pasillo angosto	6
Camión para plataforma manual	5
Personal	3
Personal con puertas que se abren hacia un sólo lado del pasillo	6
Personal con puertas que se abren hacia ambos lados del pasillo	8

Tabla 3: Anchura de pasillo para diferentes flujos

Fuente: Tompkins, Planeación de Instalaciones pg. 115

Por otro lado Konz hace una gran diferencia en 3 tipos de pasillos estos son: Pasillos combinados, vehículos y gente; pasillos para vehículos; y pasillos para gente. Asimismo, cuando interviene gente hace una distinción en las anchuras de los pasillos dependiendo de la cantidad de gente que circula por los mismos. En términos generales se muestra en la tabla 4 las diferencias que hace y los valores respectivos.

El hecho de que Konz tome en consideración la cantidad de gente que transita por los pasillos es importante, ya que en la planta existen lugares en donde varía demasiado la concurrencia de los trabajadores, por este hecho se tomará en cuenta las recomendaciones del mismo para la elaboración de este proyecto.

Tipo de pasillo	Ancho			
Combinado	Para montacargas con contrapeso 12 pies			
Vehículos	Angosto		5-10 pies	
	Convencional		12 pies	
	Monte carga de horquillas extensibles		8-9 pies	
	Montacargas de ruedas al frente		6-7 pies	
gente	Número de personas	Situación	Mínimo (in)	Recomendado (in)
	1	Normal	20	24
		Salida emergencia	44	44
	2	Paso de una persona que permanece de espaldas a la pared	30	36
3	Caminando de frente en la misma dirección	60	72	

Tabla 4: Anchos recomendados por Konz

Fuente: Manual de distribución de plantas industriales, Konz, pág. 144-148 Elaboración propia

2.6. Celdas de fabricación

Se pueden usar varios métodos para encontrar las celdas de fabricación. Todas las heurísticas que se tratarán en la tesis comprenden la siguiente tabla que indica la relación de máquinas y partes (en vez de máquinas puede ser procesos o incluso áreas).

		máquina				
		1	2	3	4	5
parte	1	1		1		
	2	1				
	3		1		1	1
	4	1		1		
	5		1			
	6				1	1

Tabla 5: Matriz máquina-parte

Fuente: Elaboración propia

Entre ellos tenemos el método sugerido por Tompkins el DCA, Direct Clustering Algorithm. El mismo que es descrito a continuación:

- Paso 1: Ordenar las filas y columnas. Sumar los "1s" en cada columna y en cada fila. Ordenar las filas de arriba hacia abajo en orden descendente y las columnas de izquierda a derecha en orden ascendente.
- Paso 2: Ordenar las columnas. Comenzando con la primera fila de la matriz, correr a la izquierda de la matriz todas las columnas que tengan un 1 en la primera fila.
- Paso 3: Ordenar las filas. Columna por columna, comenzando con la del extremo izquierdo, correr las filas hacia arriba cuando existan oportunidades de formar bloques.
- Paso 4: Formar celdas.

(Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, págs. 84, 85)

Por otro lado también se tiene el método visual. Este método ha sido descrito por Shanbhag. A continuación los pasos a seguir:

- Paso 1: Elegir cualquier fila y dibujar una línea que cruza por la misma
- Paso 2: Por cada uno que se presente en la fila elegida trazar una línea vertical que cruce por cada 1.
- Paso 3: Elegir las columnas por donde se han trazado las líneas verticales y asimismo trazar líneas horizontales por cada 1 que aparezca en la misma. Repetir el paso 2 y 3 hasta agotar posibilidades

- Paso 4: Remover las columnas y filas que han sido cruzadas con líneas, repetir el proceso para el resto de la matriz.

(Shanbhag, 2009)

Finalmente existe otro algoritmo que también encuentra las celdas correspondientes. Este método se llama el algoritmo de King. El mismo es bastante similar al DCA, la diferencia yace en los pesos otorgados a las columnas y filas. El método se describe a continuación:

- Paso 1: Crear una matriz donde a_{ij} es 1 si la parte j pasa por la máquina i y 0 si es que no pasa por ese proceso.
- Paso 2: Asignar pesos a las columnas de forma exponencial. $p_i = 2^{N-j}$
- Paso 3: Calcular el puntaje de cada columna $s_i = \sum_{j=1}^N p_i a_{ij}$
- Paso 4: Ordenar columnas en forma descendente
- Paso 5: Asignar pesos a cada fila y calcular los puntajes de la misma manera que se hizo en las columnas.
- Paso 6: Ordenar las filas. Continuar con paso 2-5 hasta obtener celdas.

(Shanbhag, 2009)

3. Marco Teórico

3.1. Conceptos Básicos

3.1.1. Cadena de valor

Es una herramienta que sirve para disgregar a la empresa en sus actividades, y así analizar las fuentes de su ventaja competitiva (República). A continuación, en la figura 2, se muestra un ejemplo de cadena de valor.

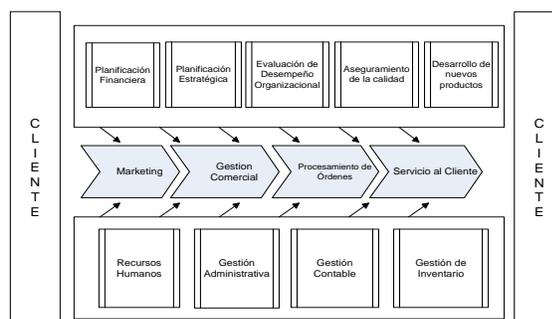


Figura 2: Ejemplo de cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Lista Maestra de Procesos

Es una tabla en la que se identifica cada subprocesos de la empresa, asimismo se notifica de cuál proceso y de cuál macroproceso proviene, finalmente se identifica cada uno de ellos con un código único. (Normas9000, 2008)

3.1.3. BILL OF MATERIALS, BOM, o detalle de los materiales

Contiene la misma información que la lista de partes además de información sobre la estructura del producto. La estructura del producto es una jerarquía refiriéndose al ensamblaje del producto. (Shanbhag, 2009). A continuación en la Figura 3: Ejemplo de BOM se muestra un ejemplo de BOM.

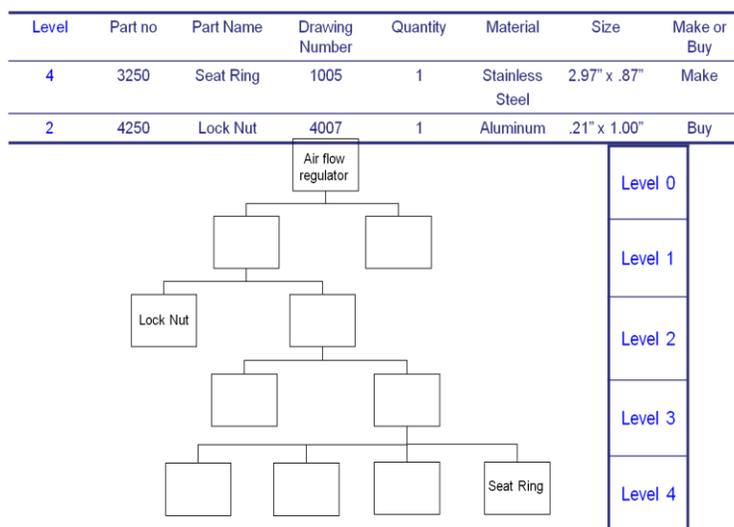


Figura 3: Ejemplo de BOM

Fuente: Imagen tomada de Diapositivas de Facilities Planning and Design . Champaign, Illinois, United States. UIUC

3.1.4. Diagrama de Precedencia

Diagrama el cual indica el orden normal de las actividades dentro de un proceso específico. “El mismo es una red dirigida y se utiliza en la planificación de proyectos; los diagramas de ruta crítica y los diagramas PERT son ejemplos de diagramas de precedencia”. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 44). A continuación se enseña en la Figura 4 un ejemplo de diagrama de precedencia.

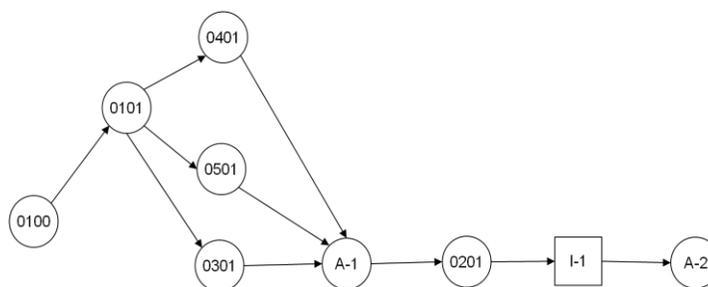


Figura 4: Ejemplo de Diagrama de precedencias

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Dominio de flujos

El dominio del flujo trata de medir la dificultad de encontrar un orden topológico de los departamentos (Shanbhag, 2009). Se muestra en la ecuación (2.1.5) el respectivo dominio de flujos. Para poder utilizar esta ecuación se necesita 4 ecuaciones previas mostradas a continuación.

Flujo de planta: Mide la dificultad de encontrar un orden topológico

$$f = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}^2 - M^2 \bar{f}^2}{M^2 - 1} \right)^{\frac{1}{2}}}{\bar{f}} \quad (2.1.1)$$

\bar{f} : Flujo promedio entre los departamentos.

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}}{M^2} \quad (2.1.2)$$

f_u límite superior: Equivale al flujo en el caso de que exista un orden topológico perfecto para el número de departamentos específico.

$$f_u = M \sqrt{\frac{M^2 - M + 1}{(M - 1)(M^2 - 1)}} \quad (2.1.3)$$

f_l límite inferior: Equivalente a una planta sin ningún tipo de orden. Para un número de departamentos M.

$$f_l = M \sqrt{\frac{1}{(M - 1)(M^2 - 1)}} \quad (2.1.4)$$

f' Dominio de flujo

$$0 \leq f' = \frac{f_u - f}{f_u - f_l} \leq 1 \quad (2.1.5)$$

Siendo M el número de departamentos en total.

La fórmula (2.1.5) dará un resultado entre 0 y 1. Valores cercanos a 0 indican que existe un dominio de flujos, es decir un orden topológico, donde no se presentan contraflujos. Valores cercanos a 1 indican que el flujo está distribuido igualmente entre todos

los departamentos, esto quiere decir que no se puede realizar mucha optimización. (Shanbhag, 2009).

3.1.6. Orden Topológico

Un orden topológico es aquel orden donde el flujo entre los departamentos no tiene contraflujos (Shanbhag, 2009). Para poder entender más fácil este concepto a continuación en la Figura 5 se muestra un ejemplo de un orden topológico.

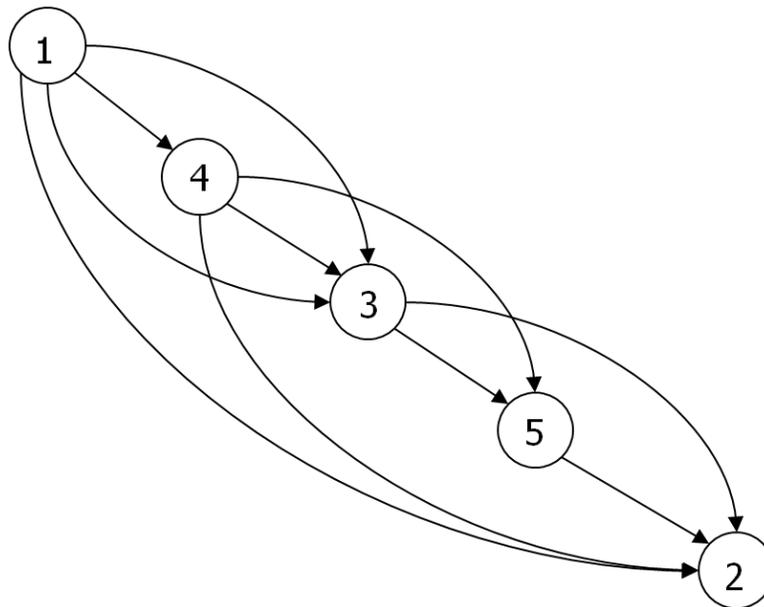


Figura 5: Ejemplo de orden topológico

Fuente: Elaboración propia

Es importante recalcar la importancia de encontrar un orden topológico en las plantas ya que será la base para el diseño de la planta. Un orden topológico sólo se puede encontrar si es que no existen ciclos entre los departamentos. (Shanbhag, 2009)

3.1.7. Algoritmo del orden topológico

Antes de realizar el algoritmo se necesita cierta información básica. Las entradas del algoritmo son los flujos desde-hacia entre los departamentos. A continuación se muestran los pasos del algoritmo.

1. Encontrar un departamento que no tenga flujos entrantes
2. Seleccionar ese departamentos y eliminar al mismo y todos sus flujos relacionados para las siguientes iteraciones
3. Repetir el paso 1 hasta eliminar todos los departamentos.

(Shanbhag)

Este algoritmo sólo se lo puede realizar en el caso de no existan ciclos, es decir que existan una serie de flujos entre departamentos en donde uno de los flujos regrese al departamento donde se originó. (Shanbhag)

3.1.8. Flujograma:

El flujograma es una representación gráfica de un proceso específico, sirve como referencia y constituye la base mínima para una mejora estructurada. Este diagrama muestra el movimiento entre diferentes unidades de trabajo e identifica cómo los departamentos u operarios interactúan entre sí. A continuación, en la Figura 6, se muestra un ejemplo de flujograma (Vazquez).

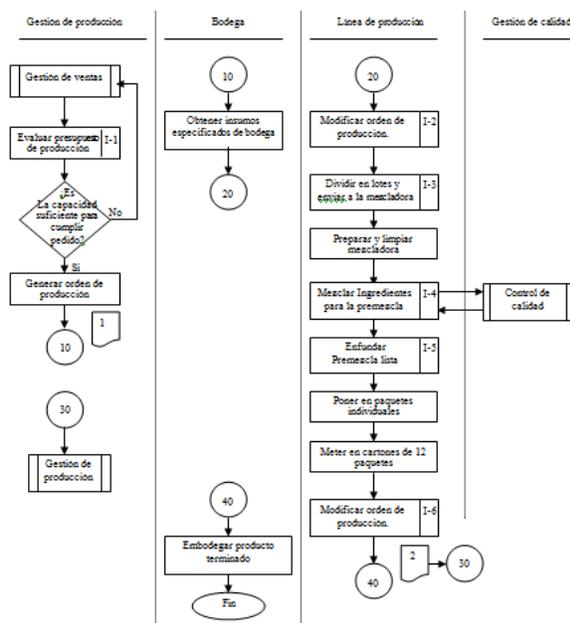


Figura 6: Ejemplo de un flujograma

Fuente: elaboración propia

3.1.9. Algoritmo

“Es un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema” (Real Academia Española). Los algoritmos se utilizarán para encontrar soluciones a problemas presentados en la planta, como son: adyacencia de departamentos, ubicaciones de los mismos, dimensiones, etc.

3.1.10. Heurística

La aplicación de algoritmos y modelos matemáticos para obtener una solución óptima sólo se puede aplicar a pequeños problemas, por la cantidad de cálculos que se requieren en el proceso. Por otro la heurística soluciona estos inconvenientes. La heurística tiene la capacidad de producir soluciones subóptimas, y la posibilidad de manejar problemas grandes con una cantidad razonable de cómputos. (Sule, pág. 488)

3.1.11. Metodología SLP (Systematic Layout Process de Muther)

Muther desarrolló una metodología a seguir para la realización correcta de un diseño de planta, éste se muestra a continuación en la Figura 7. Esta metodología será utilizada en el presente documento en la etapa analizar, perteneciente a la sección 3.2.

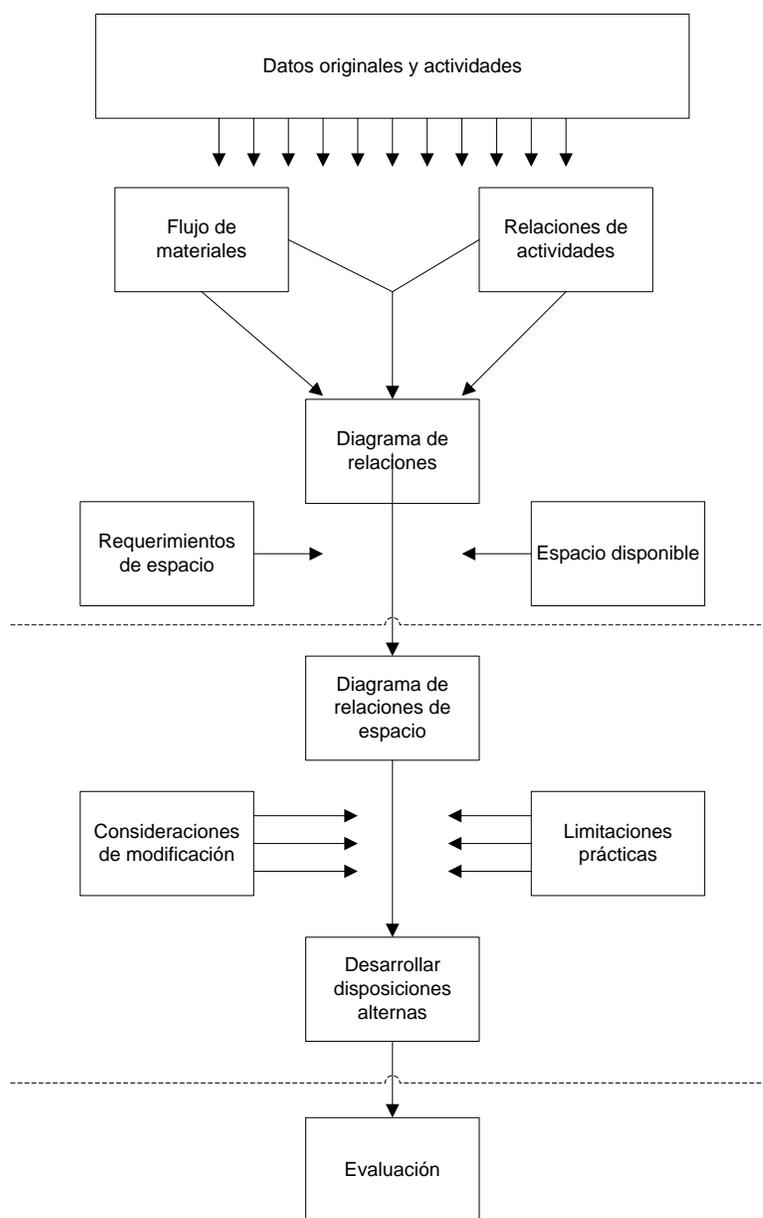


Figura 7: Metodología SLP

Fuente: SLP de Muther en Planeación de Instalaciones de James A. Tompkins pág. 306.

3.1.12. Medición del flujo cuantitativa

Para determinar las cantidades que fluyen entre los departamentos se realiza una tabla desde-hacia. La misma contiene información cuantitativa de la cantidad ya sea en viajes, peso, números, entre otros del traslado de producto entre áreas. Esta matriz es cuadrada, pero raramente simétrica; no hay razón alguna por la que se envía de una estación a otra sea la misma que se envía de regreso. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 103) A continuación, en la Tabla 6 se muestra un ejemplo de una tabla desde-hacia.

DEPTS	1	2	3	4	5	outside
1	-	0	10	1	1000	0
2	0	-	1	1000	100	0
3	10	1	-	100	1000	100
4	1	1000	100	-	100	0
5	1000	100	1000	100	-	0
outside	0	0	100	0	0	-
total	1011	1101	1211	1201	2200	100

Tabla 6: Ejemplo de tabla desde-hacia en kilogramos

Fuente: Elaboración propia

3.1.13. Tabla de relaciones:

Una tabla de relaciones sirve para la medición cuantitativa y cualitativa del flujo. En la misma se listarán todos los departamentos. Luego por medio de entrevistas, análisis con personas de cada departamento se encontrará la importancia de la adyacencia de los mismos. En la parte superior de cada rombo se pondrá una letra indicando la importancia de la adyacencia, mientras que en la parte inferior del rombo se indicará el flujo actual de trabajo (Shanbhag, 2009). A continuación, en la Figura 8, se muestra un ejemplo.

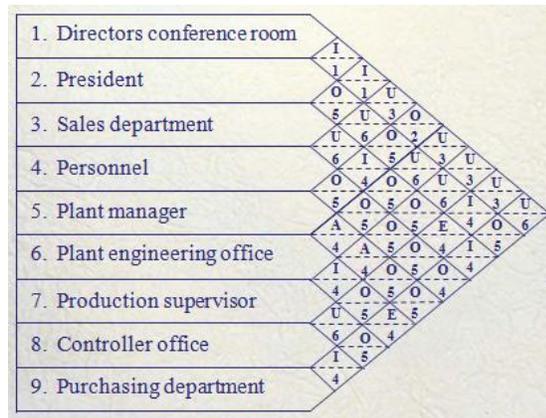


Figura 8: Ejemplo de tabla de relaciones

Fuente: Shanbhag, diapositivas 2009

3.1.14. Simulación:

La simulación se refiere a una colección de métodos y aplicaciones para imitar el comportamiento de un sistema real, usualmente realizado en una computadora con un software adecuado. (Kelton, pág. 1)

Según Jerry Banks y John Carson, existen ciertos pasos para realizar una simulación exitosa (Jerry Banks, pág. 15). Éstos son mostrados en la Figura 9.

Para esta tesis se utilizará específicamente el programa Arena Simulation Software de Rockwell Automation, Inc versión 13.5, el cual permite no solamente simular la planta sino también realizar una sencilla animación para mayor comprensión y ayuda visual. En la Tabla 7 se muestran ciertos módulos usados en Arena, para un mayor entendimiento de lo que se realizará.

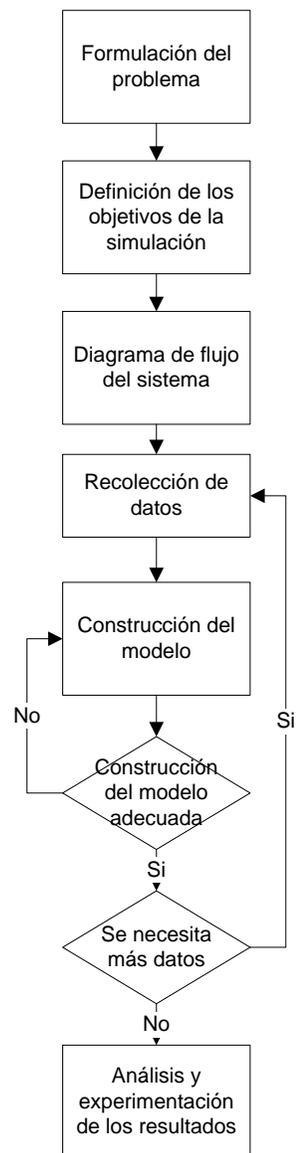


Figura 9: Pasos para una simulación exitosa

Fuente: Discrete event simulation pág. 15.

Nombre	Símbolo	Función
Create	 Create	Crea entidades para utilizarlas en los otros módulos.
Assign	 Assign	Genera variables, expresiones o atributos para la simulación. Facilita los otros módulos
Process	 Process	El mismo toma un tiempo específico, puede utilizar recursos y tiene también una cola
Decide	 Decide	Un módulo que toma decisiones ya sean por probabilidades o por condiciones
Record	 Record	Recoge información deseada de atributos, variables o expresiones antes asignadas.
Dispose	 Dispose	Elimina las entidades, normalmente se lo tiene al final del modelo de simulación
Store	 Route	Genera una ruta con un tiempo específico, modulo utilizado básicamente para generar movimientos en la animación
Station	 Station	Lugar físico entre las rutas generadas, ubicación de una entidad; también utilizado para generar una animación más detallada.

Tabla 7: Módulos principales del software Arena

Fuente: Arena Simulation Software. Elaboración propia

3.1.15. Número de réplicas para la simulación

La precisión de la simulación dependerá del número de replicaciones que se realicen. Para una determinada precisión se necesita un número mínimo de réplicas. El intervalo de confianza de una variable distribuida aleatoriamente es dado por la siguiente ecuación.

$$\bar{x} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.1.6)$$

En donde el término $t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$ se determinará Half-width. Éste es la mitad del intervalo de confianza. Se partirá de este término para encontrar el número mínimo de replicaciones. A continuación se muestra el procedimiento para calcular dicho número.

$$H = t_{\alpha/2, R-1} \frac{S}{\sqrt{R}} a \quad (3.1.7)$$

Esta fórmula es para un R fijo; de ser cambiante se puede determinar un error.

Como se muestra en la ecuación (3.1.8).

$$H = t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} \frac{S}{\sqrt{R}} \leq \epsilon \quad (3.1.8)$$

Al resolver la anterior ecuación para R se obtiene la ecuación (3.1.9)

$$R \geq \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} S_0}{\epsilon} \right)^2 \quad (3.1.9)$$

Esta fórmula no puede ser usada precisamente ya que t depende de R . Por ende se obtendrá un R inicial sustituyendo $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$ por $Z_{\alpha/2}$ y luego se obtendrá el verdadero R incrementando el mismo hasta que se cumpla la desigualdad. Se utilizará un R inicial con la fórmula (3.1.10)

$$R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} S_0}{\epsilon} \right)^2 \quad (3.1.10)$$

3.1.16. Número de observaciones de tiempo

Se necesita un número mínimo recomendado para obtener suficiente información para determinar que distribución particular siguen las diferentes actividades y procesos (Niebel & Freivalds, 2006, pág. 392) . Para este cálculo se utilizará un cuadro creado por Niebel, en donde el número de veces que se toma un tiempo depende del tiempo de la actividad, mientras más se demore la actividad menos observaciones se tendrán que realizar. A continuación en la Tabla 8 se muestra la relación de observaciones con el tiempo de cada actividad.

Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclos recomendados
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2-5	15
5-10	10
10-20	8
20-40	5
40 en adelante	3

Tabla 8: Número de ciclos recomendados

Fuente: Ingeniería Industrial. Niebel. Pág. 393

3.1.17. Pruebas de Bondad y Ajuste.

Es un procedimiento para probar la hipótesis de que una distribución particular es satisfactoria como modelo del proceso o la población. Básicamente lo que hacen las pruebas es ordenar los datos obtenidos de menor a mayor y se comparan con los resultados que se obtendrían de la distribución con un n número de datos. Las pruebas tienen como hipótesis nula: los datos se ajustan a la distribución. (Montgomery & Runger, pág. 356)

La prueba chi cuadrada requiere que las frecuencias en los rangos no sean pequeñas de otro modo la prueba no es válida. Por otro lado Kolmogorov-Smirnov no requiere la anterior implicación. (Mitchell, pág. 237)

3.1.18. Estado estable de la simulación

Un sistema en estado estable es aquel que tiene propiedades que no varían al transcurrir el tiempo. Esto implica que la derivada de esa propiedad con respecto al tiempo sea 0. En la simulación el estado estable se obtiene una vez que ha transcurrido cierto tiempo después de que el sistema haya sido inicializado. El periodo de tiempo que toma en llegar al estado estable se denomina estado transitorio, periodo de calentamiento o periodo de arrancamiento. (Shanbhag)

3.1.19. Métodos para mejorar la planta

Programación Entera Mixta, PEM (MIP)

La planificación de los departamentos se puede formular como un problema de programación entera mixta si se supone que todos los departamentos son rectangulares. Se debe tener en cuenta que con los departamentos rectangulares, sólo el centroide y características sobre las longitudes de un departamento definen por completo su ubicación y su forma. El modelo mostrado supone un objetivo basado en las distancias - distancia rectilínea entre centroides (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 333). A continuación se describen los parámetros y las variables.

B_x es la longitud del edificio

B_y es la anchura del edificio

A_i es el área del departamento i

L_i^l es el límite inferior de la longitud del departamento i

L_i^u es el límite superior de la longitud del departamento i

W_i^l es el límite inferior de la anchura del departamento i

W_i^u es el límite superior de la anchura del departamento i

P_i^l es el límite inferior para el perímetro del departamento i

P_i^u es el límite superior del perímetro del departamento i

Mientras que las variables de decisión son:

α_i es la coordenada x del centroide del departamento i

β_i es la coordenada y del centroide del departamento i

x_i' es la coordenada x del lado izquierdo del departamento i

x_i'' es la coordenada x del lado derecho del departamento i

y_i' es la coordenada y del lado inferior del departamento i

y_i'' es la coordenada y del lado superior del departamento i

z_{ij}^x es igual a 1 si i está estrictamente al este del departamento j y 0 de lo contrario

z_{ij}^y es igual a 1 si i está estrictamente al norte del departamento j y 0 de lo contrario

A continuación se muestra el modelo matemático, el mismo que minimizará la cantidad de flujo por la distancia entre centroides.

$$\text{Minimizar } z = \sum_i \sum_j f_{ij} c_{ij} (|\alpha_i - \alpha_j| + |\beta_i - \beta_j|) \quad (3.1.11)$$

Ahora se mostrarán las restricciones del problema. En donde las ecuaciones 3.1.12 y 3.1.13 son límites tanto para las longitudes y los anchos de los departamentos respectivamente. La ecuación 3.1.14 define los límites del perímetro del departamento. La ecuación 3.1.15 indica la lógica que el valor del eje izquierdo debe ser menor al valor del eje derecho, y ambos menores al valor máximo de la planta; asimismo la ecuación 3.1.16 marca la lógica para el eje de las y. Las ecuaciones 3.1.17 y 3.1.18 marcan el valor del centroide del departamento, para el eje x y el y respectivamente. Las ecuaciones 3.1.19 y 3.1.20 restringuen que los departamentos no se sobreposicionen. La ecuación 3.1.21 indica que el departamento se debe ubicar en un solo lugar. La Ecuación 3.1.22 es la restricción de no negatividad y finalmente la ecuación 3.1.23 restringue que la variables z_{ij}^x y z_{ij}^y solo puedan tomar valores de 1 o 0. A continuación se muestran las ecuaciones.

Sujeto a:

$$L_i^l \leq (x_i'' - x_i') \leq L_i^u \quad \text{para toda } i \quad (3.1.12)$$

$$W_i^l \leq (y_i'' - y_i') \leq W_i^u \quad \text{para toda } i \quad (3.1.13)$$

$$P_i^l \leq 2(x_i'' - x_i' + y_i'' - y_i') \leq P_i^u \quad \text{para toda } i \quad (3.1.14)$$

$$0 \leq x_i' \leq x_i'' \leq B_x \quad \text{para toda } i \quad (3.1.15)$$

$$0 \leq y_i' \leq y_i'' \leq B_y \quad \text{para toda } i \quad (3.1.16)$$

$$\alpha_i = 0.5x_i' + 0.5x_i'' \quad \text{para toda } i \quad (3.1.17)$$

$$\beta_i = 0.5y_i' + 0.5y_i'' \quad \text{para toda } i \quad (3.1.18)$$

$$x_i'' \leq x_i' + M(1 - z_{ij}^x) \quad \text{para toda } i \text{ y } j, i \neq j \quad (3.1.19)$$

$$y_i'' \leq y_i' + M(1 - z_{ij}^y) \quad \text{para toda } i \text{ y } j, i \neq j \quad (3.1.20)$$

$$z_{ij}^x + z_{ji}^x + z_{ij}^y + z_{ji}^y \geq 1 \quad \text{para toda } i \text{ y } j, i \leq j \quad (3.1.21)$$

$$\alpha_i, \beta_i, x_i', x_i'', y_i', y_i'' \geq 0 \quad \text{para toda } i \quad (3.1.22)$$

$$z_{ij}^x, z_{ij}^y \text{ binarios} \quad \text{para toda } i \text{ y } j, i \neq j \quad (3.1.23)$$

Disposición de plantas de varios pisos.

Las plantas de procesamiento de trigo, debido a los silos, disponen de varios pisos. Se necesita determinar cuáles departamentos irán a determinado piso. La manera de encontrar esta disposición se basará en el costo de mover el producto vertical u horizontalmente dependiendo del caso, y del volumen que se transporta. A continuación se muestra el modelo para minimizar este costo y encontrar los departamentos que se ubicarán en los distintos pisos.

A_g es el área del piso g

a_i es el área del departamento i

y_i es el piso y para el departamento i

g es el piso

β_{ij} es el valor absoluto para la diferencia entre pisos

$$x_{ig} = \begin{cases} 1 & \text{si departamento } i \text{ pertenece al piso } g \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

c_{ij}^v costo de envío vertical entre departamentos i y j

c_{ij}^h costo de envío horizontal entre departamentos i y j

A continuación se muestra en la ecuación 3.1.24 el objetivo del modelo, minimizar el flujo por la distancia por el costo de mover el producto vertical y horizontalmente.

$$\text{Min } z = \sum_i \sum_j c_{ij}^v f_{ij} \beta_{ij} + \sum_g \sum_i \sum_j c_{ij}^h f_{ij} x_{ig} x_{jg} \quad (3.1.24)$$

A continuación se muestran las restricciones del modelo. La ecuación 3.1.25 establece que los departamentos deben ser ubicados en uno y solamente un piso. La ecuación 3.1.26 establece que la suma de las áreas de los departamentos en un piso debe ser menor al área disponible en el piso. La ecuación 3.1.27 establece que y_i sea el piso donde se ubica el departamento i . Las ecuaciones 3.1.28 y 3.1.29 establecen que β_{ij} sea el valor absoluto de la diferencia entre pisos. Finalmente la ecuación 3.1.30 indica que la variable x_{ij} Es binaria.

$$\sum_g x_{ig} = 1 \quad \forall i \quad (3.1.25)$$

$$\sum_i a_i x_{ig} \leq A_g \quad \forall g \quad (3.1.26)$$

$$\sum_g g x_{ig} = y_i \quad \forall i \quad (3.1.27)$$

$$\beta_{ij} \geq y_i - y_j \quad \forall i < j \quad (3.1.28)$$

$$\beta_{ij} \geq y_j - y_i \quad \forall i < j \quad (3.1.29)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (3.1.30)$$

Heurística CORELAP

CORELAP viene de las siglas en inglés *Computerized Relationship Layout Planning* y la misma utiliza la tabla de relaciones y el objetivo es encontrar una distribución que maximice las adyacencias entre los departamentos. El procedimiento es el siguiente:

- Asignar valores numéricos a cada elemento de la tabla de relaciones
- Se ordenan los departamentos de forma no creciente, de acuerdo con la suma de sus relaciones.
- Se selecciona el primer departamento de la lista.
- Los departamentos siguientes se seleccionan determinando cuál de ellos tiene la relación más intensa con uno de los que se seleccionaron antes, comenzando con el primero que se seleccionó.
- En caso de empate seleccionar el departamento con la mayor suma de relaciones.
- CORELAP ubica al primer departamento en medio de la distribución, y los demás se ubican a su alrededor.

(Sule, pág. 489)

3.1.20. Cálculo de la eficiencia de la planta

Existen dos objetivos básicos: uno pretende minimizar la suma de los flujos por las distancias, mientras que el otro pretende maximizar una calificación de adyacencia

(Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, pág. 311). En el caso de este proyecto el objetivo primordial será el de minimizar el objetivo basado en distancias.

Objetivo basado en distancias

$$\min z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij} c_{ij} d \quad (3.1.31)$$

En donde c_{ij} es un costo específico de mover los materiales entre los departamentos i y j ; d la distancia entre los mismos y finalmente f es el flujo entre ellos.

Como la nueva planta tiene una dimensión superior a la actual – dado por el crecimiento en producción – se realizará la eficiencia de la planta en base al área de la planta. Es decir se dividirá la eficiencia de la planta para la suma de las áreas de los departamentos.

3.1.21. Seguridad Industrial

La seguridad industrial toma en cuenta dos aspectos el evitar accidentes y la prevención de enfermedades laborales. Temas para prevención de accidentes toman en cuenta la correcta señalización y procesos estándares, además de tener en cuenta peligros presentes y como disminuirlos. Finalmente, la prevención de enfermedades ocupacionales se presenta por medio de cuidar el ambiente laboral y comodidad del trabajador, parte más importante de la empresa. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Señalización

Este es el conjunto de estímulos que condicionan la actuación de aquel que los recibe frente a la circunstancia que se pretende resaltar. Más concretamente, la señalización de seguridad, es aquella que suministra una indicación relativa a la seguridad de personas y/o bienes. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Emplazamiento de extintores

De acuerdo con la Norma Básica de Edificación CPI-96: Con carácter general los extintores deberán estar situados de tal forma que la máxima distancia para su alcance sea de 15 metros. En grandes recintos en los que no existan paramentos o soportes en los que se puedan fijarse los extintores portátiles conforme la distancia requerida, estos se dispondrán a razón de uno por cada $300 m^2$ de superficie construida y convenientemente distribuidos. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Salida de recinto:

Puerta o paso que conducen a la salida de planta y del edificio. En caso de que el recinto deba tener más de una salida de emergencia ya sea por número de personas o por distancias a la salida se verifica que: Desde cualquier origen hasta alguna salida el recorrido es menor de 50 m. y desde todo origen de evacuación hasta algún punto con al menos dos recorridos alternativos no tenga más de 25 m. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Salida de planta:

“Es una puerta de acceso a una escalera o a su vestíbulo previo, a un pasillo protegido, siempre que cumpla con la normativa específica y que conduzcan a una salida de edificio. Es la puerta de acceso a otro sector, con las condiciones de que el primer sector tenga otra salida de planta o una puerta de acceso a un tercer sector y finalmente a una salida de edificio. Las dos salidas del primer sector no conducirán a un sector común para los dos recorridos optativos. Los espacios a los que se accede, dentro de 30 m de recorrido de evacuación desde la puerta considerada disponen como mínimo de 0,5 m² por persona asignada a dicho recorrido.”

(Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Salida de edificio:

Puerta o hueco utilizable como paso a un espacio exterior seguro. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

Salidas de emergencia:

La suma de los anchos de puerta deben dar como mínimo 1 metro de ancho por cada 200 personas. (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

3.2. Metodología

Para el desarrollo del diseño de la planta de la Industria Harinera S.A. se utilizará el proceso de planeación propuesto por Tompkins, White, Bozer y Tanchoco en el libro Planeación de Instalaciones. A continuación se muestran los pasos con una breve descripción

de cada uno. El proyecto a realizarse no tomará en cuenta el último paso, el cual es la implementación.

1. Definir el problema: Se especificará el objetivo de la planta tanto funcionalmente como estratégicamente. El mismo tendrá en cuenta la demanda, los deseos de la gerencia y la producción actual
2. Analizar el problema: Se determinará las relaciones de los diferentes procesos y células de trabajo. También se tomará en cuenta cuestiones de logística interna y externa. Finalmente se medirán distancias y flujos de trabajo.
3. Determinar los requerimientos de espacio para todas las actividades: Se analizará las dimensiones de cada departamento, tomando en cuenta la demanda, la producción actual y el crecimiento deseado. También la cantidad de producto que circula por cada departamento.
4. Evaluar las alternativas: Se evaluarán las alternativas según su eficiencia. Se seleccionará la alternativa más eficiente.
5. Seleccionar el diseño más apropiado: Una vez propuestas las alternativas, se seleccionará la más beneficiosa económicamente, se diseñará la planta y se implementarán normativas de seguridad.
6. Implementar el Diseño: Este paso no se lo realizará, pues no está contemplado en el alcance del proyecto.

4. Diseño de instalaciones

4.1. Definir el problema

4.1.1. Problemas actuales

Actualmente la planta está enfrentando un problema con su capacidad y la demanda requerida. Están por llegar a su máxima capacidad sobre todo en el área de Delipan y en los molinos. Asimismo la empresa quiere añadir nuevos productos y es primordial la expansión de la planta. En el pasado año la logística de los camiones tanto entrantes como salientes se ha visto con problemas por el tráfico urbano, característica de la zona. Finalmente, la nueva planta dará oportunidad a una renovación de maquinaria que en la actualidad presenta problemas, por ejemplo: arreglos en el manejo de polvo de la planta. (Sánchez, 2006)

4.1.2. Perspectiva de la Gerencia

Existe al momento una cuestión primordial antes de comenzar con el diseño de la planta. Ésta es la decisión sobre la producción en los meses de traslado. Existen varias opciones, éstas son:

- Compra de nuevos silos y maquinaria tanto en Delipan como en la Industria. De esta manera no se detendría la producción en ningún momento, pero la inversión es alta y la construcción demora más tiempo.

- Compra parcial de equipo (silos y poca maquinaria, básicamente en Delipan). La producción se vería parada por un momento, compensando con una producción mayor los meses previos al traslado.
- Compra de silos y renovación maquinaria. En este caso tendrían que subcontratar la producción de harina por el tiempo de traslado. A pesar de que la inversión es poca, no crecerá mucho la empresa y dependerían de otros ese tiempo, arriesgando imagen, calidad, etc.

4.2. Analizar el problema

Antes de encontrar las distintas relaciones entre las áreas de trabajo y sus diferentes flujos de trabajo, se definirán los diferentes procesos productivos que se realizan en la planta. Se mostrará a continuación la cadena crítica y la lista maestra de procesos para que sea más sencillo entender los procesos que agregan valor al producto.

4.2.1. Cadena de valor

A continuación, en la Figura 10, se muestra la cadena de valor de La Industria Harinera, la cual enseña de manera general los procesos gobernantes, productivos y habilitantes.

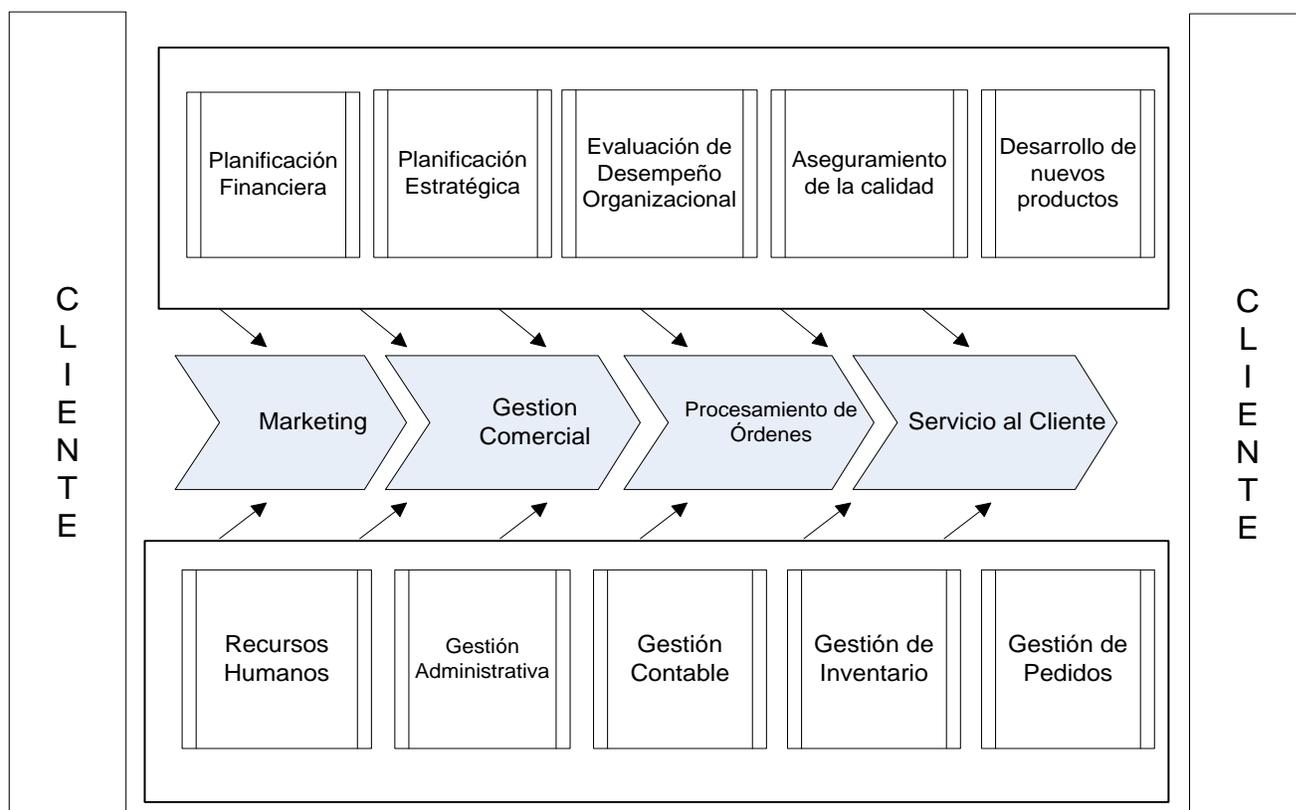


Figura 10: Cadena de Valor de La Industria Harinera

Fuente: Elaboración propia, revisado por Francisco Sánchez, Gerente de producción

4.2.2. Lista maestra de procesos

A continuación, en la Tabla 9, se presenta la lista maestra de procesos de La Industria Harinera S.A. Cada proceso tiene una codificación única para poder ser identificados posteriormente.

Macro Proceso	Proceso	Subproceso	Codificación
Gobernante	Planificación Financiera	Captación de recursos económicos	GPF-01
		Asignación de recursos económicos	GPF-02
	Planificación Estratégica	Determinación de nivel filosófico	GPE-01
		Determinación de nivel Analítico	GPE-02
		Operativo	GPE-03
		Seguimiento y control	GPE-04
	Evaluación de desempeño organizacional	Establecimiento de Metas	GEM-01
		Cuantificación de indicadores	GEM-02
		Gestión de planes de mejora	GEM-03
	Aseguramiento de Calidad	Análisis de muestras	GAC-01
Control de parámetros		GAC-02	
Desarrollo de nuevos Productos		GNP-01	
Crítico	Marketing	Estudios de Mercado	CMK-01
		Publicidad	CMK-02
	Gestión Comercial	Gestión de Ventas	CGC-01
		Pedidos	CGC-02
		Prestamos a Clientes	CGC-03
	Procesamiento de órdenes	Procesar Necesidades del Cliente	CPO-01
		Elaboración de productos	CPO-02
		Entrega del Producto	CPO-03
	Servicio al Cliente	Atención al cliente	CSC-01
		Retroalimentación	CSC-02
Habilitante	Recursos Humanos	Selección	HRH-01
		Nómina	HRH-02
		Capacitación	HRH-03
	Gestión Administrativa	Pagos Generales	HAD-01
		Transporte	HAD-02
		Seguridad Física	HAD-03
		Mantenimiento	HAD-04
	Gestión Contable	Pago de impuestos	HCO-01
		Gestión Balance	HCO-02
	Gestión de Inventario	Almacenamiento	HIN-01
		Distribución	HIN-02
		Control de inventario	HIN-03
	Gestión de Pedidos	Materia prima	HAD-01
Insumos		HAD-02	
Tecnología		HAD-03	

Tabla 9: Lista Maestra de Procesos de La Industria Harinera

Fuente: Elaboración propia, revisado por Francisco Sánchez, Gerente de producción

4.2.3. Flujogramas principales

A continuación se mostrarán los procesos productivos principales, éstos son los pertenecientes a la elaboración de productos y los cuales tienen mayor impacto en la distribución de la planta. Se mostrarán los diagramas de flujo por línea ya que no existen diferencias significativas entre productos de la misma línea. Primero se mostrarán los procesos no pertenecientes a Delipan; éstos son: elaboración de harina, elaboración de harina en funda y premezclas. Después se mostrará el proceso de Delipan: que en términos generales muestra el proceso por el cual pasan los bizcochos, las orejas, las rosquetas, etc.

A continuación en la Figura 11 se muestra el proceso de elaboración de harina con su respectivo ensacado. Este proceso es automatizado y en las únicas partes que se involucran humanos es en el ensacado y en la toma de decisiones sobre llenado y vaciado de silos y la temperatura y humectación de los mismos. En este mismo proceso se nombran 3 tipos de ensacados: harina integral, afrechillo y harina blanca. También este proceso abarca 4 pisos de la planta más el sótano donde se encuentran el cuarto de transmisión para las máquinas. Para el transporte en general de la harina se utilizan unos elevadores sellados, y se utilizan varios pisos del edificio para aprovechar la gravedad.

