

Modelo Matemático enfocado a la Planeación de la Producción, Mediante la Teoría de las  
Restricciones, caso de Aplicación: Panificadora Queepan

Fernando Morales Botero  
Gustavo David Vergara Hoyos

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de ciencias básicas, ingeniería y arquitectura  
Ingeniería industrial  
Sincelejo - Sucre  
2019

Modelo Matemático Enfocado a la Planeación de la Producción, Mediante la Teoría de las  
Restricciones, Caso de Aplicación: Panificadora Queepan

Fernando Morales Botero  
Gustavo David Vergara Hoyos

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Director  
Rafael Merlano Porto

Codirector  
Cesar José Vergara Rodríguez


Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura  
Ingeniería Industrial  
Sincelejo - Sucre  
2019

### Nota de Aceptación

4,35



Director



Evaluador 1



Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, el día 18 de Octubre de año 2019

### **Agradecimientos**

La investigación realizada en este documento, fue gracias a la colaboración de muchas personas que dedicaron parte de su tiempo en revisar contenidos, brindar consejos y apoyar en los momentos difíciles, por lo cual queremos dedicarle un espacio en agradecimiento a esa ayuda idónea.

En primera instancia, al director de este proyecto el Mg. Ing. Rafael Merlano, el cual proporciono las bases para desarrollar esta investigación y con su sabiduría nos guio hasta finiquitarlo, al Mg. Ing. José Ruiz el cual fue apoyo en la elaboración del modelo matemático, que con su conocimiento fue posible el planteamiento y desarrollo. A mi madre María Botero quien nos ayudó en la revisión de la sintaxis y semántica en el documento final, y por último, a mi compañera de vida, Sara Reyes, quien soportó tiempo de arduo trabajo y poca atención.

**Fernando Morales Botero.**

### **Agradecimientos**

La presente investigación constó de un arduo trabajo a lo largo de su desarrollo, en el cual participaron directa e indirectamente algunas personas, las mismas que aportaron un poco de su tiempo, conocimiento y ayuda incondicional desde todos los puntos de vista.

Por lo cual, es grato resaltar mi agradecimiento primeramente a Dios por la vida y su perfecta voluntad y a personas como: Mg. Ing Rafael Merlano, Director del presente proyecto de investigación, por su conocimiento y direccionamiento de principio a fin, a mi familia por su gran apoyo incondicional, especialmente a mi madre, Sr. Carmenza Hoyos Fuentes, por su dedicación y colaboración en las noches y madrugadas de estudio, en las que siempre estuvo presente para lo que necesitara y además agradecerle a mi compañera sentimental por su comprensión en todos los momentos en los que no pudimos compartir juntos, pero en los que siempre estuvo a la expectativa para lo que necesitara.

**Gustavo Vergara Hoyos.**

## Tabla de Contenido

Resumen.....	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
1 Título 0: Problemática.....	20
1.1 Planteamiento del problema.....	20
1.2 Objetivos.....	24
1.2.1 Objetivo general.....	24
1.2.2 Objetivos específicos.....	24
1.3 Metodología.....	25
1.3.1 Fase 1: Revisión bibliográfica.....	25
1.3.2 Fase 2: Caracterización del sistema productivo,.....	25
1.3.3 Fase 3: Desarrollar el modelo matemático.....	26
1.3.4 Fase 4: Validación del modelo matemático y cálculo de productividad.....	26
1.3.5 Fase 5: Evaluar financieramente y consolidación de TOC.....	27
2 Título 1: Revisión Bibliográfica.....	28
2.1 Marco conceptual.....	28
2.1.1 Planeación y control de la producción (PP). ....	28
2.1.2 Planeación agregada.....	28
2.1.3 Plan maestro de producción (MPS).....	29
2.1.4 Plan de requerimiento de materiales (MRP). ....	29
2.1.5 Inventario. ....	30
2.1.6 Gastos operativos. ....	30
2.1.7 Throughput.....	31
2.1.8 Estudio de tiempos y métodos. ....	31
2.1.9 Pronósticos.....	31
2.1.10 Productividad. ....	31
2.2 Estado del arte.....	32
2.2.1 Planeación de la producción. ....	32
2.2.2 Teoría de las restricciones (TOC). ....	33

2.2.3	Ingeniería de métodos.....	34
2.2.4	Pronostico.....	36
2.2.5	Modelos de programación.....	36
2.3	Antecedentes de modelos matemáticos en gestión de la producción.....	38
3	Título 2: Caracterización del Sistema Productivo.....	41
3.1	QUEEPAN.....	41
3.2	Políticas de producción.....	41
3.3	Descripción del sistema de producción.....	42
3.4	Estudio de tiempos.....	43
3.4.1	Líneas de productos.....	45
3.4.2	Procesos de fabricación por línea productiva.....	48
3.4.3	Actividades por proceso en las líneas productivas.....	50
3.4.4	Flujo de proceso.....	54
3.4.5	Medida del estándar.....	58
3.4.6	Tamaño de la muestra.....	58
3.4.7	Tiempos observados.....	60
3.4.8	Calificación de desempeño.....	62
3.4.9	Holguras.....	63
3.4.10	Cálculo de tiempo normal.....	65
3.4.11	Cálculo de tiempo estándar.....	67
3.5	Estudio de capacidad.....	69
3.5.1	Análisis de estaciones.....	70
3.5.2	Análisis de tiempo estándar por estación.....	71
3.5.3	Análisis de capacidad por estación.....	74
3.5.4	Capacidad del sistema.....	75
3.6	Estudio de demanda.....	77
3.6.1	Registros de ventas históricos.....	77
3.6.2	Pronósticos de demanda.....	82
3.6.3	Análisis de comportamientos.....	86
3.7	Estudio de Costos.....	96
3.7.1	Costo totalmente variable (CTV).....	98