Macroproceso crítico. Proceso: Procesamiento de órdenes. Subproceso: Elaboración de productos. Subproceso 2: Ensacado de harina. Código CPO-02-EH
 Responsable: David Tobar Revisado: Francisco Sánchez

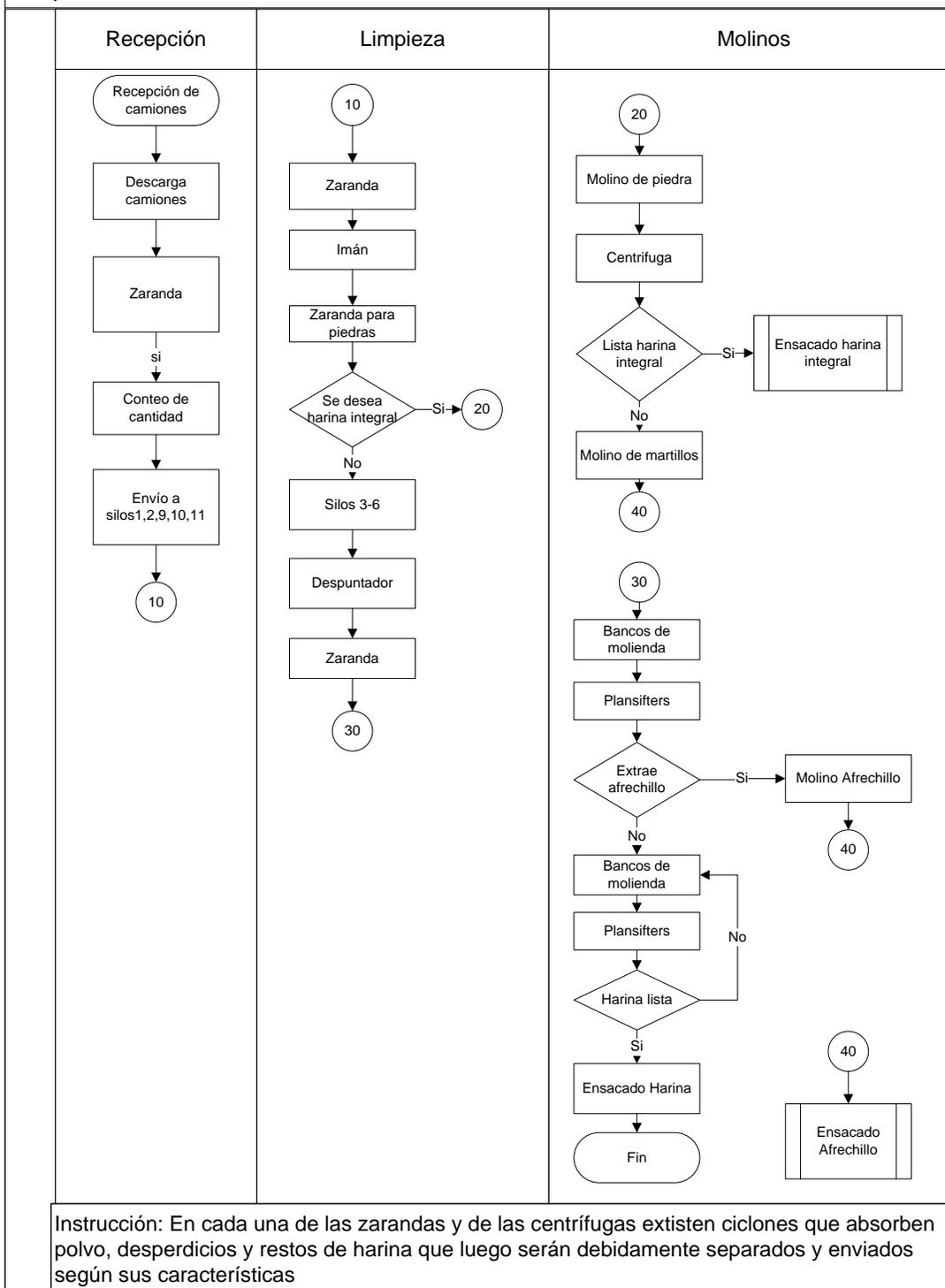


Figura 11: Flujograma de ensacado de harina
 Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra, en la Figura 12, el diagrama de flujo de la elaboración de premezclas. Normalmente participan en el proceso 4 personas: una o dos pesan y ponen en funda, una sella las fundas, una o dos personas ponen en cajas individuales y en cajones de 12 unidades. En este proceso se incluyen los siguientes productos: premezclas para tortas – tanto light como normal y de todos los sabores– premezclas para pancakes –igualmente todas sus presentaciones en distintos sabores– y ocasionalmente salvado de trigo semitostado y germen de trigo semitostado. Posteriormente se indicará el área correspondiente y la sección designada para esta actividad. Mensualmente se aprecia en la Tabla 10 las cantidades correspondientes (Sánchez, Gerente de producción de La Industria Harinera S.A.).

Tipo de producto	Cantidad (unidades)	Peso (gramos)
Pancake	8000	907
Harina integral	2000	300
Tortas	25000	500

Tabla 10: Cantidades en Premezcla

Fuente: Francisco Sánchez, La Industria Harinera S.A. Desde Septiembre 2009 hasta Agosto 2010. Elaboración propia.

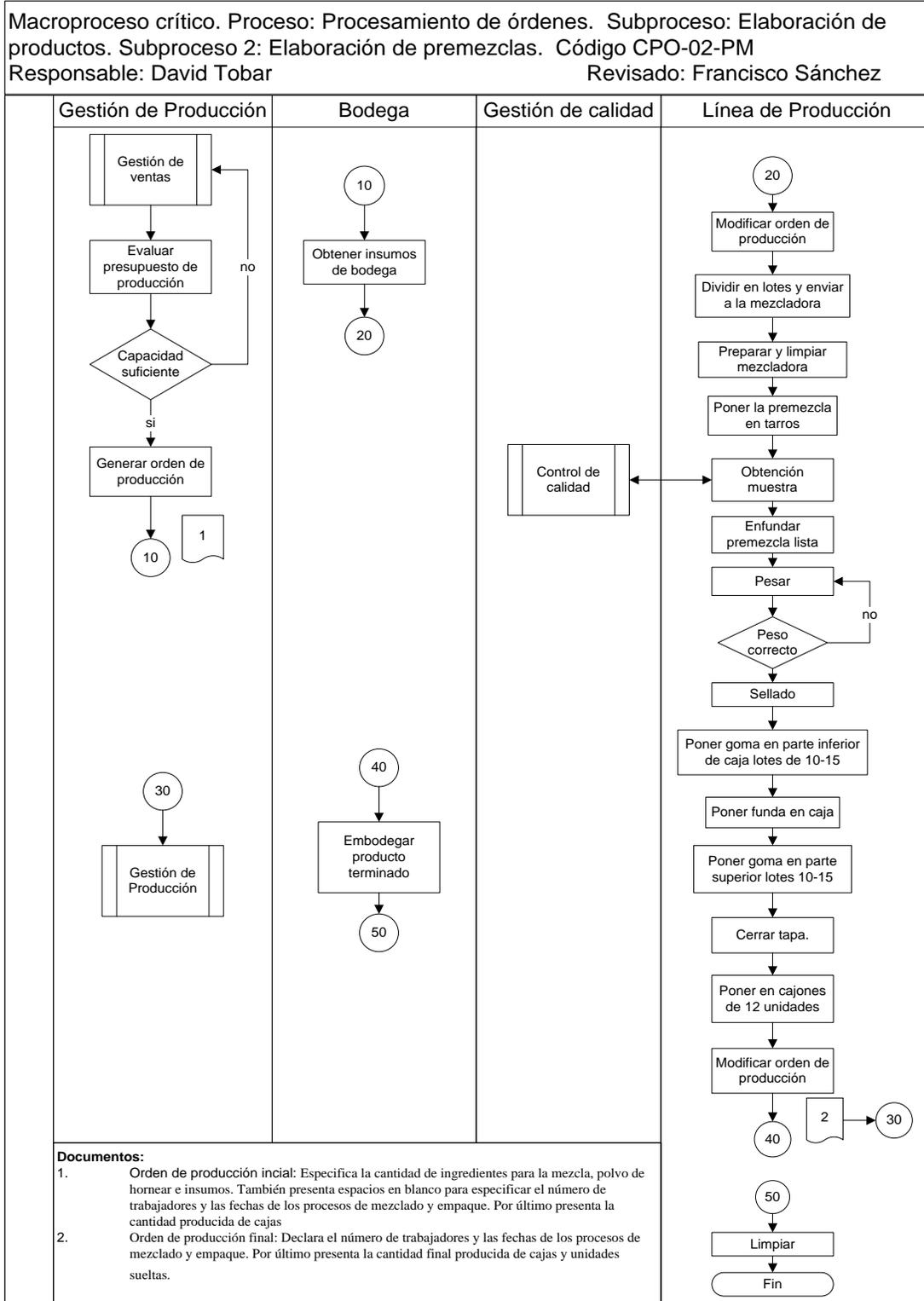


Figura 12: Flujograma de elaboración de premezclas

Fuente: elaboración propia

A continuación se muestra, en la Figura 13, el diagrama de flujo de la elaboración de harina empacada de uno y dos kg. Generalmente participan 3 o 4 personas en el mismo: una persona se encarga de abrir sacos y alimentar la máquina, 2 personas colocan las fundas en costales de 10 unidades y la última sella los costales y los ubica en la misma zona; de tener 3 personas la actividad de abrir sacos se turnan entre ellos dependiendo de la cantidad acumulada de trabajo. Cuando la máquina no está en funcionamiento por distintas razones; en el proceso trabajan 7 personas: 1 persona abre los sacos, limpia y provee material a los otros; 2 ponen harina en una funda transparente y la pesa; 2 personas ponen las fundas transparentes en fundas impresas para el público; 1 sella las fundas; 1 pone las fundas en sacos. Posteriormente se indicará el área correspondiente y la sección designada para esta actividad. Los productos que se realizan en esta etapa son: Harina Lucy y Harina BB. Se realiza alrededor de 71000 unidades al mes de un kilogramo y un aproximado de 4000 unidades de 2 kilogramos. El proceso normalmente funciona con una máquina, pero en casos excepcionales existe la maquinaria y los implementos para realizar las fundas de forma manual (Sánchez, Gerente de producción de La Industria Harinera S.A.). Existe la actividad de abrir los sacos que no agrega valor.

Macroproceso crítico. Proceso: Procesamiento de órdenes. Subproceso: Elaboración de productos. Subproceso 2: Elaboración de harina en funda. Código CPO-02-HF
 Responsable: David Tobar Revisado: Francisco Sánchez

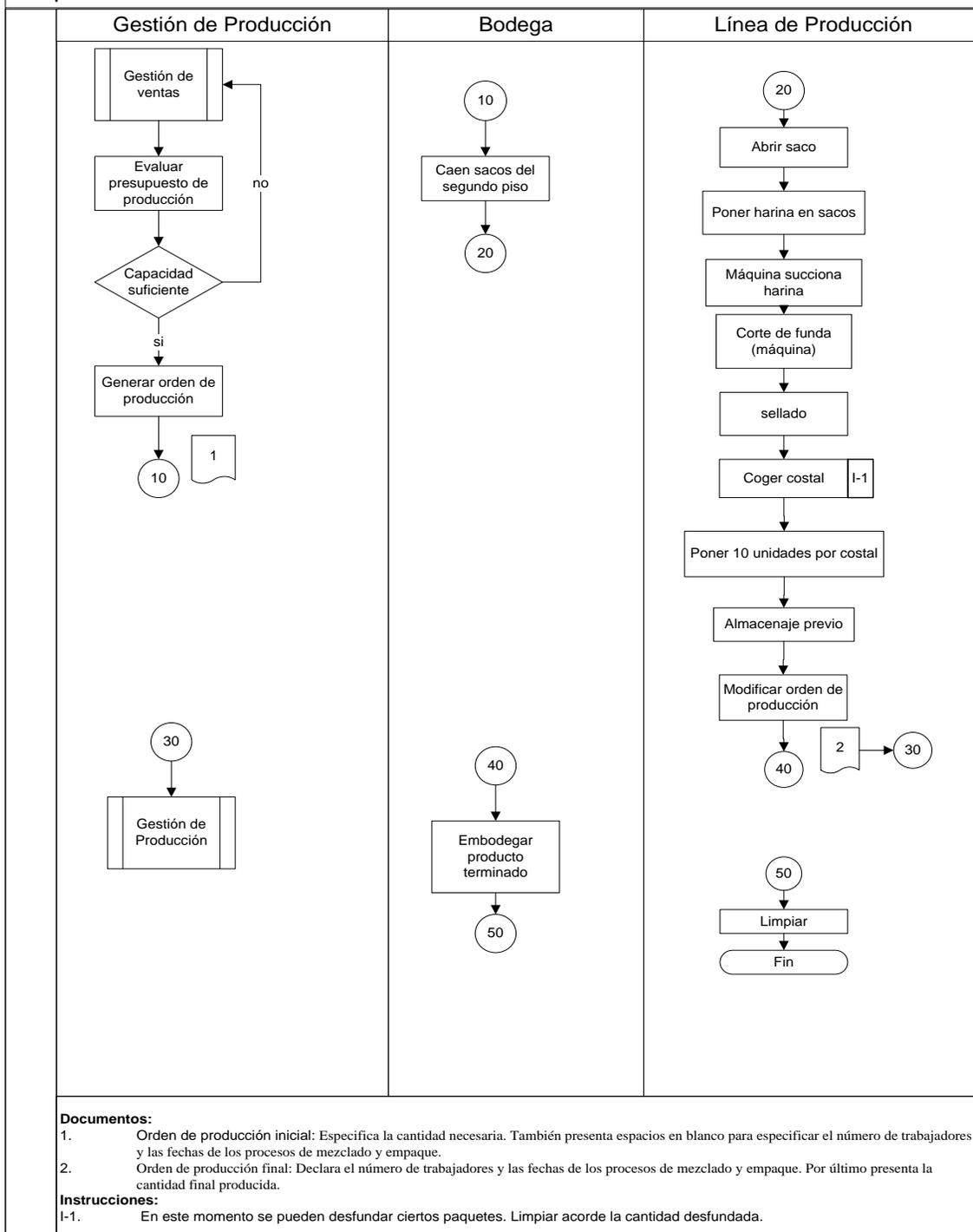


Figura 13: Flujograma elaboración de harina en funda

Fuente: Elaboración propia

Se muestra, en la Figura 14, el diagrama de flujo de los procesos de Delipan. En el proceso de elaboración trabajan 18 personas: 5 personas encargadas del magueado; 3 en la realización de las masas de holgaldre; una encargada de manejar las latas; y 4 en el empaqueo. Existen además 4 personas en reparto y 2 en bodega. En el mismo se realizan todos los productos de Delipan, muchos de ellos no tienen la fase de pegado y bañado. Delipan funciona prácticamente independiente de la Industria Harinera. El mismo compra la harina y tiene diferentes oficinas.

Seguido de los flujogramas es importante ver la situación actual de la empresa, cómo se encuentran divididos los departamentos y qué procesos se realizan dónde. En la Figura 15, en la página 60 se muestra el mapa de riesgos de la planta actual a escala. La misma tiene registrado aspectos de la seguridad de la planta. (Mosquera)

Este proyecto comprende todos los espacios que están en gris en la Figura 15 . Los procesos de elaboración de premezclas y de fundas de harina se realizan en el primer piso del edificio titulado molino. El proceso de granel se realiza en los 2 pisos del edificio denominado molino. Mientras que el proceso de Delipan se realiza en el área de Delipan. Este proyecto en términos generales se encargará de determinar dimensiones, adyacencias y distancias de las bodegas (granel, Delipan, empaque, materia prima), el molino, Delipan y de los silos. Se muestra en la Figura 16 la distribución de Delipan.

Macroproceso crítico. Proceso: Procesamiento de órdenes. Subproceso: Elaboración de productos. Subproceso 2: Delipan. Código CPO-02-DP

Elaborado por: Ana Lucía F., David M., Gabriela N., Santiago T. y Diana Y.

Revisado por: Silvia Guerrero

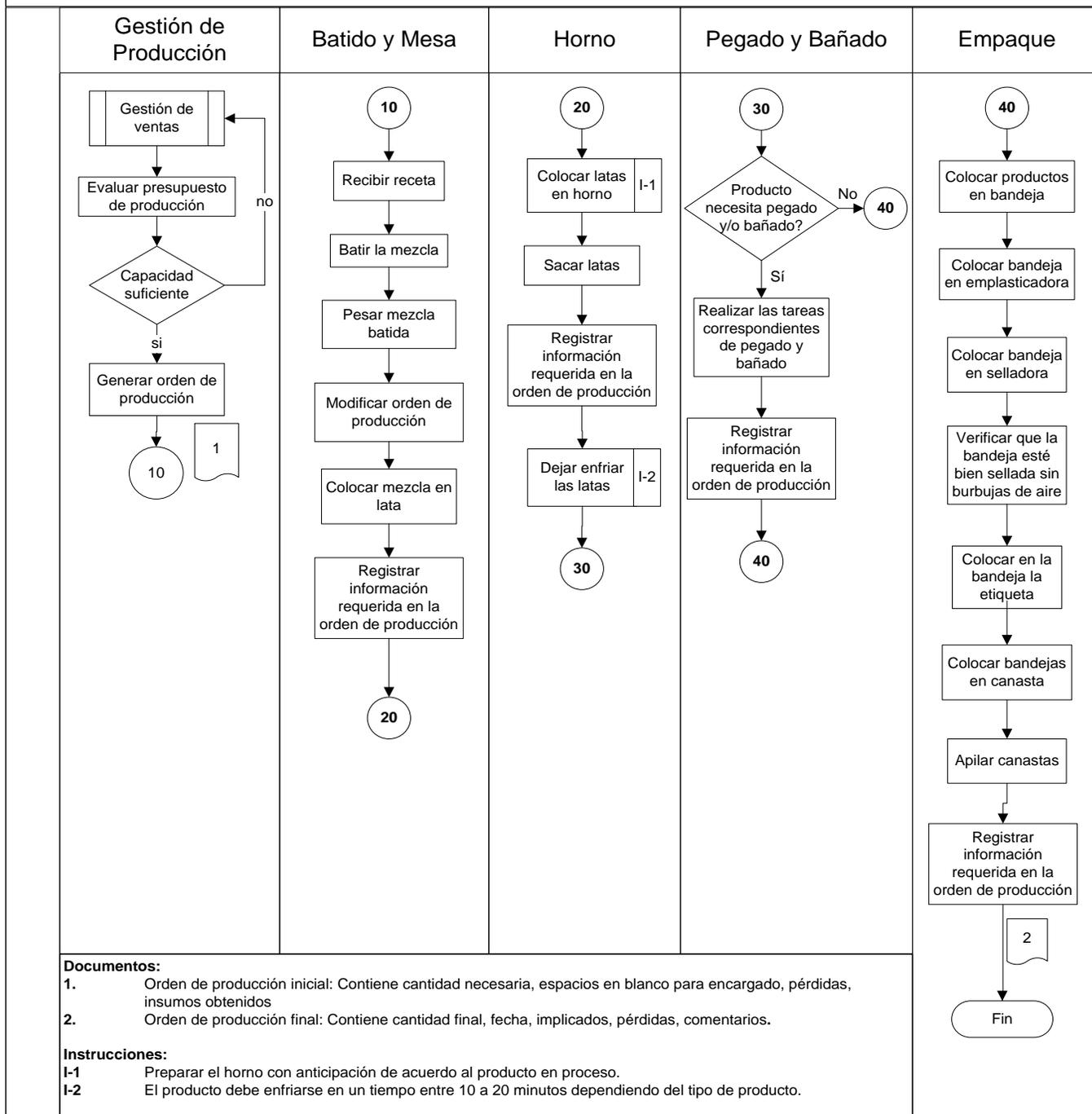


Figura 14: Flujoograma de Delipan

Fuente: La Industria Harinera, Elaboración propia basado en el flujoograma de Torres.



Figura 15: Mapa de recursos la Industria Harinera S.A

Fuente: La industria Harinera

Uno de los objetivos principales de la nueva planta es el crecimiento tanto físico como en producción del área de Delipan. Consideraciones como nueva maquinaria, mano de obra y nuevos productos se tendrá en cuenta para la optimización de esta área en particular. (Guerrero)

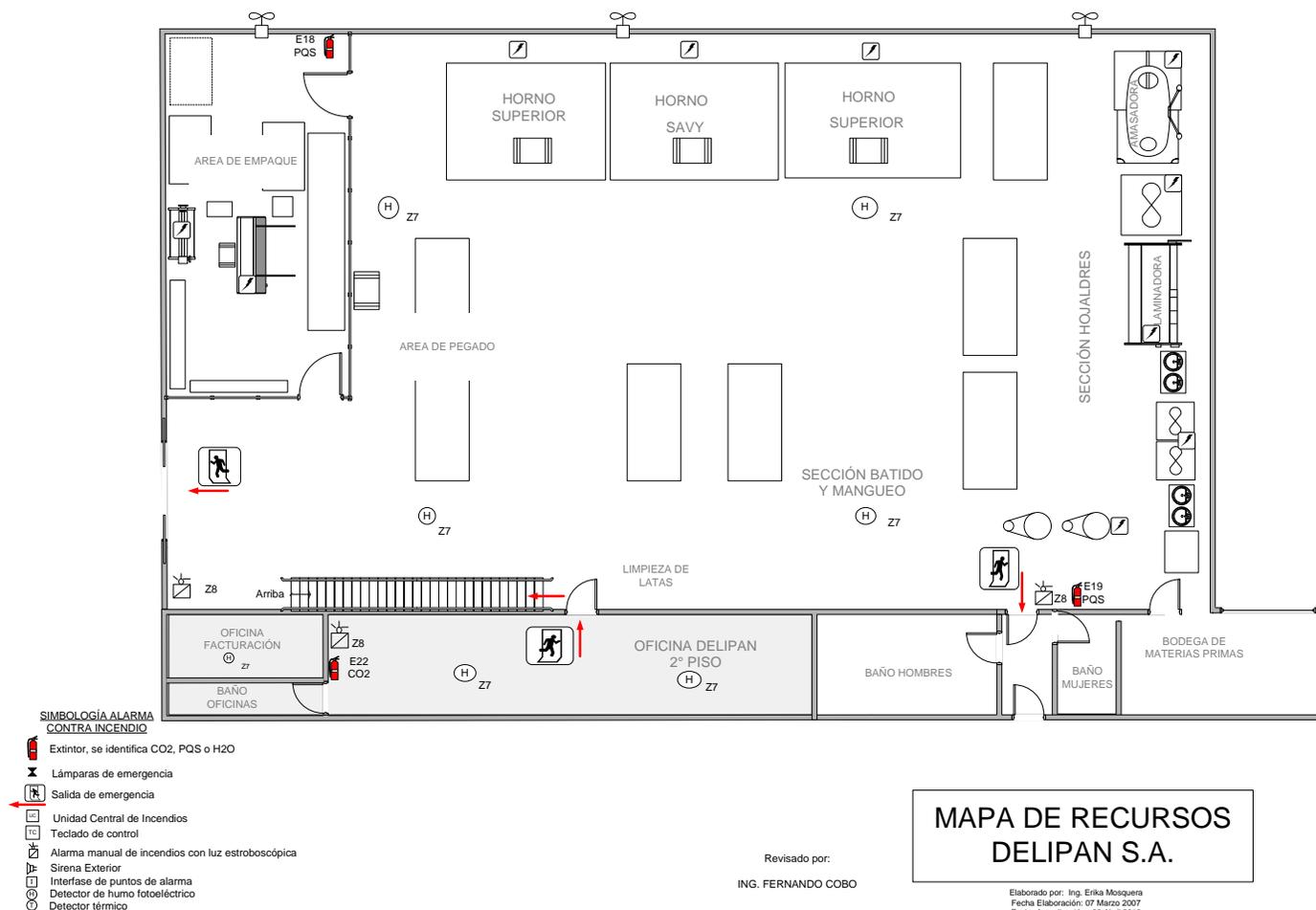


Figura 16: Mapa de recursos de Delipan

Fuente: La Industria Harinera

4.2.4. Análisis celdas de manufactura

Es importante verificar si los productos que se realizan en la planta están bien ubicados en sus departamentos. Es decir se analizará la eficiencia de las células de manufactura, para ello se utilizará el algoritmo de King mencionado en la sección Celdas de

fabricación en la página 20. A continuación en la Tabla 11 se muestra la relación de los diferentes productos y los procesos por los que pasa

		Proceso													
		granel	ensacado	doble funda	tostar	mezclar ingredientes	pesar	funda sencilla	sellado de funda	ubicar en caja	ubicar en cartones	amasado	horneado	bañado	empaque
Productos	Harina Lucy	1		1							1				
	Harina Santa Lucia sacos	1	1												
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear sacos	1	1												
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear	1		1			1		1		1				
	Harina Santa Lucia sin polvo de hornear	1		1			1		1		1				
	Harina BB	1		1			1		1		1				
	Harina integral	1					1	1	1	1	1				
	Salvado semitostado	1			1	1	1	1	1	1	1				
	Germen de trigo semitostado	1			1	1	1	1	1	1	1				
	Premezcla torta limón					1	1	1	1	1	1				
	Premezcla torta chocolate					1	1	1	1	1	1				
	Premezcla torta naranja					1	1	1	1	1	1				
	Premezcla torta vainilla					1	1	1	1	1	1				
	Pancake completo					1	1	1	1	1	1				
	Pancake básico					1	1	1	1	1	1				
	Melvas											1	1	1	1
	Aplanchados											1	1		1
	Orejas											1	1		1
	Biscochos de sal											1	1		1
	Galletas de mermelada											1	1		1
	Dedos de chocolate											1	1	1	1
	Rosquetas											1	1	1	1
	Suspiros											1	1		1
	Biscochos dulce											1	1		1
Orejas con chocolate											1	1	1	1	

Tabla 11: Relación de producto con proceso

Fuente: Elaboración propia

A continuación se procede a realizar el algoritmo King. Se darán pesos a las columnas y se realizará la sumaproducto respectiva de cada fila y se las ordenará en forma decreciente, luego se ordenará; a continuación la primera iteración del algoritmo.

	Proceso													Puntaje		
	granel	ensacado	doble funda	tostar	mezclar ingredientes	pesar	funda sencilla	sellado de funda	ubicar en caja	ubicar en cartones	amasado	horneado	bañado		empaquetado	
Productos	Harina Santa Lucia sacos	1	1													12288
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear sacos	1	1													12288
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear	1		1			1	1		1						10576
	Harina Santa Lucia sin polvo de hornear	1		1			1	1		1						10576
	Harina BB	1		1			1	1		1						10576
	Harina Lucy	1		1			1			1						10512
	Salvado semitostado	1			1	1	1	1	1	1						10224
	Germen de trigo semitostado	1			1	1	1	1	1	1						10224
	Harina integral	1					1	1	1	1	1					8688
	Premezcla torta limón					1	1	1	1	1	1					1008
	Premezcla torta chocolate					1	1	1	1	1	1					1008
	Premezcla torta naranja					1	1	1	1	1	1					1008
	Premezcla torta vainilla					1	1	1	1	1	1					1008
	Pancake completo					1	1	1	1	1	1					1008
	Pancake básico					1	1	1	1	1	1					1008
	Melvas											1	1	1	1	15
	Dedos de chocolate											1	1	1	1	15
	Rosquetas											1	1	1	1	15
	Orejas con chocolate											1	1	1	1	15
	Aplanchados											1	1		1	13
	Orejas											1	1		1	13
	Biscochos de sal											1	1		1	13
	Galletas de mermelada											1	1		1	13
	Suspiros											1	1		1	13
	Biscochos dulce											1	1		1	13
	Peso otorgado	$w_j = 2^{N-j}$	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

Tabla 12: Primera iteración algoritmo King

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la iteración número 2 del algoritmo.

	Proceso											Peso $W_i = 2^{N-i}$			
	granel	ensacado	pesar	ubicar en cartones	doble funda	sellado de funda	funda sencilla	ubicar en caja	mezclar ingredientes	tostar	amasado		horneado	empaquetado	bañado
Productos	Harina Santa Lucia sacos	1	1												16777216
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear sacos	1	1												8388608
	Harina Santa Lucia con polvo de hornear	1		1	1	1	1								4194304
	Harina Santa Lucia sin polvo de hornear	1		1	1	1	1								2097152
	Harina BB	1		1	1	1	1								1048576
	Harina Lucy	1		1	1	1									524288
	Salvado semitostado	1		1	1		1	1	1	1	1				262144
	Germe de trigo semitostado	1		1	1		1	1	1	1	1				131072
	Harina integral	1		1	1		1	1	1						65536
	Premezcla torta limón			1	1		1	1	1	1					32768
	Premezcla torta chocolate			1	1		1	1	1	1					16384
	Premezcla torta naranja			1	1		1	1	1	1					8192
	Premezcla torta vainilla			1	1		1	1	1	1					4096
	Pancake completo			1	1		1	1	1	1					2048
	Pancake básico			1	1		1	1	1	1					1024
	Melvas										1	1	1	1	512
	Dedos de chocolate										1	1	1	1	256
	Rosquetas										1	1	1	1	128
	Orejas con chocolate										1	1	1	1	64
	Aplanchados										1	1	1		32
	Orejas										1	1	1		16
	Biscochos de sal										1	1	1		8
	Galletas de mermelada										1	1	1		4
	Suspiros										1	1	1		2
	Biscochos dulce										1	1	1		1
	Puntaje	33488896	25165824	8387584	8387584	7864320	7863296	523264	523264	457728	393216	1023	1023	1023	960

Tabla 13: Segunda iteración algoritmo King

Fuente: Elaboración propia

A partir del gráfico anterior se pueden encontrar las diferentes celdas de producción.

Productos	granel		ensacado		pesar	ubicar en cartones	doble funda	sellado de funda	funda sencilla	ubicar en caja	mezclar ingredientes	tostar	amasado	horneado	empaquetado	bañado
	1	1	1	1												
Harina Santa Lucia sacos	1	1														
Harina Santa Lucia con polvo de hornear sacos	1	1														
Harina Santa Lucia con polvo de hornear	1		1	1	1	1	1									
Harina Santa Lucia sin polvo de hornear	1		1	1	1	1	1									
Harina BB	1		1	1	1	1	1									
Harina Lucy	1		1	1	1	1										
Salvado semitostado	1		1	1			1	1	1	1	1	1				
Germen de trigo semitostado	1		1	1			1	1	1	1	1	1				
Harina integral	1		1	1			1	1	1							
Premezcla torta limón			1	1			1	1	1	1	1					
Premezcla torta chocolate			1	1			1	1	1	1	1					
Premezcla torta naranja			1	1			1	1	1	1	1					
Premezcla torta vainilla			1	1			1	1	1	1	1					
Pancake completo			1	1			1	1	1	1	1					
Pancake básico			1	1			1	1	1	1	1					
Melvas													1	1	1	1
Dedos de chocolate													1	1	1	1
Rosquetas													1	1	1	1
Orejas con chocolate													1	1	1	1
Aplanchados													1	1	1	
Orejas													1	1	1	
Biscochos de sal													1	1	1	
Galletas de mermelada													1	1	1	
Suspiros													1	1	1	
Biscochos dulce													1	1	1	

Tabla 14: Optimización de las celdas de producción

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 14 existen ciertos productos que estarán ubicados en dos departamentos, estos son básicamente los productos que pasan por el área de granel y luego proceden a ser empacados en pequeños paquetes, estos son: harina Santa Lucia con y sin polvo de hornear, harina BB, harina Lucy, harina integral, salvado semitostado y germen de trigo semitostado.

Esta disposición de celdas es la que está siendo utilizada en la planta actual. El realizar este algoritmo demuestra que no existe necesidad de modificar los departamentos actuales.

En el futuro es importante realizar este procedimiento con la introducción de nuevos productos para poder determinar nuevos departamentos, o modificaciones de los mismos.

4.2.5. Medidas Físicas de los departamentos

Las medidas de los departamentos es la base para el cálculo de las dimensiones de la nueva planta, así como la distancia entre las distintas áreas. La Tabla 15 muestra las dimensiones en metros cuadrados de las áreas actuales.

Número	Departamento	Área (m ²)
1	Recepción	297
2	Limpieza	315
3	Granel	185
4	Ensayado harina	50
5	Bodega harina	300
6	Ensayado semi-productos	50
7	bodega semi-productos	106
8	Bodega materias primas	123
9	Harina Empacada	66
10	Bodega harina empacada	63
11	Premezclas	38
12	Almacén premezclas	48
13	Bodega materias primas Delipan	33
14	Delipan	207
15	Bodega Delipan productos terminados	51

Tabla 15: Medidas departamentos Industria Harinera

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describirá brevemente cada una de las áreas implicadas en el proyecto según conversación con Francisco Sánchez y Erika Mosquera.

Recepción: Esta área abarca la zona de desembarque de los camiones (64 metros cuadrados), un espacio en donde existen elevadores, una zaranda y una balanza para contabilizar el peso de trigo recibido (96 metros cuadrados) y finalmente el área que abarcan los silos: existen 3 silos externos y 4 silos internos en el edificio; se tiene una capacidad de 2500 toneladas de trigo y su área aproximada es de 137 metros cuadrados. A continuación en la Figura 17 se muestra una imagen de los silos externos.



Figura 17: imagen de los silos externos de la Industria Harinera S.A.

Fuente: La Industria Harinera S.A. página Web.

Limpieza: La limpieza se divide en dos procesos: limpieza negra y limpieza blanca. La limpieza negra es antes de obtener harina integral y afrechillo; mientras que la limpieza blanca es aquella que se realiza para descartar las puntas del grano para realizar harina no

integral. En esta área se considera 4 silos internos de reposo y se realiza en los 4 pisos del edificio principal. A continuación se muestra el área de este departamento.

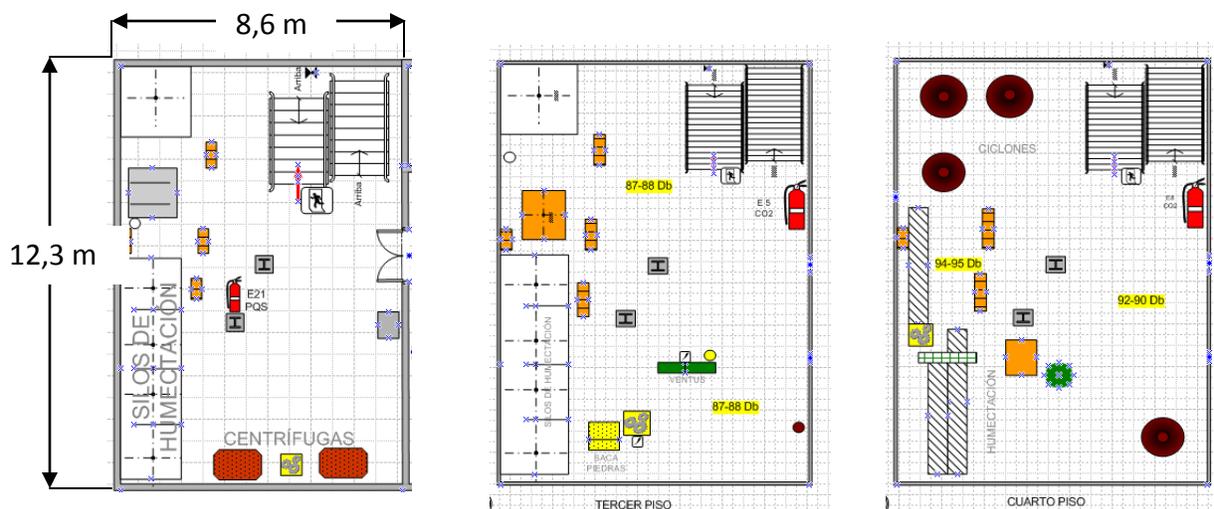


Figura 18: Área de limpieza de la Industria Harinera (3 pisos)

Fuente: Erika Mosquera, La Industria Harinera S.A. Medición propia

Granel: El granel como tal abarca el área de los bancos de los molinos, 9 en total, y unas máquinas llamadas Plansifters que se encargan de diferenciar el diámetro de la harina y su calidad. Cada molino es diferente pues se diferencia en distancia entre los dientes, velocidad rotacional y el tipo de harina que pasa por el mismo. Los Plansifters por medio de vibración y unas zarandas logran diferenciar el diámetro de la harina y envían al respectivo molino para que continúe el proceso de molienda. A continuación en la Figura 19 se muestra el área respectiva para los molinos y los Plansifters.

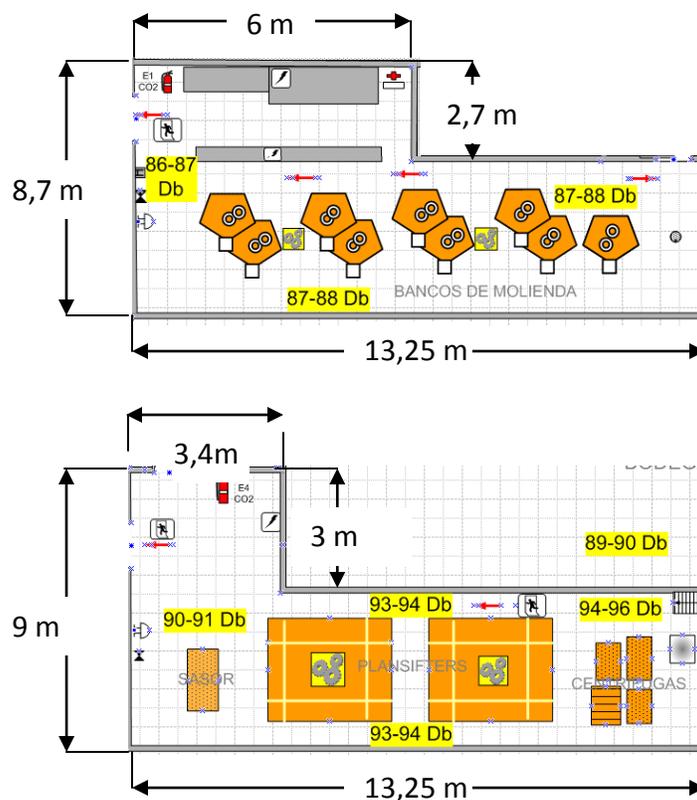


Figura 19: Área del granel

Fuente: Erika Mosquera, La Industria harinera S.A. Medición propia

Ensayado de harina: El ensacado de harina es un proceso que involucra a 4 personas, una vez ensacada la harina se la lleva a la bodega de harina directamente. Al lado izquierdo existen silos los cuales no aparecen en la Figura 20, estos ocupan un área de 6 por 2 metros. A continuación en la Figura 20 se muestra el área destinada para el ensacado de harina.

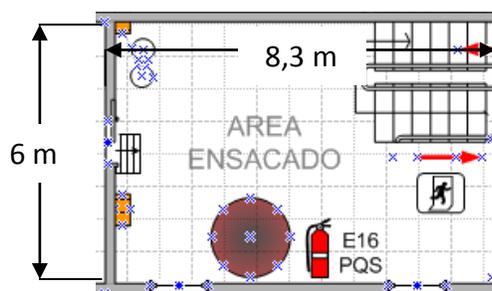


Figura 20: Área de ensacado de la Industria Harinera S.A.

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Los dos círculos ubicados en la esquina superior izquierda corresponden a unos tubos por donde desciende la harina lista para ser ensacada.

Bodega Harina: Este departamento básicamente almacena los sacos de harina. El mismo se ubica en el segundo piso por lo que existen dos conductos por los cuales envían la harina a otros procesos. El ducto de la derecha la lleva al área de despacho, mientras que el del centro manda los sacos de harina hacia el departamento de empacado de harina. A continuación se muestra en la Figura 21 el área de la bodega de granel.

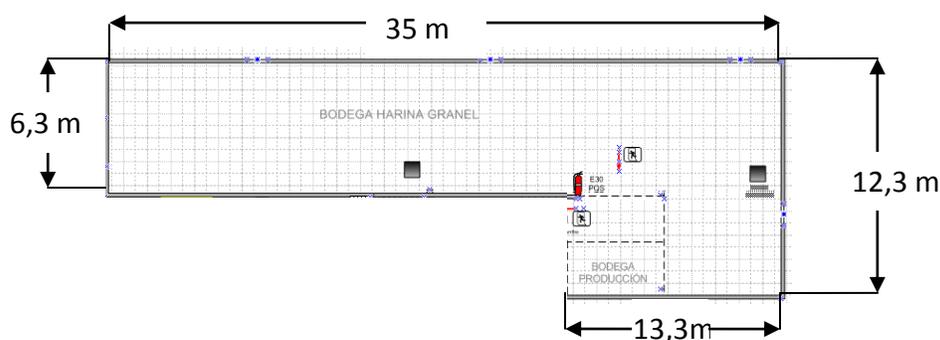


Figura 21: Área de bodega del granel de la Industria harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Ensayado Semi-productos: Este departamento es prácticamente igual al de ensacado de harina, pero se lo realiza en el primer piso. A continuación en la Figura 22 se muestra el área designada para este proceso. Los círculos indican ductos por donde cae la el afrechillo.

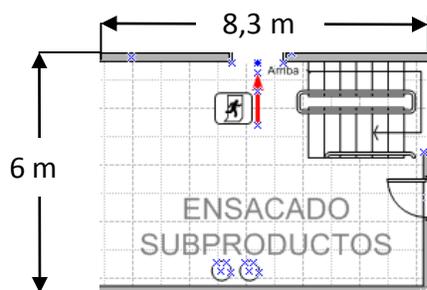


Figura 22: Área de ensacado de semi-productos de la Industria Harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Bodega Semi-productos: El área designada para los subproductos está en el primer piso. Actualmente este espacio es insuficiente y a los trabajadores muchas veces les toca ubicar los sacos en pasillos y otras áreas, dificultando las salidas y el movimiento en general. A continuación se muestra en la Figura 23 el área para la bodega de semi-productos; y también en la Figura 24 se muestra el problema antes mencionado.

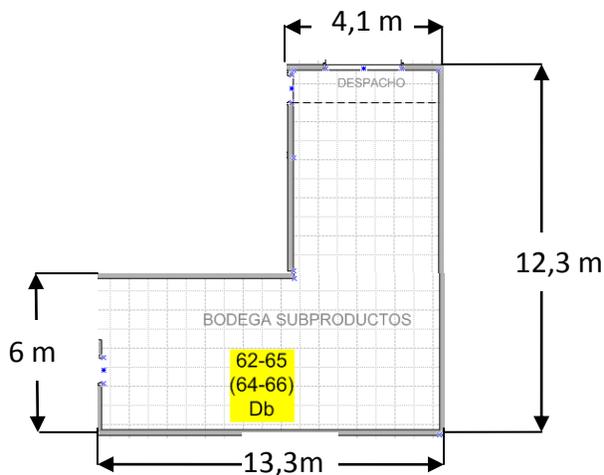


Figura 23: Área de bodega de semi-productos de la Industria Harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia



Figura 24: Semi-producto ubicado en corredores

Fuente: Foto tomada 22 de Octubre del 2010

Bodega Materias primas: Este departamento se encarga de almacenar elementos necesarios para los procesos como son: azúcar, sal, esencias, cajones, fundas, costales, hilo, levadura, etc. Este departamento provee a toda la planta excepto a Delipan que tiene su propia bodega de materias primas. A continuación se muestra en la Figura 25 el área para este departamento.

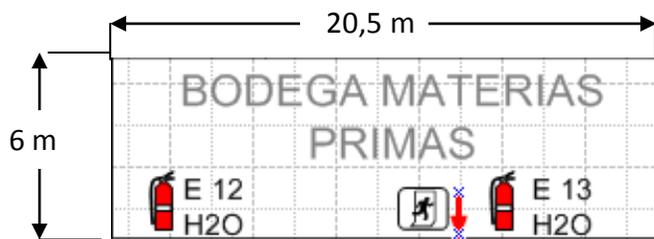


Figura 25: Área del departamento de bodega de materias primas de la Industria Harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Harina empacada: Esta área corresponde al flujograma de empaque de harina. Básicamente en el mismo, pasan la harina de costales a convenientes fundas para la venta. A continuación en la Figura 26 se muestra el área designada para el empaque de fundas.

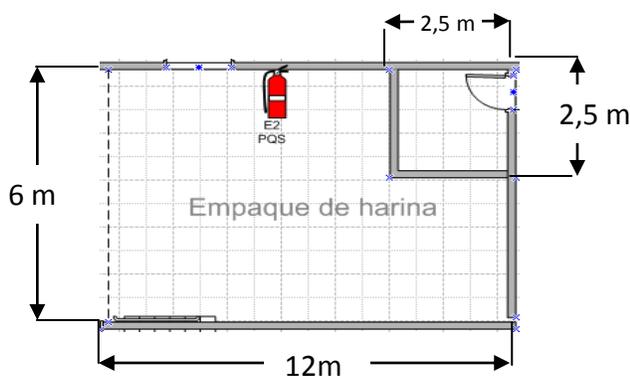


Figura 26: Área para el empaque de harina de la Industria Harinera.

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Bodega harina empacada: Para el proceso anterior existe una bodega específica, la misma se muestra a continuación en la Figura 27.

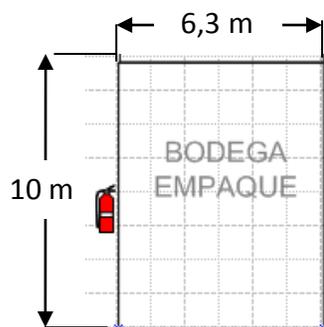


Figura 27: Área para la bodega de harina empacada

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Premezclas: Este departamento comprende dos áreas: en una de ellas se encargan de ubicar los elementos para la premezcla e ir añadiendo los ingredientes, de ubicar envases y demás; mientras que la otra área se encarga del proceso de mezcla y de enfundado y empacado de las premezclas. En la Figura 28 se puede observar el área de este departamento.

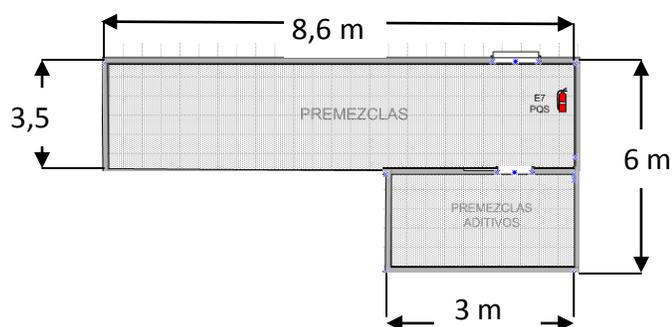


Figura 28: Área del departamento de premezclas de la Industria Harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Almacén premezclas: Una vez realizada las premezclas se disponen en un almacén, el cual limita con la calle, para ventas y demás. A continuación en la Figura 29 se muestra el área para el departamento de almacén de premezclas que también sirve como bodega.

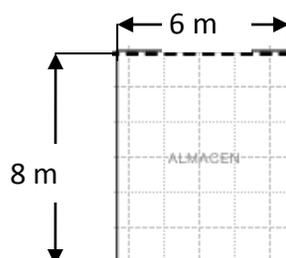


Figura 29: Área del almacén de premezclas de la Industria Harinera

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Bodega Materias primas Delipan

En esta bodega se encuentran elementos para los derivados de la harina. Existe un refrigerador con leche, crema, chocolate, etc. También hay harina, levadura, azúcar, sal, etc. A continuación en la Figura 30 se muestra las dimensiones de este departamento.