3.7.2	Throughput.....	112
3.7.3	Inventarios (inversión).....	115
3.7.4	Gastos operativos.....	118
3.8	Cálculo de productividad Total.....	122
4	Título 3: Modelo matemático.....	124
4.1.	Descripción del modelo matemático.....	124
4.2.	Modelo conceptual.....	124
4.3.	Planteamiento del modelo matemático.....	125
4.3.1	Índices:.....	125
4.3.2.	Parámetros:.....	126
4.3.3.	Variables:.....	126
4.3.4.	Restricciones:.....	127
4.5.	Descripción de restricciones.....	129
5	Título 4: Validación del modelo matemático.....	131
5.1.	Determinación de parámetros en la empresa.....	131
5.2.	Solución del modelo planteado.....	140
5.3.	Validación de resultados.....	147
5.4.	Cálculo de índice financiero de productividad del plan.....	148
5.5.	Análisis de sensibilidad.....	149
5.5.1	Primer caso:.....	150
5.5.2	Segundo caso:.....	151
5.5.3	Comparativo.....	152
6	Título 5: Evaluación financiera y consolidación de TOC.....	153
6.1	Planteamiento de propuestas.....	153
6.1.1	Propuesta 1: Contratación de personal y adecuación.....	154
Tomado de: Plataforma NEOS.....		154
Tomado de: Web.....		155
6.1.2	Propuesta 2: Adquisición de maquinaria semi automatizada.....	156
6.2	Evaluación financiera de las propuestas planteadas.....	158
6.2.1.	Evaluación de propuesta 1.....	158
6.2.2	Evaluación de propuesta 2.....	161



---

6.2.3 Comparativo.....	163
6.3 Consolidación de la filosofía teoría de restricciones.....	164
7 Resultado y discusiones .....	167
7.1 Conclusiones .....	167
7.2 Recomendaciones .....	169
7.3 Direcciones futuras .....	169
Referencias Bibliográficas.....	171
Anexos .....	178

### Lista de ilustraciones

<i>Figura 1 Procedimientos sistemático de métodos y medición del trabajo</i> .....	44
<i>Figura 2 Diagrama de flujo de procesos de la 1ª línea productiva</i> .....	49
<i>Figura 3 Diagrama de flujo de procesos de la 2ª línea productiva</i> .....	49
<i>Figura 4 Diagrama de flujo de procesos de la 3ª línea productiva</i> .....	50
<i>Figura 5 Flujograma del proceso de fabricación de la 1ª línea productiva</i> .....	51
<i>Figura 6 Flujograma del proceso de fabricación de la 2ª línea productiva</i> .....	52
<i>Figura 7 Flujograma del proceso de fabricación de la 3ª línea productiva</i> .....	53
<i>Figura 8 Diagrama de flujo general del sistema de fabricación</i> .....	54
<i>Figura 9 Diagrama de flujo del proceso de la 1ª línea productiva</i> .....	55
<i>Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de la 2ª línea productiva</i> .....	56
<i>Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de la 3ª línea productiva</i> .....	57
<i>Figura 12 Opciones de pronósticos automáticos (criterio del método de selección)</i> .....	82
<i>Figura 13 Comportamiento de ventas de la 1º línea productiva</i> .....	86
<i>Figura 14 Comportamiento de ventas de la 2º línea productiva</i> .....	87
<i>Figura 15 Comportamiento de ventas de la 3º línea productiva</i> .....	88
<i>Figura 16 Comportamiento del pronóstico de la 1º línea productiva</i> .....	89
<i>Figura 17 Comportamiento del pronóstico de la 2º línea productiva</i> .....	90
<i>Figura 18 Comportamiento del pronóstico de la 3º línea productiva</i> .....	91
<i>Figura 19 Modelo de Programación no Lineal Mixto</i> .....	125
<i>Figura 20 Codificación del modelo matemático</i> .....	178
<i>Figura 21 Codificación del modelo matemático</i> .....	178
<i>Figura 22 Codificación del modelo matemático</i> .....	179
<i>Figura 23 Codificación del modelo matemático</i> .....	179
<i>Figura 24 Plataforma NEOS</i> .....	180
<i>Figura 25 Estación de reposo</i> .....	180
<i>Figura 26 Flow Pack</i> .....	181
<i>Figura 27 Estación Empacado Manual</i> .....	181
<i>Figura 28 Estación de Horneado</i> .....	182

<i>Figura 29 Multiformadora (Estación moldeado Panadería)</i> .....	182
<i>Figura 30 Estación de Empaque</i> .....	183
<i>Tabla 1 Antecedente</i> _____	38
<i>Tabla 2 Procesos de fabricación de productos por línea productiva</i> _____	46
<i>Tabla 3 Números recomendados de ciclos de observación</i> _____	59
<i>Tabla 4 Número de observaciones en los procesos de la 1ª línea productiva</i> _____	59
<i>Tabla 5 Número de observaciones en los procesos de la 2ª línea productiva</i> _____	59
<i>Tabla 6 Número de observaciones en los procesos de la 3ª línea productiva</i> _____	60
<i>Tabla 7 Promedio de tiempos observados en los procesos de la 1ª línea productiva</i> _____	61
<i>Tabla 8 Promedio de tiempos observados en los procesos de la 2ª línea productiva</i> _____	61
<i>Tabla 9 Promedio de tiempos observados en los procesos de la 3ª línea productiva</i> _____	61
<i>Tabla 10 Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 1ª línea productiva</i> _____	62
<i>Tabla 11 Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 2ª línea productiva</i> _____	63
<i>Tabla 12 Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 3ª línea productiva</i> _____	63
<i>Tabla 13 Factores de holguras</i> _____	64
<i>Tabla 14 Resumen de holguras de cada factor por estación</i> _____	65
<i>Tabla 15 Promedio de tiempos normales de los procesos de la 1ª línea productiva</i> _____	66
<i>Tabla 16 Promedio de tiempos normales de los procesos de la 2ª línea productiva</i> _____	66
<i>Tabla 17 Promedio de tiempos normales de los procesos de la 3ª línea productiva</i> _____	66
<i>Tabla 18 Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 1ª línea productiva</i> _____	68
<i>Tabla 19 Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 2ª línea productiva</i> _____	68
<i>Tabla 20 Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 3ª línea productiva</i> _____	68
<i>Tabla 21 Número de recursos por estación de trabajo</i> _____	70
<i>Tabla 22 Maquinas en paralelo por estación de trabajo</i> _____	72
<i>Tabla 23 Tiempo estándar relativo (TER) por centro de trabajo para todas las líneas de productos</i> _____	73
<i>Tabla 24 Cálculo de capacidad por estación de proceso</i> _____	75
<i>Tabla 25 Análisis de capacidad del sistema</i> _____	76

<i>Tabla 26 Unidades de productos individuales por empaques de venta</i>	78
<i>Tabla 27 Registro de venta de la 1° línea productiva</i>	79
<i>Tabla 28 Registro de venta de la 2° línea productiva</i>	79
<i>Tabla 29 Registro de venta de la 3° línea productiva</i>	81
<i>Tabla 30 Proyecciones de demanda para la 1° línea productiva</i>	83
<i>Tabla 31 Proyecciones de demanda para la 2° línea productiva</i>	83
<i>Tabla 32 Proyecciones de demanda para la 3° línea productiva</i>	84
<i>Tabla 33 Métodos de pronósticos utilizados por cada referencia de producto</i>	85
<i>Tabla 34 Comportamiento comparativo de la demanda en la 1° línea productiva</i>	92
<i>Tabla 35 Comportamiento comparativo de las demanda en la 2° línea productiva</i>	93
<i>Tabla 36 Comportamiento comparativo de la demanda en la 3° línea productiva</i>	93
<i>Tabla 37 Comportamiento de capacidad productiva vs demanda</i>	95
<i>Tabla 38 Tipos de materia prima utilizadas en el proceso de fabricación de la empresa QUEEPAN</i>	99
<i>Tabla 39 Costos de materia prima</i>	100
<i>Tabla 40 Requerimientos de materias primas por producto para la 1° línea productiva</i>	101
<i>Tabla 41 Requerimientos de materias primas por producto para la 2° línea productiva</i>	102
<i>Tabla 42 Requerimientos de materias primas por producto para la 3° línea productiva</i>	102
<i>Tabla 43 Costos de materias primas por paquete para la 1° línea productiva</i>	103
<i>Tabla 44 Costos de materias primas por paquete para la 2° línea productiva</i>	104
<i>Tabla 45 Costos de materias primas por paquete para la 3° línea productiva</i>	104
<i>Tabla 46 Consumo en (KW) para cada máquina de la panificadora</i>	105
<i>Tabla 47 Tiempo consumido por máquina para la 1° línea productiva</i>	106
<i>Tabla 48 Tiempo consumido por máquina para la 2° línea productiva</i>	106
<i>Tabla 49 Tiempo consumido por máquina para la 3° línea productiva</i>	106
<i>Tabla 50 Consumo energético por producto para la 1° línea productiva</i>	107
<i>Tabla 51 Consumo energético por producto para la 2° línea productiva</i>	107
<i>Tabla 52 Costo energético por producto para la 1° línea productiva</i>	108
<i>Tabla 53 Costo energético por producto para la 2° línea productiva</i>	108

<i>Tabla 54 Costo energético por producto para la 3° línea productiva</i>	109
<i>Tabla 55 Muestras observadas por vuelta de consumo</i>	110
<i>Tabla 56 Costo por paquete de venta por referencia en la estación de Horneado</i>	111
<i>Tabla 57 Costo totalmente variable (CTV) por paquete de venta</i>	112
<i>Tabla 58 Cálculo del throughput relativo</i>	114
<i>Tabla 59 Valor inventario final</i>	116
<i>Tabla 60 Valor de inventario producto en proceso</i>	117
<i>Tabla 61 Valor total de inventario diciembre</i>	117
<i>Tabla 62 Carga laboral empleador</i>	120
<i>Tabla 63 Carga salarial mensual</i>	120
<i>Tabla 64 Gastos Totales por servicios públicos</i>	121
<i>Tabla 65 Gastos varios</i>	121
<i>Tabla 66 Gastos totales</i>	122
<i>Tabla 67 Productividad total en el año 2018</i>	123
<i>Tabla 68 Parámetro - Productos</i>	131
<i>Tabla 69 Parámetro - Periodos (Meses)</i>	132
<i>Tabla 70 Parámetro – Insumo</i>	132
<i>Tabla 71 Parámetro - Estaciones</i>	133
<i>Tabla 72 Parámetro - Precio de Venta</i>	133
<i>Tabla 73 Parámetro - Costo de Insumo</i>	134
<i>Tabla 74 Parámetro - Otros CTV</i>	135
<i>Tabla 75 Parámetro - Gastos</i>	135
<i>Tabla 76 Inventario inicial de producto terminado</i>	136
<i>Tabla 77 Inventario inicial de insumos</i>	136
<i>Tabla 78 Parámetro - Costos de Oportunidad</i>	137
<i>Tabla 79 Parámetro - Costo de un minuto extra</i>	137
<i>Tabla 80 Parámetro - Tiempo disponible por estación</i>	138
<i>Tabla 81 Parámetro - Estándares de producción por estación</i>	139
<i>Tabla 82 Parámetro - Pronósticos para la empresa</i>	139

<i>Tabla 83 Cantidad de productos a fabricar por periodos</i>	141
<i>Tabla 84 Cantidad de productos a vender por periodos</i>	141
<i>Tabla 85 Inventario de producto terminado por periodo</i>	142
<i>Tabla 86 Inventario de materia prima por periodos</i>	143
<i>Tabla 87 Necesidad de Insumos</i>	143
<i>Tabla 88 Plan de compras por periodos</i>	144
<i>Tabla 89 Costo de materia prima por periodo</i>	144
<i>Tabla 90 Costos de otros CTV por periodos</i>	145
<i>Tabla 91 Ingresos por periodos</i>	145
<i>Tabla 92 Tiempo extra requerido por periodo</i>	145
<i>Tabla 93 Variable de decisión (Horas extras)</i>	146
<i>Tabla 94 Sobrecarga por estaciones</i>	146
<i>Tabla 95 Productividad Global</i>	147
<i>Tabla 96 Utilidad total del semestre</i>	147
<i>Tabla 97 Variable TOC (Arrobas)</i>	147
<i>Tabla 98 Comparativo de Productividad</i>	149
<i>Tabla 99 Primer Caso: Demanda a la mitad</i>	150
<i>Tabla 100 Primera Solución</i>	151
<i>Tabla 101 Segundo Caso: Demanda al duplicada</i>	151
<i>Tabla 102 Segunda Solución</i>	152
<i>Tabla 103 Análisis de sensibilidad</i>	152
<i>Tabla 104 Estándar de producción con mejora 1</i>	154
<i>Tabla 105 Ficha Técnica (Mesa Acero inoxidable)</i>	155
<i>Tabla 106 Ficha Técnica (Rodillo Acero inoxidable)</i>	155
<i>Tabla 107 Estándar de producción (mejora 2)</i>	156
<i>Tabla 108 Ficha Técnica (Maquina Flow pack)</i>	157
<i>Tabla 109 Ficha Técnica (Moldeadora Galletas)</i>	157
<i>Tabla 110 Inversión para la propuesta 1</i>	159
<i>Tabla 111 Contratación de personal para la propuesta 1</i>	159