Figura 30: Dimensiones de la bodega de materia prima de Delipan

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Delipan: Este departamento es donde se ubican la mayoría de los empleados y es donde se procesan la mayoría de los productos de la Industria Harinera. Éste es que se quiere

ampliar después del traslado. A continuación en la Figura 31 se muestra el área de este departamento:

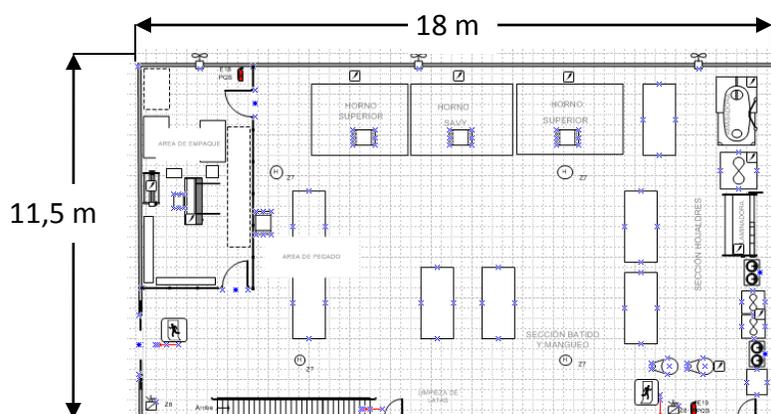


Figura 31: Área de Delipan

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

Bodega Delipan: Finalmente el último departamento que se considera en este proyecto es la bodega de productos terminados de Delipan, la misma trabaja directamente con reparto y con los vendedores de las distintas ciudades. A continuación en la Figura 32 se muestra el área de este departamento.

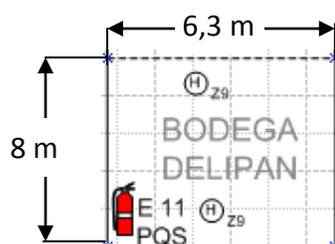


Figura 32: Área de la bodega de Delipan

Fuente: Erika Mosquera, La industria Harinera. Medición propia

4.2.6. Distancias entre departamentos

Es primordial encontrar las distancias actuales, ya que en la nueva planta serán estas las que se optimizarán. A continuación en la Tabla 16 se muestra las distancias entre áreas, luego se procederá a encontrar el flujo entre ellas en la sección 3.2.6.

Distancia en metros entre departamentos medidas reales															
Departamentos	Recepción	Limpieza	Granel	Ensayado harina	Bodega granel	Ensayado Semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina empacada	Bodega harina empacada	Premezcla	Almacén premezcla	materias primas Delipan	Delipan	Bodega delipan final
Recepción	0	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Limpieza	15	0	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Granel	NA	5	0	5	NA	NA	NA	44	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ensayado	NA	NA	5	0	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Bodega granel	NA	NA	NA	5	0	NA	NA	NA	5	NA	26	NA	55	NA	NA
Ensayado Semi-productos	NA	NA	NA	NA	NA	0	10	37	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Bodega semi-productos	NA	NA	NA	NA	NA	10	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Bodega materias primas	NA	NA	37	NA	NA	37	NA	0	35	NA	47	NA	NA	NA	NA
Harina empacada	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	35	0	30	NA	NA	NA	NA	NA
Bodega harina empacada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30	0	NA	NA	NA	NA	NA
Premezcla	NA	NA	NA	NA	26	NA	NA	47	NA	NA	0	50	NA	NA	NA
Almacén premezcla	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	50	0	NA	NA	NA
materias primas Delipan	NA	NA	NA	NA	45	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	5	NA
Delipan	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	60
Bodega delipan final	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	60	0

Tabla 16: Distancia real entre departamentos

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Flujos de trabajo

Asimismo es primordial determinar los flujos de trabajo entre las diferentes áreas. Se considerarán 15 distintas áreas para los flujos. Hay que considerar que en la actualidad existen dos bodegas de materia prima, una para Delipan y otra para los otros procesos. El flujo de trabajo servirá para optimizar la planta, con el criterio de que mientras mayor sea el

flujo entre departamentos, menor deberá ser su distancia. Para encontrar los diferentes flujos de trabajo se utilizó la siguiente forma:

- Se utilizará la medida de miles de kilos como factor en la cantidad que se transporta de un área hacia otra.
- La cantidad de harina hacia los departamentos es fácilmente cuantificable, pero las cantidades de materia prima no lo son. Para determinar las mismas se ha cuantificado el peso de producto final y se ha restado el peso de la harina y así obtener una cifra para la relación entre materia prima y las distintas áreas.
- Se ha designado una escala de importancia entre las áreas, ésta se basa primordialmente en el impacto que tiene el recorrido en los productos que se llevan. Por ejemplo es extremadamente importante la cercanía entre Delipan y la bodega de suministros porque los productos necesitan huevos, estos son muy fáciles de que se rompan; mientras mayor la distancia, mayor la probabilidad de que se caigan. En cambio el único elemento que se necesita de materia prima en el empaque de fundas es el rollo de fundas y los costales, productos que su tiempo de vida no depende del largo del recorrido (Sánchez).

A continuación en la Tabla 17 se muestra una tabla de relaciones en toneladas entre los departamentos con su correspondiente simbología. Los valores en blanco corresponden a un valor de 0.

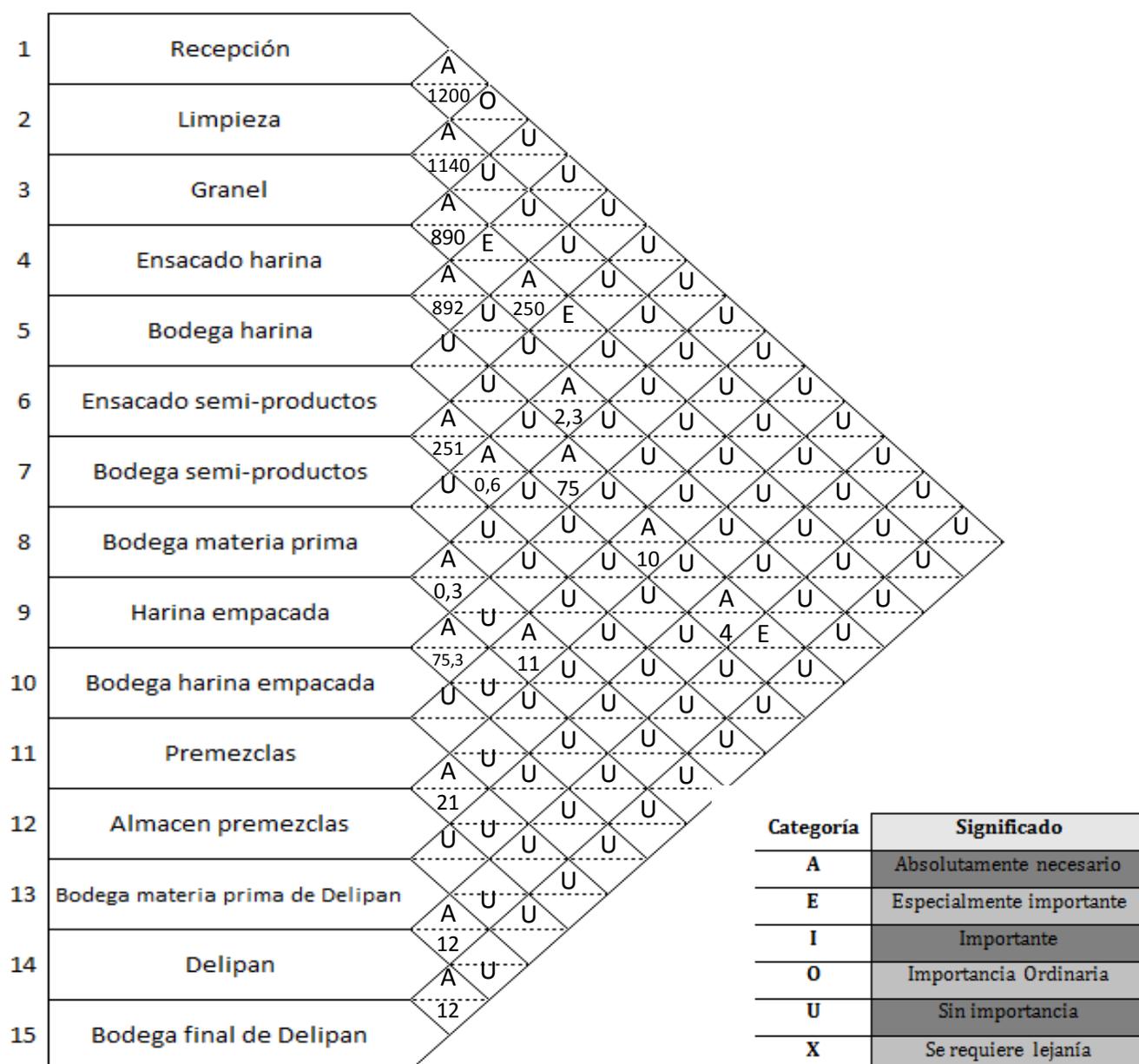


Tabla 17: Tabla de relaciones del flujo de trabajo en toneladas

Fuente: Francisco Sánchez, La Industria Harinera. Septiembre 2009- Agosto 2010. Elaboración propia

4.2.8. Cálculo de la eficiencia de la planta actual

Para encontrar la eficiencia de la planta actual se realizará el siguiente cálculo. Se multiplicará la distancia entre los departamentos por el flujo entre los mismos. A continuación se muestra las dos matrices a multiplicar (distancias y flujo)

Distancias entre departamentos en metros															
	Recepción	Limpieza	Granel	Ensayado harina	Bodega granel	Ensayado semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina empacada	Bodega harina empacada	Premezcla	Almacén premezcla	Materias primas Delipan	Delipan	Bodega Delipan
Recepción	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limpieza	15	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Granel	0	5	0	5	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensayado harina	0	0	5	0	5	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0
Bodega granel	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	26	0	55	0	0
Ensayado semi-productos	0	0	10	0	0	0	10	37	0	0	0	0	0	0	0
Bodega semi-productos	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega materias primas	0	0	0	44	0	37	0	0	35	0	47	0	0	0	0
Harina empacada	0	0	0	0	5	0	0	35	0	30	0	0	0	0	0
Bodega harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
Premezcla	0	0	0	0	26	0	0	47	0	0	0	50	0	0	0
Almacén premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
Materias primas Delipan	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	60
Bodega Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0

Tabla 18: Distancia entre departamentos en metros

Fuente: Elaboración propia

Flujo entre departamentos en toneladas															
	Recepción	Limpieza	Granel	Ensacado harina	Bodega granel	Ensacado semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina empacada	Bodega harina empacada	Premezcla	Almacén premezcla	Materias primas Delipan	Delipan	Bodega Delipan
Recepción	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limpieza	0	0	1140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Granel	0	0	0	890	0	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensacado harina	0	0	0	0	892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega granel	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	10	0	4	0	0
Ensacado semi-productos	0	0	0	0	0	0	251	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega semi-productos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega materias primas	0	0	0	2,31	0	0,65	0	0	0,3	0	11	0	0	0	0
Harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75,3	0	0	0	0	0
Bodega harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,5	0	0	0
Almacén premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materias primas Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5
Bodega Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 19: Flujo entre departamentos en toneladas

Fuente: Elaboración propia

Finalmente el multiplicar el flujo entre departamentos y el respectivo flujo entre los mismos da un resultado de 43157,9 toneladas*metro por mes. Es importante relacionar este valor con el área de la planta. El área de la planta actual, tomando en cuenta los 3 pisos de la planta, las respectivas bodegas y el área de Delipan, es de 2208 metros cuadrados. El objetivo basado en distancias entre el área es de $19,6 \frac{\text{toneladas} \cdot \text{metro}}{\text{m}^2}$ por mes. Éste último valor es que se utilizará para comparar con los diferentes opciones de diseño que se propondrán.

4.2.9. Dominio del flujo y orden topológico

Es importante encontrar el dominio del flujo como se apreció en la sección 3.1.5, para poder hallar un orden lógico de los departamentos, si es posible, y partir de éste para encontrar un diseño de la planta basado en el dominio de los flujos. En la sección 3.1.5: Dominio de flujos, se presentó la forma de cálculo del dominio de flujo. Se utilizará la tabla de relaciones, Tabla 17, con la siguiente transformación: A=8, E=4, I=2, O=1, U=0 X=-8; ésta ha sido recomendada por Uday Shanbhag. Se ha realizado esta transformación ya que la diferencia de los flujos entre departamentos es demasiado grande, lo que puede provocar que el flujo de la planta se salga de los límites superior o inferior del flujo de planta, estos límites se pueden encontrar en la sección 3.1.5. La transformación asegura que los valores del flujo estén dentro de los límites, la misma no altera el resultado del dominio de flujo.

	Recepción	Limpieza	Granel	Ensayado harina	Bodega granel	Ensayado semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina empacada	Bodega harina empacada	Premezcla	Almacén premezcla	Materias primas Delipan	Delipan	Bodega Delipan
1	Recepción	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Limpieza	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Granel	0	0	0	8	4	8	4	0	0	0	0	0	0	0
4	Ensayado harina	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Bodega granel	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	0	8	4	0
6	Ensayado semi-productos	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Bodega semi-productos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Bodega materias primas	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	0	0	0
9	Harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
10	Bodega harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
12	Almacén premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Materias primas Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
14	Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
15	Bodega Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 20: tabla de relaciones sustituyendo letras

Fuente: elaboración propia

De la Tabla 20 se aprecia que el número de departamentos es 15 y también se observa el flujo entre departamentos. Se utilizará la ecuación (2.1.2), para encontrar la \bar{f} de la planta. Éste es el flujo promedio entre los departamentos existentes.

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}}{M^2}$$

$$\bar{f} = \frac{148}{15^2}$$

$$\bar{f} = 0,658$$

Ahora se procederá a encontrar el flujo de la planta, usando la ecuación (2.1.2) descrita en la página 25

$$f = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij}^2 - M^2 \bar{f}^2}{M^2 - 1} \right)^{\frac{1}{2}}}{\bar{f}}$$

$$f = \frac{\left(\frac{1136 - 225 * 0,433}{224} \right)^{\frac{1}{2}}}{0,658}$$

$$f = 3,274$$

Ahora se encontrarán los límites superior e inferior de flujos para 15 departamentos. Respectivamente usando ecuaciones (2.1.3) y (2.1.4).

$$f_u = M \sqrt{\frac{M^2 - M + 1}{(M - 1)(M^2 - 1)}}$$

$$f_u = 3,891$$

$$f_l = M \sqrt{\frac{1}{(M-1)(M^2-1)}}$$

$$f_l = 0,278$$

Finalmente se encontrará el dominio de flujos, f' , utilizando la ecuación (2.1.5).

$$0 \leq f' = \frac{f_u - f}{f_u - f_l} \leq 1$$

$$f' = \frac{3,891 - 3,274}{3,891 - 0,278}$$

$$f' = 0,170$$

En la sección 3.1.5 se indicó que los valores cercanos a 0 son evidencia de un flujo dominante, es decir se puede encontrar un orden lógico para los departamentos. El valor del dominio de flujo es cercano a 0 lo que indica que se puede encontrar un orden topológico de los departamentos. Para encontrar dicho orden se utilizará una heurística que tiene los siguientes pasos:

1. Encontrar un departamento que no tenga flujos entrantes
2. Eliminar este departamento y todos sus arcos representando los flujos salientes
3. Repetir el paso número 1.

Se realizará este procedimiento utilizando la Tabla 19. Primeramente se simplificará la tabla, solamente se señalará donde existe flujo entre los departamentos con una x. El resultado se muestra a continuación.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Recepción	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 Limpieza	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Granel	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Ensacado harina	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Bodega granel	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	0	0
6 Ensacado semi-productos	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Bodega semi-productos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Bodega materias primas	0	0	0	x	0	x	0	0	x	0	x	0	0	0	0
9 Hari0 empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0
10 Bodega harina empacada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0
12 Almacén premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Materias primas Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0
14 Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
15 Bodega Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 21: flujos entre departamentos simplificados

Fuente: Elaboración propia

Se procederá a graficar la anterior tabla en un diagrama de precedencia. Cada departamento será un nodo y cada "x" indicará una flecha. A continuación en la Figura 33 se muestra el mencionado diagrama.

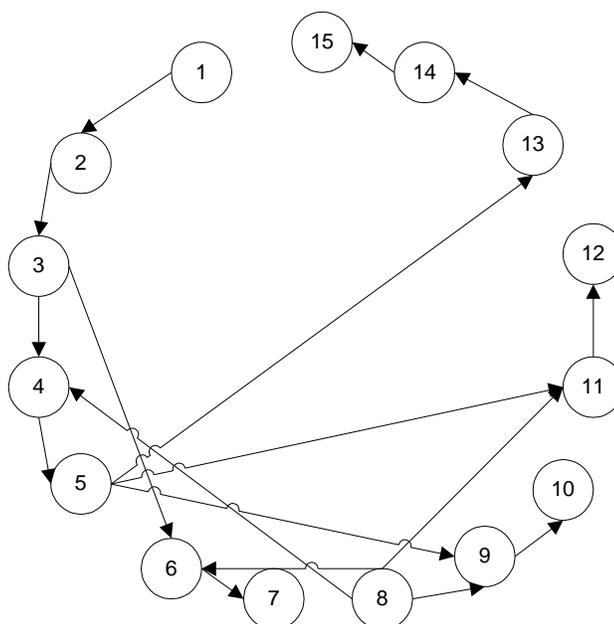


Figura 33: Diagrama de precedencia de la planta actual

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar no existen ciclos, es decir, una serie de flechas que se dirijan a uno de los nodos previamente seleccionados.

Ahora con este diagrama, Figura 33, se procederá a realizar el Algoritmo del Orden Topológico detallado en la sección 3.1.7, el cual es el orden de los departamentos donde no existe contraflujos. Se muestra el proceso en la Tabla 22, donde se observa: los departamentos de la planta; el departamento seleccionado en cada iteración y las precedencias requeridas en cada una de las iteraciones. En color se marca en qué iteración se seleccionó el departamento, y en donde no está resaltado en color se muestra los departamentos precedentes aún no seleccionados. Una vez que se selecciona un departamento, se elimina éste en las precedencias de los restantes departamentos. El orden de los departamentos será el que se indica por las iteraciones.

	Precedentes	iteraciones														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		dep 8	dep 1	dep 2	dep 3	dep 4	dep 6	dep 7	dep 5	dep 9	dep 10	dep 11	dep 12	dep 13	dep 14	dep 15
1 Recepción																
2 Limpieza	1	1														
3 Granel	2	2	2													
4 Ensacado hari0	3,8	3	3	3												
5 Bodega granel	4	4	4	4	4											
6 Ensacado semi-productos	3,8	3	3	3												
7 Bodega semi-productos	6	6	6	6	6	6										
8 Bodega materias primas																
9 Hari0 empacada	5,8	5	5	5	5	5	5	5								
10 Bodega hari0 empacada	9	9	9	9	9	9	9	9	9							
11 Premezcla	5,8	5	5	5	5	5	5	5								
12 Almacen premezcla	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11					
13 Materias primas Delipan	5	5	5	5	5	5	5	5								
14 Delipan	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13			
15 Bodega Delipan	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14		

Tabla 22: Iteraciones para encontrar el orden topológico

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el algoritmo se graficará la secuencia de los departamentos. Se ha seleccionado los departamentos en el orden en que se han realizado las diferentes iteraciones de la Tabla 22; es decir el orden es 8, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15. Se ha graficado como arcos los flujos entre los departamentos según la Tabla 21. El orden topológico que debe seguir la planta se muestra en la Figura 34. Este orden de los departamentos no presenta contraflujos.

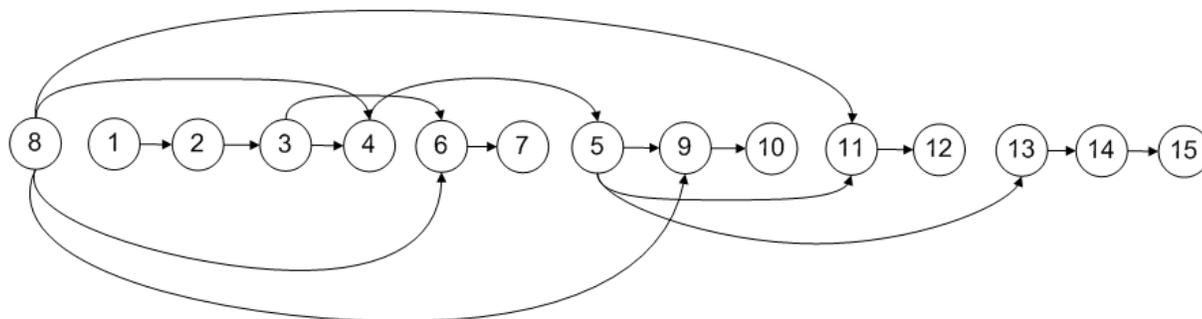


Figura 34: Orden topológico de la planta

Fuente: Elaboración propia

4.2.10. Diagrama de relación de espacio

Es importante visualizar cómo está funcionando actualmente la planta, para ello se mostrará el diagrama de relación de espacio. Este es un gráfico que permite observar la relación entre los diferentes departamentos, su flujo con otros y la dimensión otorgada para el mismo. Se ha tomado como información la disposición de la planta actual y se ha graficado la ruta real que siguen los diferentes flujos entre departamentos, mencionados en la tabla de relaciones, Tabla 17. Se ha realizado una distinción entre la relación tipo A, línea continua, y la relación tipo E, línea semicortada. A continuación en la Figura 35 se observa el diagrama de relación de espacio actual de la Industria Harinera S.A, como se puede ver en la misma existen áreas las cuales están alejadas de sus destinos: Bodega Delipan y Delipan; la bodega de granel y Delipan; La bodega de materias primas con premezcla; el exterior con la bodega de materias primas.

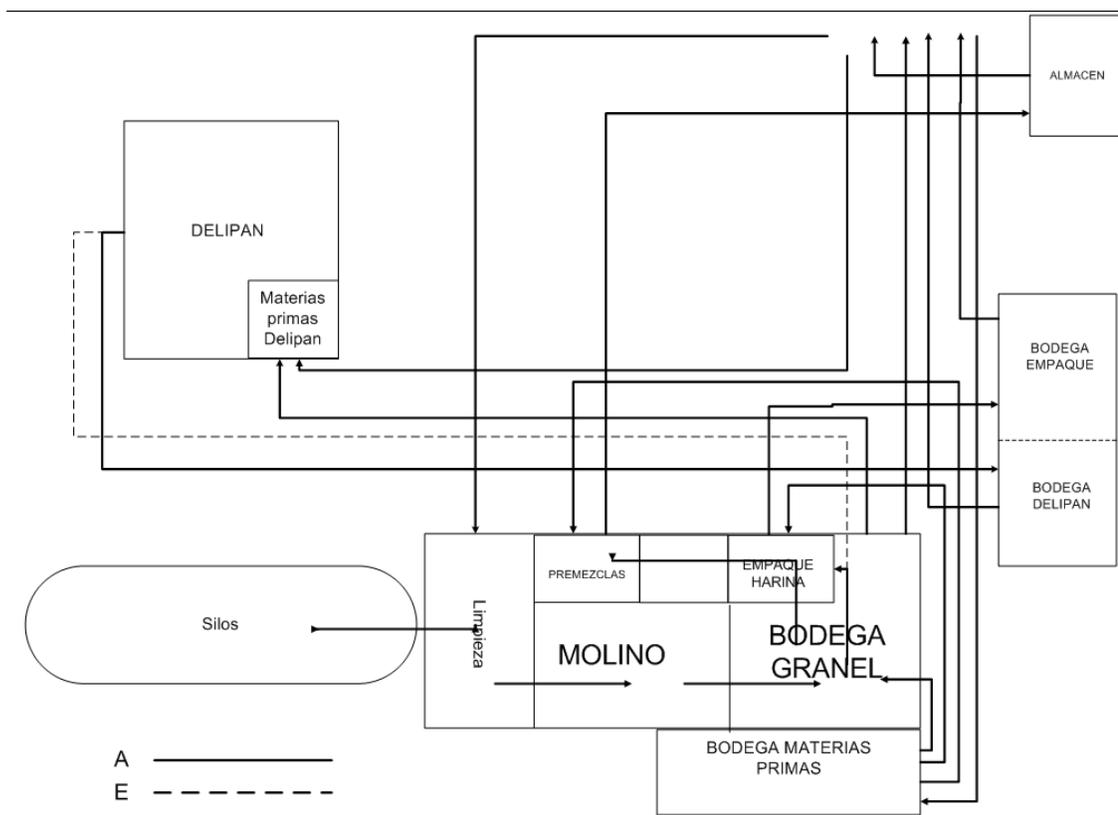


Figura 35: Diagrama de relación de espacio de la Industria Harinera
Elaboración propia

A continuación en la Figura 36 también se muestra exactamente el flujo entre los departamentos del edificio. El gráfico representa los dos primeros pisos de la planta actual, el mismo gráfico no está a escala; todas las relaciones son de tipo A.

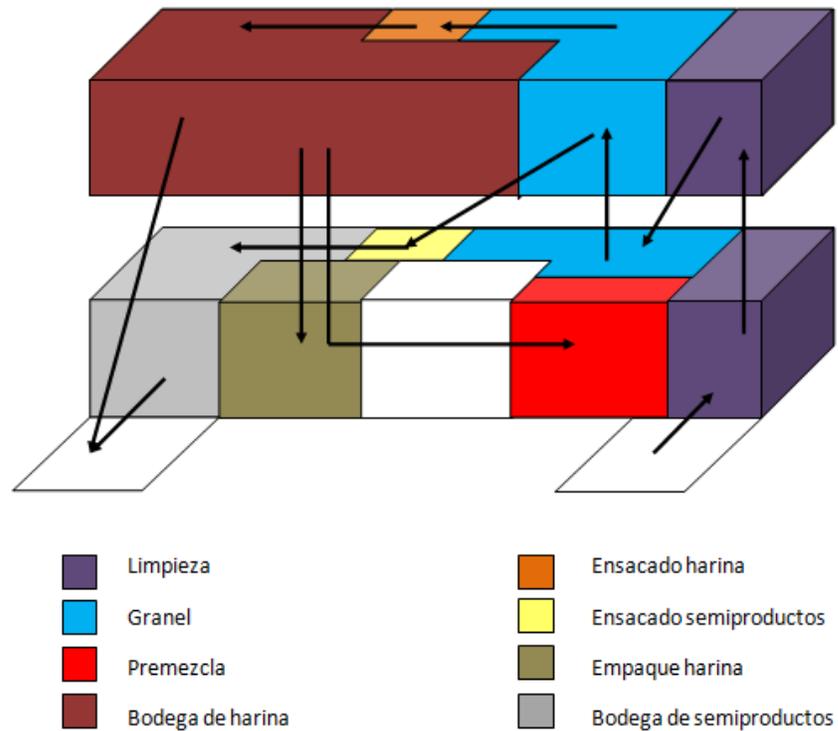


Figura 36: Diagrama de relaciones de espacio del edificio principal

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los flujos del edificio siguen un orden donde los flujos tienden a ir de derecha a izquierda, a excepción del flujo entre bodega de harina y premezcla, que va de izquierda a derecha - contraflujo. De no ser por este flujo, existiría un orden topológico dentro del edificio.

4.3. Simulación de la planta actual

4.3.1. Objetivo de la simulación

La simulación que se va a realizar plasmará el funcionamiento actual de la planta de manera general. De esta manera se podrán encontrar varias medidas de desempeño como son: utilización de los recursos, cantidad de producto producido y su varianza, número promedio de unidades en cola, entre otras. Finalmente se realizará una nueva simulación con la nueva producción determinada por gerencia y se variarán los recursos hasta lograr que su utilización sea cercana al 80%. El objetivo de la simulación es encontrar la cantidad de recursos necesarios para cumplir con un crecimiento deseado. Una vez que se encuentre la cantidad extra de recursos se podrá determinar los diferentes espacios para los departamentos.

4.3.2. Descripción general del sistema

a) Descripción del sistema

El modelo presentado abarca todos los procesos críticos de la Industria Harinera. De una manera macro el sistema realizado comprende el siguiente diagrama, mostrado en la Figura 37.

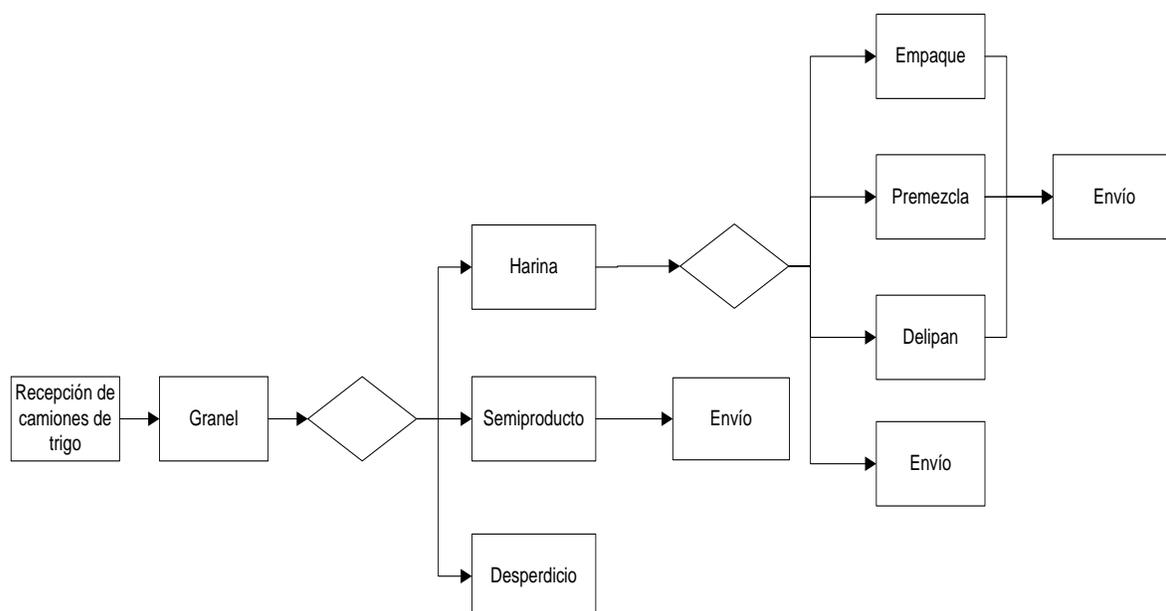


Figura 37: Modelo macro de la simulación

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el trigo será procesado para convertirse en sacos de Harina, sacos de semiproducto o material de desperdicio. A su vez los sacos de harina podrán pasar por 4 procesos: Empaque, Premezcla, Delipan o Envío. En Empaque se crearán paquetes de uno o dos kilogramos; en Premezclas se realizarán productos como premezcla para tortas o para pancakes; en Delipan se realizarán productos de galletería y panadería como son: galletas, melvas, bizcochos, etc. Cada proceso termina en un envío hacia los clientes por medio de camiones. En el sistema se considerará solamente los productos más importantes, es decir se realizará análisis de Pareto para las siguientes áreas: premezcla (Tortas, pancakes, harinas, otros); Delipan (Rosquetas, Orejas, Aplanchados, Bizcochos de sal, Melvas, Orejas chocolate, Suspiros, Dedos chocolate, Galletas de mermelada, otros) y Empaque (1

kilogramo, 500 gramos, 2 kilogramos); en caso de harina y semiproducto solo se produce un producto. Los análisis de Pareto pueden ser encontrados en el Anexo 1.

Los productos que se utilizarán en el sistema según los paretos son: En Empaque: paquetes de un kilogramo; en Premezcla: premezcla para tortas; en Delipan: rosquetas, orejas, aplanchados, bizcochos de sal y melvas.

b) Definición del modelo conceptual

La finalidad de la simulación es determinar cuál debería ser el aumento en capacidad al incrementar la demanda un valor específico. Es decir, se aumentará la demanda para poder determinar cuanta maquinaria, implementos y herramientas es necesaria. Así determinar la expansión de los distintos departamentos.

c) Identificación de eventos, variables, parámetros y actividades del sistema

Para poder determinar las distintas variables es importante establecer el alcance de la simulación. Se realizará un modelo que no busca determinar horarios en departamentos ni camiones; tampoco utilización de productos ni control de producción. La misma desea determinar la cantidad óptima de recursos cuando aumenta la demanda. Por esta misma razón, es que se realizará una simulación conservadora, es decir un modelo para el peor de los casos, se recolectarán los datos en el mes con mayor producción, noviembre (Sánchez). Las mediciones de tiempos se tomarán por áreas. Finalmente se tomará en cuenta todos los recursos que impactan en el espacio como son: maquinaria, camiones, herramientas y

mesas. Se realizarán las siguientes mediciones, los datos se los puede encontrar en el Anexo

2:

- Horario de llegada de camiones
- Tiempo de descarga de camiones
- Tiempo de Humectación
- Cantidad producida de harina por hora
- Cantidad producida de semiproductos por hora
- Cantidad de desperdicio producida por hora
- Tiempo de Ensacado de producto
- Cantidad producida por maquina de empaque
- Tiempo en maquina empacadora
- Tiempo en empaque manual
- Tiempo en premezcla
- Pareto de productos de Delipan según tiempo de producción
- Tiempo de amasado de productos en pareto
- Tiempo de horneado de productos en pareto
- Tiempo de bañado de productos en pareto
- Tiempo de empaque de productos en pareto
- Horario de salida de camiones
- Movimiento entre departamentos

4.3.3. Recolección y Análisis de datos de entrada

a) Recolección de datos: metodología y herramientas

Para los procesos de premezcla y empaque existen hojas de control llenadas por los empleados. Las hojas de control tienen información de tiempos y materiales. La metodología de recolección de datos tiene dos tipos.

- La primera: se hizo la recolección de los datos que no tenían un registro en hojas de control. El número de datos recolectados será de acuerdo a la tabla 8: Número de ciclos recomendados en la página 37. Los resultados de la recolección de datos se puede encontrar en el Anexo 2.
- Asimismo en base a tabla 8, se recolectaron datos para validar los ingresados por los empleados en las hojas de control. Los resultados se muestran en el Anexo 2. No existió ningún tiempo que tenga una diferencia mayor al 5% entre el tiempo registrado por el empleado y el tiempo cronometrado. Las diferencias se deben a redondeos por parte de los empleados.

b) Estimación de parámetros y pruebas de bondad de ajuste

Se realizaron dos tipos de pruebas: Chi cuadrado, para los procesos con más de 70 datos; y Kolmogorov-Smirnov para los procesos con menos de 70 datos recolectados. Las pruebas se realizaron con el Software Input Analyzer, en el mismo se probaron todas las distribuciones y se eligió la que más se ajustaba. A continuación en la Tabla 23 se aprecia el proceso recolectado, la distribución que más se ajusta a cada proceso, la prueba realizada y el valor p de la prueba. Para las

pruebas se utilizará un nivel de significancia del 95%, es decir un alfa de 0.05. Como se puede observar en la columna “valor P” de la Tabla 23 todos los valores son mayores a 0.15, lo que quiere decir que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, ésta es los datos se ajustan a la distribución.

	Proceso	Distribución	Valor P	Prueba
	Parqueo y descarga de camiones	47 + EXPO(11.3)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Procesado de harina	NORM(253, 4.87)	>0.75	chi square
	Procesado de semiproducto	NORM(98.4, 1.92)	0.176	chi square
	Ensayado tanto de harina como semiproducto	17 + GAMM(2.79, 3.75)	0.709	Kolmogorov-Smirnov
	Proceso de premezclas	ERLA(1.44, 2)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Procesado de empacado en máquina	NORM(3.14, 0.148)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Procesado de empacado manualmente	3.76 + LOGN(0.402, 0.315)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
rosquetas	Amasado	29.1 + 4.91 * BETA(1.48, 0.673)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Manguero	29 + EXPO(2.44)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Horno	54 + LOGN(1.91, 3.56)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Decorado	TRIA(31, 33.4, 35.8)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Empacado	40 + EXPO(2.04)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
orejas	Mezclado	32+WEIB(3.57, 1.09)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Laminado	14+5*BETA(0.553, 0.685)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Estirado	10.3 +2.71*BETA(0.894, 0.549)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Formado	NORM(28.7, 1.75)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Horno	48+3*BETA(1.06, 0.638)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Empacado	35.4+4.56*BETA(1.04, 1.13)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
aplanachado	Mezclado	17+3.6*BETA(0.804, 1.1)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Laminado	23.2+LOGN(0.919, 0.688)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Estirado	12+LOGN(0.709, 0.847)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Formado	56+9.93*BETA(1.04, 1.42)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Horno	UNIF (29, 31)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Empacado	37.2+GAMM(0.454, 2.78)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
bizcocho sal	Amasado	24+LOGN(1.99, 3.33)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Formado	47+8*BETA(0.625, 1.13)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Horno	39.3 + 5.55 * BETA(0.612, 0.458)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Empacado	50+3.93*BETA(0.992, 1.4)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
melvas	Amasado	48 + 9 * BETA(1.03, 0.741)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Manguero	30 + WEIB(3.91, 1.17)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Horno	57 + EXPO(1.38)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Decorado	60 + 2.25 * BETA(0.678, 0.664)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov
	Empacado	60 + EXPO(3.89)	>0.15	Kolmogorov-Smirnov

Tabla 23: Resumen de distribuciones y pruebas de bondad y ajuste

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Construcción y ejecución del modelo actual

a) Diagramación del modelo

En la Figura 38 se muestra el proceso de llegada de camiones diagramado en el software Arena. Los camiones tienen un horario de llegada, para cumplir con este horario se ha utilizado un módulo de separación, dos de proceso y uno de señal; esto se debe a que Arena no permite el ingreso de un horario para la creación de entidades.

El primer módulo "Creacion de camiones", creará un solo camión a lo largo de toda la simulación. El módulo "logica llegada" dividirá en dos a las entidades entrantes tanto la de creación de camiones como la del proceso "mantener la logica segun horario". En el módulo "mantener la logica segun horario" se mantendrá la entidad esperando hasta que se envíe la señal de que uno de los camiones ya ha llegado. En el módulo "horario en forma de proceso" se ha establecido un recurso ficticio el cual tiene como capacidad el horario de llegada de camiones, esto permitirá que sólo lleguen camiones según este horario. Finalmente el módulo "enviar senhal para logica de llegada" emite una señal para el módulo "mantener la logica segun horario", esto permite que se cree otro camión, una vez que uno haya llegado a la hora establecida. En resumen este conjunto de módulos permite que los camiones lleguen en el horario especificado.

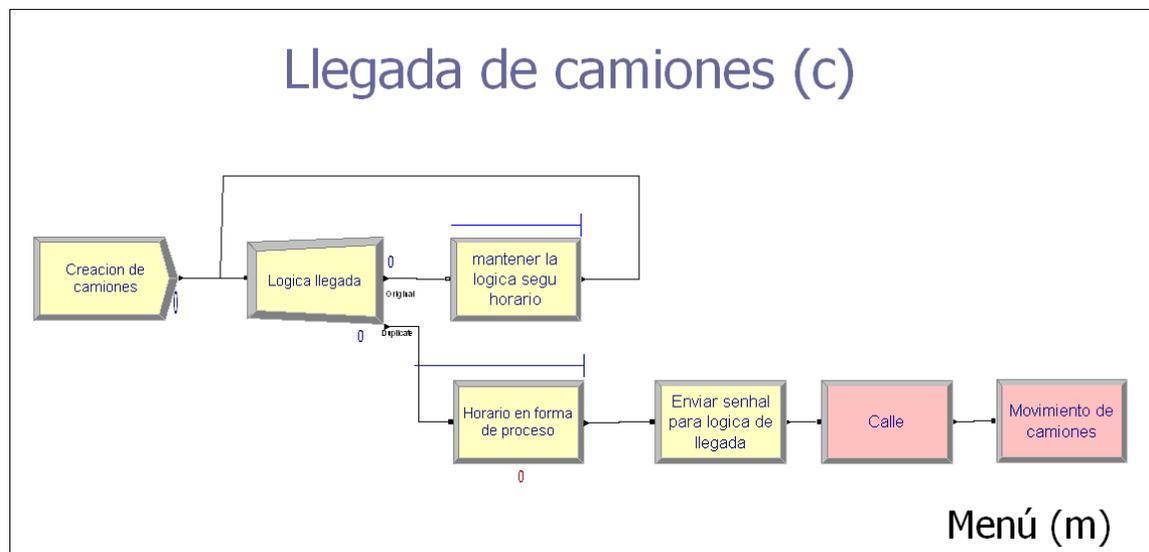


Figura 38: Llegada de camiones del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

Una vez que los camiones han llegado a la planta se procede a ir a los silos, al proceso de humectación y a granel. Inicialmente se descarga el camión y se procede a dividirlo por toneladas en el módulo “separa en toneladas”. Luego el trigo se dirige a proceso de humectación, donde se tiene como recursos 2 silos. Una vez humectado el trigo se lo separa en lotes de 10 kilogramos y se dirige al proceso de granel, en donde se encuentran como recursos 9 molinos. Una vez que se ha pasado por los molinos, se decide si el producto es desperdicio con un porcentaje del 2%, harina con porcentaje del 78% o semiproducto con porcentaje 20%.

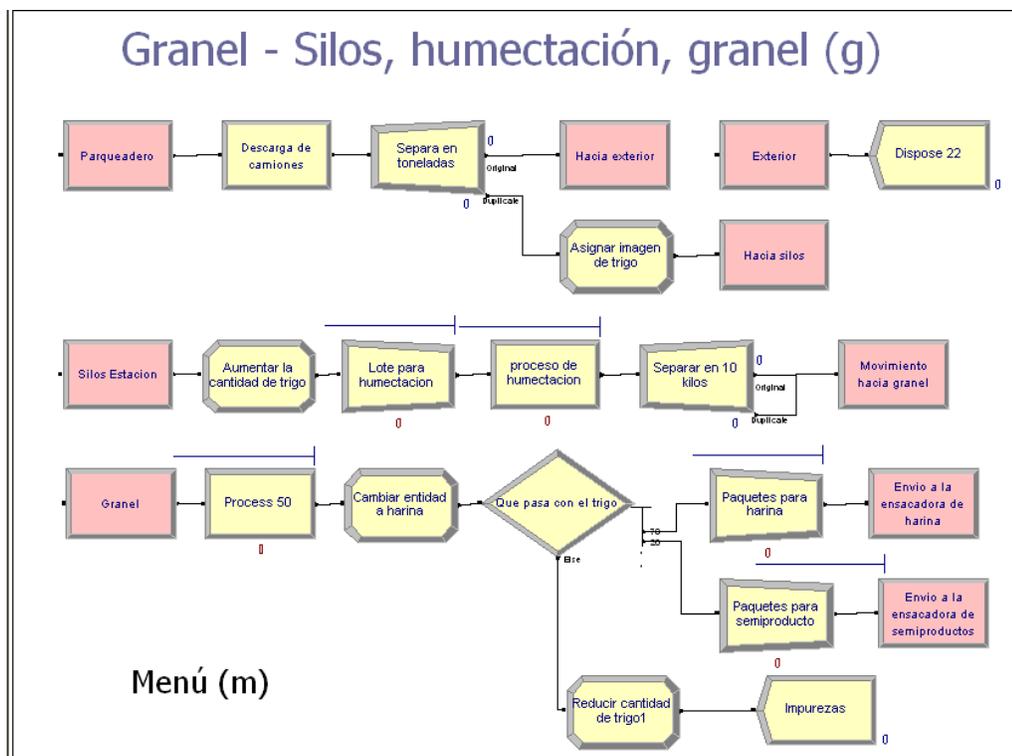


Figura 39: Proceso de silos, humectación y granel del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

En el caso de ser semiproducto, se ensaca el semiproducto en sacos de 50 kilos y se lo envía hacia los clientes. Este proceso tiene como recurso una ensacadora. El proceso de envío de semiproductos se puede apreciar en la Figura 40

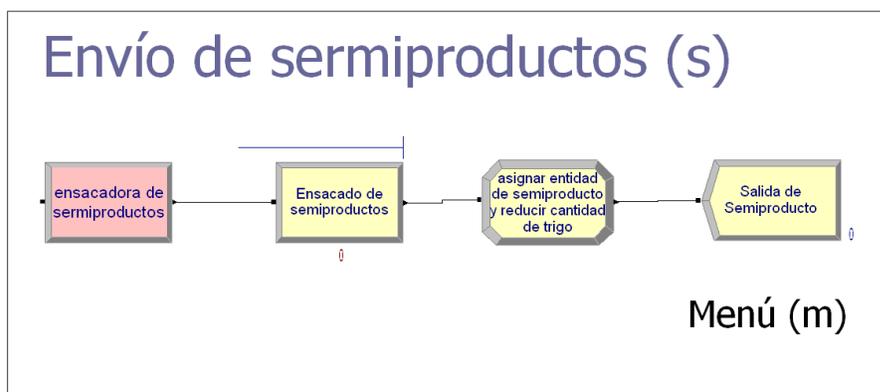


Figura 40: Envío de semiproducto del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

En caso de que el producto sea harina. La misma pasa por el proceso de ensacado en el módulo “ensacado de productos”, que tiene como recurso 2 ensacadoras, y se procede a enviarlo a las siguientes áreas con los siguientes porcentajes: Premezcla(1.2%), empaque(10.92%), Delipan (0.44%) o envío(87.44%). Se muestra en la Figura 41 el proceso de ensacado de harina y el envío a otras áreas

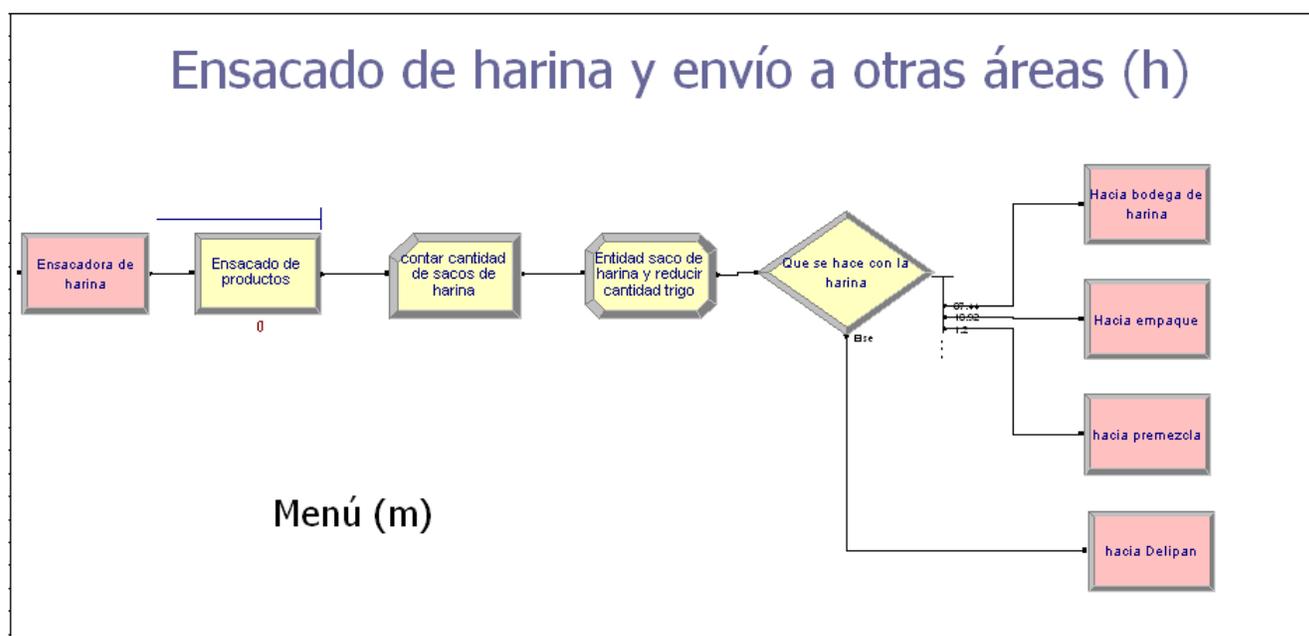


Figura 41: Proceso de ensacado de harina y envío a otras áreas

Fuente: Elaboración propia

En el caso de que se vaya a la bodega de harina, solo se despachará el producto a los clientes. En la Figura 42 se muestra el proceso de salida de los sacos de harina.