---

<i>Tabla 112 Evaluación para la propuesta 1</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 113 Inversión para la propuesta 2</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 114 Contratación Propuesta 2</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 115 Evaluación propuesta 2</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 116 Comparación de evaluación de propuesta de mejora</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 117 Comparación de trabajo ordinario VS Aplicación de Modelo matemático</i>	<i>165</i>

## Resumen

El mundo empresarial presenta falencias en el área gerencial y toma de decisiones erradas, impulsando soluciones igualmente distorsionadas. Esto se debe a la aplicación de modelos contables y financieros, que no se fundamentan en las problemáticas actuales, manteniendo conceptos y principios retrógrados. El siguiente estudio propone una solución para las empresas del sector manufacturero, aplicando el modelo de la Teoría de las Restricciones (TOC), de Eliyahu Goldratt rompiendo con las teorías de costos ABC, costeo directo y costeo tradicional. TOC ha logrado desarrollar un análisis profundo con el menor grado de complejidad, planteando soluciones sujetas a simples razonamientos de sentido común, sustentado en la corriente teórica denominada: La Contabilidad del Throughput. El modelo matemático de programación no lineal mixta enfocado en la planificación de la producción táctica fue aplicado en la empresa QUEEPAN, la cual es una panificadora ubicada en el municipio de Sincelejo – Sucre; el modelo considera un horizonte de tiempo de seis (6) meses con baldes de tiempo mensual, el cual en su proceso de decisión que interactúa para brindar la mejor mezcla de producción que maximice las utilidades totales, partiendo de veintiún (21) referencia de producto, en las líneas de panadería, galletería y bizcochería, veintiún (21) insumos y siete (7) estaciones de proceso. Se utilizó el software Statgraphics. en el Lenguaje GAMS, con el cual se corrió en la plataforma NEOS, con el solver SCIP. Los resultados obtenidos permitieron hacer una comparación entre los índices de productividad de la planta, calculados antes y después de la aplicación del modelo matemático, pasando de un 146% a un 170%, siendo evaluadas con el indicador financiero ROI, de la contabilidad del Throughput, logrando identificar esta como la mejor propuesta de mejora.

*Palabras clave:* TOC, Programación no lineal, Throughput, Inversión, Planificación de la producción.



### **Abstract**

The business world presents shortcomings in the managerial area and erroneous decision making, promoting equally distorted solutions. This is due to the application of accounting and financial models, which are not based on current problems, maintaining retrograde concepts and principles. The following study proposes a solution for companies in the manufacturing sector, applying Eliyahu Goldratt's Theory of Constraints (TOC) model, breaking with theories of ABC costs, direct costing and traditional costing. TOC has managed to develop a deep analysis with the least degree of complexity, proposing solutions subject to simple reasoning of common sense, based on the theoretical current called: Throughput Accounting. The mathematical model of nonlinear mixed programming focused on tactical production planning was applied in the company QUEEPAN, which is a bakery located in the municipality of Sincelejo - Sucre; The model considers a time horizon of six (6) months with buckets of monthly time, which in its decision process interacts to provide the best mix of production to maximize total profits, starting from twenty-one (21) product reference, in the lines of bakery, biscuits and biscuits, twenty-one (21) inputs and seven (7) processing stations. Statgraphics software was used in the GAMS language, which was run on the NEOS platform, with the SCIP solver. The results obtained allowed a comparison between the plant productivity indexes, calculated before and after the application of the mathematical model, going from 146% to 170%, being evaluated with the financial indicator ROI, of the Throughput accounting, identifying this as the best proposal for improvement.

*Keywords:* TOC, Non-linear Programming, Throughput, Investment, Production Planning

## **Introducción**

El entorno empresarial es uno de los campos con mayor inestabilidad desde el punto de vista productivo, financiero y mercadeo, dado que es influenciado por diversas variables internas y externas, las cuales son capaces de generar beneficios o perjuicios de una empresa a otra dependiendo del sector y actividad económica en la que participen, tales variables pueden ser de origen político, en materia de innovación, tecnología, cultura y demás, considerando los niveles de globalización que actualmente generan relaciones entre naciones, como variables principales.

Muchas empresas en la actualidad no han estado a la vanguardia o no han sido lo suficientemente flexibles en sus procesos, para acoplarse a los cambios de su entorno, lo cual ha generado la clausura de muchas organizaciones en poco menos de cinco (5) años a partir del momento en el que nacen, toda esta problemática es atribuida a las figuras administrativas de cada una de estas, las cuales no tienen la capacidad o las herramientas que les permitan tomar decisiones más aterrizadas a las verdaderas problemáticas que se padecen, utilizando filosofías retrogradas y desfasadas de los cambios a los que hoy estas empresas tienen que enfrentarse.

La presente investigación es realizada en una panificadora ubicada en el municipio de Sincelejo, capital del departamento de Sucre, georreferenciada en la región Caribe, cuya razón social es denominada QUEEPAN, esta es una compañía manufacturera en el campo de la industria alimentaria, dedicada a la elaboración y distribución de productos de panadería, galletería y bizcochería, además de la comercializar en los departamentos vecinos. La empresa actualmente presenta problemáticas a nivel organizacional, generando desabastecimiento y pérdida de sus mercados, debido a escasas herramientas que les permitan controlar y mejorar su sistema productivo, todo ello ha traído consigo reducción de utilidades y desequilibrio general en su entorno.

Este estudio se enfatiza en diseñar una herramienta matemática de tipo gerencial basada en la filosofía teoría de restricciones TOC, la cual se encuentra sujeta a decisiones estratégicas

derivadas de información interna y externa a la organización adherida al sentido común, mediante otros conceptos para aplicar y tomar decisiones, logrando acabar con los paradigmas y limitaciones de las filosofías administrativas convencionales como la contabilidad de costos tradicional y ABC. La investigación considera una de las ramas que posee la filosofía TOC, refiriéndose específicamente a la contabilidad del Throughput, la cual se caracteriza y difiere del costeo convencional principalmente por el concepto de cuello de botella, atribuyéndole la relevancia e importancia que este recurso requiere y merece dentro de las consideraciones que impulsan la toma de decisiones en el campo gerencial.

El desarrollo de la investigación consta de seis (6) títulos, los cuales describen cada fase de esta. En el título (0) se identifica la problemática del estudio en la que se abordan ítems como justificación, planteamiento del problema, alcance y objetivos. En el título (1) se desarrolla una revisión bibliográfica, la cual consta de un estado del arte y marco conceptual, el título (2) se enfatiza en la caracterización del sistema productivo de la empresa objeto de estudio, en el título (3) se realiza el planteamiento de la herramienta matemática, en el título (4) se realiza la validación de la herramienta y en el título (5) se realiza una evaluación financiera de propuestas derivadas de los resultados arrojados por la herramienta, consolidando la filosofía TOC.

El objetivo general es diseñar una herramienta matemática alternativa, no convencional, la cual contribuya a aumentar la productividad de la empresa y demostrar la aplicación de la teoría de restricciones como una metodología adecuada para la toma de decisiones en la industria manufacturera.

## 1 Título 0: Problemática

### 1.1 Planteamiento del problema

En Colombia, la dinámica del montaje de nuevas compañías dicta cifras aceptables, si se compara con datos de otras naciones, de acuerdo con Confecámaras: Red de cámaras de comercio a nivel nacional, en (2017), el país obtuvo cifras porcentuales significativas, describiendo un crecimiento empresarial anual del 9% en comparación con los años anteriores; en el año 2011, el país contaba con un stock de empresas de 1.197.573 en total, de las cuales la gran mayoría son clasificadas como micro, pequeñas y medianas empresas. Cinco años más tarde (2016), ascendieron a 1.379.284 y adicional a ello en el (2017), se crearon alrededor de 323.265 más, sin embargo, en año (2018), este comportamiento presento una tendencia en declive si se compara con el año inmediatamente anterior con un 9,8% menos respectivamente. (Confecámara: Red de Camaras de Comercio, 2016)

Estos acontecimientos son de vital importancia para la economía nacional, debido al aporte financiero y de competitividad que estas puedan imponer en cada territorio, contribuyendo en la reducción de los índices de desempleo, crecimiento de los sectores económico y finalmente en el mejoramiento del PIB en el país; por el contrario el análisis minucioso de estos datos dan a conocer una realidad totalmente contraria a dicho comportamiento, dado que el país afronta una problemática de gran envergadura, en la que se ven identificados la mayor parte del déficit financiero y de la bolsa de desempleo actual. Los siguientes datos fueron expuestos por FONDECAMARAS; por medio de un informe presentado en el año 2016, donde describe que el 70% de las microempresas y el 32% de las PYMES creadas en Colombia desaparecen en el transcurso de cinco años de actividad, argumentando en otro informe de la misma revista en el 2017, que una de sus principales causas es el comportamiento del mercado, problemáticas en innovación y las fuertes influencias que poseen en el planteamiento y aplicación de políticas erradas.(Confecamaras: Red de cámaras de comercio, 2017)(Confecámara: Red de Camaras de Comercio, 2016)

Uno de los sectores empresariales con mayor relevancia en el incremento del PIB y la economía nacional actualmente es la industria de molinería, según un informe arrojado por la revista Dinero en el año 2014, donde se divulgo que en ese periodo de tiempo el país obtuvo cifras monetarias alrededor de los tres billones de pesos por concepto de ventas, considerando actores empresariales de diferente jerarquía y superficies, como industrias panificadoras y panaderías de punto caliente, que por lo general estas son constituidas o denominadas microempresas.(Dinero, 2014)

En los últimos años, esta industria ha sido representativa ante los análisis de los expertos en cuento a los movimientos o fluctuaciones presentadas en la economía nacional, de tal forma que para el primer trimestre de año 2016 el PIB de la elaboración de los productos de molinería registro un incremento del 0,08% respecto al mismo periodo del año inmediatamente anterior, lo cual refleja que el comportamiento de este sector es considerablemente aceptable con tendencia positiva.(Sectorial, 2016)

Sin embargo, estas empresas presentan graves problemas de inestabilidad por sus costos de abastecimiento, dado que la mayoría de sus insumos son importados, lo cual se sujeta a la inestabilidad de la moneda referencia del país, el Dólar. Adicional a ello, es importante resaltar que una de sus mayores problemáticas está arraigada con las figuras administrativas que en ellas operan, según FEDEPAN, en Colombia existen alrededor de veinticinco mil (25.000) empresas distribuidas en todo el territorio nacional, de las cuales del 64% de estas son administradas por individuos bachilleres y solo el 2% poseen títulos profesionales, agregando que en promedio la formación del panadero representa un 68% empírica y el 17% es formal.(Sectorial, 2016)

Todas estas problemáticas contribuyen en el aumento de los indicadores de clausura empresarial en el país, generando un sin número de consecuencias afectando directamente a la población, en materia financiera.

Son frecuentes y repetitivas las causas del estado crítico de las empresas, el cual las obliga a desaparecer o simplemente a declararse en banca rota, debido principalmente, a los sistemas

de contabilidad que utilizan. Actualmente, la gran mayoría de las empresas manufacturas toman decisiones basadas en el sistema de costeo tradicional o costeo ABC, lo cual conlleva a una ilusión financiera, ya que sus fundamentos teóricos se encuentran alejados de las necesidades de las empresas en la actualidad.(Corbett, 2005)

La panificadora Queepan, es una PYME que presenta las características del estudio realizado por Confecámaras, siendo una organización fabricante de productos alimenticios, la cual no realiza una planificación de la producción, ni mucho menos una toma de decisiones acorde a las necesidades actuales del mercado, basando sus juicios en el costeo tradicional, lo que conlleva a las decisiones del día a día sean tomadas por los operarios según criterios propios, acarreando costos de almacenamiento, materia prima, mano de obra y gastos operativos, que pueden resultar innecesarios según las necesidades del mercado.

Por lo cual, nace la necesidad de tomar decisiones basadas en la teoría de las restricciones (TOC), siendo una de las metodologías utilizadas por los departamentos de alta gerencia con el fin de administrar las compañías a través de métodos no convencionales, permitiendo aumentar las eficiencias globales de todos los indicadores generales de la empresas y al mismo tiempo reduciendo los niveles de inversión, llamada la contabilidad del Throughput, basándose en tres indicadores los cuales son: el Throughput, el inventario y los gastos operacionales, ayudando a tomar decisiones a la totalidad del sistema. Esta herramienta es utilizada por diversas multinacionales en todo el mundo tales como: 3M Corporation; Lucent Technologies, AT&T, M.W. Kellogg Corporation; Avery Dennison; Nortel; Inc., Israeli Aircraft Wide-Body Directorate, Northwest Airlines, Texas Instruments, Oregon Freeze Dry, Delta Airlines; General Motors Corporation, Procter & Gamble, Harris Corporation, Rydell Group, Imperial Oil Ltd., Samsonite; Pratt & Whitney, Johnson Controls Inc., Saturn Development Company, Ford Electronic; United States Air Force; Lockheed Martin; Western Textile Products; Philips Semiconductor, Intel International; dichas empresas han obtenido increíbles resultados en un periodo corto de tan solo tres meses. En Colombia esta metodología no ha sido considerada o acoplada a las compañías en su mejor forma, debido a los paradigmas que se deben eliminar para poder utilizarla. Adicionalmente, la gran mayoría de las empresas están siendo