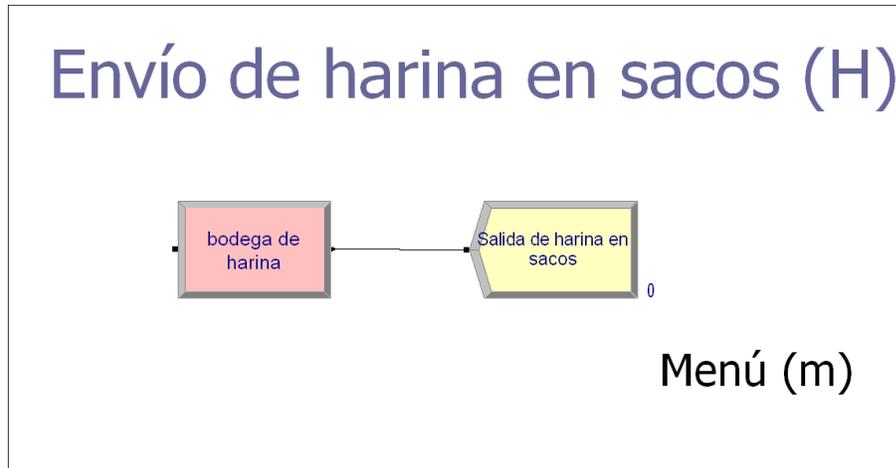


Figura 42: Envío de harina del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

En el caso de que la harina se dirija a empaque, la misma será procesada de forma manual o en la máquina empacadora. Antes de esto se ha ubicado un módulo de decisión que envía 25,2% de la harina fuera del sistema, esto se ha realizado porque ese es el porcentaje correspondiente a los otros productos que no están contemplados en los productos principales en el análisis de Pareto. El proceso de empaque puede ser manual con un porcentaje de 22% o por medio de una máquina empacadora con un porcentaje del 78%. Los recursos necesarios en estos procesos son: Una empacadora para el proceso con la máquina o una balanza y su respectiva mesa para el proceso manual. En la Figura 43 se muestra el proceso de empaque del modelo de simulación.

Empaque (e)

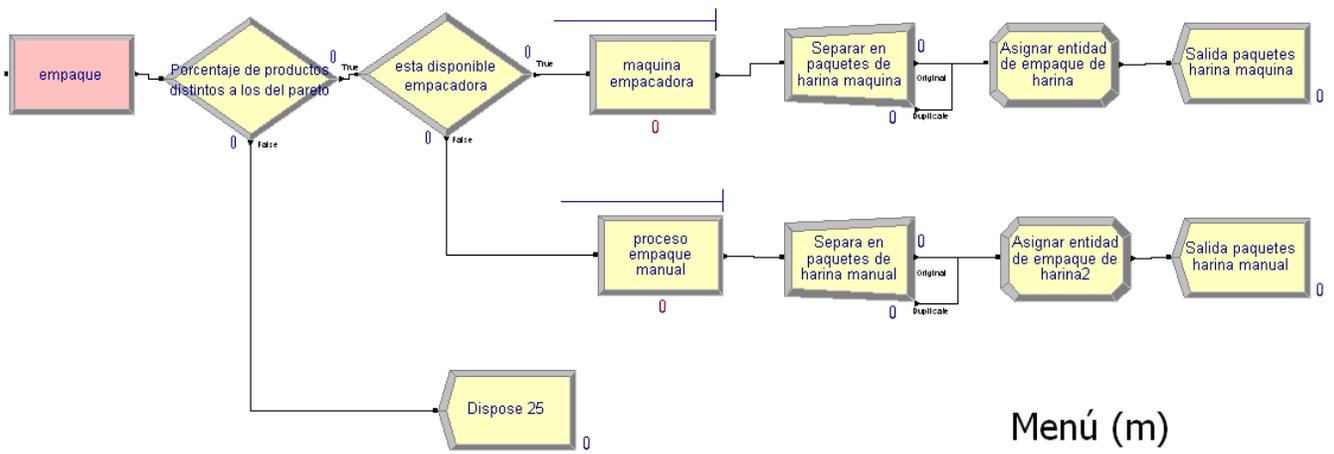


Figura 43: Proceso de empaque de la simulación

Fuente: Elaboración propia

En el momento en que la harina se dirige al proceso de premezcla se realiza una decisión enviando 33% de la harina fuera del sistema, representado los productos no pertenecientes al análisis de Pareto. La harina pasará por el proceso de premezcla en donde se tiene como recurso una balanza de premezcla y su respectiva mesa. Una vez realizada la premezcla sale del sistema. En la Figura 44 se observa el proceso de premezcla del modelo de simulación.

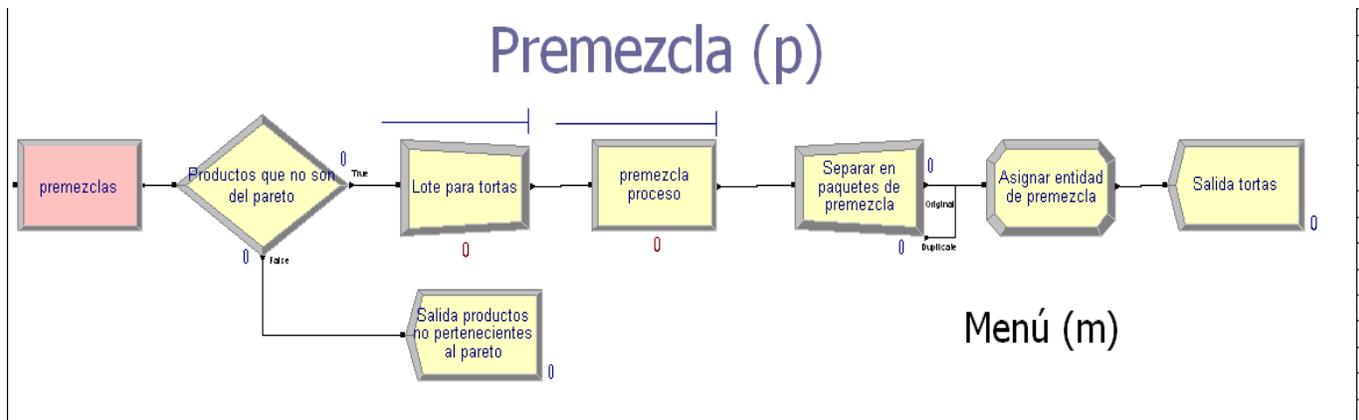


Figura 44: Proceso de premezcla del modelo de simulación

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en el caso de que la harina se vaya a Delipan pasará por varios subprocesos: mezclado, laminado, estirado, formado, horneado, decorado y empackado. El 23% de la harina se dirigirá directamente a la salida en representación de los productos no contemplados en el análisis de Pareto. Se tiene 5 productos principales en el área de Delipan estos son: Rosquetas con un porcentaje de 18.4%; Orejas con 17.6%; Aplanchados con 15.3%; Bizcochos de sal con 15.3% y Melvas con un porcentaje de 10.5%. Las rosquetas pasan por los procesos: amasado, manguero, horneado, enfriado, decorado, secado y empackado. Las orejas pasan por los procesos: amasado, laminado, refrigerado, estirado, formado, horneado, enfriado y empackado. Los aplanchados pasan por los procesos: amasado, laminado, refrigerado, estirado, formado, horneado, enfriado y empackado. Los bizcochos de sal pasan por los procesos: amasado, formado, horneado, enfriado y empackado. Las melvas pasan por los procesos: amasado, manguero, horneado, enfriado, decorado, secado y empackado. En la Figura 45 y Figura 46 se muestra el proceso de Delipan.

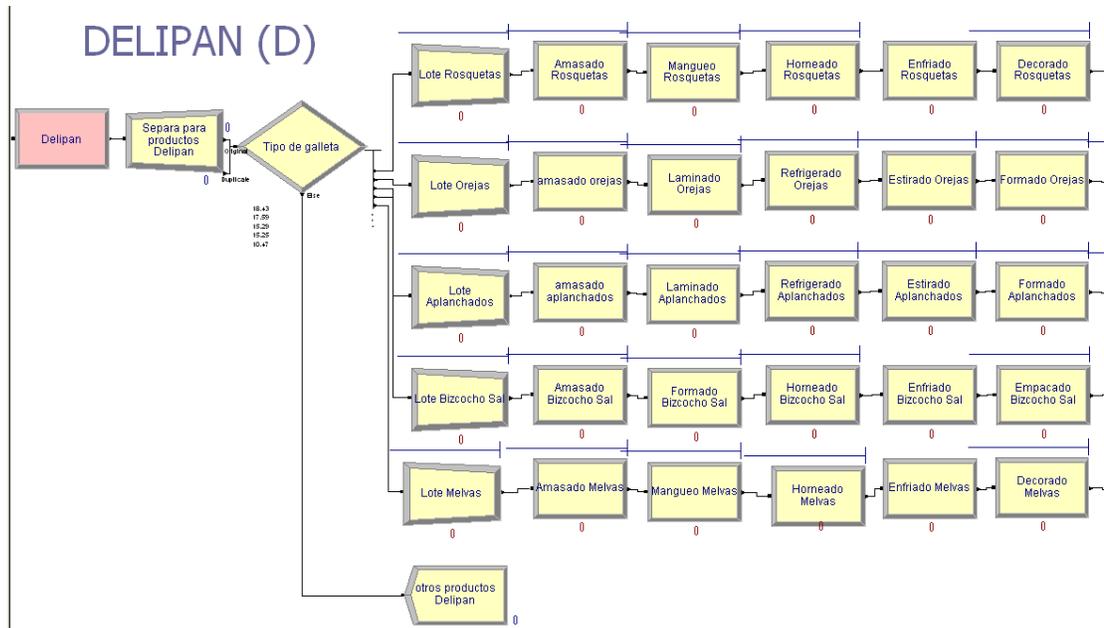
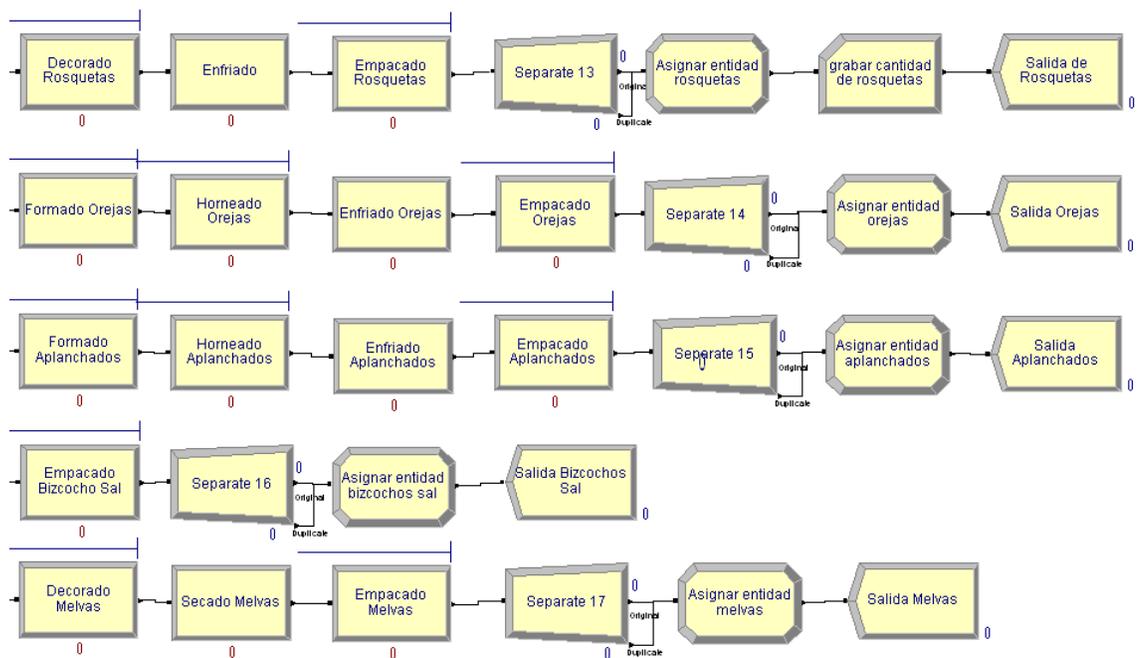


Figura 45: Proceso de Delipan del modelo de simulación parte I

Fuente: Elaboración propia



Menú (m)

Figura 46: Proceso de Delipan del modelo de simulación parte II

Fuente: Elaboración propia

Los recursos que se utilizan para el área de Delipan se detallan a continuación en la

Tabla 24. Por otro lado los recursos disponibles de la planta se resumen en la Tabla 25.

		Productos				
		Rosquetas	Orejas	Aplanchados	Biscochos de Sal	Melvas
Detalle de cantidad de recursos que necesita para el proceso	Amasado	1 batidora	1 batidora	1 batidora	1 batidora	1 batidora
	Laminado	NA	1 mesa de laminado	1 mesa de laminado	NA	NA
	Refrigerado	NA	1 espacio de refrigeradora	1 espacio de refrigeradora	NA	NA
	Estirado	NA	1 mesa de laminado	1 mesa de laminado	NA	NA
	Manguero/Formado	2 mesas de formado	1 mesa de formado	1 mesa de formado	1 mesa de formado	2 mesas de formado
	Horneado	1 horno	1 horno	1 horno	1 horno	1 horno
	Enfriado	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso
	Decorado	1 mesa de decorado	NA	NA	NA	1 mesa de decorado
	Secado	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso	No requiere recurso
	Empaque	2 mesas de empaque	1 mesa de empaque	1 mesa de empaque	1 mesa de empaque	2 mesas de empaque

Tabla 24: Resumen de recursos utilizados en Delipan

Fuente: Francisco Sánchez, gerente de producción la Industria Harinera.

Recurso	Cantidad actual
Balanza	1
Balanza premezcla	1
Batidora	1
Empacadora	1
Ensacadora de harina	2
Ensacadora de semiproductos	1
Refrigeradora (2 espacios)	1
Hornos	3
Mesas Formado	2
Mesas Decorado	1
Mesas laminado	1
Mesas Empacado	2
Molinos	9
Silos de humectación	2

Tabla 25: Recursos disponibles de la planta actual

Fuente: Francisco Sánchez, gerente de producción de la Industria Harinera.

b) Construcción del modelo en Arena: Asunciones y limitaciones

Supuestos:

- Los procesos dependerán de los productos con mayor producción, es decir se utilizarán los resultados de los diagramas de Pareto. Ver el Anexo 1 con los diferentes análisis para las áreas: Premezcla, empaque y Delipan.
- Se asumirán que existen distintos camiones para los productos. Esto se puede hacer ya que el fin de la simulación no comprende temas logísticos, ni cantidad de camiones de salida.
- No se asumirán grupos de trabajo que se mezclen entre departamentos. Esto se debe a que independientemente de la cantidad total de empleados, el área de cada departamento depende del número de gente al momento de realizar sus respectivas actividades y no de la optimización total de empleados. Es decir, el área del departamento depende de las personas asignadas a esa actividad independientemente que éstas realicen actividades adicionales.
- No se consideran los tiempos de calentamientos de las máquinas ya que éstos se hacen mucho antes que comiencen las actividades de las empresas, lo que quiere decir que no hay impacto de esta actividad en la realización de los productos. Además la simulación se ha realizado en estado estable.

Limitaciones:

- La simulación no pretende optimizar el control de producción.
- No infiere en temas logísticos

- De existir nuevos productos, se debe analizar de nuevo el impacto en los Paretos respectivos.
- El modelo obtiene la información de 22 días laborales es decir un mes.

c) Verificación y validación del modelo

Para validar la veracidad del modelo se comparará la cantidad obtenida de productos de la simulación con una corrida de 22 días, con datos de la vida real. Se realizará una prueba t para dos muestras – simulación vs realidad. Esta prueba comparará estadísticamente las muestras de la realidad y de la simulación e indicará si son significativamente iguales o diferentes. La muestra de la simulación serán 10 réplicas del modelo; mientras que la muestra de la vida real, serán los 4 datos más altos de producción desde noviembre 2009 hasta abril 2011. Se han tomado los datos más altos desde noviembre 2009 porque la simulación es una representación de la planta cuando tiene su mayor producción. La prueba tiene un alfa de 0.05. La hipótesis nula es que las medias de la simulación y la media de la muestra de los datos reales son iguales, mientras que la hipótesis alternativa es que no lo son. De tener un valor P mayor a 0.05 indicaría que se acepta la hipótesis nula. A continuación una tabla resumen con los resultados de los diferentes productos. En el anexo 3 se puede observar las pruebas realizadas.

		Real			Simulación			Valor p en comparación medias
		# muestras	Media	Desviación est	# muestras	Media	Desviación est	
Productos	Aplanchados	4	7615	218,3	10	7654,5	543,2	0,850
	Bizcocho sal	4	7395,25	157,9	10	7128,0	361,5	0,081
	empaque manual	4	17603,25	578,2	10	16710,0	1048,0	0,206
	empaque maquina	4	60417,25	1170,8	10	59480,0	1435,3	0,253
	Orejas	4	8479	175,1	10	8621,1	325,9	0,318
	premezcla	4	35075,5	1414,5	10	34291,2	3570,6	0,568
	Rosquetas	4	9025,5	129,6	10	8776,8	430,0	0,127
	Melvas	4	5233,25	179,9	10	5004,1	298,1	0,088
	Sacos de harina	4	17536,25	222,0	10	17489,8	292,4	0,757
	Sacos de semiproducto	4	4521,5	127,8	10	4464,0	105,6	0,470

Tabla 26: Comparación de datos de simulación con la realidad

Fuente: Francisco Sánchez, reporte de simulación

Como se puede observar en la columna “valor p en comparación medias” de la Tabla 26, todos los valores son mayores a 0.05; por lo que la hipótesis nula es aceptada en todos los casos. No existe evidencia estadística para rechazar el supuesto que las medias de producción de un mes de trabajo de la simulación son las mismas que las medias de producción de los 4 meses con mayor producción.

d) Definición de parámetros de la simulación: tiempos y réplicas.

Tiempos:

La simulación es la representación del mes más demandado, noviembre. El modelo está establecido para que corra por 22 días es decir un mes de trabajo. El área de granel trabaja las 24 horas del día, mientras que las otras áreas solamente trabajan un turno regular de 8 horas.

Se ha determinado un periodo de calentamiento de 2 días para que los silos tengan un nivel estable de trigo. De no tomar en consideración el periodo de calentamiento, la simulación no se encontraría en estado estable y sus resultados no serían válidos.

Réplicas:

Para el cálculo de réplicas del sistema, se necesita S_0 , $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$ y ϵ , revisar la sección 3.1.15. A continuación en la Tabla 27 se muestra S_0 y ϵ para los diferentes productos de la Industria Harinera. El error máximo deseado, ϵ , se ha calculado como el 5% de la producción total en el mes. Mientras que S_0 se ha calculado partiendo de la ecuación (3.1.9). Para encontrar S_0 se necesita la información $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$, el número de réplicas inicial que es 10 y el half-width que son los otros componentes de la Tabla 27.

Productos	$t_{\alpha/2, R-1}$	Half Width	S_0	Error estimado 5% del total obtenido
Aplanchados	2,262	388,58	543,24	382,73
Bizcocho sal	2,262	258,58	361,50	356,40
empaque manual	2,262	749,61	1047,96	835,50
empaque maquina	2,262	1026,69	1435,31	2974,00
Orejas	2,262	233,12	325,90	431,06
premezcla	2,262	2554,09	3570,62	1714,56
Rosquetas	2,262	307,6	430,03	438,84
Melvas	2,262	213,23	298,10	250,21
Sacos de harina	2,262	209,15	292,39	874,49
Sacos de semiproducto	2,262	75,54	105,60	223,20

Tabla 27: desviación estándar de los diferentes productos

Fuente: Reporte de simulación

El cálculo del número de réplicas, R , depende de R como tal, es por eso que a continuación en la Tabla 28 se muestran distintos valores $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$ para diferentes R .

Grados de libertad (R-1)	
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,160
14	2,145
15	2,131
16	2,120
17	2,110
18	2,101
19	2,093
20	2,086
21	2,080

Tabla 28: Valores inversos de la distribución t para diferentes grados de libertad

Fuente: Elaboración propia información de (Montgomery & Runger, págs. A-6)

Utilizando los valores de $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$ mostrados en la Tabla 28, los valores de ϵ en la Tabla 27 y la ecuación (3.1.9), se ha realizado la Tabla 29 donde se detalla el número mínimo de réplicas para el error deseado de todos los productos tomados en consideración en la simulación.

Producto	S_0	Error máximo permitido del 5% del total obtenido	Valores de $\left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} S_0}{\epsilon}\right)^2$ para distintos R y respectivos errores										
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aplanchados	543,24	382,73	10,3	10,0	9,8	9,6	9,4	9,3	9,1	9,1	9,0	8,9	8,8
Biscocho sal	361,50	356,40	5,3	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5
empaque manual	1047,96	835,50	8,0	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,1	7,1	7,0	6,9	6,9
empaque maquina	1435,31	2974,00	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Orejas	325,90	431,06	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
premezcla	3570,62	1714,56	22,2	21,5	21,0	20,6	20,2	20,0	19,7	19,5	19,3	19,1	19,0
Rosquetas	430,03	438,84	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,2
Melvas	298,10	250,21	7,3	7,0	6,9	6,7	6,6	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2
Sacos de harina	292,39	874,49	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sacos de semiproducto	105,60	223,20	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabla 29: Número mínimo de réplicas

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 29 las iteraciones que se han realizado para los diferentes productos para el cálculo del número mínimo de réplicas. El proceso que se realiza es el de incrementar el valor de R dentro de $t_{\frac{\alpha}{2}, R-1}$ hasta obtener un resultado de

$$R \geq \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, R-1} S_0}{\epsilon} \right)^2 .$$

El procedimiento finaliza cuando el valor de la tabla es menor o igual al de R

que se ha tomado. En este caso se tiene que el número mínimo de réplicas más grande es de 19 para el producto de premezcla. El valor de 19 se lo obtuvo cuando se usó un R de 20, lo que significa que el número mínimo de réplicas debe ser de 20. La simulación se realizará con 20 réplicas.

e) Ejecución del modelo.

Se procederá a generar la simulación con 20 réplicas. Con el reporte de simulación de modelo actual, encontrado en el Anexo 4, se han obtenido las utilizaciones de los recursos en su horario de trabajo. En la Figura 47 se muestran las utilizaciones en porcentaje de los recursos de la planta actual. Se puede observar que existen recursos sobreutilizados: batidora, mesas formado, mesas empacado, molinos y silos de humectación; donde su utilización es más del 80% y existen otros recursos que son subutilizados: balanza, ensacadora de semiproductos, refrigeradora, horno y mesas de decorado; con una utilización menor al 50%. Se debe tener en cuenta que la utilización ideal debe ser de un 80%, se tratará de buscar este valor cuando se realice la simulación de la nueva planta.

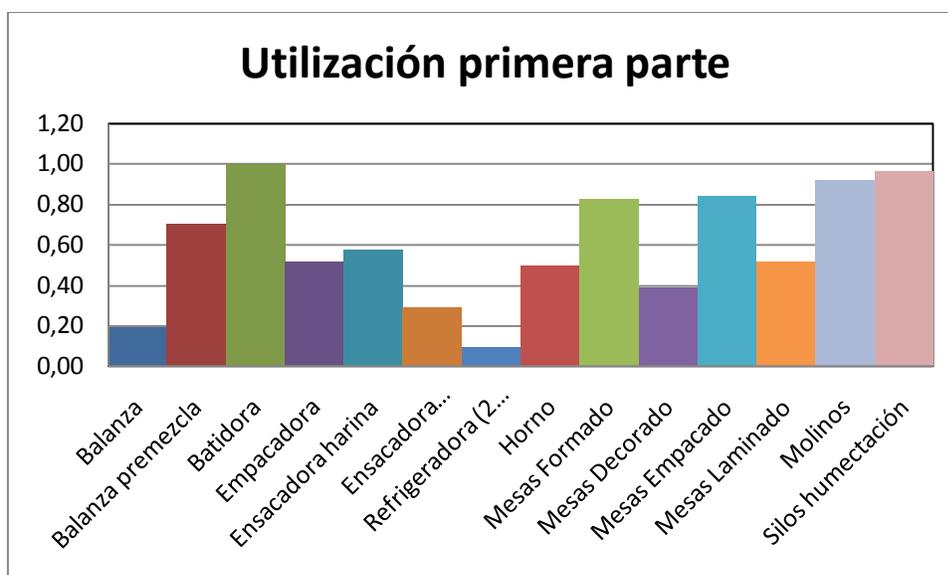


Figura 47: utilización de los recursos en la actualidad

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran el resumen de las salidas de los productos de la simulación en la Tabla 30. El reporte completo de la simulación se puede encontrar en el Anexo 4.

Producto	Promedio	Half width	Valor mínimo	Valor máximo
Aplanchados	7581,0	259,34	6300	8295
Bizcocho sal	7118,1	221,90	5841	7821
empaque manual	16545,0	570,21	14900	18700
empaque maquina	59975,0	693,32	57500	63150
Melvas	5020,4	100,8	4727	5379
Orejas	8672,6	257,75	7622	9373
premezcla	33774,4	1.165,85	30400	37696
Rosquetas	8776,8	161,23	8109	9381
saco harina	166695,4	1.519,88	159240	173307
saco semiproducto	4460,6	26,13	4356	4559

Tabla 30: Resumen de los resultados de la simulación de la planta actual con 20 réplicas

Fuente: Elaboración propia

4.4. Crecimiento deseado

El crecimiento deseado en las diferentes áreas ha sido determinado por gerencia. Se han tomado los planes estratégicos a largo plazo por parte de los directivos en consideración para la ampliación de los departamentos. Según conversaciones con el Gerente General el aumento en los departamentos se basa en 3 aspectos: demanda actual y esperada; ganancia de productos y planes estratégicos de participación en el mercado (Serrano). A continuación se resume los deseos de gerencia sobre el crecimiento. Existe una diferencia entre el aumento de la producción total y deseo de aumento en la capacidad. Por ejemplo se desea que el área de granel crezca en un 200%, pero no se requiere que su producción crezca en el mismo porcentaje, esto es porque se quiere trabajar sólo dos turnos y no 3 turnos, es decir en vez de trabajar 24 horas se trabajará 16 horas al día. A continuación en la Tabla 31 se resume esta información.

Producto	Aumento en producción	Aumento en capacidad
Producción de harina	inicialmente 100%	200%
Semiproducto	20%	NA
Delipan	50%	NA
Premezclas	70%	NA
Empaque	100%	NA

Tabla 31: Aumento en capacidad y producción deseado por gerencia

Fuente: Entrevista con Rafael Serrano, Gerente General

Nota: La cantidad de semiproducto es proporcional a la cantidad de harina. Por ende no se podrá aumentar tan sólo en un 20%, sino se aumentará con relación a la cantidad de harina.

Con la información del crecimiento deseado establecida en la Tabla 31 se realizará la nueva simulación, se aumentarán los distintos recursos hasta que los mismos tengan una utilización cercana al 80%.

4.5. Simulación de la nueva planta

a) Construcción del modelo en Arena: diseño, supuestos y limitaciones

- Se han asumido las mismas distribuciones para los procesos mencionados en la Tabla 23.
- Se ha cambiado el horario de granel de 24 horas a 16 horas, como ha dispuesto gerencia.
- Se ha duplicado la llegada de camiones de trigo.
- Se han alterado los porcentajes de sacos de harina hacia las diferentes áreas para que coincidan con lo deseado por gerencia. Los nuevos porcentajes son: 87.78% para envío a clientes directamente; 10.92% para el área de empaque; 1.02% para el área de Premezcla y 0,28% para el área de Delipan.
- Se ha desplazado el horario de empacado de Delipan por una hora, ya que se ha observado que la utilización de sus recursos en la primera hora es mínima (10%).
- Se han aumentado la cantidad de los recursos mencionados en la Tabla 25 hasta que éstos estén cerca del 80%.
- Siguen existiendo los mismos módulos que en modelo de la planta actual.
- Se mantienen los supuestos del modelo de simulación de la planta original

- b) Análisis de Resultados: Análisis de medidas de desempeño, intervalos de confianza, gráficas

Primeramente se analizará si la simulación de la nueva planta cumple con el requerimiento de gerencia. A continuación en la Tabla 32 se muestra la cantidad de producto producido y el requerimiento de gerencia, la cantidad de sacos de semiproducto no cumple con la gerencia ya que su producción depende de la cantidad de sacos de harina. El nuevo valor deseado ha sido determinado por los deseos de gerencia, los mismos que van acorde con la determinación de aumento de la capacidad y la producción, establecidos en la Tabla 31.

Producto	Promedio	Half width	valor deseado	Cumple
Aplanchados	10788,8	564,56	11000	Si
Bizcocho sal	10291,1	496,18	10500	Si
empaque manual	33485,0	868,63	33000	Si
empaque maquina	118540,0	1.852,44	120000	Si
Melvas	7253,5	364,17	7500	Si
Orejas	12298,2	621,94	12500	Si
premezcla	57364,8	1.764,44	57500	Si
Rosquetas	12497,4	681,33	13000	Si
saco harina	34817,9	314,47	35000	Si
saco semiproducto	8933,2	80,98	8900	Si

Tabla 32: Comparación de nueva planta con especificación de gerencia

Fuente: Elaboración propia, resultado de simulación y especificación de gerencia.

A continuación en la Tabla 33 se muestra el aumento realizado en los diferentes recursos hasta obtener una utilización cercana al 80% en el modelo de la nueva planta, en la Figura 48 se

observa la utilización de los recursos. La columna “Cantidad de recursos anteriores” son referentes a los de la Tabla 25.

Recurso	Cantidad de recursos nueva planta	Cantidad de recursos anteriores
Balanza	1	1
Balanza premezcla	2	1
Batidora	2	1
Empacadora	2	1
Ensacadora harina	3	2
Ensacadora semiproductos	1	1
Refrigeradora (2 espacios)	1	1
Horno	3	3
Mesas Formado	3	2
Mesas Decorado	1	1
Mesas Empacado	3	2
Mesas Laminado	1	1
Molinos	27	9
Silos humectación	5	2

Tabla 33: Aumento de recursos según simulación

Fuente: Reporte de simulación segunda parte, elaboración propia

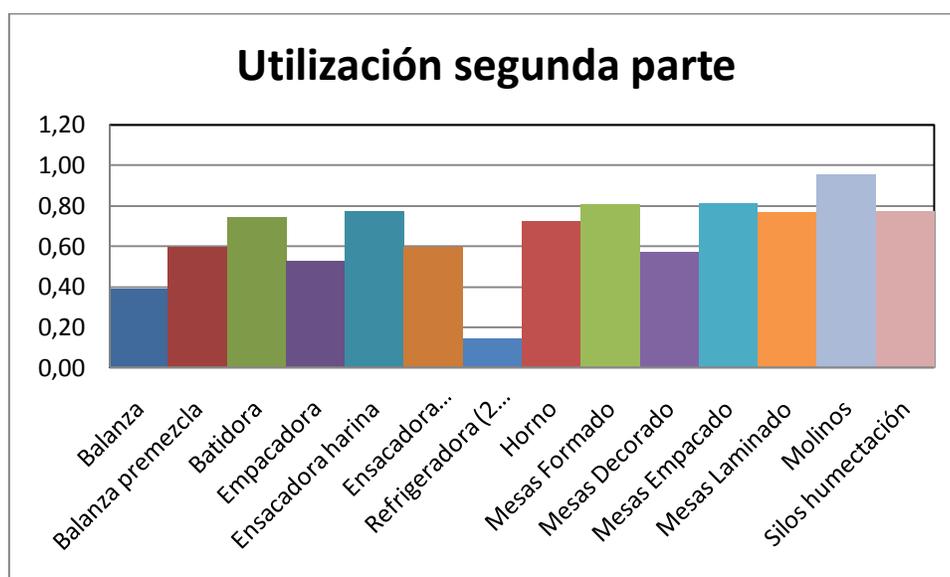


Figura 48: Utilización propuesta

Fuente: Elaboración propia, datos recopilados del reporte de Arena

Como se puede observar en la Figura 48 las utilizaciones son más uniformes y más cercanas a 80%, que las originales mostradas en la Figura 47. Existe aún un recurso sobreutilizado, los molinos, esto se debe a que la gerencia a especificado previamente la capacidad que deseaban. De todas maneras es importante recalcar que estos resultados son para el caso en mayor demanda, lo que significa que en otros meses con menos demanda su utilización será menor. Existen asimismo recursos subutilizados: balanza, y ensacadora de semiproductos; estos recursos tienen los valores mínimos posibles, 1 recurso, por lo que su utilización no se puede incrementar. Se utilizará la información del aumento de recursos para calcular el área de los nuevos departamentos. El reporte de la simulación de la nueva planta se lo puede encontrar en el Anexo 5.

4.5.1. Determinación de las dimensiones de los departamentos.

Se utilizará la Tabla 15: Medidas departamentos Industria Harinera que indica las áreas de los distintos departamentos como base. Se incrementará el área acorde con el aumento de recursos de la Tabla 33. A continuación en la Tabla 34 se muestra las nuevas áreas propuestas para los distintos departamentos y una descripción de cómo se obtuvo ese valor.

Departamento	Área propuesta en metros cuadrados	Descripción y lógica de aumento
Recepción	578	Ha aumentado el doble de silos y 2,5 veces los silos de humectación
Limpieza	630	Se ha triplicado en relación al aumento de capacidad de granel
Granel	555	Se ha triplicado en relación al aumento de capacidad de granel
Enzacado harina	75	Se ha multiplicado por 1,5 pues a incrementado una ensacadora de dos
Bodega harina	600	Se ha duplicado según el aumento de producción de granel
Enzacado semi-productos	50	Se mantiene pues no se ha incrementado su recurso
bodega semi-productos	318	Gerencia ha determinado que se requiere un 50% más de espacio en el actual. Se ha multiplicado por 4,5 por la determinación de gerencia y aumento en la capacidad de granel
Bodega materias primas	246	Se ha duplicado pues en general la producción de las áreas se ha duplicado
Harina Empacada	132	Se ha duplicado pues ahora se requieren 2 empacadoras
Bodega harina empacada	126	Se ha duplicado ya que la producción de harina empacada se ha duplicado
Premezclas	76	Se ha duplicado pues su recurso se ha duplicado
Almacén premezclas	81,6	Se ha multiplicado por 1,7 pues su producción ha aumentado en esa tasa
Bodega materias primas Delipan	49,5	Se ha multiplicado por 1,5; su producción ha aumentado en esa proporción
Delipan	228	Ha aumentado 9 metros por mesa de formado y 12 metros por mesa empacado
Bodega Delipan productos terminados	76,5	Se ha multiplicado por 1,5; su producción ha aumentado en esa proporción

Tabla 34: Nuevas dimensiones de los departamentos

Fuente: Elaboración propia

La anterior información ha sido validada por el gerente de producción de la planta, Francisco Sánchez y por la gerente de producción de Delipan, Silvia Guerrero. La gerente de producción de Delipan ha determinado que el área de empaque se debe expandir en 6 metros pues se desea ubicar el producto en esta área temporalmente, teniendo un área para Delipan en total de 234 metros cuadrados.

5. Diseño de plantas

Una vez que se tiene las dimensiones necesarias para cada uno de los departamentos y el flujo entre los mismos, se puede determinar el nuevo diseño de la planta. Primeramente, se analizará la conveniencia de juntar departamentos, para eliminar procesos que se repiten y reducir el número de actividades por ende de mano de obra. Una vez determinados los nuevos departamentos se realizará un algoritmo para determinar qué departamentos van en qué piso. Una vez determinado la ubicación de los departamentos en los pisos, se propondrán 3 distintos diseños y se evaluará la eficiencia de los mismos; de esta manera obtener el diseño más óptimo. Los 3 diseños propuestos han sido creados de la siguiente manera: el primer piso ha sido creado usando distintos algoritmos o heurísticas; los pisos 2 y 3 se han diseñado en base al primer piso. El primero y segundo diseño usan un algoritmo de programación entera, mientras que el tercer diseño usa la heurística CORELAP. Se comenzará con analizar la conveniencia de juntar departamentos.

5.1. Nueva disposición de departamentos.

Para poder realizar una verdadera disposición de plantas se ha optado la adición de un departamento llamado “exterior”; en éste se colocarán los camiones entrantes y salientes y así obtener un diseño de planta real.

Es importante recalcar que actualmente en la planta se tienen procesos que se repiten innecesariamente, debido a la duplicación de departamentos similares (almacén de premezcla, bodega Delipan, bodega empaque). La planta actual tiene 5 bodegas para

productos terminados y 3 para materia prima (considerando los silos). Para el correcto desempeño de la planta se analizará la conveniencia de juntar ciertas bodegas.

Actualmente por cuestiones logísticas y administrativas La Industria Harinera vende a Delipan toda su producción de premezclas y harina empacada. Es por esto que la unión de las bodegas de producto terminado: Delipan, almacén premezcla y bodega de empacado es posible. Estos productos son enviados en los mismos camiones a los mismos clientes. La razón por la que actualmente se tienen en distintos espacios es porque estos productos aparecieron después de estar en la empresa y no poseían un lugar adecuado. (Sánchez). El nuevo departamento se denominará “Bodega de productos terminados”.

Por otro lado, se tienen las bodegas de harina y la de semiproducto, estos productos son despachados en diferentes camiones a diferentes clientes en diferentes días; además el volumen de producción de ambos productos es bastante grande, por lo que la unión en una sola bodega, aumentaría la movilización y manejo de producto. No se contemplará la opción de unirlos en una bodega, ni tampoco unirla con la nueva bodega mencionada en el párrafo anterior, “bodega de productos terminados”.

Finalmente, se tienen dos bodegas de materias primas, en una se maneja las materias primas específicamente para el área de Delipan y en la otra para las otras áreas. Existen materiales exclusivos y no exclusivos para los distintos departamentos. La unión de estas bodegas no se puede realizar ya que el manejo y administración de los productos recae específicamente en cada uno de los departamentos. Es decir por cuestiones administrativas y

financieras no se pueden juntar pedidos de estas áreas. El juntar las bodegas podría presentar problemas a la hora de separar productos y dar prioridades a departamentos. (Sánchez). Por lo que se las tendrá por separado.

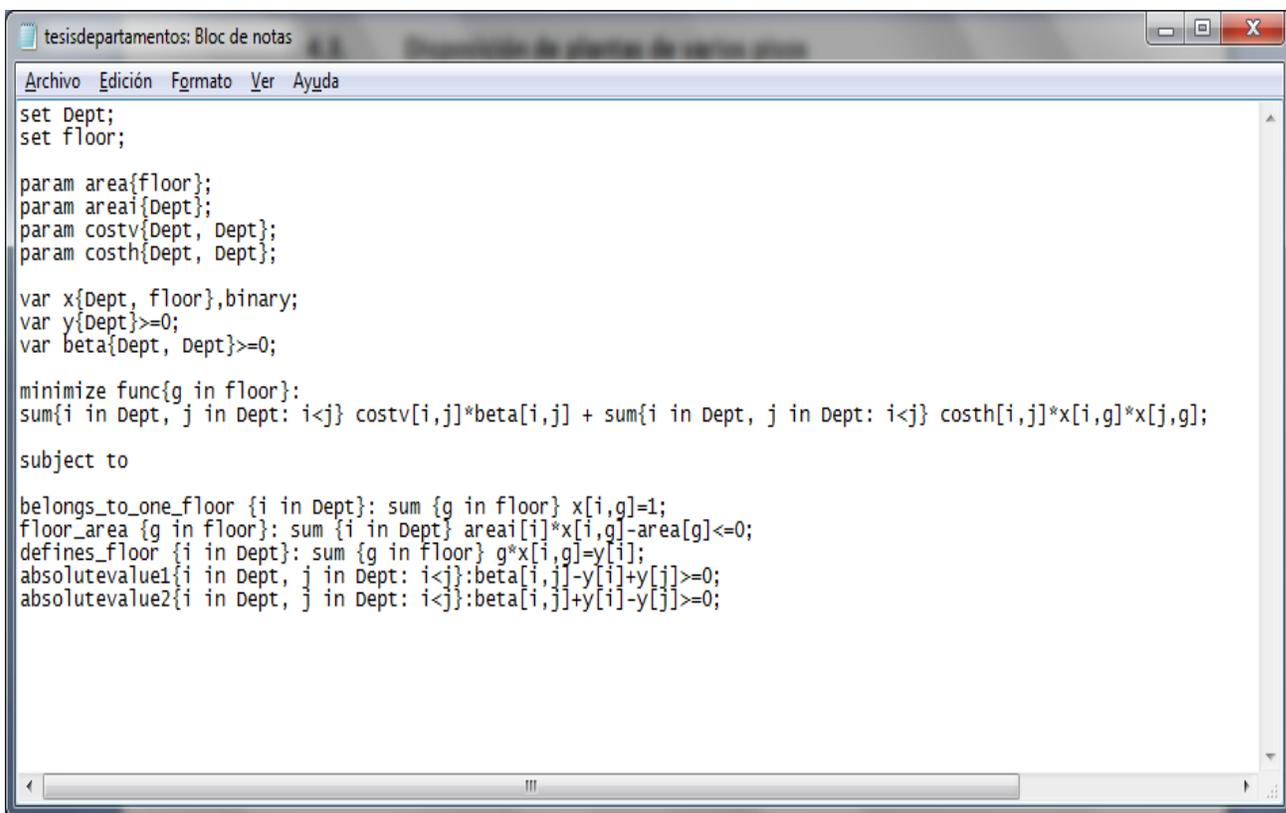
También se ha analizado la posibilidad de eliminar el proceso de ensacar harina cuando ésta se dirige al departamento de empaque. La manera más óptima sería que desde el granel se dirija directamente al área de empaque, de esta manera eliminar el proceso de ensaque y desensacado; no solamente se ahorra en el proceso y el gasto del saco, sino que también al eliminar este manejo de material, también se reduce el impacto en contaminación de la harina. Este procedimiento se lo puede realizar pues en la actualidad el ensacado que se realiza se lo hace ya que en un inicio de la planta el proceso de empaque no estaba previsto. La manera más óptima para el área de empaque es que la harina venga directamente del granel (Sánchez).

5.2. Disposición de plantas de varios pisos

Con la nueva disposición de departamentos se necesita encontrar cuales departamentos van en qué piso. Por definición una planta de procesamiento de trigo tiene varios pisos, marcados por la altura de los silos (Williams & Rosentrater, 2007). Se analizará los departamentos que deben ir en los diferentes pisos. A continuación se muestra el resultado de realizar el modelo matemático especificado en la sección 3.1.19: Disposición de plantas de varios pisos. El modelo se lo realizará en el software ampl, el mismo que utiliza entradas de notepad. A continuación en la Figura 49 se muestra el modelo ingresado para

ampl, el mismo que coincide exactamente con el explicado en el marco teórico en la sección disposición de planta en varios pisos en la página 41.

Se ha determinado que las áreas que entrarán en el modelo son las determinadas en la Tabla 35. No se necesitan analizar los otros departamentos, puesto que se sabe que recepción debe ir en el primer piso; se sabe que limpieza se ubica en los 3 pisos; y finalmente se sabe que los silos internos se ubican en el segundo y tercer piso.



```

tesisdepartamentos: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
set Dept;
set floor;

param area{floor};
param areai{Dept};
param costv{Dept, Dept};
param costh{Dept, Dept};

var x{Dept, floor},binary;
var y{Dept}>=0;
var beta{Dept, Dept}>=0;

minimize func{g in floor}:
sum{i in Dept, j in Dept: i<j} costv[i,j]*beta[i,j] + sum{i in Dept, j in Dept: i<j} costh[i,j]*x[i,g]*x[j,g];

subject to

belongs_to_one_floor {i in Dept}: sum {g in floor} x[i,g]=1;
floor_area {g in floor}: sum {i in Dept} areai[i]*x[i,g]-area[g]<=0;
defines_floor {i in Dept}: sum {g in floor} g*x[i,g]=y[i];
absolutevalue1{i in Dept, j in Dept: i<j}:beta[i,j]-y[i]+y[j]>=0;
absolutevalue2{i in Dept, j in Dept: i<j}:beta[i,j]+y[i]-y[j]>=0;

```

Figura 49: Modelo matemático para determinar los departamentos en los pisos

Fuente: Entrada para Software ampl. Elaboración propia

Número	Departamento
1	Granel
2	Ensayado harina
3	Bodega granel
4	Ensayado semi-productos
5	Bodega semi-productos
6	Bodega materias primas
7	Harina empacada
8	Bodega productos terminados
9	Premezcla
10	Materias primas Delipan
11	Delipan

Tabla 35: Departamentos para el modelo para determinar en qué piso se ubicarán.

Fuente: Elaboración propia

Se necesita ciertos parámetros para poder correr el modelo matemático de disposición de plantas en varios pisos, estos son: Área de los departamentos, área de los pisos y el costo de mover productos entre departamentos de forma horizontal y vertical. Se utilizarán como áreas las calculadas en la Tabla 34. Como sólo se tomará en cuenta los dos primeros pisos, se sumaron las áreas correspondientes a estos pisos, éstos son: limpieza piso 1 y 2, granel un piso, ensacado de harina, bodega de granel, ensacado de semiproductos, bodega de semiproductos, bodega de materias primas, harina empacada, bodegas de producto terminado, premezcla, materias primas de Delipan y Delipan. Una vez sumadas estas áreas, 2348 metros cuadrados, se ha dividido el valor para 2, ya que existen dos pisos y finalmente se ha aumentado un 20% a este valor para que se tenga un rango de confianza primero por la suma de los departamentos no siempre sumará el valor justo y segundo para dar flexibilidad al modelo matemático. El valor final de cada piso se ha establecido como 1400 metros cuadrados.

Finalmente se han establecido 3 tipos de costos para los flujos entre departamentos: 10, 50 y 100. Estos costos se obtuvieron al interpretar la entrevista con el gerente de producción, Francisco Sánchez; quién determinó los costos de forma cualitativa: bajo, mediano, alto. A continuación en la Figura 50 se muestra los parámetros para el modelo con la consideración anterior.

Al correr el modelo se ha obtenido la siguiente información que coincide con lo determinado por Williams & Rosentrater sobre la disposición de departamentos en plantas de procesamiento de harina. Se muestra en la Figura 51 el resultado de correr el modelo en ampl.

```

Archivo Edición Formato Ver Ayuda
set Dept:= 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11;
set floor:= 1 2;

param area :=
1 1400
2 1400;

param areai:=
1 285
2 75
3 600
4 50
5 320
6 250
7 130
8 285
9 75
10 50
11 228;

param costv: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11:=
1 0 10 0 10 0 0 0 0 0 0
2 10 0 100 0 0 50 0 0 0 0
3 0 100 0 0 0 0 0 10 10 0
4 10 0 0 0 100 50 0 0 0 0
5 0 0 0 100 0 0 0 0 0 0
6 0 50 0 50 0 0 50 0 100 0
7 10 0 0 0 0 50 0 100 0 0
8 0 0 0 0 0 0 100 0 100 100
9 0 0 10 0 0 100 0 100 0 0
10 0 0 10 0 0 0 0 100 0 100
11 0 0 0 0 0 0 0 100 0 100;

param costh: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11:=
1 0 10 0 10 0 0 100 0 0 0
2 10 0 10 0 0 10 0 0 0 0
3 0 10 0 0 0 0 0 100 100 0
4 10 0 0 0 10 10 0 0 0 0
5 0 0 0 10 0 0 0 0 0 0
6 0 10 0 10 0 0 10 0 10 0
7 100 0 0 0 0 10 0 10 0 0
8 0 0 0 0 0 0 10 0 10 0
9 0 0 100 0 0 10 0 10 0 0
10 0 0 100 0 0 0 0 0 0 10
11 0 0 0 0 0 0 0 10 0 10 0;

```

Figura 50: Parámetros para determinar la asignación de departamentos a los pisos

Fuente: Valores parametrizados según conversación con gerente de producción.

```

File Edit Help
ampl: option solver cplex;
ampl: model tesisdepartamentos.mod;
ampl: data tesisdepartamentos.dat;
ampl: solve;
CPLEX 11.2.0: QP Presolve eliminated 134 rows and 88 columns.
All rows and columns eliminated.
optimal integer solution; objective 110
93 MIP simplex iterations
7 branch-and-bound nodes
1 Gomory cut
Objective = func[1]
ampl: display x;
x [*,*]
:=
: 1 2
1 1 0
2 1 0
3 1 0
4 0 1
5 0 1
6 0 1
7 0 1
8 0 1
9 0 1
10 0 1
11 0 1
;
ampl:

```

Figura 51: Solución a modelo para asignación de departamentos y pisos

Fuente: Pantalla de ampl. Elaboración propia

El modelo no ha considerado el exterior por lo que en realidad el piso 1 es el número 2 y viceversa. La asignación de departamentos y pisos se tiene en la Tabla 36, mostrada a continuación.