administradas por personas que validan todas sus decisiones en la experiencia, que dificulta la implementación de metodologías y modelos alternos con carácter científico que faciliten la obtención de parámetros, para una acertada toma de decisiones; sin embargo, empresas como Grupo Grasco, Prodesa, Tecnintegral, Creatum, Venus Colombiana, Eurocerámica, Arroz Caribe, Senco Colombiana, Rotoplast, Divertrónica, Vestimundo, Emcocables, Azulk, Prodevases, la están utilizando y sus resultados exhiben mejoras significativas.(Dinero, 2012)

La teoría de las restricciones ha tenido gran acogida en las empresas que la han utilizado, aunque para implementar dicha metodología se deben manejar diversos datos que entorpecen los cálculos y por ello es necesario una herramienta que optimice el proceso de toma de decisiones en la planta, mediante modelos matemáticos, basados en los conceptos de TOC, se lograr identificar la combinación de productos a fabricar que logre maximizar las utilidades, con la menor cantidad de inventario y gastos operacionales y cuyos resultados se puedan presentar de manera objetiva. (Şimşit, Günay, & Vayvay, 2014)

Existe la necesidad de aumentar e incentivar la aplicación de esta herramienta científica en el tejido empresarial colombiano, debido a la devastadora competencia externa que contribuye a la destrucción de las PYMES en nuestro país, por lo cual se aplica un pilotaje en la PYME QUEEPAN como referencia del impacto que resulta aplicar la teoría de las restricciones.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general.

Diseñar un modelo matemático, para planear la producción en la panificadora QUEEPAN, como estrategia competitiva, mediante la teoría de las restricciones (TOC).

### 1.2.2 Objetivos específicos.

- Realizar una caracterización del sistema productivo en la empresa manufacturera QUEEPAN, estandarizando y normalizando los tiempos de procesamiento mediante la ingeniería de métodos, además de cuantificar los gastos operativos, costos totalmente variables y Throughput mediante la contabilidad del Throughput
- Desarrollar un modelo matemático para planear la producción, obteniendo la combinación de productos que maximice la utilidad, considerando variables y parámetros sujetos a la teoría de las restricciones.
- Resolver el modelo matemático planteado, mediante métodos de computo, logrando obtener la mejor solución.
- Evaluar financieramente mejoras en el sistema de producción en la empresa manufacturera QUEEPAN, con base a las soluciones obtenidas en el modelo aplicado, mediante la contabilidad del Throughput, para aumentar el ROI en el sistema productivo.



### **1.3 Metodología**

La presente investigación se basa en el método Cuantitativo-Explicativo, el cual se lleva a cabo en el Departamento de Sucre, Colombia, diseñado en 5 fases, las cuales buscan determinar la relación en la toma de decisiones en la empresa QUEEPAN, basados en la teoría de las restricciones (TOC), con la finalidad de aumentar la productividad, de tipo cuantitativo, ya que según (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado et al, 2010) establece que estas características son propias de este enfoque, dado que el desarrollo de la investigación es secuencial y es validado, por lo cual cada fase establecida se realiza en orden y no se puede trasgredir.

Además, es de tipo Explicativo ya que según (Hernandez Sampieri, et al,2010), busca instaurar los principios o fundamentos de cada escenario implicado en ella. De la misma manera, la presente propuesta investigativa busca extenderse más allá de las tradicionales costumbres, en las cuales se realizan descripciones de conceptos, significados o análisis orientados a las relaciones sujetas entre dichos principios. Es posible resaltar que una de las iniciativas inmersas en esta propuesta, es la de encontrar la descripción y explicación del por qué y cómo se presentan la relación entre una o más variables. De acuerdo con las siguientes fases y actividades:

#### **1.3.1 Fase 1: Revisión bibliográfica.**

La primera fase consiste en indagar sobre las investigaciones realizadas por diferentes autores publicadas en revistas indexadas:

*Actividad 1:* Realizar un estado del arte de investigación publicadas en las áreas de gestión de la producción y teoría de las restricciones.

*Actividad 2:* Elaborar un marco teórico con todos los términos y temas referentes a la investigación, con el fin de llegar a un consenso de las definiciones a utilizar.

#### **1.3.2 Fase 2: Caracterización del sistema productivo.**

La segunda fase se enfatiza en determinar todos los datos importantes de la empresa para la presente investigación, realizando pronóstico de demanda y cuantificación de los costos mediante

la contabilidad del throughput e índice financiero de productividad desarrollando las siguientes actividades:

*Actividad 3.:* Identificar políticas administrativas de la empresa productora

*Actividad 4:* Determinar el flujo proceso de fabricación de cada línea productiva

*Actividad 5:* Aplicar un estudio de tiempos enfatizando en la estación RRC

*Actividad 6:* Pronosticar el impacto de los productos de mayor importancia en la empresa mediante el método de descomposición de series de tiempo.

*Actividad 7:* Calcular los gastos operativos, inventario y Throughput de la empresa.

*Actividad 8:* Establecer el índice financiero de productividad relacionando los ingresos o entradas con los egresos o salidas en la situación actual de la empresa.

### **1.3.3 Fase 3: Desarrollar el modelo matemático**

La tercera fase establece un modelo matemático, el cual planea la producción bajo los conceptos de la teoría de las restricciones, enfatizando en la toma de decisiones bajo la contabilidad del Throughput, para lo cual serán necesarias las siguientes actividades:

*Actividad 9:* Selección de variables, parámetros y restricciones necesarios para el manejo de la teoría de las restricciones.

*Actividad 10:* Planteamiento de modelo matemático

### **1.3.4 Fase 4: Validación del modelo matemático y cálculo de productividad.**

La cuarta fase valida estadísticamente los resultados que pueda arrojar el modelo, mediante la implementación en un PYMES de la región sucreña, comparando los valores de las variables de decisiones con lo que sucede realmente, para ello se realizará las siguientes actividades.

*Actividad 11:* Cuantificar los parámetros necesarios por el modelo planteado

*Actividad 12:* Solucionar el modelo planteado.

*Actividad 13:* Validar los resultados del modelo matemático a través de la opinión de expertos

**Actividad 14:** Calcular índice financiero de productividad relacionando los ingresos o entradas con los egresos o salidas, mediante los datos resultantes de la solución del modelo.

### **1.3.5 Fase 5: Evaluar financieramente y consolidación de TOC.**

En la quinta fase Calificar las propuestas evaluadas mediante los parámetros de la teoría de las restricciones con el fin de que la empresa sea más competitiva, por ello se realizan las siguientes actividades:

**Actividad 15:** Plantear propuestas que aumente la competitividad de la empresa

**Actividad 16:** Evaluar financieramente las propuestas evaluadas mediante la contabilidad del Throughput

**Actividad 17:** Consolidar la implementación de la propuesta mediante la teoría de las restricciones.

## **2 Título 1: Revisión Bibliográfica**

### **2.1 Marco conceptual**

Se especifican los conceptos a utilizar con mayor relevancia en la investigación según el contexto en el cual se utilizó, para lograr una convención entre la definición y el concepto.

#### **2.1.1 Planeación y control de la producción (PP).**

Las nuevas tendencias del mercado requieren que las organizaciones respondan con mayor rapidez a las necesidades de los clientes, contando con un plan para desarrollar con antelación, dado que, lo que no se planifica tiene mayor probabilidad de resultar errado, cabe resaltar que no siempre estos planes resultan como se diseñan, por lo cual se debe controlar y realizar un seguimiento adecuado, en tal caso, replantear y acatar los cambios. (Sipper and Bulfin, 1998)

Las empresas manufactureras también deben tener un plan agregado con un horizonte de organización estratégica a largo plazo, determinando la capacidad necesaria para acaparar la demanda pronosticada. Luego a mediano plazo se requiere un plan maestro de producción (MPS), evaluando inventarios, pedidos, y demás datos necesarios para acaparar con las necesidades inmediatas, con ello se diseña un plan de requerimiento de materiales (MRP), para obtener las ordenes de pedidos y de fabricación de cada producto, el cual se categoriza como una planeación táctica con ellos se logra controlar el plan global o plan agregado diseñado inicialmente, aunque las actividades de corto plazo, se diseñan mediante programación de actividades, denominadas en la fase de planeación operativa, siendo alimentada por los MPS y MRP. (Jay and Render, 2005)

#### **2.1.2 Planeación agregada.**

Los planes globales a largo plazo se realizan asumiendo la planta como una sola estructura productiva, por ello toma el nombre de agregado, dado que los productos y capacidades se toman como un sistema unido, determinando capacidades de la misma, determinando las cantidades de: máquinas, operarios, inventario y sedes. Todo lo necesario para lograr suplir un pronóstico o demanda estipulada, dado que es un plan a seguir, por ende, no se ha aplicado ni se puede determinar con certeza lo que ocurrirá; dichos planes son fundamentales para el éxito de cualquier

organización, dado que una mala planeación acarrea costos inútiles, los cuales pueden llevar al deterioro de la organización. (Karmarkar and Rajaram, 2012)

Los planes agregados buscan en su objetivo inicial garantizar el abastecimiento de la demanda proyectada, con los menores costos, tales como: inventario, mano de obra, faltante de entregas, subcontrataciones, fabricación, y demás costos pertinentes. Para diseñar este plan existen diversos métodos como: La hoja de cálculo con metodologías específicas como son los planes de inventario cero, plan de fuerza nivelada y planes mixtos, aunque dichos métodos no garantizan el menor costo, en otras palabras, no optimizan la plan a aplicar, para ello las nuevas tendencias abordan estos planes con modelos de programación lineal entera, garantizando el mejor plan a aplicar.(Sipper and Bulfin, 1998)

### **2.1.3 Plan maestro de producción (MPS).**

En los niveles de la planeación de la producción, el MPS, se realiza un plan táctico a mediano plazo, el cual garantice las cantidades que se deben fabricar por cada producto y línea de producción, en otras palabras, se desagrega el plan global o agregado, convirtiendo esto en la realidad del piso de taller, además se incluyen hechos como tamaño de lote, inventario de seguridad (Stock), tiempo ocioso, y demás. (Operaciones, 2006)

El MPS, es de gran utilidad para las organizaciones, dado que con él se pueden controlar las cantidades a fabricar, incluyendo todos aquellos factores que intervienen en la actividad productiva de la empresa, aunque cabe recalcar, que las decisiones que toman las organizaciones mediante el plan maestro son muy complejas, por la cantidad de opciones que pueden llegar a influir, por lo cual es fundamental lograr modelar matemáticamente las variables, consiguiendo optimizar las cantidades a producir. (Zotelo, 2017) .

### **2.1.4 Plan de requerimiento de materiales (MRP).**

En el proceso de planeación y control de la producción, es fundamental determinar las cantidades de subproductos o materiales a fabricar o pedir, dado que en la mayor parte de los casos, el proceso de elaboración consta como mínimo de un ensamble y se requiere una cantidad de

productos hijos o subproductos, por lo cual se diseña un MRP, el cual exige contar con la estructura del producto, la demanda del producto final y registro de inventarios, para así, determinar las cantidades necesarias de cada sub-producto o insumos, con el fin de abastecer una demanda pronosticada o pedidos realizados (Operaciones, 2006)

El MRP, es el más utilizado en las pequeñas organizaciones que están en el proceso de crecimiento, las grandes manufactureras utilizan MRP 2, o en su defecto un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP), siendo técnicas más elaboradas que permiten incluir mayor cantidad de variables, aunque la lógica es muy similar, además la tecnología ha realizado un avance significativo en este campo, permitiendo sistematizar estas técnicas de inventario mediante sistema informático integrado de gestión empresarial (SAP), aunque son altamente costosos dichos sistemas y en las empresas resulta inasequible optar por controles, por ello es más factible utilizar hojas de cálculo para llevar a cabo el MRP, sin embargo no en todos los casos es la mejor técnica, dado que las soluciones no optimizan los resultados, por lo cual es recomendable implementar modelos matemáticos, conllevando a un costo y tiempo de implementación relativamente bajo, y demuestran resultados óptimos.(DELGADO and MARÍN, 2000)

### **2.1.5 Inventario.**

En el contexto de la filosofía teoría de las restricciones, el inventario es definido como todo el dinero que la empresa invierte en productos que pretende vender en el tiempo, los cuales pueden ser denominados como inventarios de materias primas e insumos, inventarios de productos en proceso e inventarios de productos terminados.(Corbett, 2005)

### **2.1.6 Gastos operativos.**

Según (Corbett, 2005) defensor de teoría de restricciones, los gastos operativos referencia a todo el dinero que invierte la empresa en transformar el inventario en Throughput, considerando el salario de los trabajadores, conductores, impuestos, costos de mantenimiento y demás.