Número	Departamento	Piso
1	Granel	2
2	Ensayado harina	2
3	Bodega granel	2
4	Ensayado semi-productos	1
5	Bodega semi-productos	1
6	Bodega materias primas	1
7	Harina empacada	1
8	Bodega productos terminados	1
9	Premezcla	1
10	Materias primas Delipan	1
11	Delipan	1

Tabla 36: Asignación de departamentos y pisos

Fuente: Elaboración propia

En realidad el área superior es bastante sencilla de diseñar, pues depende de la inferior. La dificultad recae en el diseño de la planta inferior. Se realizan diferentes acercamientos para resolver este problema.

5.3. Primera opción de diseño: Programación Entera Mixta, PEM

Según se apreció en la sección 3.1.19 se utilizará este método para encontrar el diseño de la planta. Se ha modificado ligeramente el modelo para cumplir con ciertos requerimientos:

Primeramente se ha determinado que el ancho no puede ser más de 2.5 veces más grande que el largo y viceversa. Esto es para evitar que los departamentos sean muy angostos. Partiendo del anterior requerimiento, esto puede provocar que el área de los departamentos sea inferior a la estimada. Para ello se ha delimitado el perímetro para que esté en un rango que determine el área actual, se ha realizado el siguiente análisis.

Perímetro en caso de área cuadrada

$$P = 4l \tag{4.4.32}$$

Perímetro en otro caso.

$$P' = 2x + 2y \tag{4.4.33}$$

Se sabe que un lado máximo puede ser 2.5 veces el otro lado en el caso del área mínima. En este caso el perímetro es

$$P' = 2 * 2.5y + 2y$$

$$P' = 7y$$

El área de este rectángulo sería

$$A' = x * y \tag{4.4.34}$$

$$A' = 2.5y^2 \tag{4.4.36}$$

$$y = \sqrt{\frac{A}{2.5}} \tag{4.4.35}$$

De este resultado se obtiene el perímetro

$$P' = 7y \tag{4.4.37}$$

$$P' = 7 \sqrt{\frac{A}{2.5}} \tag{4.4.38}$$

Finalmente se tiene que el perímetro debe ser alrededor de $4.43\sqrt{A}$. Partiendo de la respuesta aproximada para el perímetro se ha decidido poner como rangos al perímetro entre $4.4\sqrt{A}$ y $4.6\sqrt{A}$ se ha puesto una penalización a las distancias en una sola dirección, ya que el modelo tiende a ubicar todos los departamentos en un solo eje. La penalización se ha establecido como las distancias rectilíneas al cuadrado, para que se trate de ubicar las plantas en ambos ejes y no sólo en uno.

Se ha determinado en el en el algoritmo de disposición de plantas en varios pisos los departamentos que deben ir en el primer piso mencionados en la Tabla 36. Además los siguientes departamentos se tomarán en consideración puesto que su obligación en el

primer piso es obligatoria: recepción y limpieza. A continuación se muestra en la Tabla 37 los departamentos que se ubicarán en el primer piso.

Departamentos en el primer piso
Recepción
Limpieza
Ensayado semi-productos
Bodega semi-productos
Bodega materias primas
Harina empacada
Bodega productos terminados
Premezcla
Materias primas Delipan
Delipan

Tabla 37: Departamentos que se ubicarán en la planta baja

Fuente Elaboración propia

Por restricciones en el tamaño del modelo, sólo se lo puede correr con 6 departamentos, de poner 7 departamentos el modelo matemático genera más de 300 restricciones, lo cual no se puede manejar con el programa. Se ha decidido que por obvias razones Delipan y materias primas Delipan deben ir juntos por lo que se les considerará como un solo departamento. La misma situación ocurre con Ensayado de semiproductos y bodega de semiproductos. Finalmente por el momento no se considerará recepción y limpieza, porque estas áreas se ubicarán específicamente en una ala del edificio y no tienen interacción directa con las otras áreas.

El modelo matemático se lo correrá en el software ampl. A continuación se muestra la designación para cada departamento que será utilizado en el modelo matemático. A su vez se muestra el área necesaria basada en la Tabla 34.

Número de departamento	Departamentos en el primer piso	Área en metros cuadrados
1	Ensacado y bodega semi-productos	370
2	Bodega materias primas	250
3	Harina empacada	132
4	Bodega productos terminados	285
5	Premezcla	100
6	Materias primas Delipan y Delipan	280

Tabla 38: número de departamento utilizado en modelo

Fuente: Elaboración propia

Con la anterior determinación se puede realizar el modelo para determinar la disposición de los departamentos en la planta baja. A continuación en la Figura 52 se muestra el modelo de programación entera para determinar la disposición de los departamentos en el primer piso. El modelo ingresado en ampl es el siguiente:

i departamentos establecidos en la tabla 38.

a_i son las áreas de cada departamento *i*

$upper_i$ es el límite superior del perímetro de cada departamento *i*

$lower_i$ es el límite inferior del perímetro de cada departamento *i*

v_{ij} es el flujo desde el departamento *i* hacia el departamento *j*

B_x es el ancho límite de toda la planta

B_y es el largo límite de toda la planta

las variables que se utilizarán son las siguientes;

x_i es la coordenada en el eje de las *x* del departamento *i*

y_i es la coordenada en el eje de las *y* del departamento *i*

l_i es el largo del departamento *i*

w_i es el ancho del departamento *i*

Z_{ij}^x es la ubicación del departamento *i* con respecto al departamento *j* con respecto al eje *x*

Z_{ij}^y es la ubicación del departamento *i* con respecto al departamento *j* con respecto al eje *y*

α_{ij} valor absoluto de la distancia en el eje *x* entre departamentos *i* y *j*

β_{ij} valor absoluto de la distancia en el eje y entre departamentos i y j

$$upper_i = 4.6\sqrt{a_i}$$

$$lower_i = 4.4\sqrt{a_i}$$

El modelo se describe a continuación

$$\min f = \sum_i \sum_j v_{ij}(\alpha_{ij}^2 + \beta_{ij}^2)$$

Función objetivo con penalización para

ubicación en una sola dirección

sujeto a:

$$5 \leq l_i \leq 30, \forall i$$

largo mínimo y máximo

$$5 \leq w_i \leq 30, \forall i$$

Ancho mínimo y máximo

$$2l_i + 2w_i - superior \leq 0 \forall i$$

límite máximo para el perímetro

$$2l_i + 2w_i - inferior \geq 0 \forall i$$

límite mínimo para el perímetro

$$x_i - B_x + l_i \leq 0 \forall i$$

límite en el largo de la planta

$$y_i - B_y + w_i \leq 0 \forall i$$

límite en el ancho de la planta

$$x_i + l_i - x_j - M(1 - z_{ij}^x) \leq 0 \forall i y j; i \neq j$$

no sobreponer por la derecha

$$x_j + l_j - x_i - M(1 - z_{ji}^x) \leq 0 \forall i y j; i \neq j$$

no sobreponer por la izquierda

$$y_i + l_i - y_j - M(1 - z_{ij}^y) \leq 0 \forall i y j; i \neq j$$

no sobreponer por arriba

$$y_j + l_j - y_i - M(1 - z_{ji}^y) \leq 0 \forall i y j; i \neq j$$

no sobreponer por abajo

$$Z_{ij}^x + Z_{ji}^x + Z_{ij}^y + Z_{ji}^y \geq 1 \forall i y j; i < j$$

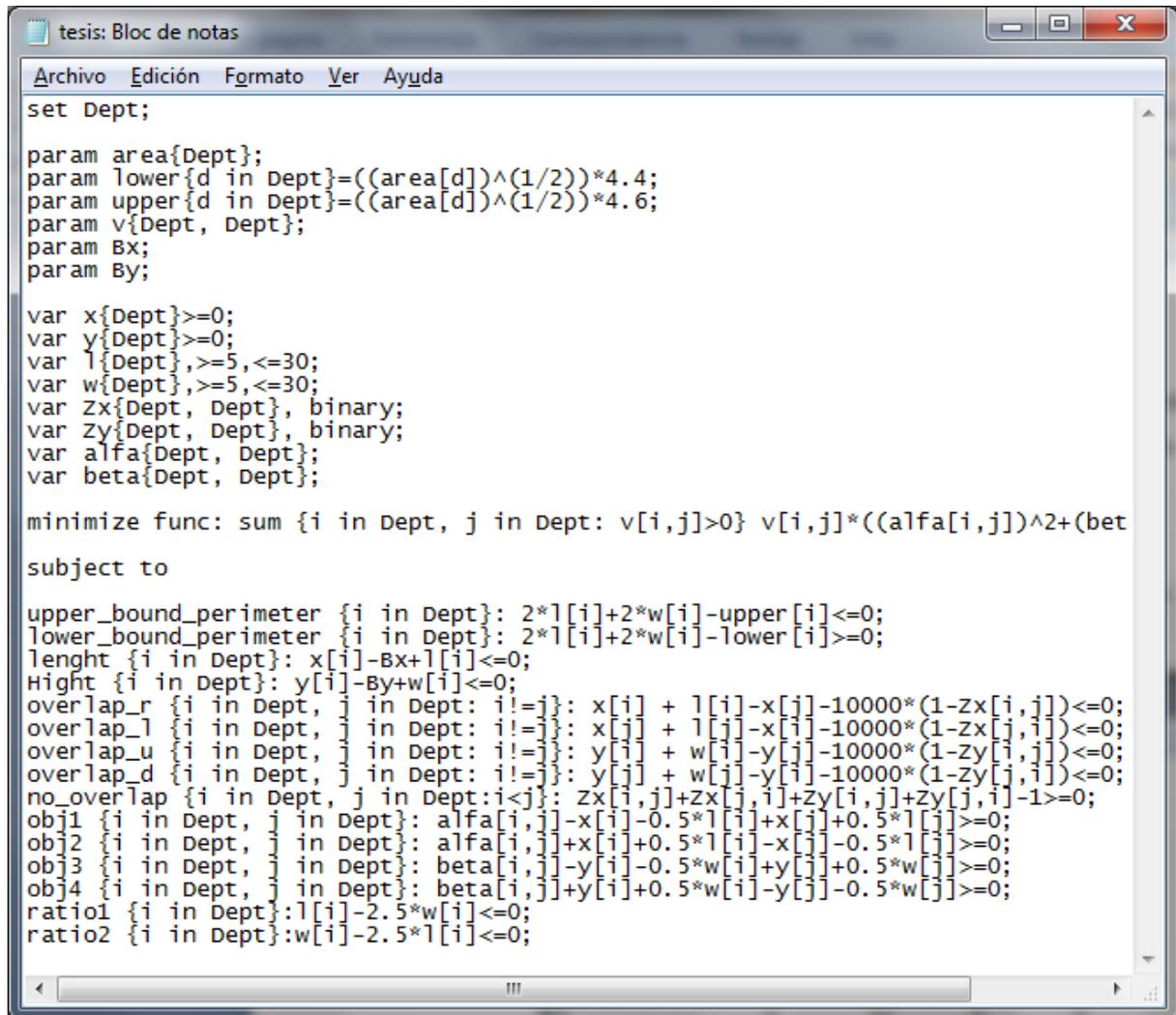
ubicación del departamento obligatoria

$$\alpha_{ij} - x_i - 0.5 * l_i + x_j + 0.5 * l_j \geq 0 \forall i y j$$

valor absoluto eje x 1

$\alpha_{ij} + x_i + 0.5 * l_i - x_j - 0.5 * l_j \geq 0 \quad \forall i y j$	valor absoluto eje x 2
$\beta_{ij} - y_i - 0.5 * w_i + y_j + 0.5 * w_j \geq 0 \quad \forall i y j$	valor absoluto eje y 1
$\beta_{ij} + y_i + 0.5 * w_i - y_j - 0.5 * w_j \geq 0 \quad \forall i y j$	valor absoluto eje y 2
$l_i - 2.5 * w_i \leq 0 \quad \forall i$	razón de largo y ancho menor a 2.5
$w_i - 2.5 * l_i \leq 0 \quad \forall i$	razón de ancho y largo menor a 2.5

Este modelo será el input para ampl. Ampl acepta archivos de texto, en la Figura 52 se muestra el modelo usado en ampl, el mismo que concuerda exactamente con el descrito anteriormente



```

tesis: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
set Dept;

param area{Dept};
param lower{d in Dept}={{area[d]}^(1/2)}*4.4;
param upper{d in Dept}={{area[d]}^(1/2)}*4.6;
param v{Dept, Dept};
param Bx;
param By;

var x{Dept}>=0;
var y{Dept}>=0;
var l{Dept},>=5,<=30;
var w{Dept},>=5,<=30;
var Zx{Dept, Dept}, binary;
var Zy{Dept, Dept}, binary;
var alfa{Dept, Dept};
var beta{Dept, Dept};

minimize func: sum {i in Dept, j in Dept: v[i,j]>0} v[i,j]*((alfa[i,j])^2+(bet
subject to

upper_bound_perimeter {i in Dept}: 2*l[i]+2*w[i]-upper[i]<=0;
lower_bound_perimeter {i in Dept}: 2*l[i]+2*w[i]-lower[i]>=0;
length {i in Dept}: x[i]-Bx+l[i]<=0;
Height {i in Dept}: y[i]-By+w[i]<=0;
overlap_r {i in Dept, j in Dept: i!=j}: x[i] + l[i]-x[j]-10000*(1-Zx[i,j])<=0;
overlap_l {i in Dept, j in Dept: i!=j}: x[j] + l[j]-x[i]-10000*(1-Zx[j,i])<=0;
overlap_u {i in Dept, j in Dept: i!=j}: y[i] + w[i]-y[j]-10000*(1-Zy[i,j])<=0;
overlap_d {i in Dept, j in Dept: i!=j}: y[j] + w[j]-y[i]-10000*(1-Zy[j,i])<=0;
no_overlap {i in Dept, j in Dept: i<j}: Zx[i,j]+Zx[j,i]+Zy[i,j]+Zy[j,i]-1>=0;
obj1 {i in Dept, j in Dept}: alfa[i,j]-x[i]-0.5*l[i]+x[j]+0.5*l[j]>=0;
obj2 {i in Dept, j in Dept}: alfa[i,j]+x[i]+0.5*l[i]-x[j]-0.5*l[j]>=0;
obj3 {i in Dept, j in Dept}: beta[i,j]-y[i]-0.5*w[i]+y[j]+0.5*w[j]>=0;
obj4 {i in Dept, j in Dept}: beta[i,j]+y[i]+0.5*w[i]-y[j]-0.5*w[j]>=0;
ratio1 {i in Dept}: l[i]-2.5*w[i]<=0;
ratio2 {i in Dept}: w[i]-2.5*l[i]<=0;

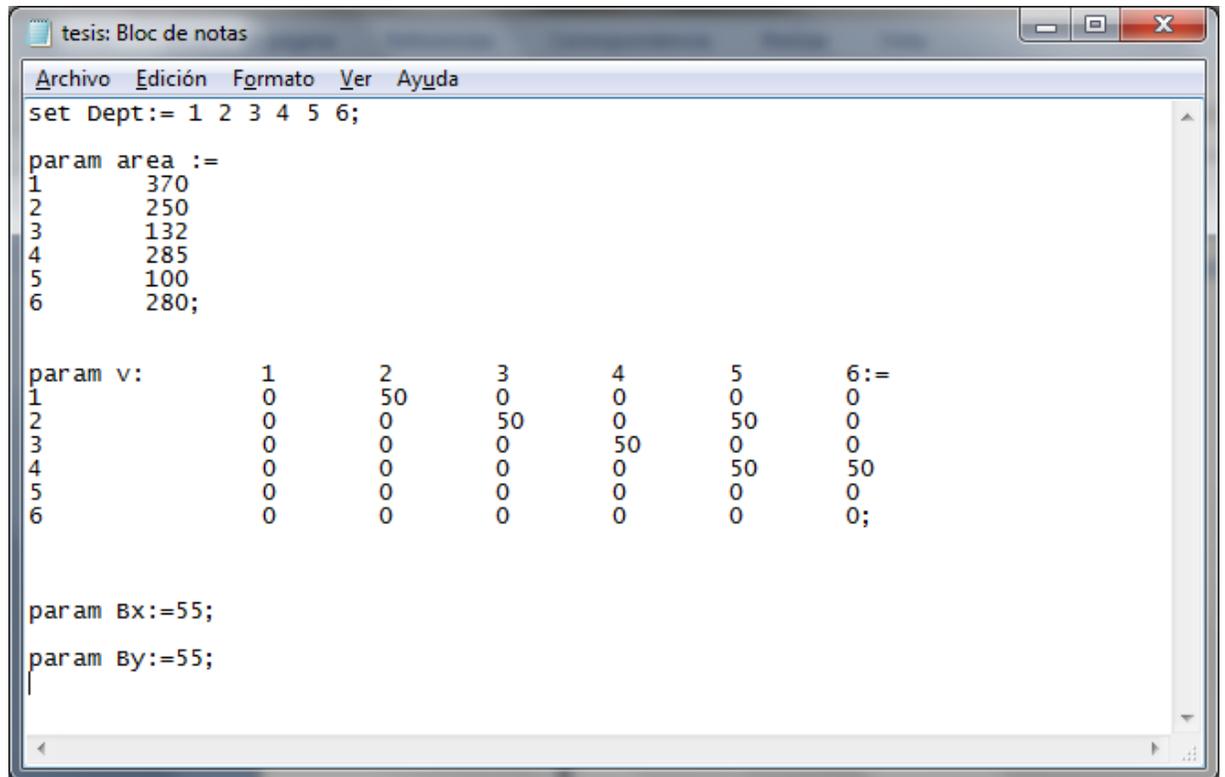
```

Figura 52: Modelo matemático para encontrar diseño del primer piso

Fuente: Elaboración propia

Para el modelo se necesitan los parámetros: áreas de los departamentos, flujos entre departamentos y restricciones de longitudes y anchuras. Se muestran en la Figura 53 los parámetros del modelo. Los flujos de los departamentos se representan con la letra V, solo existe relaciones tipo A entre estos departamentos según la Tabla 17: Tabla de relaciones del

flujo de trabajo en toneladas, por lo que solo se pondrá un valor, el modelo dará el mismo resultado de la disposición de departamentos independientemente del valor del flujo V.



```

tesis: Bloc de notas
Archivo  Edición  Formato  Ver  Ayuda
set Dept := 1 2 3 4 5 6;

param area :=
1      370
2      250
3      132
4      285
5      100
6      280;

param v:
      1      2      3      4      5      6:=
1      0      50      0      0      0      0
2      0      0      50      0      50      0
3      0      0      0      50      0      0
4      0      0      0      0      50      50
5      0      0      0      0      0      0
6      0      0      0      0      0      0;

param Bx:=55;
param By:=55;

```

Figura 53: Parámetros para el modelo matemático del primer piso

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el modelo y los parámetros del mismo. Se correrá el modelo para obtener una solución óptima. A continuación se muestra la pantalla de ampl con la solución del mismo.

```

facilities: running ampl
File Edit Help
ampl: exit;
sw: ampl
ampl: option solver cplex;
ampl: model tesis.mod;
ampl: data tesis.dat;
ampl: solve;
CPLEX 11.2.0: QP Presolve eliminated 216 rows and 108 columns.
Reduced QP has 73 rows, 36 columns, and 233 nonzeros.
Reduced QP objective Q matrix has 12 nonzeros.
optimal integer solution; objective 40559.84583
79990 MIP simplex iterations
10784 branch-and-bound nodes
42 flow-cover cuts
61 implied-bound cuts
ampl: display x;
x [*] :=
1 2.23532
2 4.81209
3 0
4 3.97094
5 18.0543
6 4.08781
;
ampl: display y;
y [*] :=
1 42.6822
2 32.7436
3 25.5218
4 14.9103
5 25.5218
6 4.39231
;
ampl: display l;
l [*] :=
1 30
2 24.8465
3 18.0543
4 26.5288
5 14.7783
6 26.295
;
ampl: display w;
w [*] :=
1 12.3178
2 9.93859
3 7.22174
4 10.6115
5 7.22174
6 10.518
;
ampl:

```

Figura 54: Pantalla del programa ampl para determinar el diseño del primer piso

Fuente: Pantalla de ampl, elaboración propia

Las variables X y Y determinan los orígenes de los departamentos, mientras que l y w determinan el largo y el ancho de los departamentos, respectivamente. Se graficará la

respuesta anterior para poder visualizar la planta. A continuación Figura 55 se muestra el diseño de plantas obtenido por el modelo.

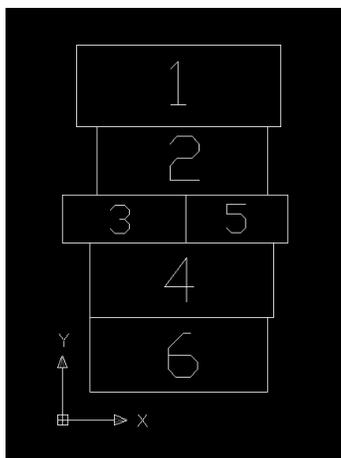


Figura 55: Disposición de los 6 departamentos con el modelo matemático

Fuente: Modelo matemático realizado en ampl. Elaboración propia.

Como se puede observar, el resultado del modelo ha ubicado el departamento número 2: bodega de materias primas cerca de los departamentos 1, 3 y 5; ensacado y bodega de semiproductos, harina empacada y premezcla respectivamente. Asimismo ha ubicado el departamento 4: bodega de productos terminados, cerca de los departamentos 3, 5 y 6: harina empacada, premezcla y materias primas Delipan y Delipan. Estas especificaciones necesarias según los valores de la Figura 53.

A continuación se muestra en la Tabla 39 el área de los departamentos y el área determinada previamente en la simulación. Como se puede observar no existe mayor diferencia. El área determinada es sacada de la Tabla 38.

Departamento	Ancho	Largo	Área	Área determinada
1	30	12	360,00	370,00
2	25	10	250,00	250,00
3	18	7	126,00	132,00
4	27	11	297,00	285,00
5	15	7	105,00	100,00
6	26	11	286,00	280,00

Tabla 39: Área encontrada del modelo y área deseada

Fuente: Elaboración propia, información obtenida de modelo de programación entera.

La Figura 55 será la base para diseñar la primera opción de planta. Se modificará ligeramente los centroides de los departamentos y sus largos y anchos para que se forme un rectángulo. Los departamentos que han sido unidos en la página 128 serán separados, adicionalmente se considerará el departamento de limpieza. Se muestra en la Figura 56 la primera propuesta de diseño. El segundo piso ha sido diseñado teniendo en cuenta lo siguiente. El ensacado de harina se ha ubicado exactamente sobre el ensacado de semiproductos; la limpieza del segundo y tercer piso tiene la misma dimensión y posición que la limpieza del primer piso; se ha ubicado silos internos para el mejor manejo de la harina. Se ha utilizado todo el área disponible del primer piso. Existe un espacio sobrante en el tercer piso, por el momento este espacio no tiene ningún objetivo específico, pero el mismo puede ser usado si se desea incrementar los silos internos, el granel o alguna nueva área.

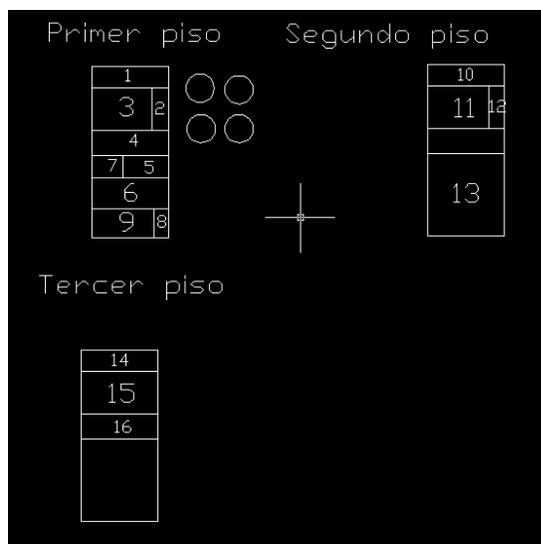


Figura 56: Primera propuesta de diseño

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra en la Tabla 40, la nomenclatura de los departamentos, que será usada en todos los diseños propuestos.

#	Departamento
1	Limpieza
2	Ensacado semi-productos
3	bodega semi-productos
4	Bodega materias primas
5	Harina Empacada
6	bodega productos terminados
7	Premezclas
8	Bodega materias primas Delipan
9	Delipan
10	Limpieza segundo piso
11	Granel
12	Ensacado harina
13	Bodega Harina
14	Limpieza tercer piso
15	Granel dos
16	silos internos

Tabla 40: Nomenclatura de los departamentos

Fuente: Elaboración propia

5.4. Segunda opción de diseño. PEM

Se aplicará el mismo modelo que la sección anterior, pero cambiando la restricción de la razón entre el ancho y el largo a 2. Como se ha cambiado la razón entre el largo y el ancho, también se ha cambiado el rango permitido para el perímetro de los departamentos, nuevamente se ha realizado el procedimiento desde la ecuación (4.4.33) hasta la ecuación (4.4.38), pero utilizando la razón de 2. Se ha obtenido un resultado de 4.2 para la restricción de los departamentos. Se ha utilizado el mismo modelo propuesto pero el límite inferior para el perímetro de las departamentos será $4.2 * \sqrt{Área}$, mientras que el límite superior de las áreas será $5 * \sqrt{Área}$. A continuación en la Figura 57 se muestra el modelo de programación entera con las nuevas restricciones.

Utilizando el modelo de la Figura 57 y los datos de entrada de la Figura 53 se generará una nueva solución. En la Figura 58 se muestra la solución obtenida en ampl.

```

Archivo Edición Formato Ver Ayuda
set Dept;

param area{Dept};
param lower{d in Dept}:=((area[d])^(1/2))*4.2;
param upper{d in Dept}:=((area[d])^(1/2))*5;
param v{Dept, Dept};
param Bx;
param By;

var x{Dept}>=0;
var y{Dept}>=0;
var l{Dept},>=5,<=25;
var w{Dept},>=5,<=25;
var Zx{Dept, Dept}, binary;
var Zy{Dept, Dept}, binary;
var alfa{Dept, Dept};
var beta{Dept, Dept};

minimize func: sum {i in Dept, j in Dept: v[i,j]>0} v[i,j]*((alfa[i,j])^2+(beta[i,j])^2);

subject to

upper_bound_perimeter {i in Dept}: 2*l[i]+2*w[i]-upper[i]<=0;
lower_bound_perimeter {i in Dept}: 2*l[i]+2*w[i]-lower[i]>=0;
length {i in Dept}: x[i]-Bx+l[i]<=0;
right {i in Dept}: y[i]-By+w[i]<=0;
overlap_r {i in Dept, j in Dept: i!=j}: x[i] + l[i]-x[j]-10000*(1-Zx[i,j])<=0;
overlap_l {i in Dept, j in Dept: i!=j}: x[j] + l[j]-x[i]-10000*(1-Zx[j,i])<=0;
overlap_u {i in Dept, j in Dept: i!=j}: y[j] + w[j]-y[i]-10000*(1-Zy[i,j])<=0;
overlap_d {i in Dept, j in Dept: i!=j}: y[i] + w[i]-y[j]-10000*(1-Zy[j,i])<=0;
no_overlap {i in Dept, j in Dept: i<j}: Zx[i,j]+Zx[j,i]+Zy[i,j]+Zy[j,i]-1>=0;
obj1 {i in Dept, j in Dept}: alfa[i,j]-x[i]-0.5*l[i]+x[j]+0.5*l[j]>=0;
obj2 {i in Dept, j in Dept}: alfa[i,j]+x[i]+0.5*l[i]-x[j]-0.5*l[j]>=0;
obj3 {i in Dept, j in Dept}: beta[i,j]-y[i]-0.5*w[i]+y[j]+0.5*w[j]>=0;
obj4 {i in Dept, j in Dept}: beta[i,j]+y[i]+0.5*w[i]-y[j]-0.5*w[j]>=0;
ratio1 {i in Dept}: l[i]-2*w[i]<=0;
ratio2 {i in Dept}: w[i]-2*l[i]<=0;

```

Figura 57: Modelo matemático relajando restricción de la razón entre ancho y largo

Fuente: Elaboración propia

```

ampl: display x;
x [*] :=
1 24.328
2 10.328
3 2.28557
4 0
5 10.328
6 0.10412
;

ampl: display y;
y [*] :=
1 30
2 32.898
3 25.898
4 14.0807
5 25.898
6 2.36744
;

ampl: display l;
l [*] :=
1 15.3943
2 14
3 8.04239
4 23.6347
5 14
6 23.4265
;

ampl: display w;
w [*] :=
1 25
2 19.2039
3 16.0848
4 11.8174
5 7
6 11.7132
;

```

Figura 58: Modelo matemático con restricción de razón de ancho y largo de 2

Fuente: Pantalla de ampl, elaboración propia.

Asimismo se comprobará el área de estos departamentos y se comparará con la establecida por la simulación. A continuación en la Tabla 41 se muestra las áreas obtenidas por el modelo y las áreas determinadas son de la última columna de la Tabla 38

Departamento	Ancho	Largo	Área	Área determinada previamente
1	15	25	375	370
2	14	19	266	250
3	8	16	128	132
4	24	12	288	285
5	14	7	98	100
6	23	12	276	280

Tabla 41: Comparación de áreas del modelo matemático y de la simulación

Fuente: Modelo matemático y simulación. Elaboración propia

Como se puede observar las áreas obtenidas no varían significativamente con las determinadas en la Tabla 38 . A continuación en la Figura 59 se gráfica lo obtenido del modelo matemático en la Figura 58. Asimismo como en el anterior modelo matemático x y y determinan las coordenadas del eje izquierdo inferior de los departamentos, mientras que l y w determinan el largo y el ancho de cada departamento respectivamente.

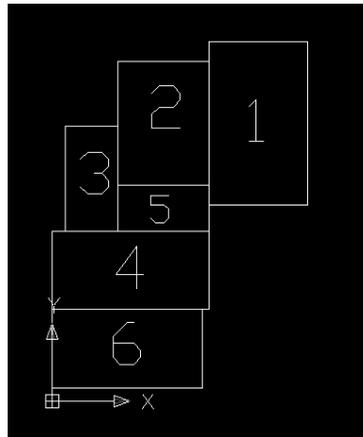


Figura 59: Diseño de planta según modelo de programación entera con relajación en restricción

Fuente: resultado de ampl. Elaboración propia

Se mostrará el diseño de planta basado en esta respuesta. Se han dividido los departamentos que antes del modelo matemático fueron unidos: Delipan con bodegas primas Delipan; ensacado de semiproductos con bodega de semiproductos. Se han agregado al primer piso el área de limpieza. Se ha diseñado el segundo piso teniendo en cuenta lo siguiente: El ensacado de harina se ha ubicado exactamente sobre el ensacado de semiproductos; la limpieza del segundo y tercer piso tiene la misma dimensión y posición que la limpieza del primer piso; se ha ubicado silos internos para el mejor manejo de la harina. Se ha utilizado toda el área disponible del primer piso. A continuación en la Figura 60 se muestra el diseño propuesto.

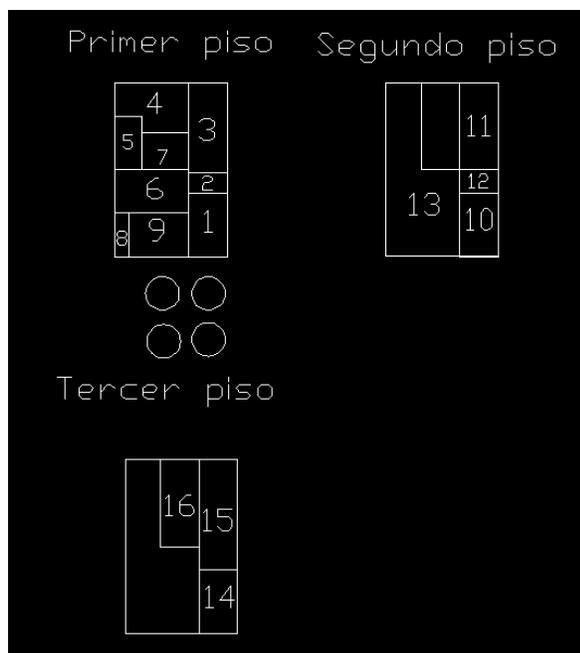


Figura 60: Segunda propuesta de diseño

Fuente: Elaboración propia

La nomenclatura del diseño se encuentra en la Tabla 40, es la misma nomenclatura en los 3 diseños propuestos.

5.5. Tercera opción de diseño. CORELAP

Se realizará el algoritmo CORELAP suponiendo que las áreas se pueden dividir en unidades específicas. Para esto se utiliza como unidad 50 metros cuadrados (área del departamento más pequeño). A continuación se muestra una aproximación en unidades de 50 metros cuadrados.

Departamento	Área Requerida	Unidades de 50 metros
Limpieza primer piso	210	4
Ensayado semi-productos	50	1
Bodega semi-productos	320	6
Bodega materias primas	250	5
Harina empacada	130	3
Bodega productos terminados	285	6
Premezcla	75	2
Materias primas Delipan	50	1
Delipan	228	5

Tabla 42: Determinación de áreas en unidades de 50 metros cuadrados

Fuente: Elaboración propia

Se utilizará la tabla de relaciones como fuente para poder realizar el algoritmo. A continuación en la Tabla 43 se muestra la tabla de relaciones para los mencionados departamentos, la tabla de relaciones original se encuentra en la página 78.

	1	2	3	7	8	9	10	11	12	13	14		
	Exterior	Recepción	Limpieza	Ensayado semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina empacada	Bodega productos terminados	Premezcla	materias primas delipan	delipan	Suma de relaciones	
1	Exterior	-	1000	0	0	1000	1000	0	1000	0	1000	0	5000
2	Limpieza	0	1000	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
3	Ensayado semi-productos	0	0	0	-	1000	1000	0	0	0	0	0	2000
4	Bodega semi-productos	1000	0	0	1000	-	0	0	0	0	0	0	2000
5	Bodega materias primas	1000	0	0	1000	0	-	1000	0	1000	0	0	4000
6	Harina empacada	0	0	0	0	0	1000	-	1000	0	0	0	2000
7	Bodega productos terminados	1000	0	0	0	0	0	1000	-	1000	0	1000	4000
8	Premezcla	0	0	0	0	0	1000	0	1000	-	0	0	2000
9	Materias primas Delipan	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1000	2000
10	Delipan	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	1000	-	2000

Tabla 43: Tabla de relaciones de departamentos piso inferior

Fuente: Elaboración propia

Se han utilizado las siguientes reglas, en ese orden, para desempatar: Mayor suma de relaciones, mayor área, y existencia de relación con exterior. Se muestra el resumen del algoritmo en la Tabla 44. En la Tabla 44 se muestra el resumen del procedimiento de la heurística CORELAP detallada en la sección 3.1.19.

iteración	Candidatos con relación con anteriores	Regla de desempate	Departamento Seleccionado
1	5 y 7	Departamento más grande	7
2	6, 8 y 10	Departamento más grande	10
3	6, 8 y 9	Departamento más grande	6
4	5,8,9	Departamento son mayor suma de relaciones	5
5	8	N/A	8
6	3 y 9	Relación con exterior	9
7	3	N/A	3
8	4	N/A	4
9	2	N/A	2

Tabla 44: resumen de CORELAP

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se ha corrido el algoritmo se obtiene el orden en el cual los departamentos se deben ubicar. El primero de los departamentos se ubicará en el centro, posteriormente los otros departamentos se irán añadiendo al diseño de la planta y se irán juntando con los departamentos con los que tienen relación. Se muestra el resultado en la Figura 61. Se puede observar que existe un espacio en blanco, éste puede ser llenado por

oficinas, baños, entre otros. La nomenclatura del proceso CORELAP se encuentra en la Tabla 43.

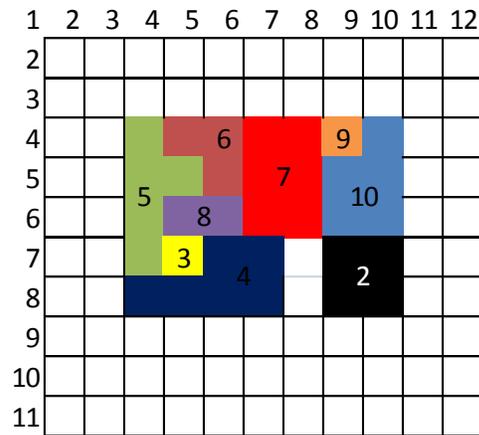


Figura 61: Resultado de algoritmo CORELAP

Fuente: Elaboración propia

En base a la anterior respuesta se ha diseñado la planta contemplando los 3 pisos. Se ha diseñado el segundo piso teniendo en cuenta lo siguiente: El ensacado de harina se ha ubicado exactamente sobre el ensacado de semiproductos; la limpieza del segundo y tercer piso tiene la misma dimensión y posición que la limpieza del primer piso; se ha ubicado silos internos para el mejor manejo de la harina. Se ha utilizado toda el área disponible del primer piso. La nomenclatura del diseño se muestra en la Tabla 40. Posteriormente se compararán los 3 diseños propuestos, la elección es en base al objetivo de distancias de los mismos. Una vez elegido uno de los diseños se analizarán cuestiones de seguridad y de contacto con el exterior.

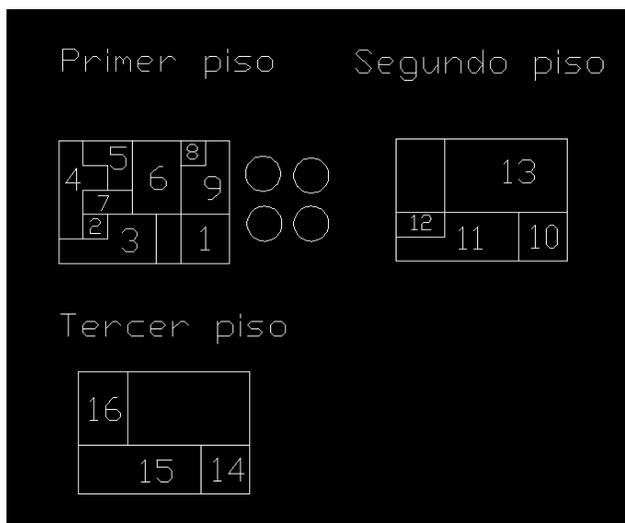


Figura 62: Tercer propuesta de diseño

Fuente: Elaboración propia

5.6. Elección del mejor diseño.

Se analizará la eficiencia de las 3 propuestas de diseño. Se realizará primero una comparación de las áreas de los departamentos, con las áreas necesitadas. Seguidamente se realizará un análisis del objetivo de distancias, distancia por flujo dividido el área total, como se mostró en la sección 3.1.20. A continuación se muestra en la Tabla 45 la comparación de las áreas.

#	Departamento	Área requerida	Modelo 1	Porcentaje de desviación	Modelo 2	Porcentaje de desviación	Modelo 3	Porcentaje de desviación
1	Limpieza	210	202	4%	218,5	-4%	196	7%
2	Ensacado semi-productos	50	82,5	-65%	69	-38%	49	2%
3	bodega semi-productos	320	322	-1%	310,5	3%	294	8%
4	Bodega materias primas	250	243	3%	290	-16%	245	2%
5	Harina Empacada	130	128	2%	128	2%	147	-13%
6	bodega productos terminados	285	297	-4%	286	0%	294	-3%
7	Premezclas	75	88	-17%	154	-105%	98	-31%
8	Bodega materias primas Delipan	50	50	0%	52	-4%	49	2%
9	Delipan	228	220	4%	234	-3%	245	-7%
10	Limpieza segundo piso	210	202	4%	218,5	-4%	196	7%
11	Granel	275	322	-17%	299	-9%	392	-43%
12	Ensacado harina	75	82,5	-10%	80	-7%	100	-33%
13	Bodega Harina	600	783	-31%	778	-30%	735	-23%
14	Limpieza tercer piso	210	202	4%	218,5	-4%	196	7%
15	Granel dos	275	404,5	-47%	379	-38%	490	-78%
16	silos internos	No existe valor	243		299		294	
	Total	Porcentaje de desviación total		-12%		-15%		-15%

Tabla 45: comparación de áreas de los modelos

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la distancia rectilínea entre los departamentos de los diferentes modelos. Se supondrá que se puede conectar los pisos de manera directa, es decir existirá conductos entre los pisos para unir los departamentos, sólo se han analizado las distancias donde existen flujos. A continuación se muestra el resumen de las distancias; las mismas han sido medidas de forma rectilínea entre los centroides de las áreas. A continuación se muestra en las tablas Tabla 46, Tabla 47 y Tabla 48 las distancias entre departamentos de los diseños propuestos 1, 2 y 3 respectivamente.

	Limpieza	Ensayado semi-productos	bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina Empacada	bodega productos terminados	Premezclas	Bodega materias primas Delipan	Delipan	Limpieza segundo piso	Granel	Ensayado harina	Bodega Harina	Limpieza tercer piso	Granel dos	silos internos
Limpieza	NA									4,00						
Ensayado semi-productos		NA	13,50	23,00												27,00
bodega semi-productos			NA													
Bodega materias primas				NA	14,00		16,50					27,00				
Harina Empacada					NA	15,00										18,00
bodega productos terminados						NA	17,50		13,00							
Premezclas							NA						22,00			
Bodega materias primas Delipan								NA	13,50				21,50			
Delipan									NA							
Limpieza segundo piso										NA				4,00		
Granel											NA				4,00	14,75
Ensayado harina												NA	41,75			23,00
Bodega Harina													NA			
Limpieza tercer piso														NA	11,25	
Granel dos															NA	
silos internos																NA

Tabla 46: Distancias entre departamentos diseño 1

Fuente: Elaboración propia

	Limpieza	Ensayado semi-productos	bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina Empacada	bodega productos terminados	Premezclas	Bodega materias primas Delipan	Delipan	Limpieza segundo piso	Granel	Ensayado harina	Bodega Harina	Limpieza tercer piso	Granel dos	silos internos
Limpieza	NA									4,00						
Ensayado semi-productos		NA	17,00	25,25												32,50
bodega semi-productos			NA													
Bodega materias primas				NA	21,50		13,00					29,00				
Harina Empacada					NA	21,50										21,25
bodega productos terminados						NA	16,00		15,00							
Premezclas							NA						26,00			
Bodega materias primas Delipan								NA	11,00				16,00			
Delipan									NA							
Limpieza segundo piso										NA				4,00		
Granel											NA				4,00	11,50
Ensayado harina												NA	26,25			32,00
Bodega Harina													NA			
Limpieza tercer piso														NA	26,00	
Granel dos															NA	
silos internos																NA

Tabla 47: Distancias entre departamentos diseño 2

Fuente: Elaboración propia

	Limpieza	Ensamado semi-productos	bodega semi-productos	Bodega materias primas	Harina Empacada	bodega productos terminados	Premezclas	Bodega materias primas Delipan	Delipan	Limpieza segundo piso	Granel	Ensamado harina	Bodega Harina	Limpieza tercer piso	Granel dos	silos internos
Limpieza	NA									4,00						
Ensamado semi-productos		NA	14,00	21,00												21,50
bodega semi-productos			NA													
Bodega materias primas				NA	16,00		17,50					21,50				
Harina Empacada					NA	17,50										11,50
bodega productos terminados						NA	21,00		18,00							
Premezclas							NA						28,00			
Bodega materias primas Delipan								NA	14,00				21,50			
Delipan									NA							
Limpieza segundo piso										NA				4,00		
Granel											NA				5,00	35,00
Ensamado harina												NA	28,50			14,00
Bodega Harina													NA			
Limpieza tercer piso														NA	24,50	
Granel dos															NA	
silos internos																NA

Tabla 48: Distancias entre departamentos diseño 3

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar el objetivo basado en distancias de la planta se utilizará la ecuación (3.1.31); para ello se multiplicarán las anteriores matrices por la del flujo entre departamentos, mostrada a continuación en la Tabla 49.

	limpieza	Ensacado semi-productos	Bodega semi-productos	Bodega materias primas	Hari0 empacada	Bodega productos terminados	Premezcla	Materias primas Delipan	Delipan	limpieza segundo piso	Granel	Ensacado hari0	Bodega granel	limpieza tercer piso	Granel dos	silos internos
Limpieza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2280	0	0	0	0	0	0
Ensacado semi-productos	0	0	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega semi-productos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega materias primas	0	0	0	0	0,6	0	18,7	0	0	0	0	4,628	0	0	0	0
Hari0 empacada	0	0	0	0	0	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
Bodega productos terminados	0	0	0	0	0	0	35,7	0	23,3	0	0	0	0	0	0	0
Premezcla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
Materias primas Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	17,3	0	0	0	6	0	0	0
Delipan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limpieza segundo piso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2280	0	0
Granel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2280	2280
Ensacado hari0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1667,5	0	0	1663
Bodega granel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limpieza tercer piso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2280	0
Granel dos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
silos internos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 49: flujos entre departamentos en toneladas

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el resultado de aplicar la ecuación (3.1.31) para los 3 diseños con la información anterior. En la misma tabla también se realiza la división para el área de los 3 pisos. En la tabla se aprecia que el mejor diseño es el segundo con una gran diferencia.

Diseño	Objetivo (min)	Área	Objetivo para área (min)
1	220534	4897,5	45,0
2	73232	5226	14,0
3	242962	4851	50,1

Tabla 50: Objetivo basado en distancias de diseños

Fuente: Elaboración propia

6. Seguridad Industrial

6.1. Extintores de incendio

Como se apreció en la sección 3.1.21 los extintores para áreas diferentes de bodegas se ubicarán máximo a 15 metros. Mientras que en las áreas de bodegas se dispondrá uno cada 300 metros cuadrados. A continuación se muestra el número mínimo de extintores necesarios en cada área y el número que se ubicará

#	Departamento	Modelo 2	Número de extintores mínimo	Número de extintores emplazados
1	Limpieza	218,5	1	2
2	Ensacado semi-productos	69	1	1
3	bodega semi-productos	310,5	2	2
4	Bodega materias primas	290	1	3
5	Harina Empacada	128	1	1
6	bodega productos terminados	286	1	2
7	Premezclas	154	1	1
8	Bodega materias primas Delipan	52	1	1
9	Delipan	234	1	3
10	Limpieza segundo piso	218,5	1	2
11	Granel	299	1	2
12	Ensacado harina	80	1	1
13	Bodega Harina	778	3	3
14	Limpieza tercer piso	218,5	1	2
15	Granel dos	379	2	2
16	silos internos	299	1	2

Tabla 51: Tabla de emplazamiento de extintores y su número mínimo

Fuente: Elaboración propia

Las diferencias que se tienen entre el número mínimo y el emplazado se debe a que de emplazar menos extintores no se cumple la ley de que debe existir uno a una distancia menor a 15 metros. En el caso de Delipan se debe a que se tienen hornos, y para su mayor seguridad se han emplazado 2 extintores extras al lado de los hornos.

6.2. Corredores

Como se observó en la sección 1.6.5 se utilizará la recomendación dada por Konz para pasillos donde existe circulación de personas. Donde para 3 personas el ancho debe ser 72 pulgadas. Los corredores aquí mencionados son los que se han ubicado en las áreas de bodega pues la planta no tiene corredores entre áreas. Los corredores son de 2 metros de ancho, cumpliendo con el requerimiento; asimismo las escaleras tienen un ancho de 2 metros.

6.3. Salidas de emergencia

Según la sección 1.6.5 se ha establecido los recorridos máximos que se deben tener hasta la salida del edificio. El diseño de planta se realizará de tal manera que los recorridos sean minimizados para cumplir con este requerimiento. En la planta actual existen 135 empleados, suponiendo que este número se duplique en la nueva planta se contará con 270 empleados. Con este número el ancho de las salidas de emergencia debe de ser de 1,35 metros. En la planta diseñada se tiene una suma total de todas las salidas de 22 metros, esta gran diferencia se debe a que las puertas que son usadas como abastecimiento pueden usarse como salidas de emergencia. En el caso de que las mismas estén obstaculizadas por camiones se tiene 3 salidas extras; 2 de 2 metros y una de 3 metros. Cumpliendo con este

requerimiento. Estas salidas extras se ubican en el área de Empaque, Delipan y Limpieza. La salida de 3 metros es la salida más próxima al segundo y tercer piso.

7. Diseño final de la planta

Teniendo en consideración los recursos, el diseño óptimo y las normativas de seguridad se ha procedido a realizar el diseño final de la planta. A continuación se muestra el primer piso en la Figura 63.

Como se puede observar la distancia de los corredores en las bodegas es de mínimo 2 metros cumpliendo con las disposiciones de seguridad. Asimismo el número de extintores cumple con las disposiciones, se ha agregado un extintor extra en el departamento de Delipan por riesgos de los hornos. Las salidas de emergencia sobrepasan a lo necesario con más de 10 veces; esto en realidad se debe a que se tienen puertas hacia el exterior en todas las bodegas, las mismas que se pueden considerar salidas de emergencia. Se han agregado espacios para oficinas y servicios higiénicos. Es importante recalcar que también el diseño optimiza temas de camiones donde se puede observar que el ala este se enfoca en camiones de la Industria Harinera; mientras que el ala oeste se enfoca en camionetas y furgonetas para materia prima y productos terminados de las otras áreas.

A continuación se muestra el diseño final del segundo piso y tercer piso con las mismas consideraciones que se han tomado para el primer piso.

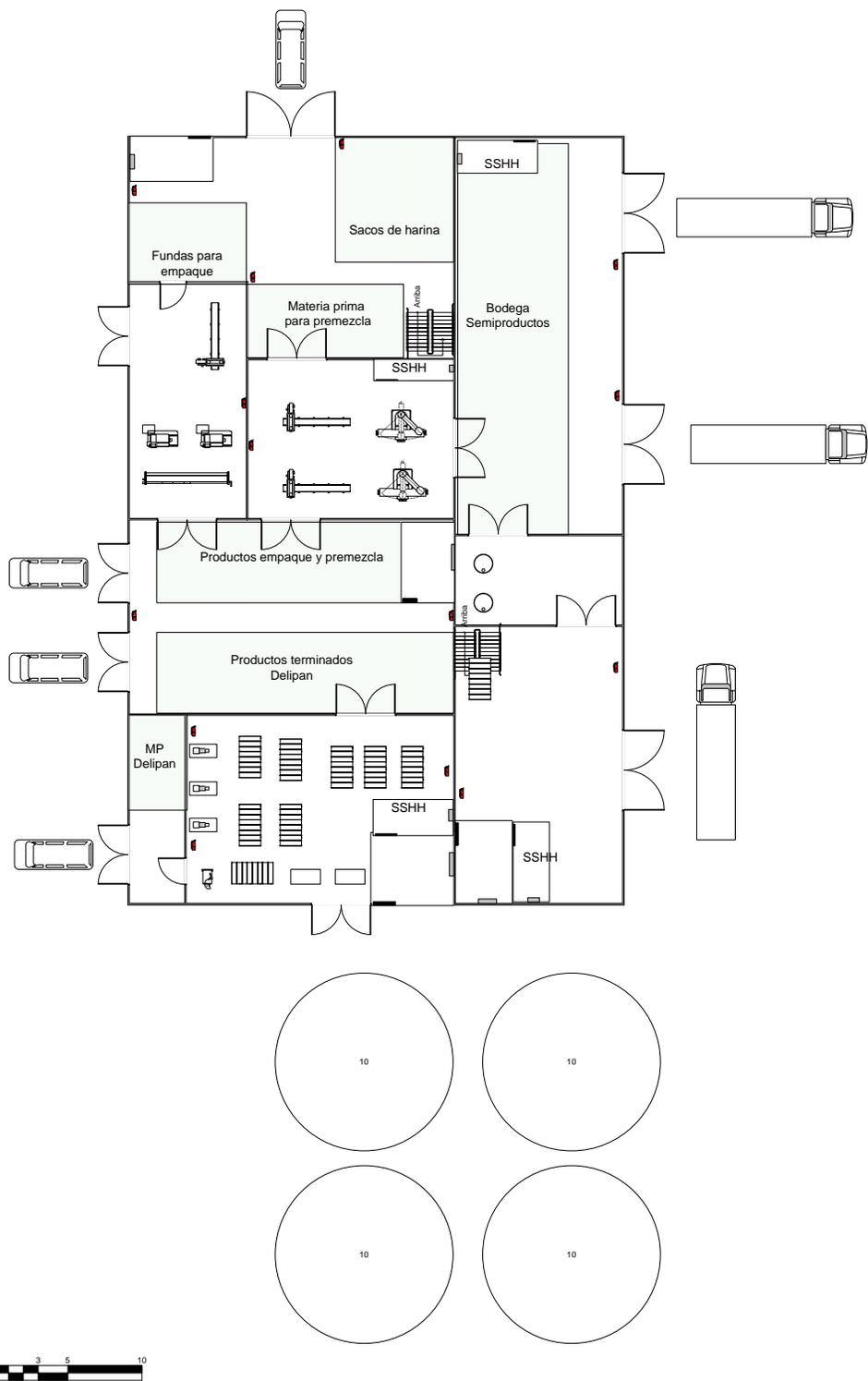


Figura 63: Diseño final del primer piso

Fuente: Elaboración propia

Estos pisos son básicamente de procesos automatizados y de bodegas, tanto silos como de sacos de harina. Los puntos en azul son canales con el piso inferior para poder enviar producto por el mismo. Las áreas para granel y limpieza se han triplicado sobre el original. En estos pisos igual se cumple las salidas de emergencia y cantidad de extintores. A pesar de que en estas áreas no hay mucha gente trabajando (20 personas), por condiciones de espacio y para mantener una similitud con la planta baja se han mantenido los anchos de puertas y las cantidades de extintores.

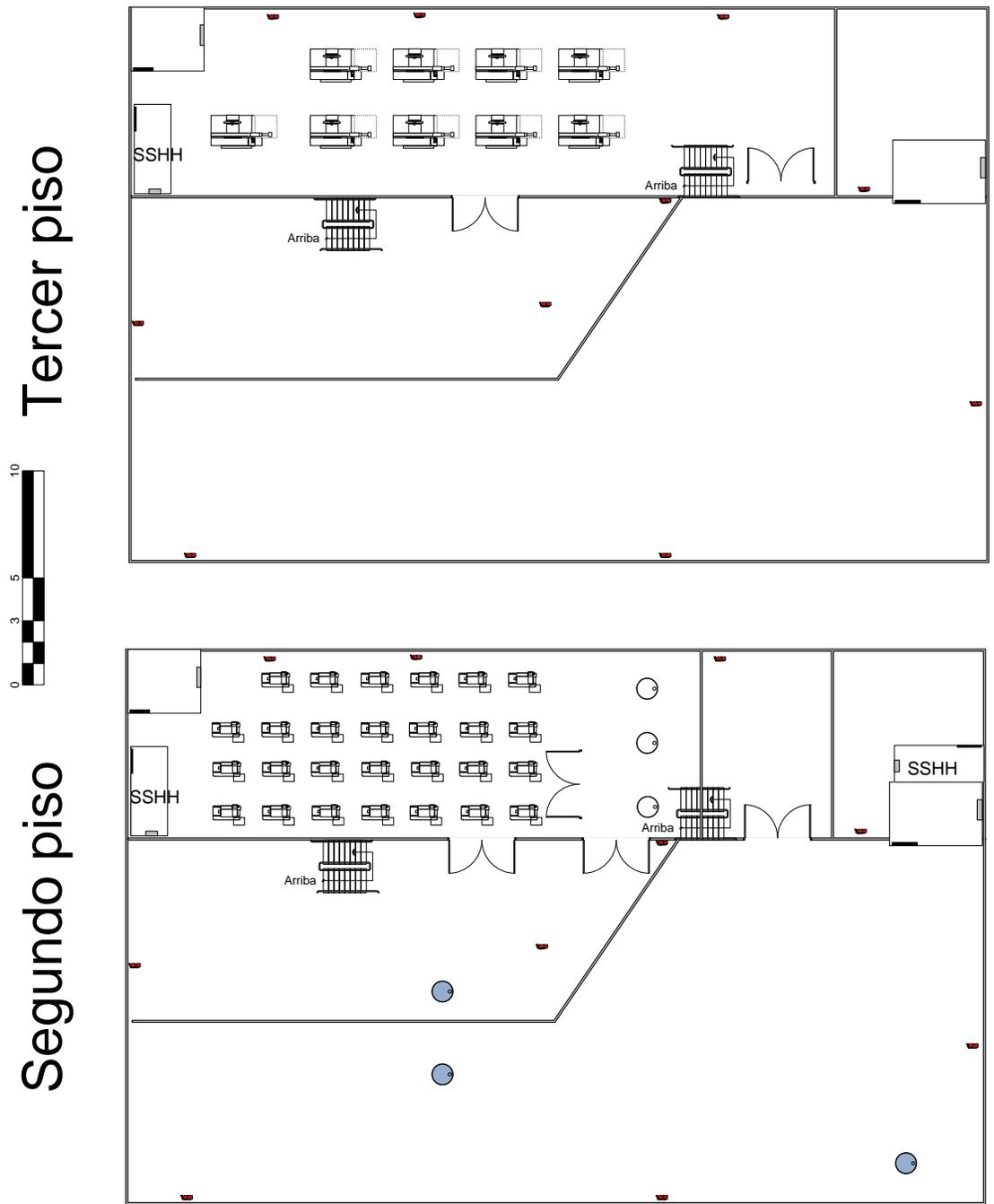


Figura 64: Diseño final del segundo y tercer piso

Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

- Se ha realizado un levantamiento de los procesos críticos de la empresa. Después del mismo se ha visto que existen ciertas actividades que se repiten: actividades dentro de las áreas de almacenamiento tanto de materia prima como de producto terminado.
- El área de empaque presenta una actividad que no agrega valor, la de abrir el saco de harina. Lo óptimo sería que exista una conexión directa de granel a esta área.
- Se ha comprobado que las celdas actuales de manufactura de la planta están constituidas correctamente según los productos y los procesos por los que éstos pasan, por ende no existe la necesidad de modificar los mismos en base a productos y procesos. Estos departamentos son: granel, empaque, premezcla y Delipan.
- La planta actual no es eficiente. Existe un orden topológico de los departamentos (bodega de materias primas, recepción, limpieza, granel,

ensacado de harina, ensacado semiproductos, bodega de semiproductos, bodega granel, harina empacada, bodega harina empacada, premezcla, almacén premezcla, materias primas Delipan, Delipan, bodega productos terminados Delipan.

- Existen contraflujos entre los departamentos. Específicamente en la planta existen los siguientes contraflujos: entre el área de materia prima de Delipan y Delipan; entre el área de bodega de granel y Delipan, entre el área de bodega de granel y premezcla. Estos contraflujos dificultan el movimiento de producto por la planta.
- Existen flujos demasiado prolongados, es decir las áreas que interactúan están demasiado alejadas. Estas áreas son: Delipan y bodega productos terminados Delipan y de bodega de granel; bodega de materias primas está alejada de empacado de harina, premezcla y el exterior. La Bodega de empaque está alejada del área de empaque; el almacén de premezcla está alejado de premezcla.
- Existen varias bodegas de productos terminados: almacén premezcla, bodega empaque, bodega productos terminados Delipan, bodega de sacos de harina, bodega de sacos de semiproducto. Esto duplica los procesos realizados en cada una de las bodegas y también dificulta el control de los productos como una totalidad pues se necesita levantar información de cada una de las áreas

- Existe también dos bodegas de materias primas, una para el área de Delipan específicamente y la otra para las otras áreas. Asimismo duplica las actividades realizadas.
- Existen asimismo tareas obsoletas que no agregan valor. Como por ejemplo el ensacado de harina previo al proceso de empaclado de harina en empaques pequeños. En donde se puede eliminar este proceso y dirigir la harina directamente al proceso.
- Por falta de espacio la seguridad de la planta se ha visto comprometida. Los sacos de semiproducto se ubican en los corredores dificultando las salidas.
- Los anchos de los pasillos no cumplen con las normativas de seguridad. Existe un corredor con un ancho de un metro, pero se encuentra bloqueado.
- La efectividad de la planta actual es de 19,6 toneladas*metro/metro cuadrado
- La simulación realizada toma en cuenta 22 días laborales, un mes de trabajo. Para todas las áreas. Toma en cuenta solo los productos más importantes, los horarios de trabajo y los recursos que ocupan espacio. Tiene un periodo de calentamiento de 48 horas para que los silos tengan trigo en un nivel estable.
- Se ha realizado una simulación exitosa. Se ha comprobado estadísticamente con un nivel de significancia del 95% que la media de la simulación para todos los productos no es diferente a la media de la realidad de todos los productos. La simulación se basa en el mes con mayor producción y la realidad es basada en los 4 datos más altos de la realidad.

- Se ha calculado que el mínimo número de réplicas es de 20 para tener un error menor al 5% de la media total producida en un mes.
- Se ha encontrado la utilización de los recursos de la planta actual según la simulación. Existe sobreutilización para los recursos: batidora, mesas de formado, mesas de empacado, molinos y silos de humectación. Existe subutilización para los recursos: balanza, ensacadora de semiproductos, refrigeradora, hornos y mesas de decorado.
- La gerencia ha determinado el porcentaje de crecimiento para los diferentes departamentos.
- La simulación de la nueva planta ha sido comprobada como efectiva pues la cantidad de salida de productos terminados cumple con la especificación de gerencia.
- Se ha incrementado en el siguiente número los siguientes recursos.

Recurso	Cantidad de recursos que aumenta
Balanza	0
Balanza premezcla	1
Batidora	1
Empacadora	1
Ensacadora harina	1
Ensacadora semiproductos	0
Refrigeradora (2 espacios)	0
Horno	0
Mesas Formado	1
Mesas Decorado	0
Mesas Empacado	1
Mesas Laminado	0
Molinos	18
Silos humectación	3

- La propuesta de planta contiene la optimización de los recursos, es decir se maximiza la cantidad de recursos con utilización cercana a 80%. Aprovechando efectivamente a los recursos. Aun existe un recurso sobreutilizado que son los molinos con un 95%, esto es un requerimiento de gerencia, además que esta utilización es para el mes más demandado. Existen dos recursos subutilizados: balanza, refrigeradora; esto se debe a que solo se tiene un recurso, no se puede aumentar más su utilización.
- Las dimensiones de la nueva planta depende de la nueva cantidad de recursos y de requerimientos de gerencia. Las nuevas dimensiones de las áreas son:

Departamento	Área propuesta en metros cuadrados
Recepción	578
Limpieza	630
Granel	555
Ensacado harina	75
Bodega harina	600
Ensacado semi-productos	50
bodega semi-productos	318
Bodega materias primas	246
Harina Empacada	132
Bodega harina empacada	126
Premezclas	76
Almacén premezclas	81,6
Bodega materias primas Delipan	49,5
Delipan	228
Bodega Delipan productos terminados	76,5

- La nueva planta tendrá solo dos turnos para el área de granel, las demás áreas tendrán un solo turno, por determinación de gerencia.

- La nueva planta toma en cuenta que el horario de empaque de Delipan se debe desplazar una hora para aprovechar sus recursos. Esto es porque la primera hora su utilización era del 10%
- Se han realizado 3 diferentes diseños de planta: los dos primeros con programación entera y el segundo con el algoritmo CORELAP.
- El diseño seleccionado ha sido la segunda propuesta con una eficiencia de planta de 14 toneladas*metro/metro cuadrado. 28,5% más eficiente sobre el valor inicial. Cumple además con las especificaciones de gerencia y con los espacios necesarios para la ubicación de los recursos y las personas.
- En el diseño seleccionado se han incorporado las normas de seguridad como son: extintores, salidas de emergencia, ancho de pasillos, anchos de puertas.
- La cantidad de extintores sobrepasa 10 extintores a la mínima necesaria.
- El ancho de pasillos es de 2 metros, mientras que el mínimo recomendado para la planta es de 1,85 metros
- Las salidas de emergencia deberían sumar un mínimo de 1,35 metros; se tiene que la suma de salidas da un resultado de 22 metros.
- La salida más próxima al segundo y tercer piso tiene 3 metros de ancho.
- El diseño además de ser seguros para los empleados, óptimo en operaciones y eficiente en procedimientos, también tiene una lógica para la llegada y salida de camiones. En el lado izquierdo llegan camiones para la Industria Harinera; mientras que en el lado izquierdo llegan y salen los camiones con productos terminados de otras áreas y materia prima para toda la planta.

8.2. Recomendaciones

- Al agregar nuevos productos a las líneas de producción se debe reproducir el algoritmo King para poder encontrar en que celda se debe ubicar este producto. En última instancia crear nuevos departamentos.
- En el caso de adquirir nueva maquinaria con otras dimensiones se debe reproducir el algoritmo con las nuevas dimensiones establecidas por estos recursos. No se afectará la necesidad de adyacencia de los departamentos.
- Es de urgencia, por cuestiones de seguridad de los empleados asignar un espacio nuevo para la bodega de subproductos de seguir en la planta actual, para que no afecte a las vías de evacuación.
- Se recomienda un análisis de utilización de los recursos (en la simulación se aprecia que muchos son subutilizados, y otros sobreutilizados). Se pueden dar otros usos a los recursos subutilizados. Se recomienda extender los horarios para los recursos sobreutilizados para la planta actual.
- El horario de empaque de Delipan se debe desplazar una hora para su optimización, se ha visto que la primera hora la utilización de los recursos es de 10%
- Es necesario juntar las diferentes bodegas de producto terminado para que el control de los productos sea más eficiente y no se repitan procesos, asimismo se reducirán los costos del manejo de inventario.

- Es importante tomar en consideración la opción de un canal que comunique el granel directamente con el área de empaque, esto no solo reduce el tiempo del proceso, además ahorraría aproximadamente 1500 sacos vacíos de harina y finalmente reduciría el contacto que tiene la harina con el medio ambiente, reduciendo la probabilidad de contaminación del alimento.
- Es importante que en la planta actual se modifique de manera urgente el tema de los corredores bloqueados. Es una norma de seguridad y se está comprometiendo la salud de los empleados.

Bibliografía

Cabezas, A. (2009). Clase de seguridad industrial. Quito, USFQ.

Cisneros, P. (2006). *Clase de Ingeniería Industrial*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

El Universo. (03 de Mayo de 2010). *Pico y Placa rige hoy en Quito*. Recuperado el 10 de Agosto de 2010, de El universo: <http://www.eluniverso.com/2010/05/03/1/1447/desde-hoy-rige-pico-placa-vias-quitenas.html>

FAO. (s.f.). *El contexto de Quito*. Recuperado el 05 de Mayo de 2010, de Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/docrep/W7445S/w7445s03.htm>

Guerrero, S. (29 de Octubre de 2010). Gerente de producción de Delipan. (D. Tobar, Entrevistador)

Hoy. (17 de Julio de 2008). *Los Industriales estrenan su casa nueva y definitiva*. Recuperado el 10 de Agosto de 2010, de Hoy: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/los-industriales-estrenan-su-casa-nueva-y-definitiva-298930-298930.html>

Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo. *Manual de procedimientos de prevención de riesgos laborales*. Barcelona: Ministerio de trabajo y asuntos sociales.

Jerry Banks, J. C. (2000). *Discrete event system simulation*. Prentice Hall.

Kelton, S. S. (2007). *Simulation with Arena*. New York: McGraw Hill.

Konz, S. (1992). *Manual de distribución en plantas industriales* (Vol. Primer). México, D.F: Noriega Editores.

La Industria Harinera S.A. (2006). *Quienes Somos*. Recuperado el 10 de Junio de 2010, de Santa Lucia: <http://www.santa-lucia.ec/26.html>

La Industria Harinera S.A. (2006). *Donde estamos*. Recuperado el 10 de Junio de 2010, de Santa Lucia: <http://www.santa-lucia.ec/14.html>

Mitchell, B. (1971). *A comparison of Chi-Square and Kolmogorov-Smirnov Tests*. Recuperado el 07 de mayo de 2011, de <http://www.jstor.org/pss/20000590>

Montgomery, D., & Runger, G. C. (2006). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*. México D.F: Limusa Wiley.

Mosquera, E. (01 de Octubre de 2010). Jefe de seguridad. (D. Tobar, Entrevistador)

Muther, R. (1993). *Planificación y Proyección de la Empresa Industrial*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2006). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México D.F: Alfaomega.

Normas9000. (2008). *Normas 9000*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2010, de Manual de calidad: <http://www.normas9000.com/manual-de-calidad-iso.html>

Real Academia Española. (s.f.). *Algoritmo*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2010, de Real Academia Española: <http://buscon.rae.es/drael/>

República, U. d. (s.f.). *La cadena de valor y la ventaja competitiva*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2010, de Fing: http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/adminop/Teorico/AO_8porter2.pdf

Sánchez, F. (4 de Noviembre de 2009). Gerente de Producción de La Industria Harinera. (D. Tobar, Entrevistador)

Sánchez, F. (12 de Febrero de 2006). Gerente de producción de La Industria Harinera S.A. (D. Tobar, Entrevistador)

Serrano, R. (04 de 11 de 2009). Gerente General de la Industria Harinera. (D. Tobar, Entrevistador)

Shanbhag, U. (2009). Diapositivas de Facilities Planning and Design UIUC. Champaign, Illinois, United States.

Sule, D. (2001). *Instalaciones de manufactura*. México, D.F.: International Thomson Editores.

Tobar Guillermo. (06 de Marzo de 2010). Presidente de La Industria Harinera S.A. (D. Tobar, Entrevistador)

Tobar Javier. (18 de Enero de 2006). Comisario de la Industria Harinera S.A. (D. Tobar, Entrevistador)

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. (2006). *Planeación de instalaciones*. México: Thomson.

Vazquez, A. M. (s.f.). *¿QUE SON LOS DIAGRAMAS DE FLUJO?* . Recuperado el 07 de mayo de 2011, de El Prisma: http://www.elprisma.com/apuntes/administracion_de_empresas/quesonlosdiagramasdeflujo/

Williams, G., & Rosentrater, K. (20 de Junio de 2007). *Design Considerations for the Construction and Operation of Flour Milling Facilities. Part I: Planning, Structural, and Life Safety Considerations*. Recuperado el 28 de Enero de 2010, de USDA U.S Department of Agriculture: <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/8924/1/IND43994429.pdf>

Anexo 1

A continuación se muestra el diagrama de Pareto de los productos realizados en premezcla. Se seleccionará solamente las tortas, puesto que los otros productos no representan la realidad del tiempo empleado.

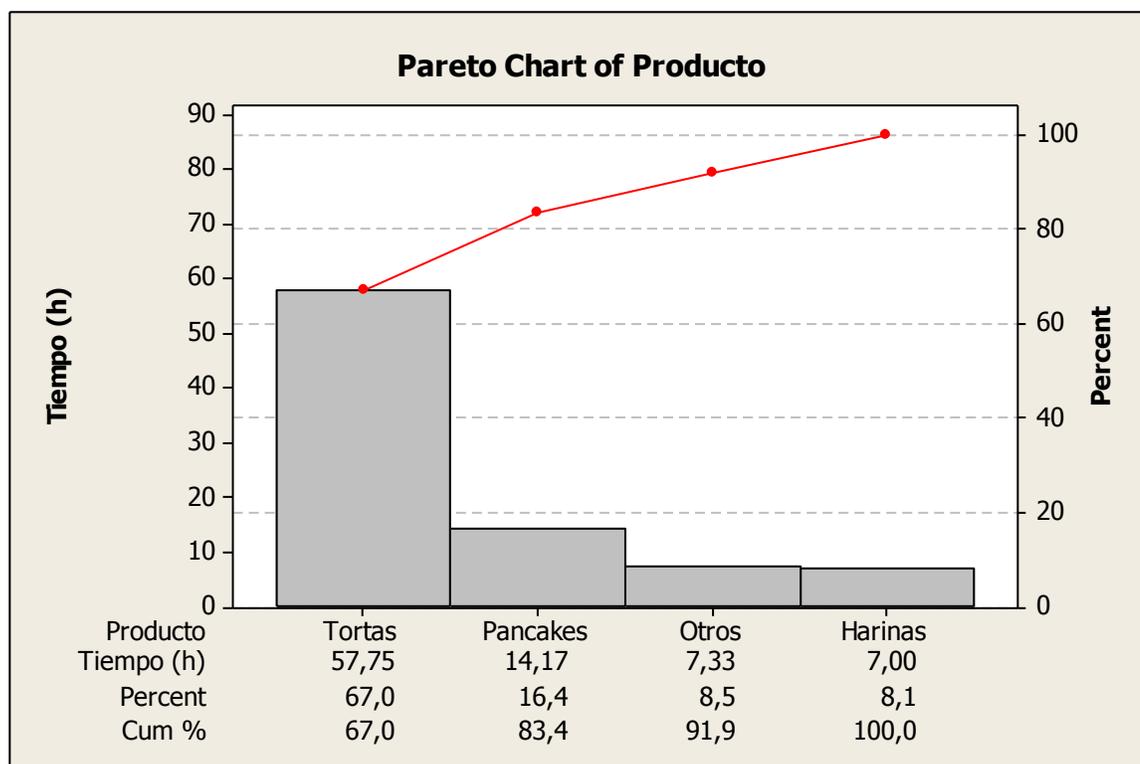


Figura 65: Pareto productos premezcla

Se ha realizado a su vez un diagrama de Pareto para los productos más importantes de Delipan basado en la cantidad de salida de los mismos. Se ha escogido los 5 primeros productos como representativos del proceso: Rosquetas, Orejas, Aplanchados, Bizcochos de sal y melvas.

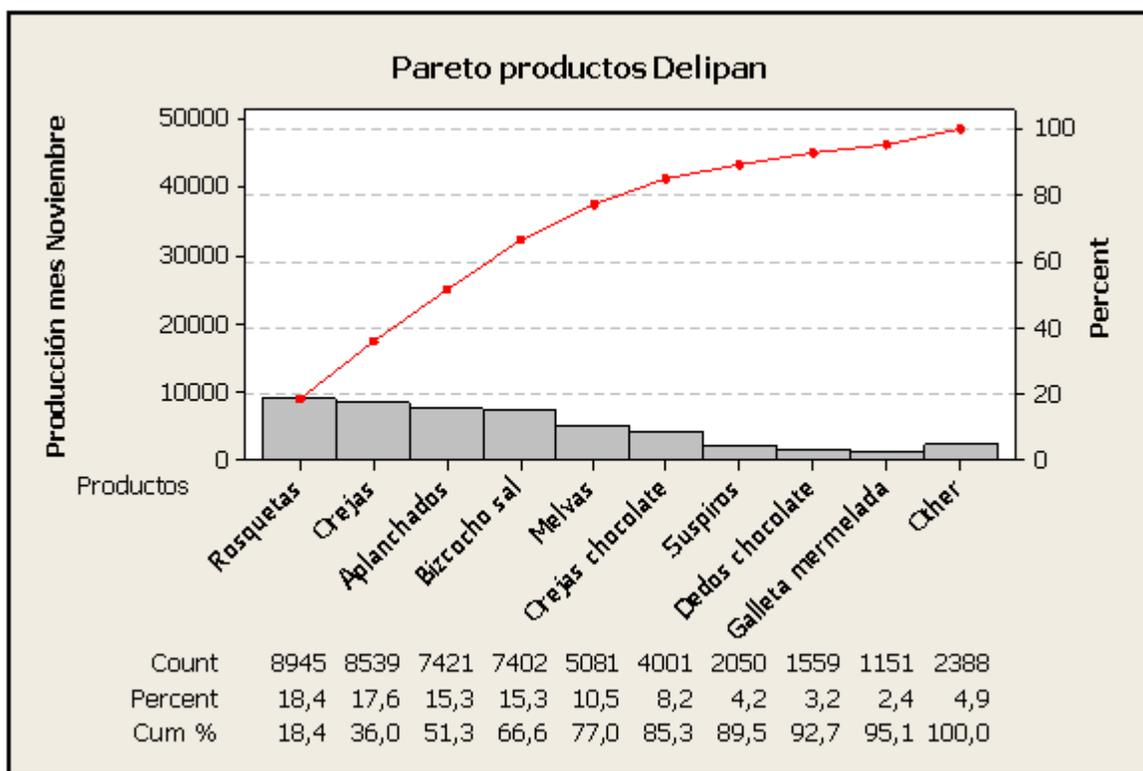


Figura 66: Pareto productos Delipan

Finalmente se ha realizado un Pareto de los productos de empaque. En cuanto a producción.

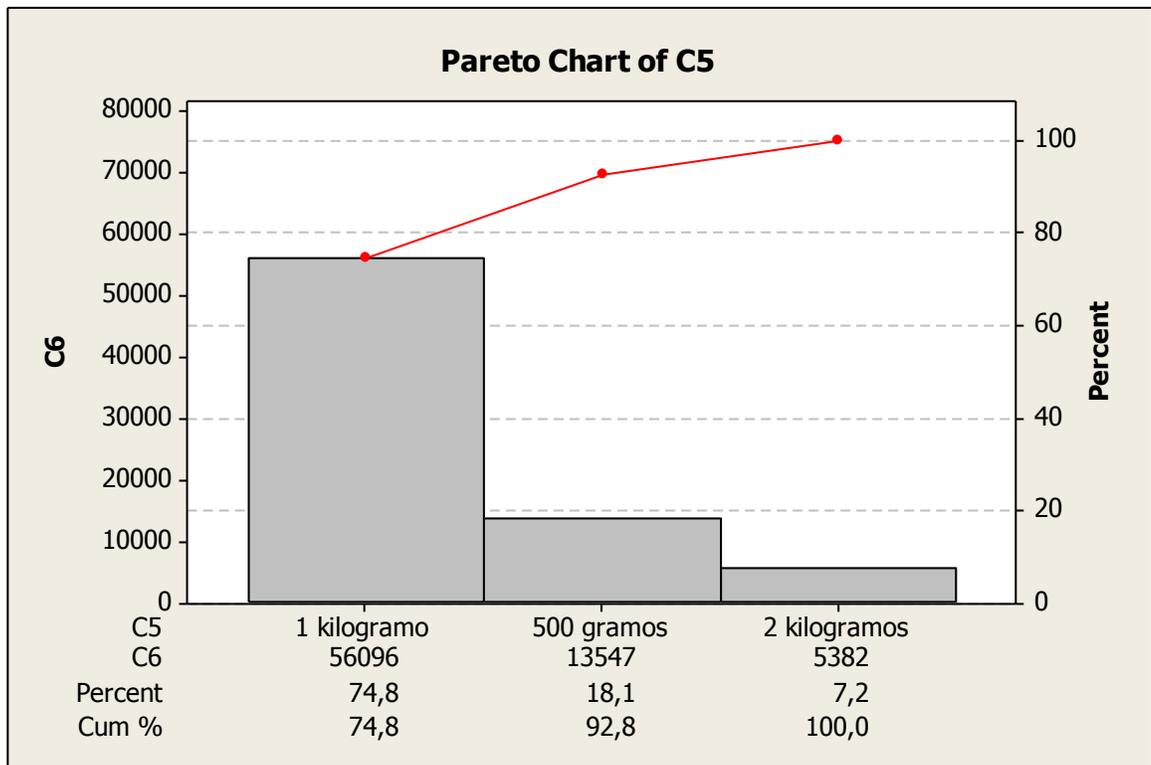


Figura 67: Pareto productos empaque

Anexo 2

Llegada de camiones

Reciben 2 camiones los días martes y 3 camiones lunes, miércoles, jueves y viernes. Dando un total de 14 camiones por semana, todas las semanas. Los camiones llegan a las 8 y luego cada 2 horas. Se demoran alrededor de una hora en la descarga. Cada camión tiene aproximadamente 20 toneladas de trigo.

Se utilizara un horario para la llegada de camiones: A continuación se muestra el horario de la llegada de los camiones.

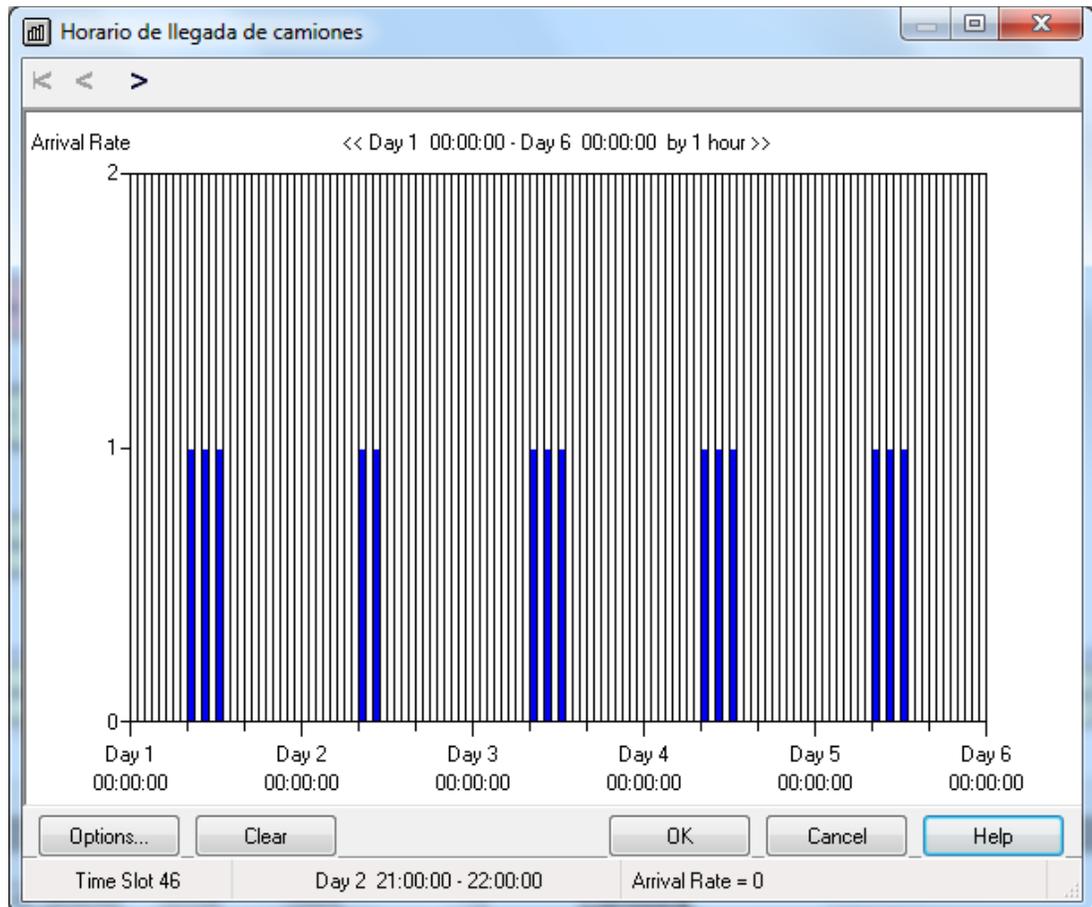


Figura 68: Horario de llegada de camiones

Fuente: Francisco Sánchez, La industria Harinera

Parqueo y descarga de camiones

Se tomaron 10 medidas el proceso demora aproximadamente una hora. La descarga está determinada por los ascensores que transportan el trigo hacia los silos. A continuación se muestran los datos recolectados y la distribución que más se ajusta. Puede existir un poco de sesgo no significativo ya que estas tomas se realizaron sólo los días viernes.

57,57 75,91 58,92 52,61 47,08 55,86 75,98 47,27 50,88 61,07

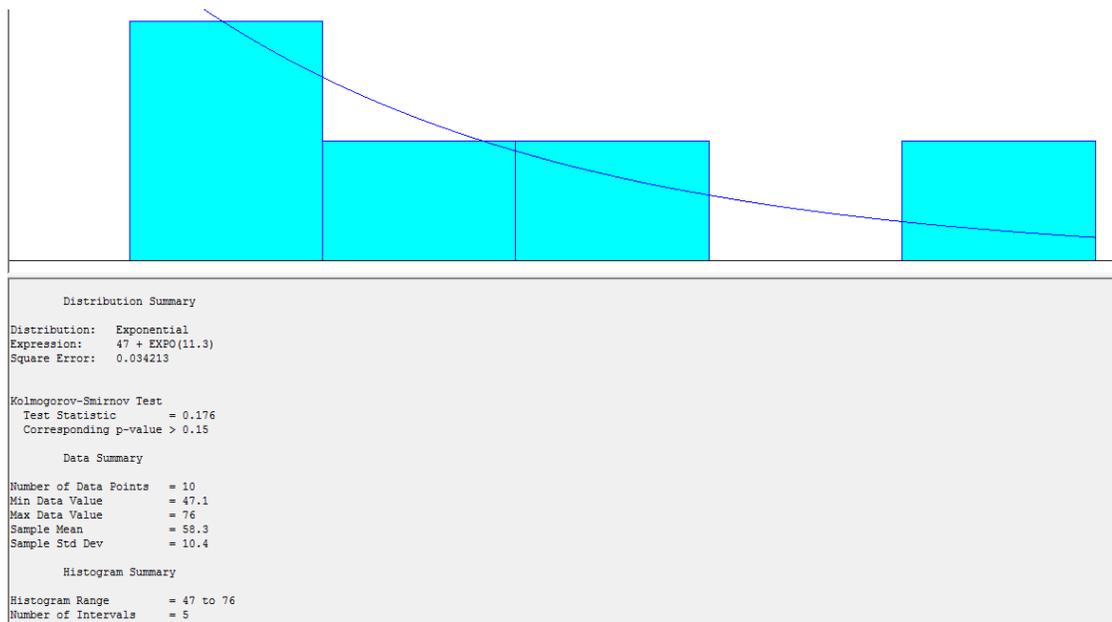


Figura 69: Distribución ajustada al tiempo de descarga de camiones

Fuente: Elaboración propia.

La distribución a la que más se ajusta es una distribución beta con la expresión $47 + \text{EXPO}(11.3)$

A continuación se muestra el gráfico de series en el tiempo, en donde se puede observar que no existe ningún patrón particular o aumento o reducción de variabilidad

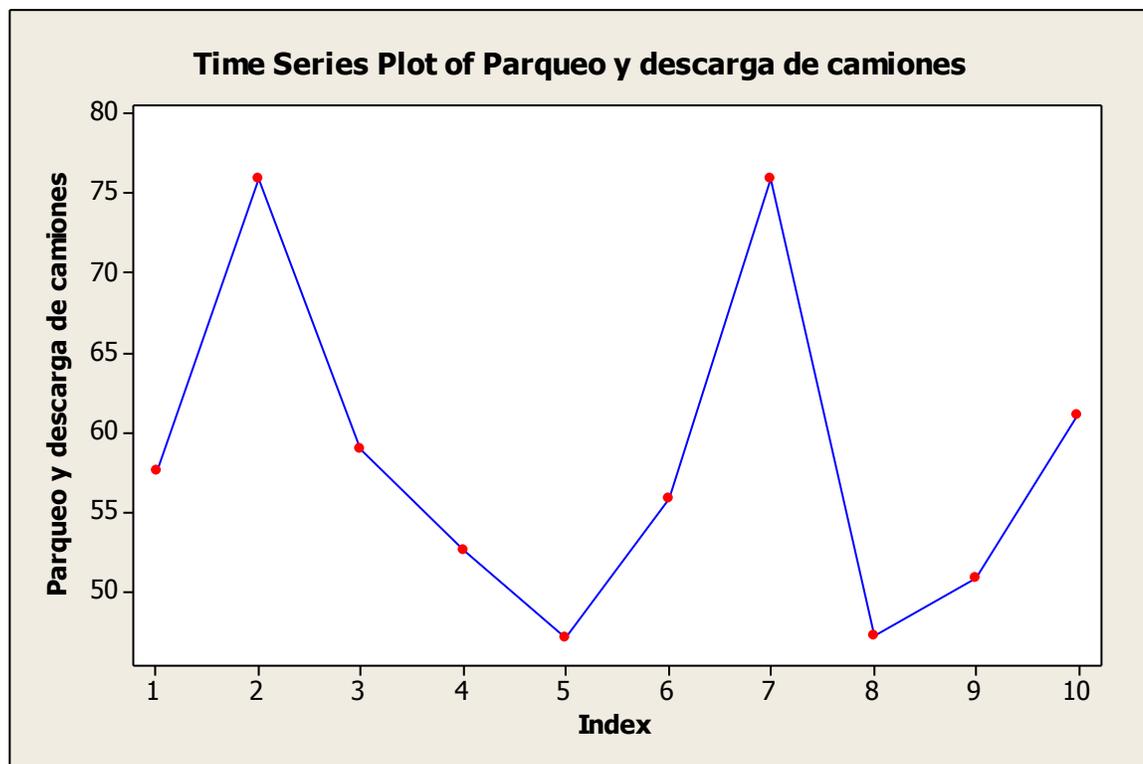


Figura 70: Series de tiempo para el proceso de parqueo y descarga de camiones

Fuente: Recolección propia de datos.

Procesado de harina

El trigo se mueve desde los silos hacia el granel donde es procesado; muchas veces el trigo viaja por los mismos caminos hasta que se convierta en harina. Antes de realizarse el ensacado como tal, la harina pasa por una balanza registrando la cantidad en unidades de 10 kg por hora. Estas cantidades han sido registradas para encontrar cuánta harina es procesada por hora (procesada= movimiento desde silo, molienda y filtrado). A continuación se muestra

50 datos del procesado de harina, además de la distribución que más se ajusta la misma. Asimismo se muestra el gráfico de series en el tiempo para comprobar que los datos son aleatorios e independientes.

242	252	257	256
248	254	254	250
255	262	251	243
252	264	252	251
246	250	256	252
260	249	246	
253	254	251	
256	258	253	
254	245	253	
244	254	248	
251	256	248	
258	255	251	
253	261	246	
259	254	248	
259	248	253	

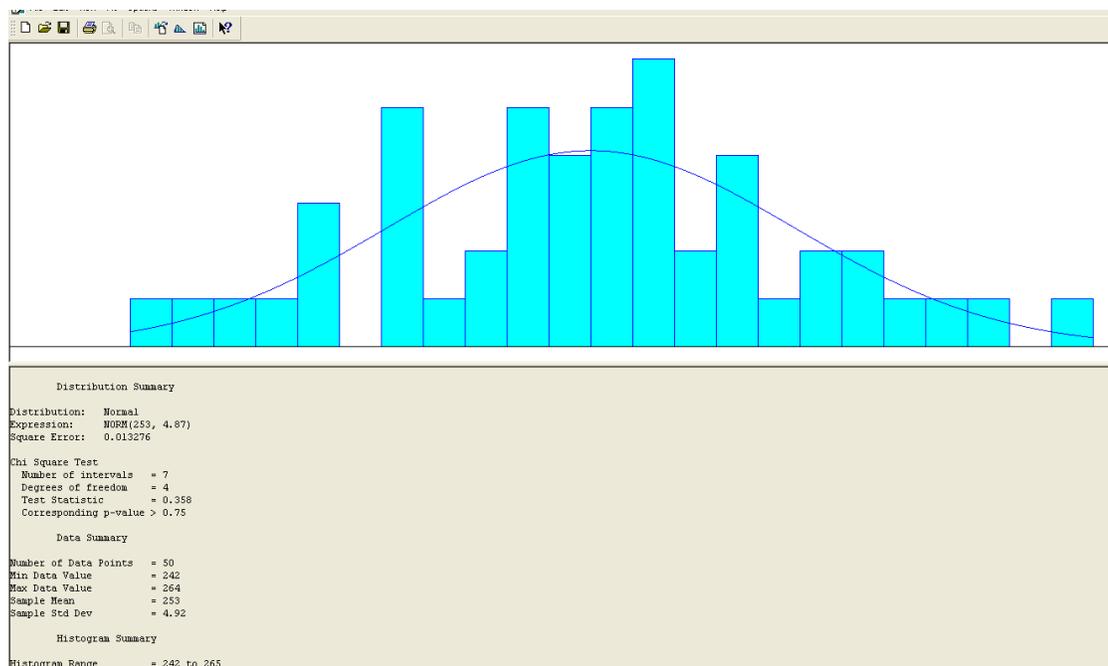


Figura 71: Distribución ajustada a la cantidad de harina procesada en una hora

Fuente: Francisco Sánchez, La industria Harinera.

La expresión que más se ajusta es $NORM(253, 4.87)$. A continuación se muestra la gráfica de series de tiempo en donde se aprecia que no existe ningún patrón indicando que los datos sean dependientes entre ellos o que no exista aleatoriedad.

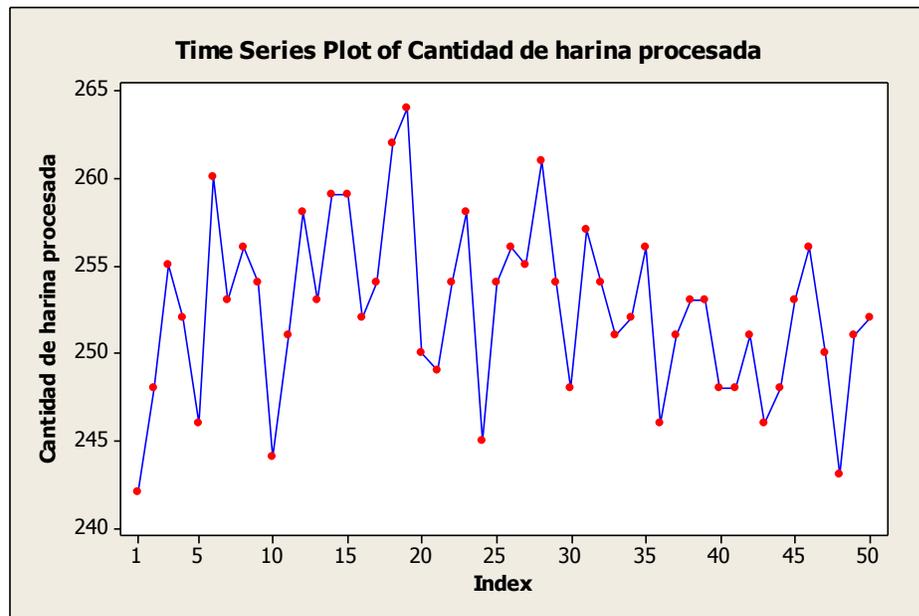


Figura 72: Serie de tiempo para la cantidad procesada de harina

Fuente: Francisco Sánchez, La Industria Harinera.

Procesado de semiproducto

Asimismo como el proceso anterior existe una balanza que marca cuánto semiproducto se ha conseguido por hora. A continuación se muestran 50 datos recolectados de la balanza, y la distribución que más se ajusta.

99	98	99	99
101	96	97	98
97	96	99	100
96	100	98	97
98	97	98	102
96	95	99	97
98	98	101	98
98	101	99	98
99	99	94	
96	98	98	
99	100	101	
101	98	100	
102	101	99	
94	101	96	

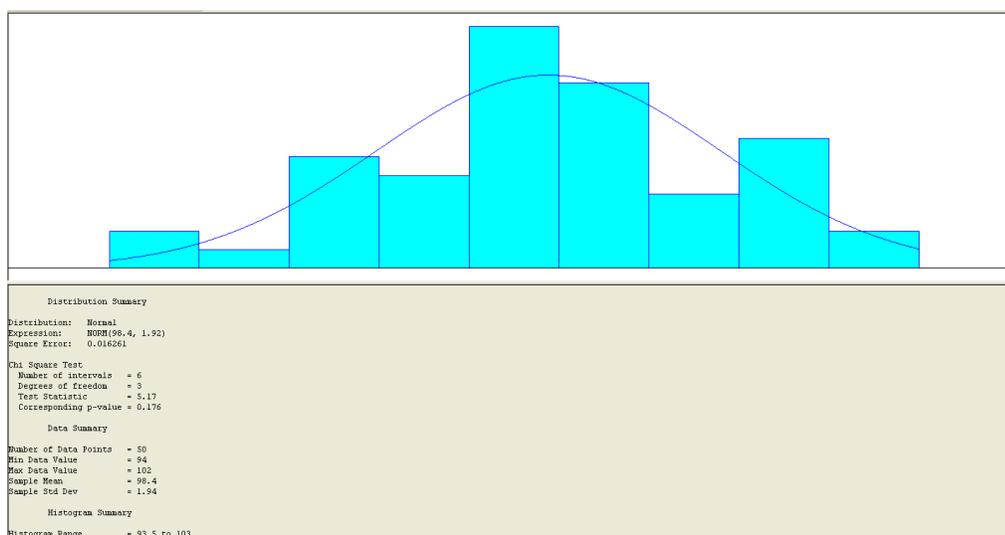


Figura 73: Distribución ajustada al tiempo de procesado de semiproducto

Fuente: Francisco Sánchez, La Industria Harinera.

La expresión de la distribución es $NORM(98.4, 1.92)$. A continuación se muestra el gráfico de series en el tiempo para la cantidad de semiproducto procesado en una hora. Es importante recalcar que éstos son datos enteros. Se puede observar que no existe evidencia que demuestre que los datos no son aleatorios o independientes.

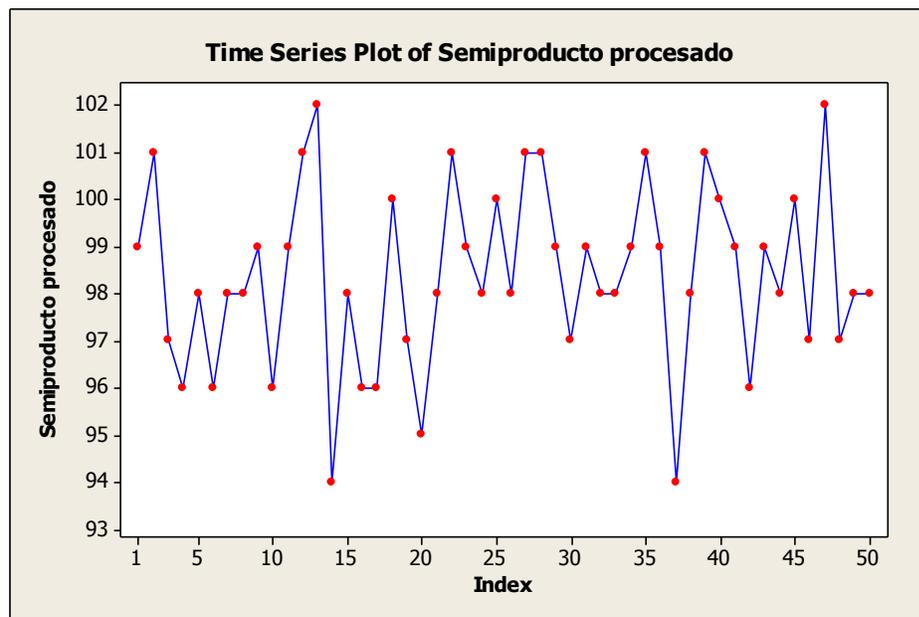


Figura 74: Cantidad de semiproducto procesado en una hora

Fuente: Francisco Sánchez, La Industria Harinera.

Ensamado tanto de harina como semiproducto

El proceso para el ensacado de harina y ensacado de semiproducto es el mismo, pero en distinto pisos. Se tomaron los tiempos entre que ubicaban los sacos llenos en la parte posterior del lugar; esta distribución contempla el ensacado como tal y el coser el saco de harina. A continuación se muestran 100 datos de la recolección

28,49	24,31	26,35	27,19	28,57
35,66	31,36	26,18	27,01	28,81
28,49	28,45	26,84	35,97	31,51
24,61	25,99	22,32	19,52	22,81
37,35	28,19	24,47	23,96	19,95
25,92	26,55	23,65	21,42	22,24
22,35	24,77	26,26	22,19	40,30
18,66	30,07	29,41	21,56	25,21
24,78	31,73	31,87	26,61	31,66
27,22	20,39	32,46	21,97	29,44
30,99	25,99	28,62	26,67	33,56
27,17	26,36	24,13	27,05	22,95
33,45	27,66	30,48	29,64	22,44
29,33	30,02	42,61	21,57	26,84
24,18	21,94	22,93	32,18	25,48
29,28	19,62	30,24	23,93	23,29
26,54	20,16	33,26	21,73	27,75
23,73	42,11	23,48	31,36	34,77
31,68	35,09	22,01	17,79	35,72
29,48	27,09	34,76	31,31	34,02

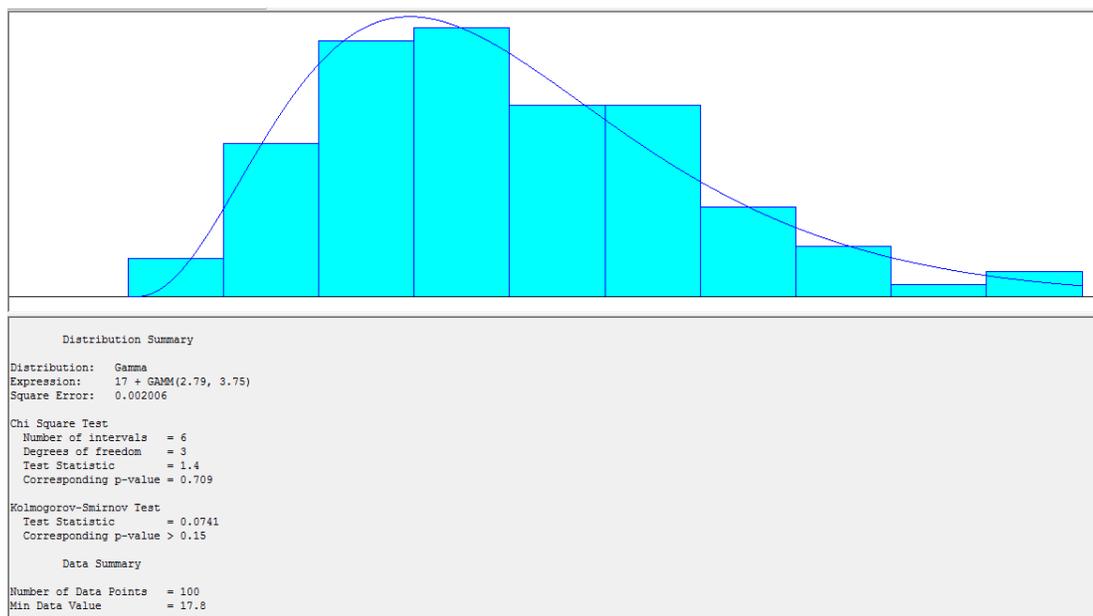


Figura 75: Distribución ajustada al tiempo de ensacado de harina o semiproducto

Fuente: Elaboración propia

La distribución que más se ajusta es $17 + \text{GAMM}(2.79, 3.75)$. A continuación se muestra el gráfico de series de tiempo para este proceso donde se evidencia que los datos son aleatorios e independientes, puesto que no existe ningún patrón identificado o aumento o reducción de varianza.

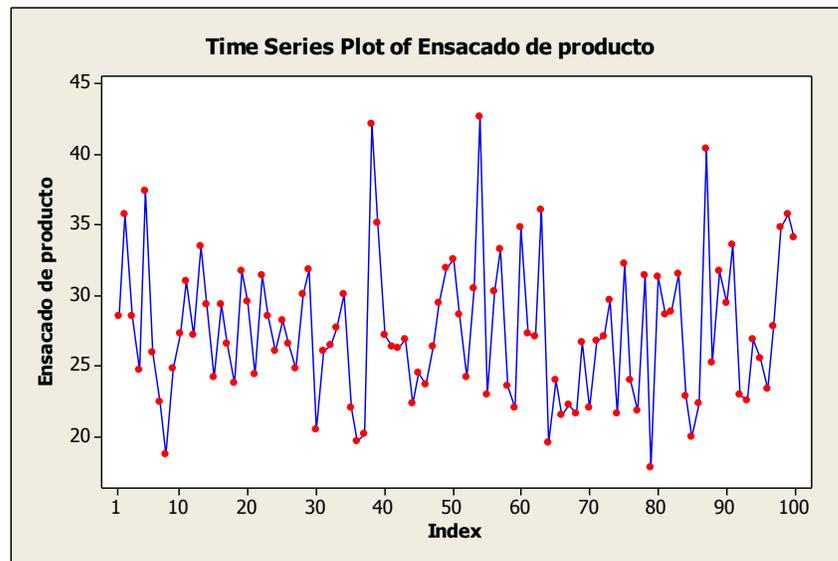


Figura 76: Serie de tiempo para el proceso de ensacado de producto

Fuente: Elaboración propia

Proceso de premezclas

Para el mismo se recolectaron 28 datos de las hojas de producción llenados por los trabajadores y revisados por el gerente de producción Francisco Sánchez. Estos datos son desde finales de octubre a mediados de noviembre. Se comprobaron 5 datos tomados los días 2 y 12 de noviembre. En general los datos están correctos con una diferencia de $\pm 6\text{min}$ (3,5%). Los trabajadores tienden a redondear el tiempo de iniciado y terminado al múltiplo de 5 más cercano. Esto no afectará a la simulación significativamente. A continuación se

muestran 20 datos de los tiempos en horas que se demoran realizando los empaques de tortas.

1,08	5,67	2,83
4,58	0,5	2,5
1,17	2	4,5
2,25	8,5	4,17
2	2,67	0,83
6,5	2	0,33
1,33	2,33	

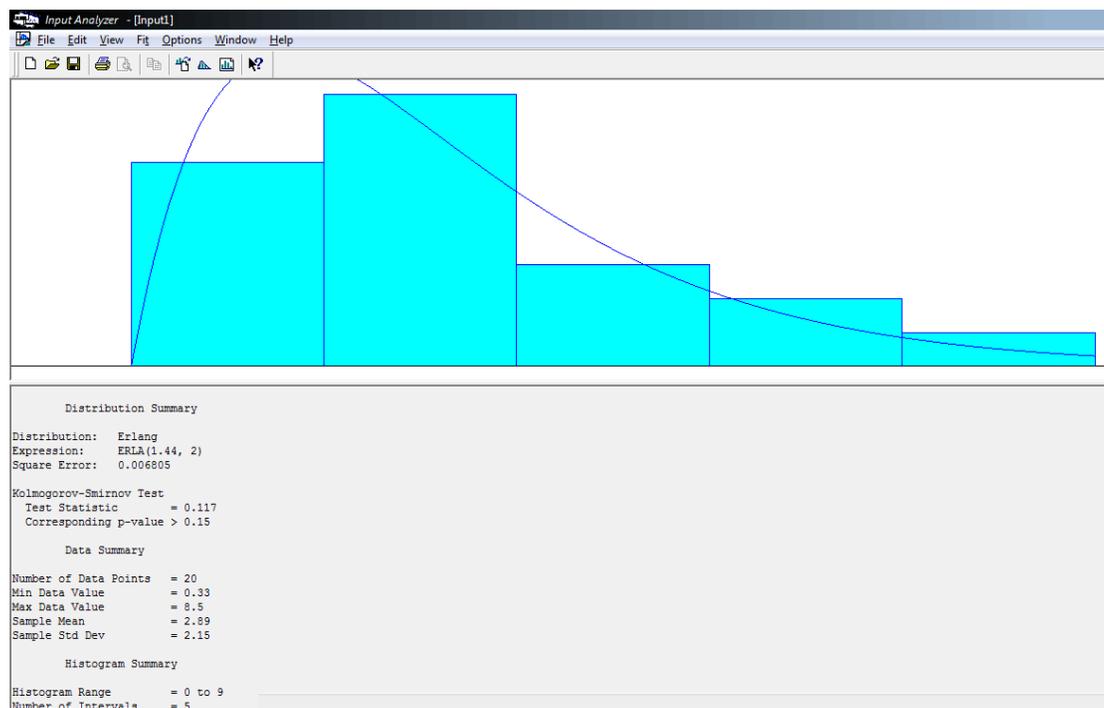


Figura 77: Distribución ajustada al tiempo de premezcla

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

La expresión que más se ajusta es $ERLA(1.44, 2)$. A continuación se muestra la gráfica de series en el tiempo, se puede observar que los datos son aleatorios e independientes.

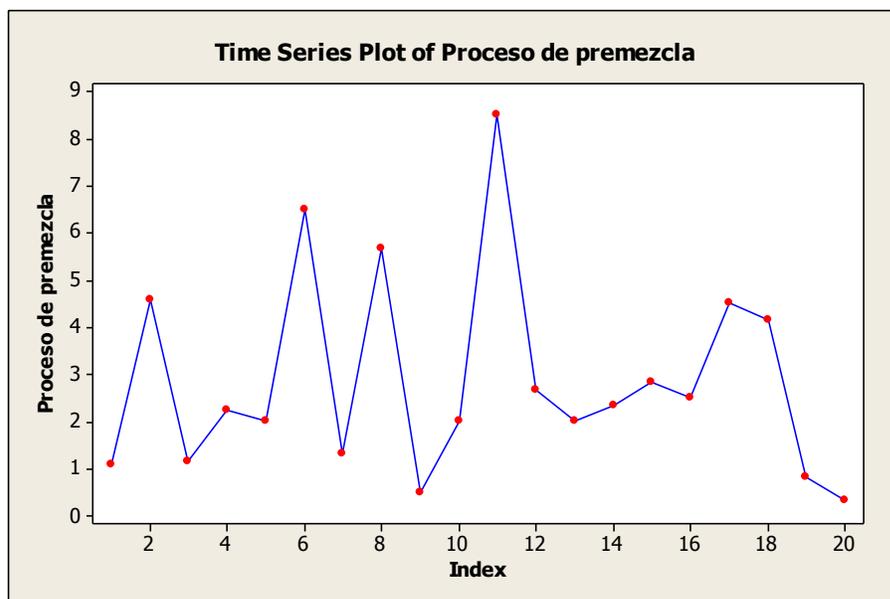


Figura 78: Series de tiempo para el proceso de premezcla

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

Proceso de empaque de harina

Este proceso tiene dos diferentes distribuciones dependiendo si la máquina de empaque está disponible. A continuación primeramente se muestra la forma de cálculo para determinar el porcentaje de tiempo que la máquina de empaque está disponible.

	Producción completa	Realizado en máquina	Porcentaje
Abril	67360	54030	0,802
Mayo	74050	51980	0,702
Junio	90100	62970	0,699
Julio	56920	36490	0,641
Agosto	73230	66910	0,914
Septiembre	77460	71040	0,917
Total	439120	343420	0,782

Tabla 52: Producción de empaque manual y en máquina

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

Se utilizará este porcentaje para determinar si la producción se realiza en la máquina o manualmente.

Procesado de empaçado en máquina

El ritmo de producción es marcado por la máquina, A continuación se muestran los tiempos en horas. De estos datos se comprobó igualmente los datos de los días 2, 12 y 17 de noviembre, que equivalen a nueve de los datos, asimismo los trabajadores redondean en múltiplos de 5 minutos (4%), lo cual no afecta significativamente a la distribución.

3,42	3,08	3,08
2,83	3,33	3,17
3,17	3,08	3,08
3,33	3,08	2,92
3,25	3,17	3,17

A continuación se muestra la distribución de los datos

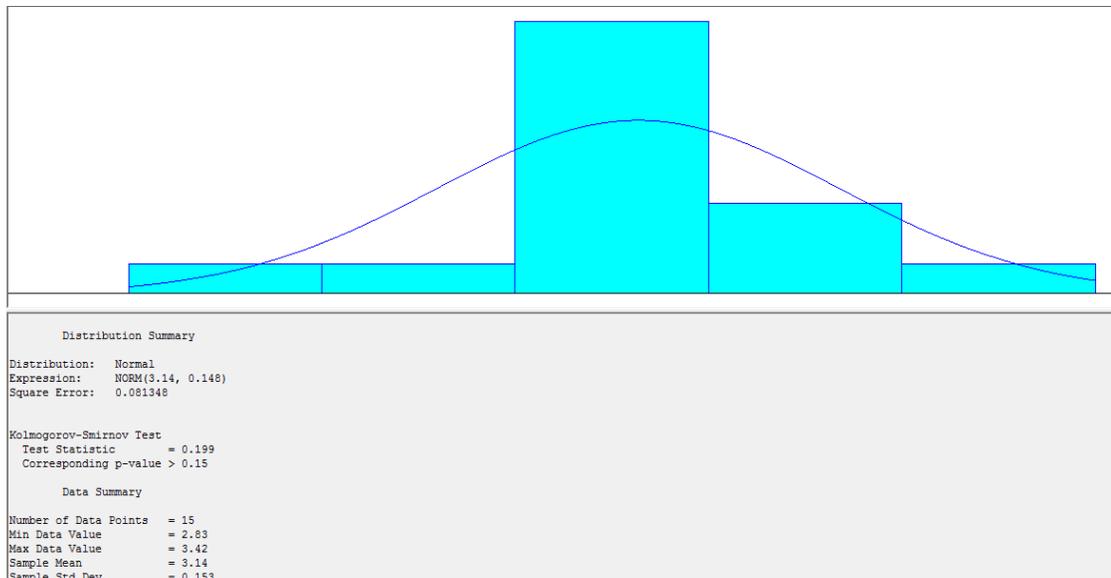


Figura 79: Distribución ajustada al tiempo de empaçado en máquina

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

La distribución que más explica los datos es NORM(3.14, 0.148). A continuación se muestra la gráfica de series en el tiempo, en donde no se observa ningún patrón en particular.

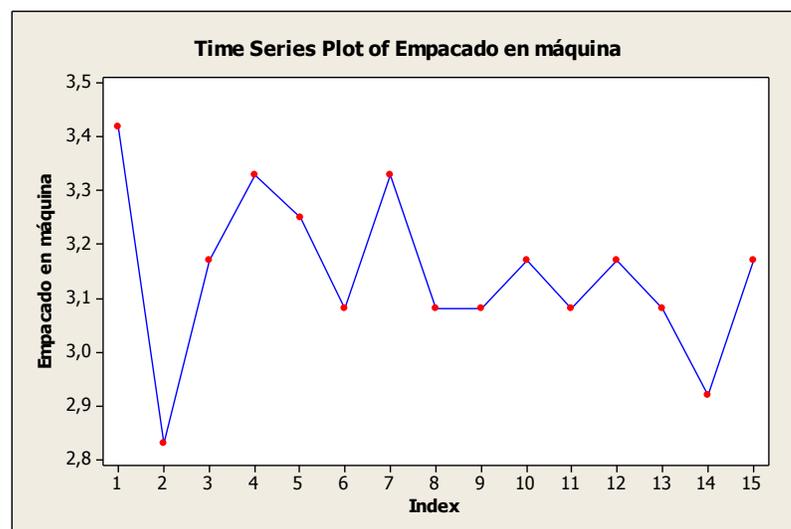


Figura 80: Serie de datos para el empaçado en máquina

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

Procesado de empacado manualmente

A continuación se muestran los datos recolectados del proceso manual. En este caso 3 datos fueron comprobados. Tomados los días 19 y 20 de noviembre. A continuación los datos con su respectiva distribución

4,17	3,83	4,33
4,08	4,00	
4,50	4,08	

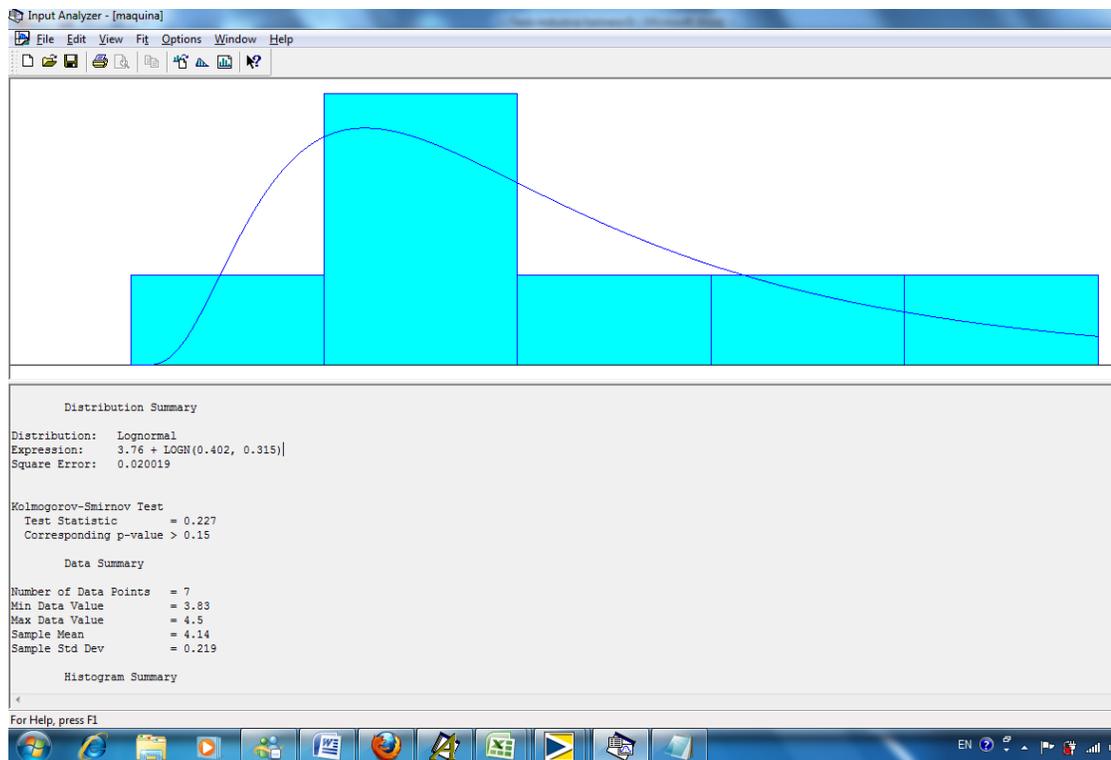


Figura 81: Distribución ajustada al tiempo de empaque manual
Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.

La distribución que más se ajusta es $3.76 + \text{LOGN}(0.402, 0.315)$. A continuación se muestra la gráfica de series en el tiempo del proceso, donde se aprecia que los datos son independientes y aleatorios, es importante recalcar que los pocos datos recolectados puede aparentar tendencias donde no es verdad.

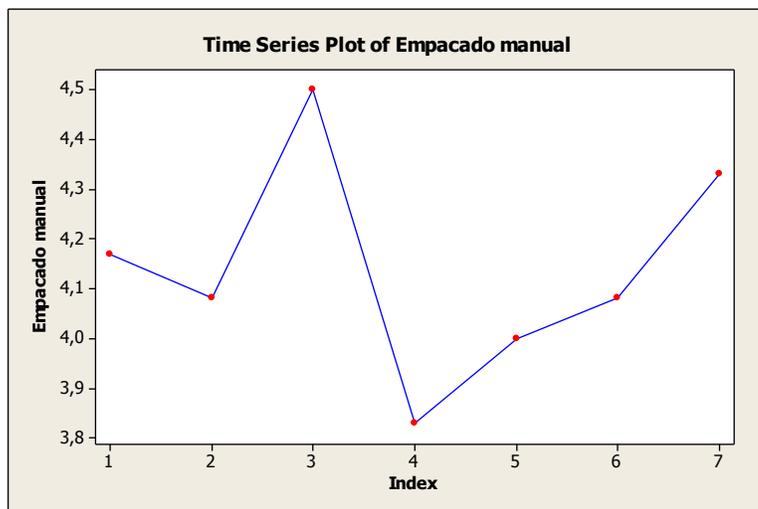


Figura 82: Series de tiempo del empacado manual

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera

Proceso de Delipan

Para los procesos que están entre 15 y 30 minutos se tomaron 10 datos, mientras que para los procesos de más de 30 minutos se tomaron 5 datos. Se resume la toma de datos por producto y se muestran seguidamente sus gráficas y distribuciones más ajustadas.

Rosquetas

Numero medido						
Mezclado	Manguero	Horno	Enfriado	Decorado	Secado	Empaque
31:19	31:20	54:10	30	31:12	30	41:42
29:31	29:31	55:8		33:19		41:36
33:8	29:57	59:14		32:12		40:23
33:35	31:11	54:20		35:23		42:41
33:20	29:53	55:50		33:18		40:55
32:1	30:3			35:15		47:0
33:45	31:56			33:24		40:36
33:9	34:58			33:22		40:2
32:26	35:2			31:43		42:5
32:25	30:35			33:9		43:22

Tabla 53: Toma de datos del procesamiento de Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

A continuación se muestra las series de tiempo para estos procesos. Donde se evidencia que no existen patrones de crecimiento o decrecimiento en los datos, además que tampoco se muestra una diferencia en la variabilidad de los datos, demostrando que los mismos son aleatorios e independientes. Es importante aclarar que por la poca cantidad de datos, se podría pensar que existen tendencias donde no hay.

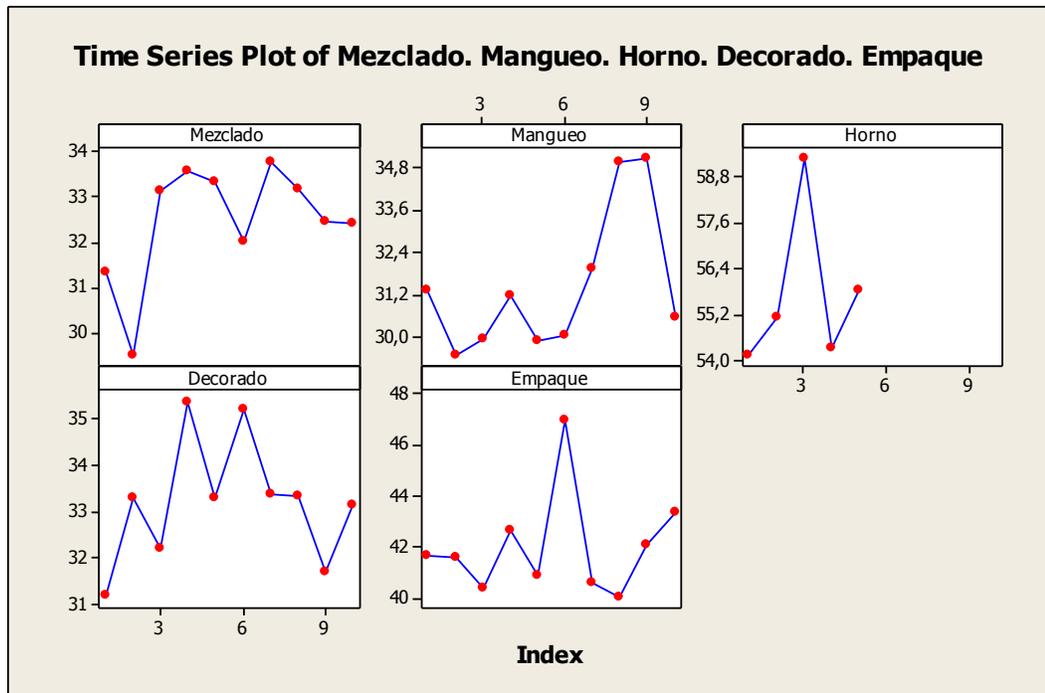


Figura 83: Series de tiempo para los procesos de Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

Mezclado

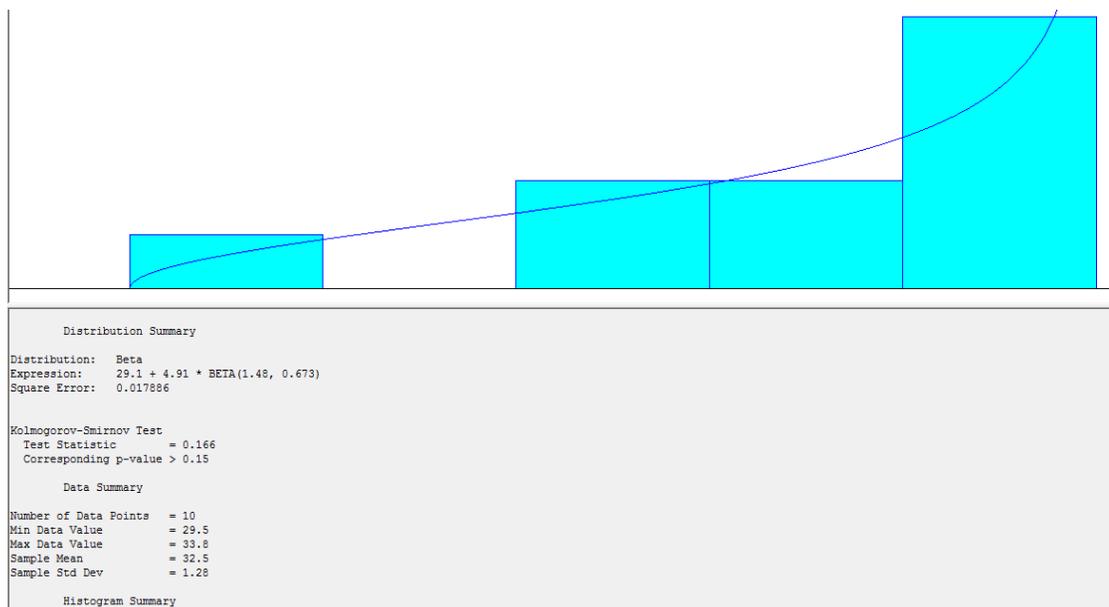


Figura 84: Distribución ajustada al tiempo de mezclado en Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$29.1 + 4.91 * \text{BETA}(1.48, 0.673)$$

Manguero

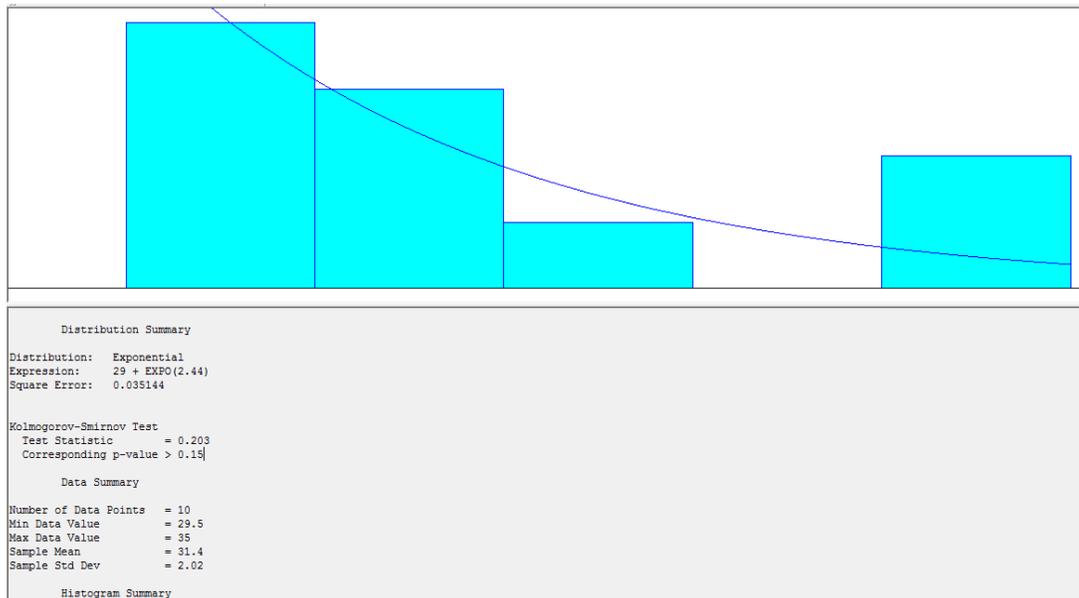


Figura 85: Distribución ajustada a tiempo de manguero en Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

$$29 + \text{EXPO}(2.44)$$

Horno

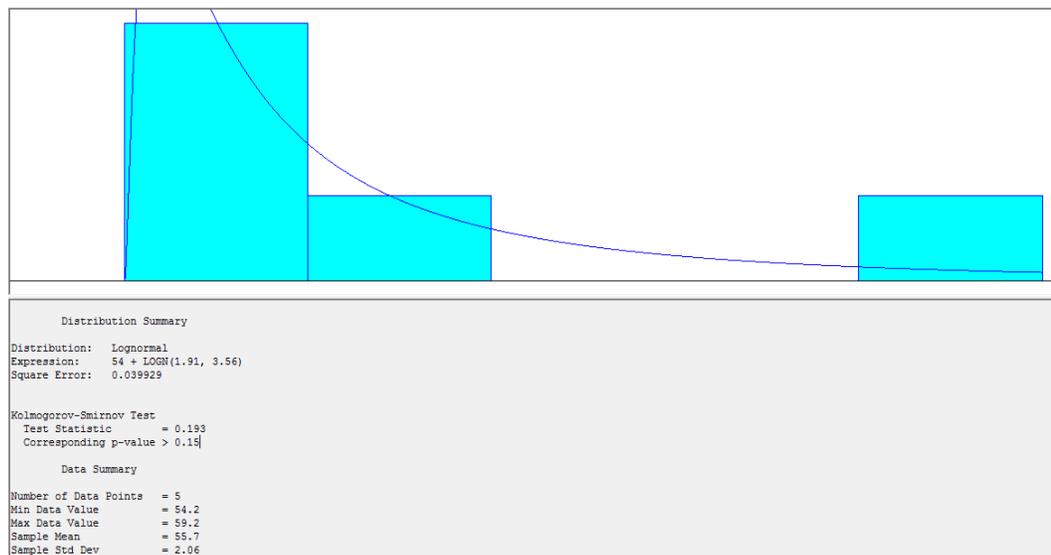


Figura 86: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

$$54 + \text{LOGN}(1.91, 3.56)$$

Decorado

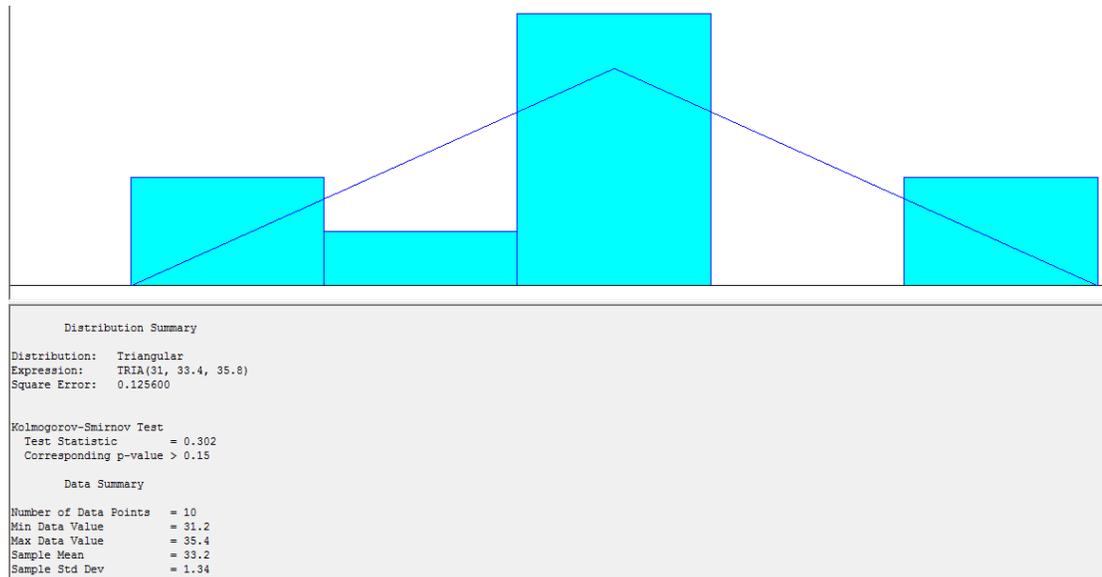


Figura 87: Distribución ajustada al tiempo de decorado de Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

TRIA(31, 33.4, 35.8)

Empacado

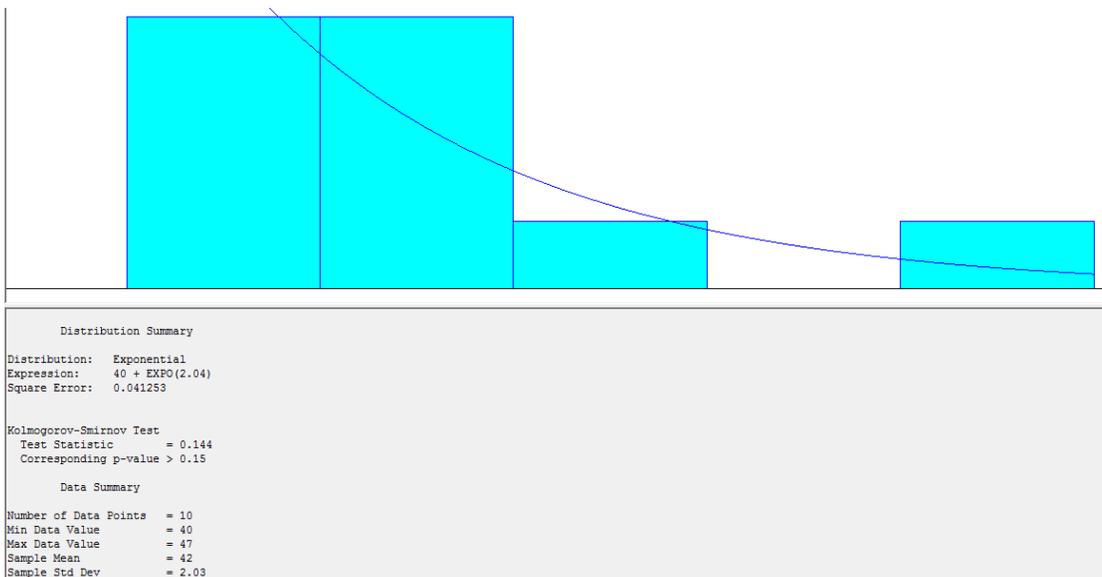


Figura 88: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Rosquetas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

40 + EXPO(2.04)

Orejas

Numero medido							
Mezclado	Laminado	Horno	Enfriado	Formado	Refrigerado	Estirado	Empaque
35:57	14:13	48:15	30	30:15	12	10:32	38:27
36:46	14:35	50:55		27:17		12:38	36:36
32:52	16:14	49:50		28:2		12:2	37:12
43:5	18:57	50:40		31:24		11:46	38:51
35:11	17:16	50:9		28:20		12:50	36:53
36:45	17:35			30:14		12:54	35:51
32:5	14:58			26:34		12:6	38:12
34:4	15:40			25:37		11:32	37:60
34:53	18:08			28:44		10:43	39:56
32:56	14:44			30:9		12:38	36:16

Tabla 54: Tiempos en la elaboración de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

A continuación se muestra las gráficas de series de tiempo para los diferentes procesos en la elaboración de Orejas. No se aprecia ninguna evidencia donde los datos no sean aleatorios o independientes. La poca cantidad de datos recolectados puede aparentar que existen patrones inexistentes.

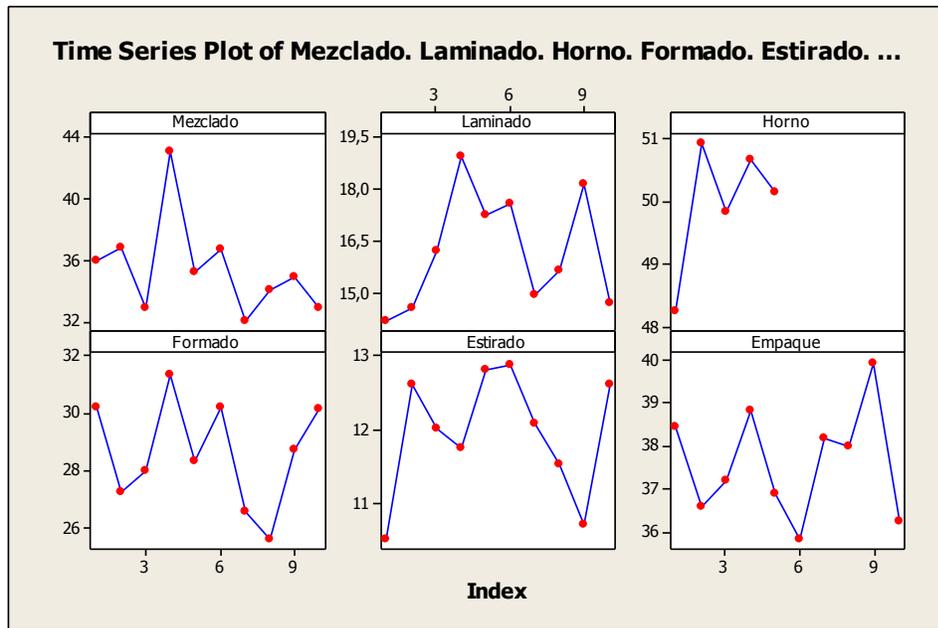


Figura 89: Series de tiempo para los procesos de elaboración de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

Mezclado

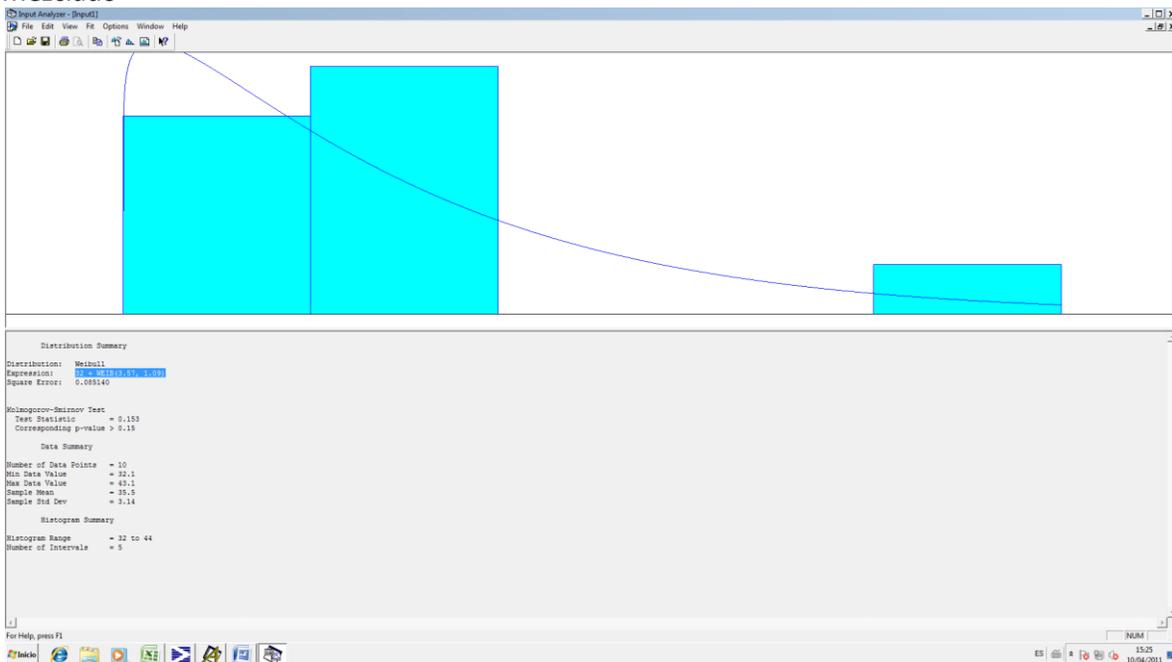


Figura 90: Distribución ajustada al tiempo de mezclado de Orejas

$$32+WEIB(3.57, 1.09)$$

Laminado

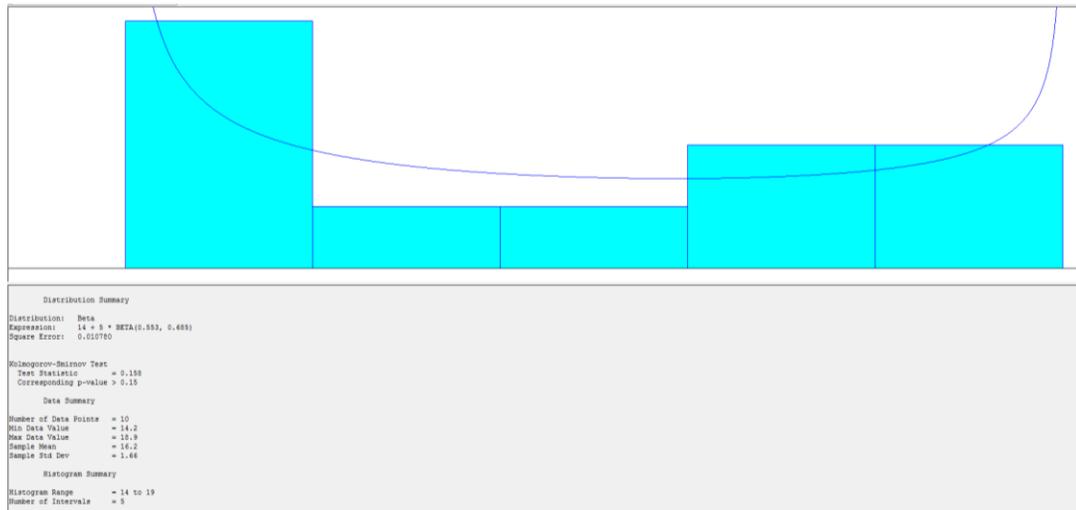


Figura 91: Distribución ajustada al tiempo de laminado de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$14+5*\text{BETA}(0.553, 0.685)$$

Estirado

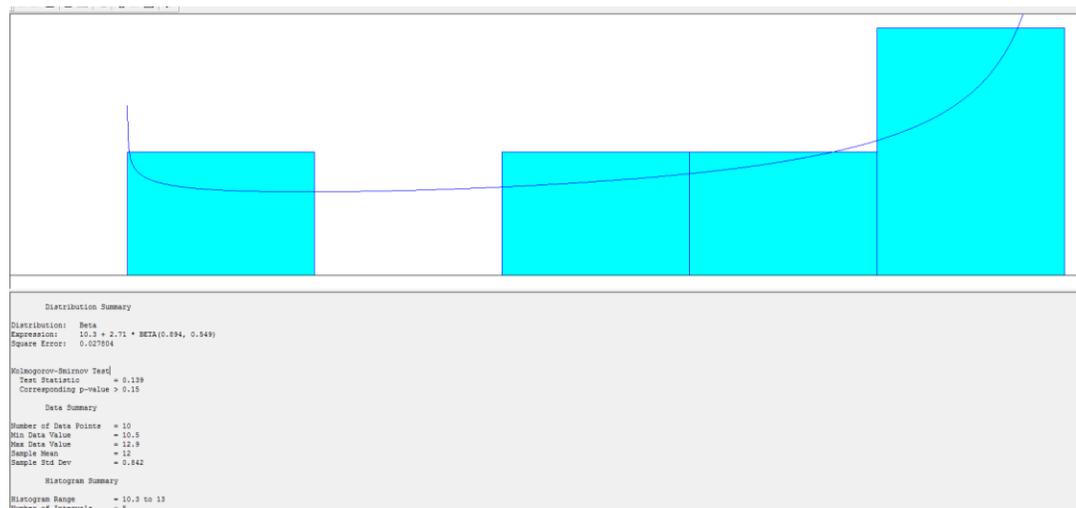


Figura 92: Distribución ajustada al tiempo de estirado de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$10.3 + 2.71 * \text{BETA}(0.894, 0.549)$$

Formado

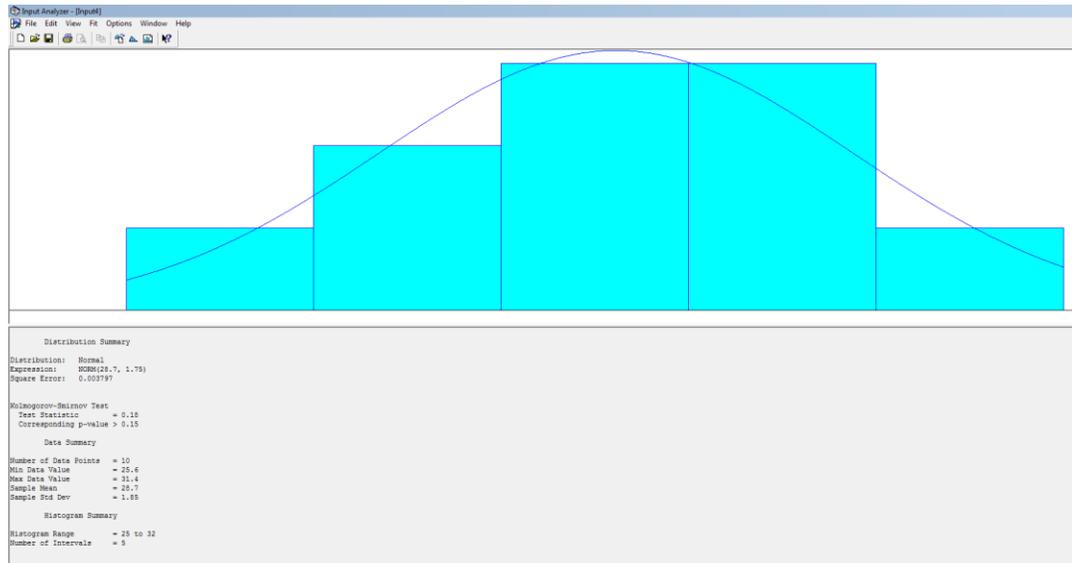


Figura 93: Distribución ajustada al tiempo de formado de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

NORM(28.7, 1.75)

Horno

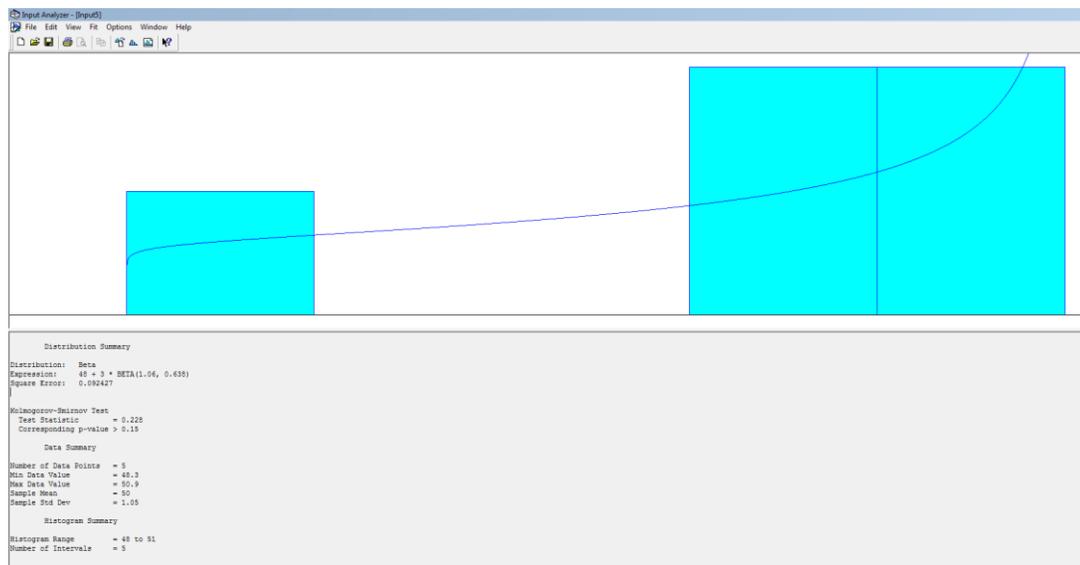


Figura 94: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

48+3*BETA(1.06, 0.638)

Empacado

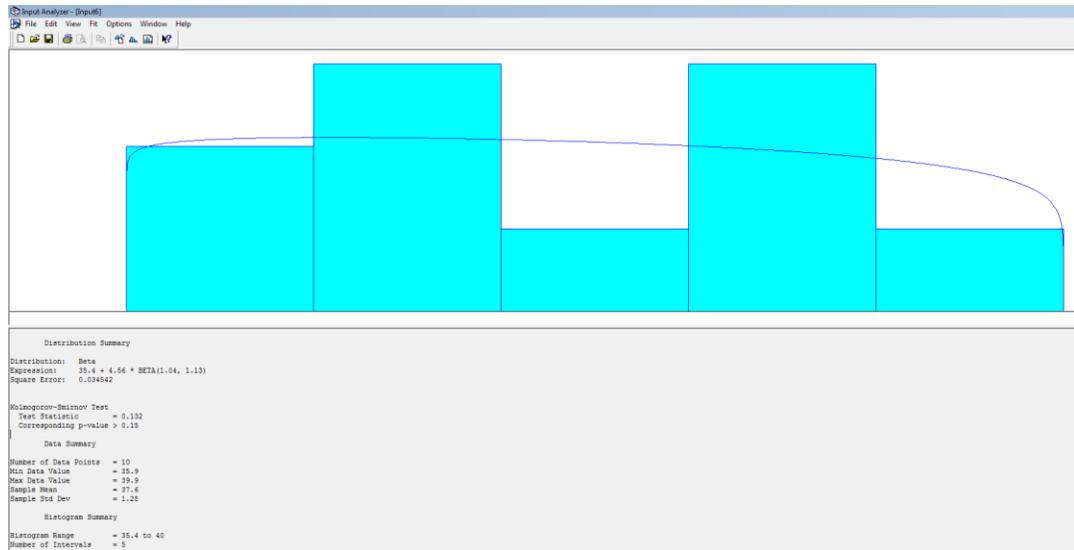


Figura 95: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Orejas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$35.4+4.56*BETA(1.04, 1.13)$$

Aplanchados

Numero medido							
Mezclado A	Laminado A	Horno A	Refrigerado A	Estirado A	Enfriado A	Formado A	Empaque
17:42	23:45	29:2	12	12:37	30	61:57	38:17
20:6	24:12	29:38		13:26		58:48	37:57
18:12	24:7	30:26		12:22		57:13	38:37
19:0	24:42	30:59		12:9		60:50	37:25
18:46	23:44	29:35		12:13		61:50	38:28
18:29	23:21			15:45		56:28	39:45
17:10	24:49			12:27		57:29	38:15
18:4	23:46			12:15		58:17	39:33
17:28	23:49			12:28		63:37	38:27
20:17	24:33			12:11		65:4	37:40

Tabla 55: Tiempos de la elaboración de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

A continuación se muestra las gráficas de series en el tiempo para los procesos de elaboración de aplanchados. En los mismos no se aprecia evidencia para considerar que los datos no son aleatorios o independientes.

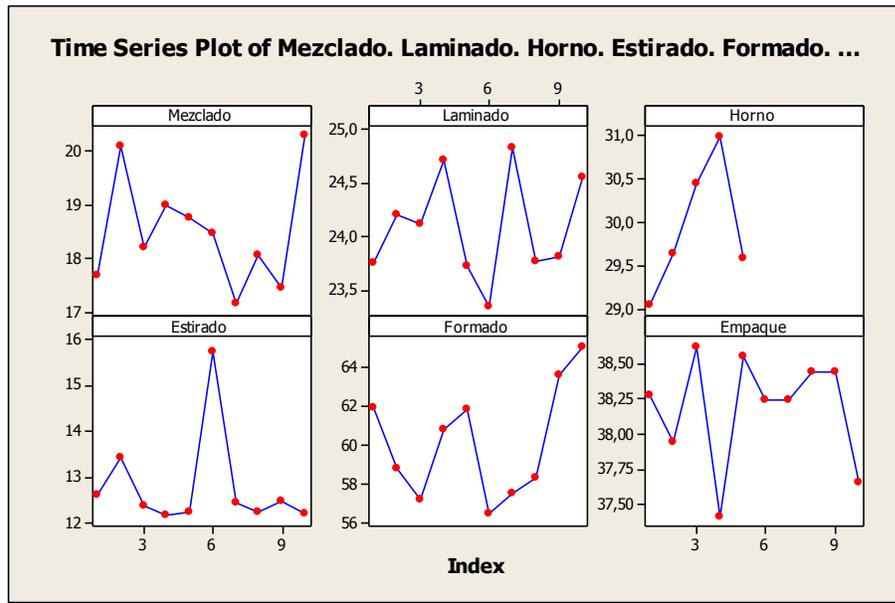


Figura 96: Serie de tiempos de los datos para la elaboración de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

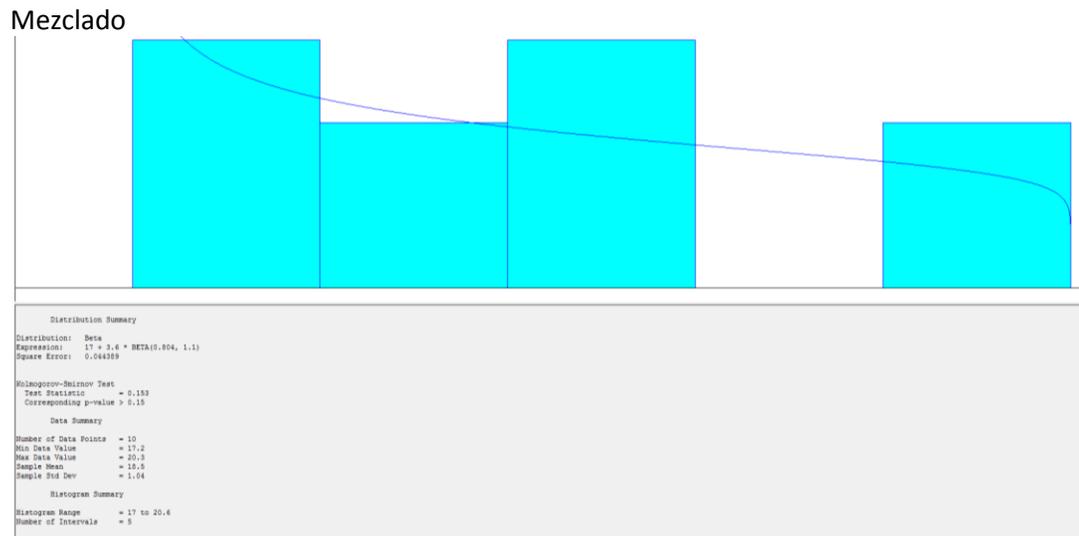


Figura 97: Distribución ajustada al tiempo de mezclado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

$$17+3.6*BETA(0.804, 1.1)$$

Laminado

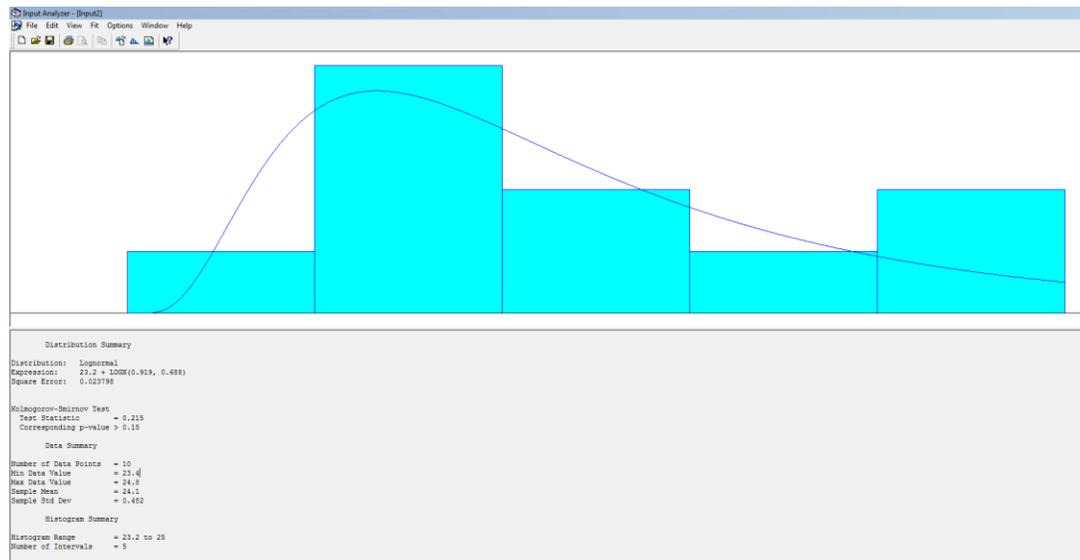


Figura 98: Distribución ajustada al tiempo de laminado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$23.2 + \text{LOGN}(0.919, 0.688)$$

Estirado

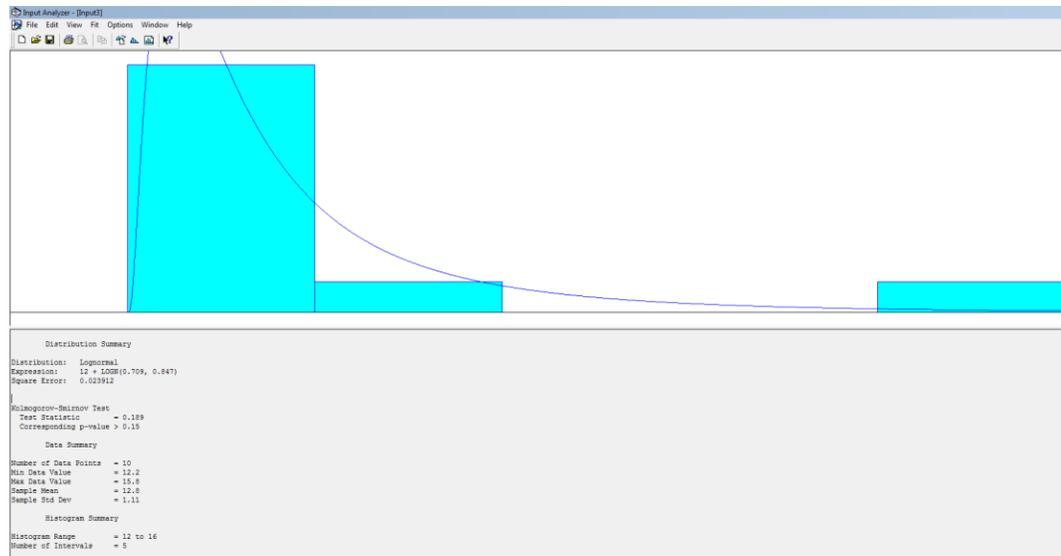


Figura 99: Distribución ajustada al tiempo de estirado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$12 + \text{LOGN}(0.709, 0.847)$$

Formado

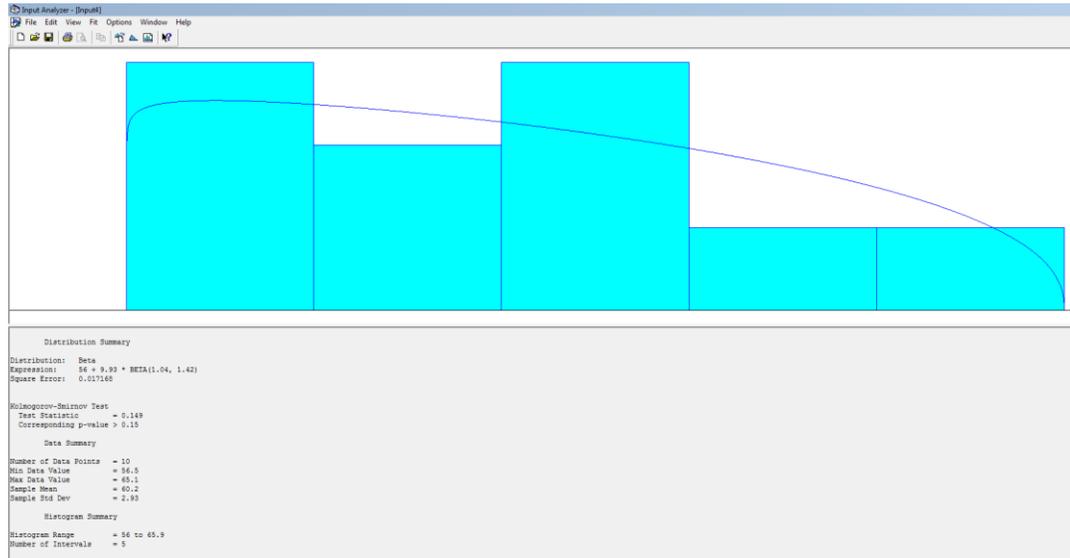


Figura 100: Distribución ajustada al tiempo de formado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$56 + 9.93 * \text{BETA}(1.04, 1.42)$$

Horno

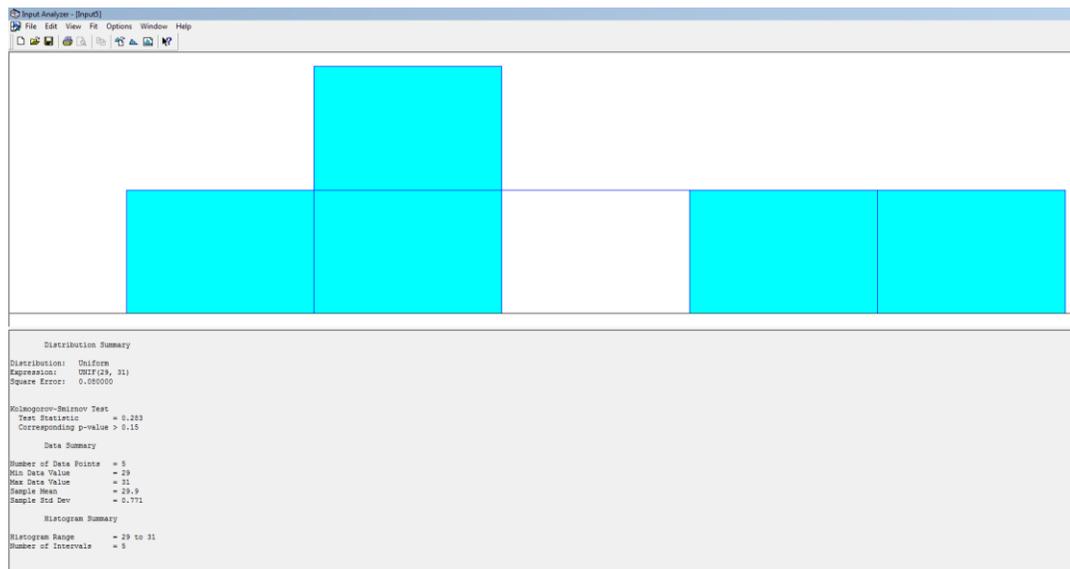


Figura 101: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$\text{UNIF}(29, 31)$$

Empacado

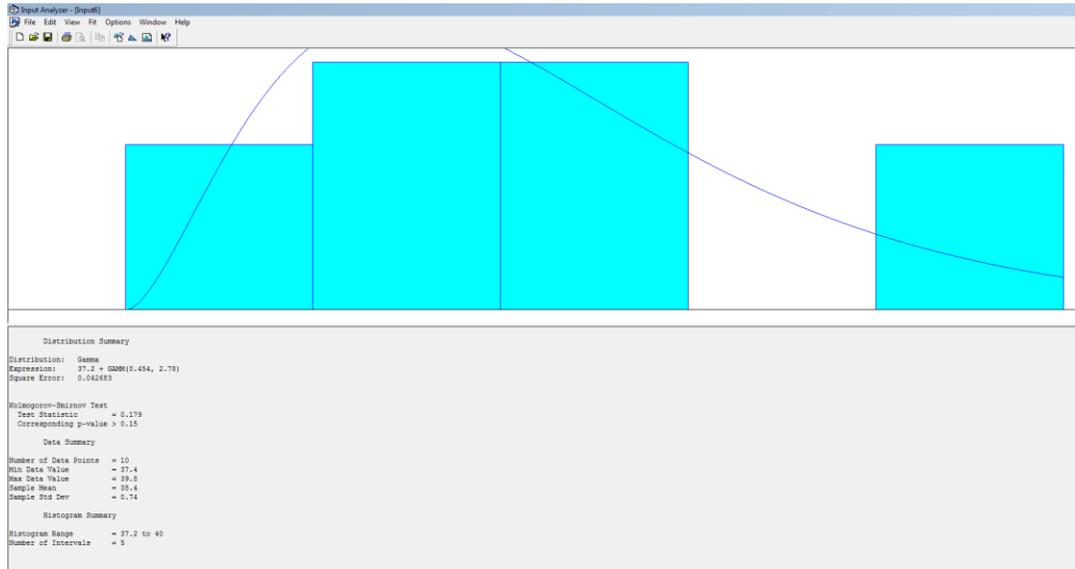


Figura 102: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Aplanchados

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

 $37.2 + \text{GAMM}(0.454, 2.78)$

Bizcochos

Numero medido				
Amasado BS	Formado BS	Horno BS	Enfriado BS	Empaque BS
0:1475	50:35	42:49	30	50:52
0:1444	49:39	44:25		53:3
0:1649	47:54	44:3		53:35
0:1496	51:58	41:27		50:9
0:1521	48:44	39:48		51:24
0:1730	54:57			50:33
0:1532	48:28			52:42
0:1471	47:33			51:52
0:1593	50:51			50:35
0:1486	47:55			51:6

Tabla 56: Tiempos tomados para la elaboración de bizcochos

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

A continuación se muestra la gráfica de series en el tiempo para los procesos de elaboración de bizcochos de sal. Donde se evidencia que no existen patrones de crecimiento o decrecimiento en los datos, además que tampoco se muestra una diferencia en la variabilidad de los datos, demostrando que los mismos son aleatorios e independientes. Es importante aclarar que por la poca cantidad de datos, se podría pensar que existen tendencias donde no hay.

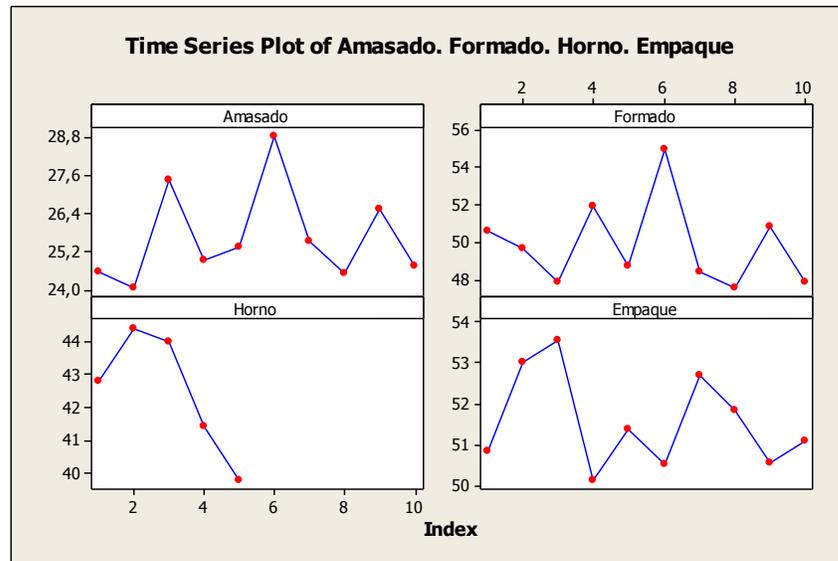


Figura 103: Series en el tiempo para los procesos de elaboración de bizcochos

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

Amasado

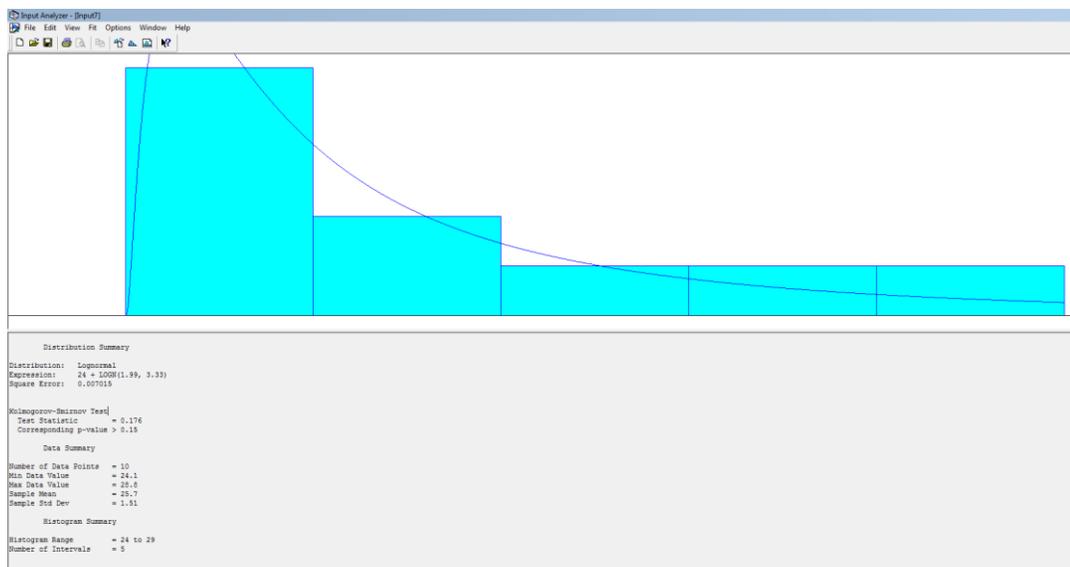


Figura 104: Distribución ajustada al tiempo de amasado de Bizcochos de sal

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

$$24 + \text{LOGN}(1.99, 3.33)$$

Formado

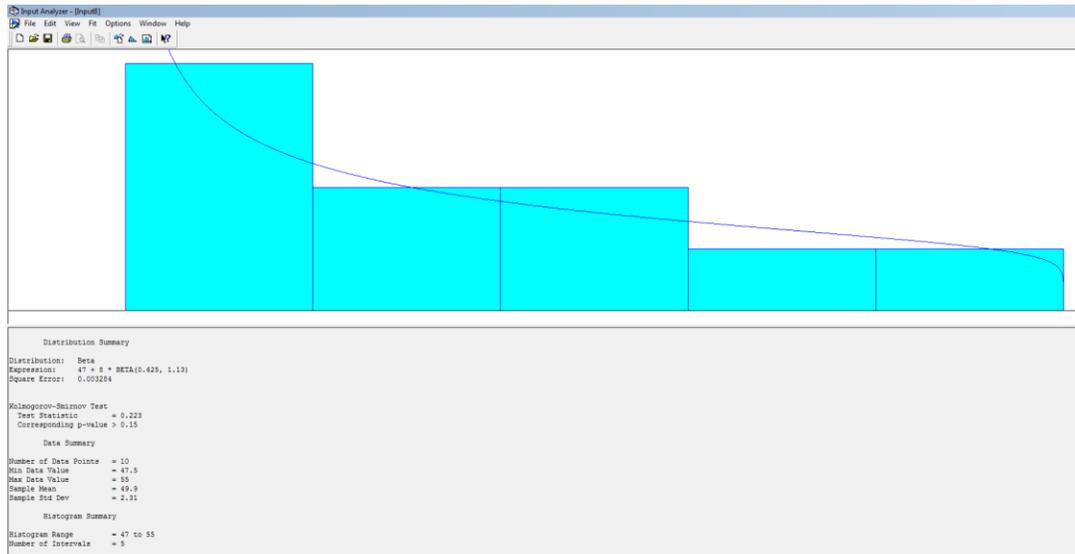


Figura 105: Distribución ajustada al tiempo de formado de Bizcochos de sal

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$47+8*\text{BETA}(0.625, 1.13)$$

Horno

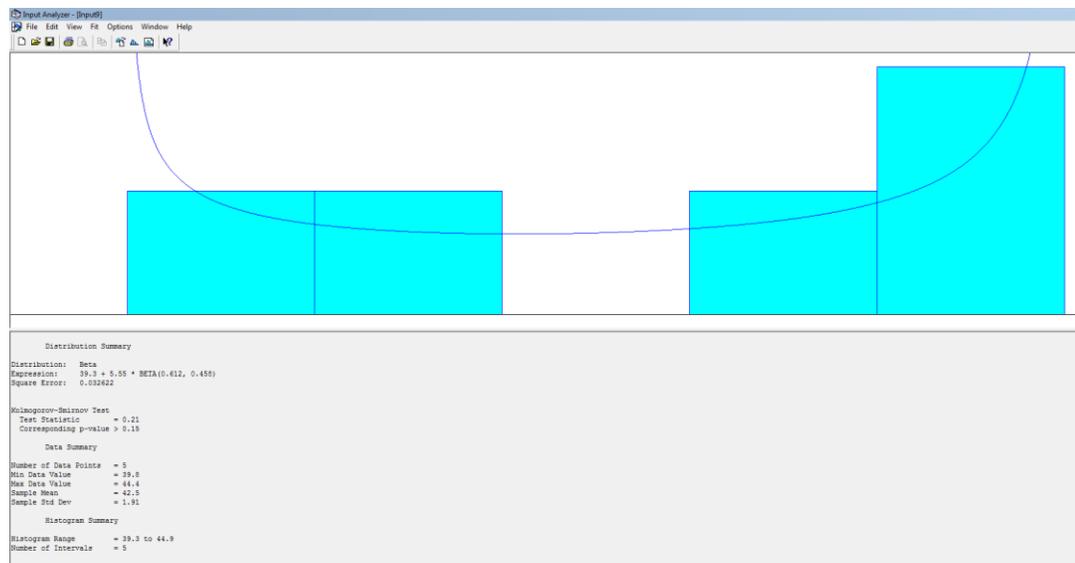


Figura 106: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Bizcochos de sal

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

$$39.3 + 5.55 * \text{BETA}(0.612, 0.458)$$

Empacado

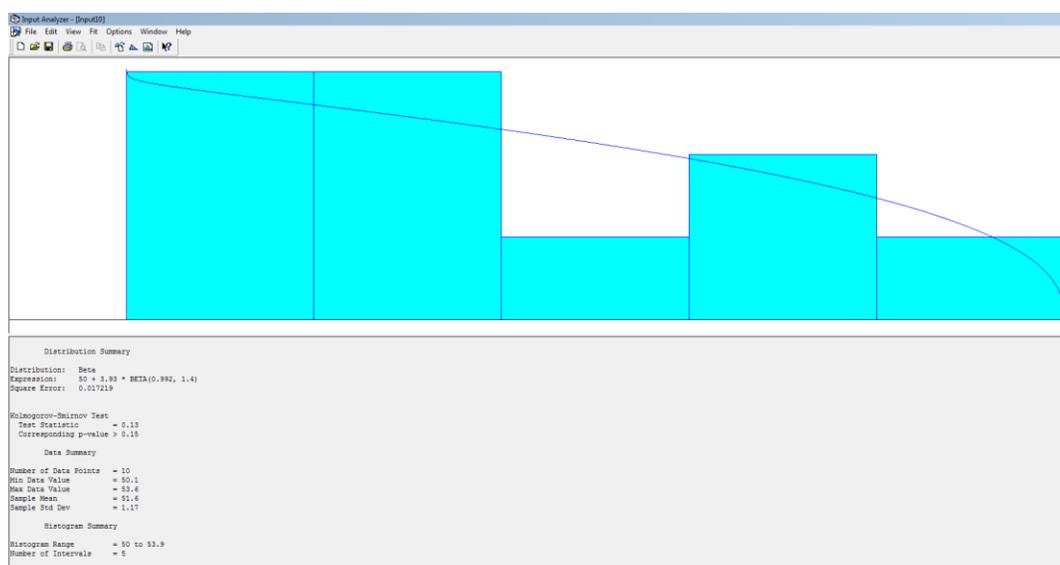


Figura 107: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Bizcochos de sal

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$50+3.93*\text{BETA}(0.992, 1.4)$$

Melvas

Numero medido						
Mezclado	Manguero	Horno	Enfriado	Decorado	Secado	Empaque
52:22	35:25	57:56	30	62:02	40	64:1
51:17	30:35	59:2		62:01		60:20
54:10	41:8	60:18		61:17		61:44
56:45	33:57	57:13		60:06		60:11
49:55	31:36	57:25		61:39		63:12
48:24	34:11			60:35		75:51
56:43	34:48			60:20		60:16
53:0	34:13			60:23		64:18
54:25	30:40			61:08		64:20
55:54	30:28			61:46		64:43

Tabla 57: Tiempos tomados en la elaboración de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan.

A continuación se muestra la gráfica de series en el tiempo para los procesos de elaboración de melvas. Donde se evidencia que no existen patrones de crecimiento o decrecimiento en los datos, además que tampoco se muestra una diferencia en la variabilidad de los datos, demostrando que los mismos son aleatorios e independientes. Es importante aclarar que por la poca cantidad de datos, se podría pensar que existen tendencias donde no hay.

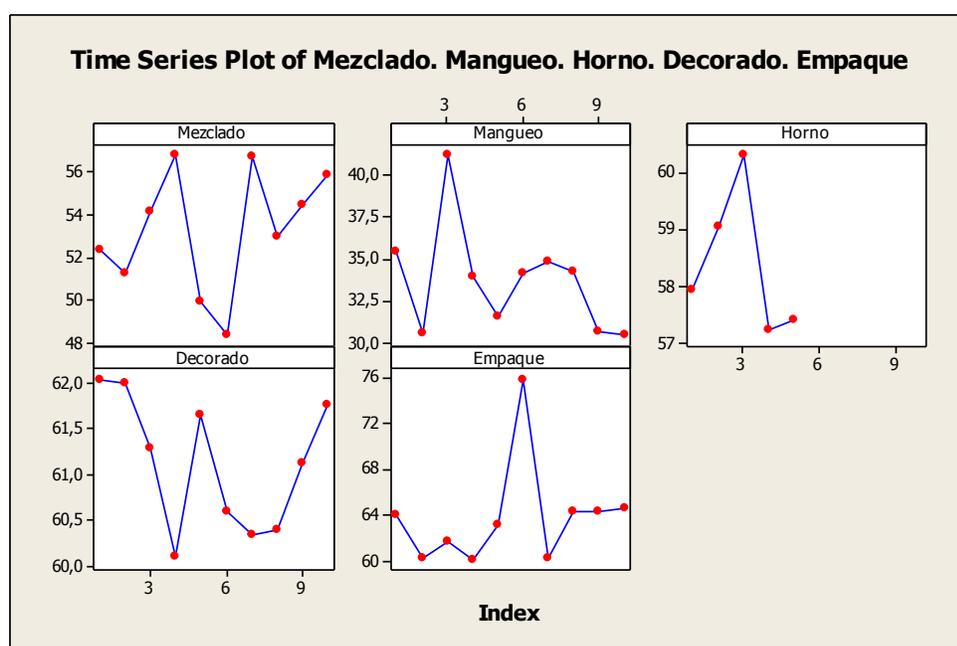


Figura 108: Series de tiempo para los procesos de elaboración de melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

Amasado

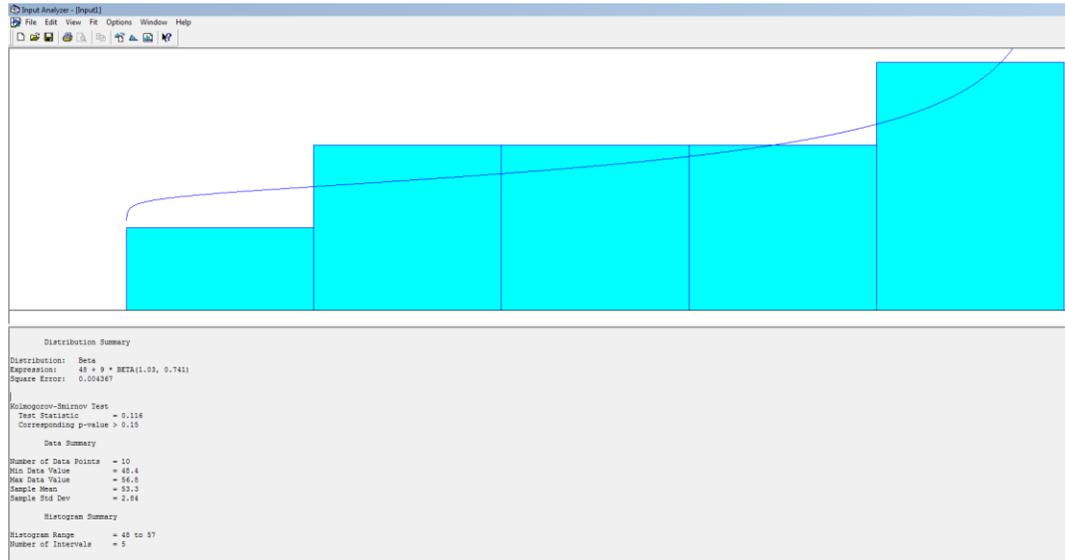


Figura 109: Distribución ajustada al tiempo de amasado de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$48 + 9 * \text{BETA}(1.03, 0.741)$$

Formado

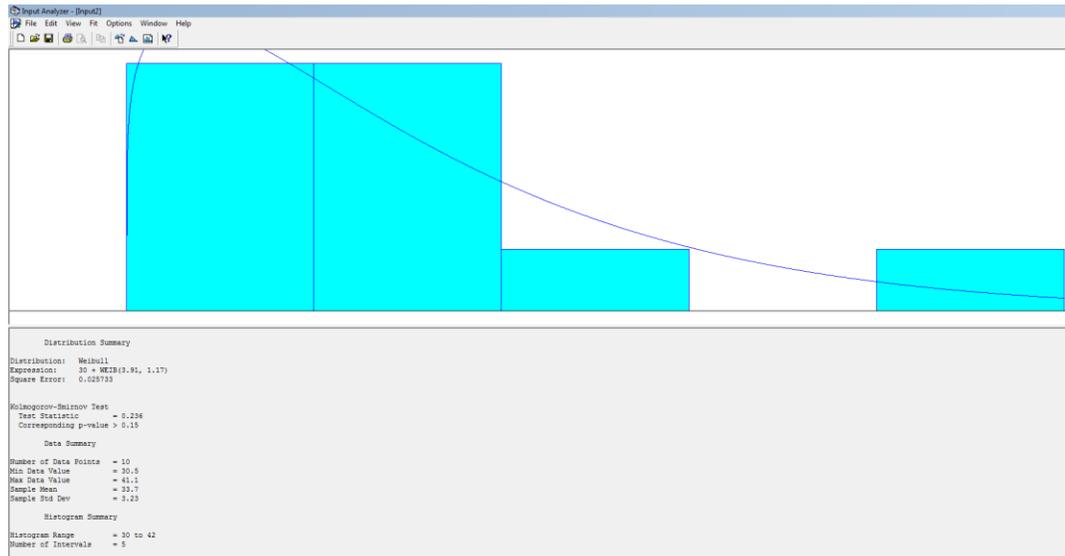


Figura 110: Distribución ajustada al tiempo de formado de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$30 + \text{WEIB}(3.91, 1.17)$$

Horno

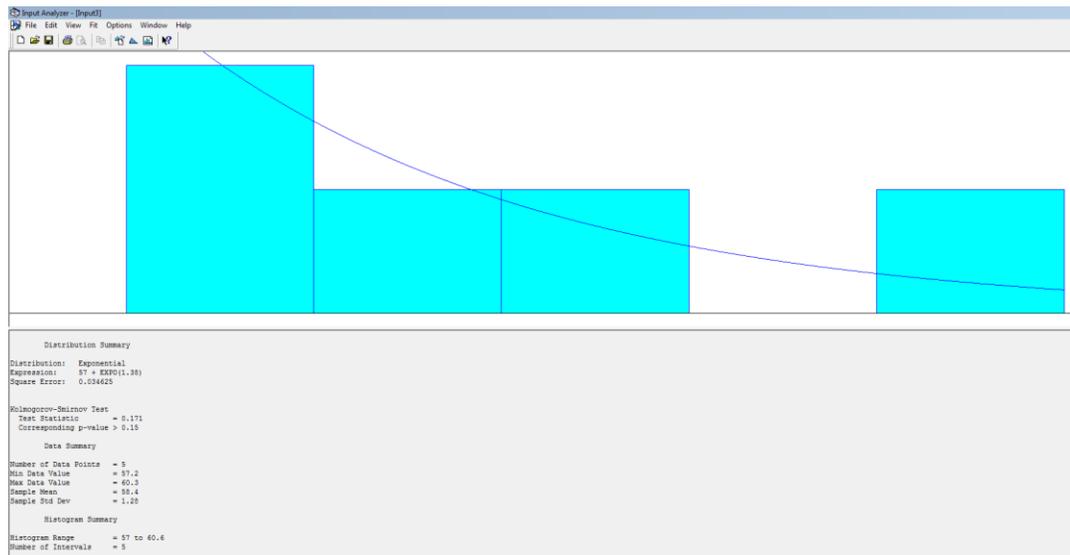


Figura 111: Distribución ajustada al tiempo de horneado de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$57 + \text{EXPO}(1.38)$$

Decorado

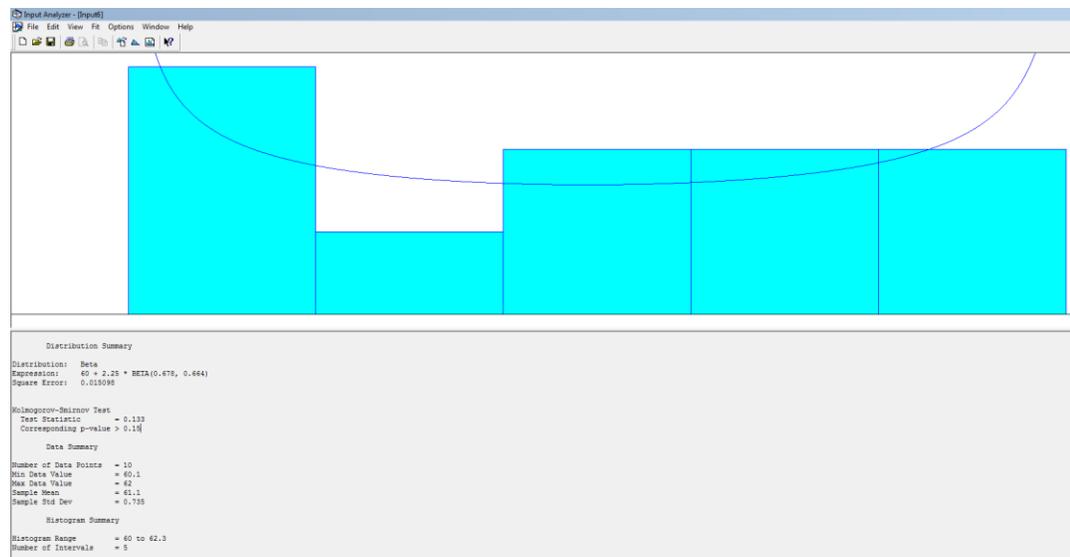


Figura 112: Distribución ajustada al tiempo de decorado de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$$60 + 2.25 * \text{BETA}(0.678, 0.664)$$

Empacado

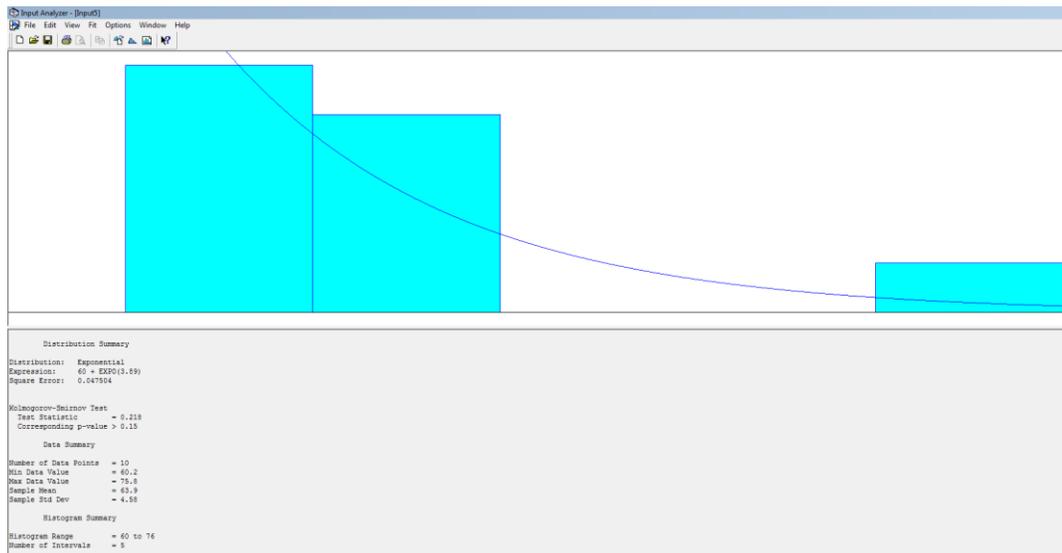


Figura 113: Distribución ajustada al tiempo de empacado de Melvas

Fuente: Silvia Guerrero. Delipan

$60 + \text{EXPO}(3.89)$

Anexo 3

A continuación se muestra las pruebas de hipótesis entre lo obtenido por la simulación y la realidad.

Aplanchados

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	7615	218	109
2	10	7655	543	172

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: -40

95% CI for difference: (-487.408)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,19 P-Value = 0,850 DF =

11

Bizcocho SAL

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	7395	158	79
2	10	7128	361	114

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: 267

95% CI for difference: (-39.573)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,92 P-Value = 0,081 DF = 11

Empaque Manual

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	17603	1048	524
2	10	16710	578	183

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: 893

95% CI for difference: (-873.2659)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,61 P-Value = 0,206 DF = 3

Empaque Media Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	60417	1171	585
2	10	59480	1435	454

Difference = mu (1) - mu (2)
 Estimate for difference: 937
 95% CI for difference: (-875. 2750)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,27 P-Value = 0,253 DF = 6

Orejas Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	8479	175	88
2	10	8621	326	103

Difference = mu (1) - mu (2)
 Estimate for difference: -142
 95% CI for difference: (-443. 159)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1,05 P-Value = 0,318 DF =

10

Premezcla Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	35076	1414	707
2	10	34291	3571	1129

Difference = mu (1) - mu (2)
 Estimate for difference: 784
 95% CI for difference: (-2148. 3717)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,59 P-Value = 0,568 DF = 11

Rosquetas

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	9026	130	65
2	10	8777	430	136

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: 249

95% CI for difference: (-83. 580)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,65 P-Value = 0,127 DF = 11

Melvas

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	5233	180	90
2	10	5004	213	67

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: 229

95% CI for difference: (-46. 504)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,04 P-Value = 0,088 DF = 6

Sacos de harina

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	17536	222	111
2	10	17490	292	92

Difference = μ (1) - μ (2)

Estimate for difference: 46

95% CI for difference: (-295. 388)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,32 P-Value = 0,757 DF = 7

Sacos Semiproducto

Two-Sample T-Test and CI

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	4	4522	128	64
2	10	4464	106	33

Difference = $\mu (1) - \mu (2)$
 Estimate for difference: 57,5
 95% CI for difference: (-142,7. 257,7)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,80 P-Value = 0,470 DF = 4

Producto	Datos tomados			
	real 1	real 2	real 3	real 4
Aplanchados	7421	7920	7504	7615
Bizcocho sal	7187	7569	7430	7395
empaque manual	17230	18420	17160	17603
empaque maquina	59214	62004	60034	60417
Orejas	8238	8649	8550	8479
premezcla	33450	36898	34879	35075
Rosquetas	8845	9143	9089	9025
Melvas	4980	5340	5380	5233
Sacos de harina	17369	17850	17390	17536
Sacos de semiproducto	4399	4698	4468	4521

Tabla 58: Datos más grandes en el último año y medio de los diferentes productos.

Fuente: Francisco Sánchez. La Industria Harinera.