### **2.1.7 Throughput.**

El Throughput es un indicador de producción el cual se define como la velocidad con la que el sistema genera dinero a través de sus ventas, considerando estrictamente la captación monetaria proveniente de sus actividades de venta y no de otras fuentes o líneas de capitalización, como remuneraciones por concepto de intereses generados por cuentas de ahorros. (Corbett, 2005)

### **2.1.8 Estudio de tiempos y métodos.**

El estudio de tiempos y métodos es una herramienta utilizada para la administración de las industrias u organizaciones dedicadas a la manufactura o a la prestación de servicios, dado que permite la medición y estandarización de los tiempos y métodos de trabajo que se emplean, con la finalidad de mejorar las condiciones laborales para el operario y aumentar la eficiencia productiva de la mano de obra para el empleador, reduciendo el tiempo ocioso, los costos de operación, aumentando las utilidades y proponiendo la mejor equidad entre las partes. (Grimaldo et al., 2014)

### **2.1.9 Pronósticos.**

Los pronósticos son herramientas de estimación de demanda en un periodo de tiempo futuro, del cual se sujetan diversas decisiones a nivel administrativo y operativo para el control en todos los procesos considerando los requerimientos del cliente. (Jay and Render, 2005)

### **2.1.10 Productividad.**

La productividad es el grado de eficiencia que resulta de la relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes o servicios elaborados, es decir; el nivel de aprovechamiento que se le da a los recursos que son utilizados en la fabricación o elaboración de otros. Esta medida es expresa matemáticamente como las salidas sobre las entradas, en el contexto de la gestión de la producción son las cantidades que logro producir el sistema en un determinado tiempo sobre los recurso que invierto en el mismo tiempo, además este es un indicador utilizado por las organizaciones con el fin de medir que tan eficientes son sus sistemas productivos, considerando que el objetivo de toda empresa es generar ingresos, aumentar utilidades, reducir costos y posicionarse en el mercado. (Combeller, 1993)

## 2.2 Estado del arte

### 2.2.1 Planeación de la producción.

La gestión de la producción surge como necesidad para los seres humanos con la finalidad de satisfacer sus necesidades básicas, sin embargo en la investigación realizada por (Caba, Chamorro and Fontalvo, 2006), demostraron que entre los aportes más importantes que ha recibido esta rama de las operaciones ha sido los avances alcanzados en la revolución industrial, la división del trabajo en el 1776, la administración científica en el 1911, entre otras, las cuales han manifestado un gran impacto en la evolución de la producción.

La principal función de la gestión de la producción es lograr diseñar un plan estratégico, para ello el primer paso es realizar una planeación agregada, con el objetivo de determinar la capacidad necesaria para cumplir con los pronósticos, por lo cual la investigación realizada por Torres Acosta, (2001), demuestra la importancia de que las pequeñas empresas y medianas empresas (PYMES), realicen una planificación táctica y operativa, proponiendo un procedimiento para diseñar un plan agregado en dichas empresas de la siguiente forma: a) Determinar la demanda neta por producto, b) Identificar los requerimientos de los materiales, c) Calcular la capacidad requerida en la planta y d) Establecer la fuerza de trabajo necesaria.

Los métodos comunes para realizar una planeación agregada se basan en hojas de cálculos con diversas metodologías, aunque no llegan a optimizar o desarrollar el mejor plan, por lo cual nace la necesidad de modelar matemáticamente los planes agregados, como en la investigación realizada por (Reyes Vasquez and Molina Velis, 2014), los cuales aplicaron un modelo de programación lineal en una empresa mediana, en el sector de curtido de cueros, realizando una caracterización del sistema, luego pronosticando la demanda y por último modelo matemáticamente, para así, comparar con los métodos de hoja de cálculo, logrando identificar que la mejor solución la presenta el modelo matemático.

Los MRP, han tenido acogida por su facilidad para planear los materiales en las PYMES, aunque hoy en día, las empresas grandes cuentan con otros sistemas que son capaces de manejar mayor cantidad de variables, como lo son: MRP 2, ERP, DRP, sin embargo en la investigación



realizada por (Delgado and Marin, 2000), demuestra que para las PYMES, los MRP aún son herramientas que logran manejar un buen plan, dado su bajo costo y accesibilidad.

### **2.2.2 Teoría de las restricciones (TOC).**

La teoría de las restricciones (TOC), o sus siglas en inglés, Theory of Constraints, ha tenido gran impacto en los últimos años, una investigación realizada por (Integrado *et al.*, 2013), determina la importancia de implementar esta metodología en empresas PYMES, dado que la mayor cantidad de usuarios de TOC, son las empresas grandes. Además, los autores mencionados afirman, que la documentación existente para la implementación de dicha metodología en PYMES es escasa. Estos investigadores establecieron una metodología para implementar TOC, basándose en dos empresas medianas, realizando en primera instancia, un diagnóstico de la situación inicial de las organizaciones, para luego proponer un plan de mejoramiento de actividades. Los autores declaran, que luego de realizar la implementación de las mejoras, es necesario volver a empezar el ciclo, dado que es una mejora continua.

La teoría de las restricciones plantea una forma de administrar las empresas, enfatizando los esfuerzos en el eslabón más débil del sistema, logrando subordinar todas las actividades a la capacidad de la restricción. En la investigación realizada por Eia, (2014), aplica todos los conocimientos propuesto por TOC; en una cadena de suministro del sector de revestimiento cerámico y logra tomar decisiones en la contabilidad con base a los indicadores Throughput, inventario y gastos operativos. El autor afirma que, en Colombia, las empresas de este sector tienen un tiempo de respuesta elevado, generando incumplimientos en los clientes, por lo cual nace la necesidad de sincronizar los eslabones mediante tambor, amortiguador y cuerda, dado que, según el diagnóstico, la demanda para este sector es mayor que la oferta, provocando que estas reacciones actúen con mayor rapidez a las necesidades del mercado.

La implementación de TOC, resulta ser de tipo cualitativa, con excelentes resultados según el usuario que la efectúe, por lo cual, no en todos los casos resulta exitosa, para ello nace la intención de lograr cuantificar la toma de decisiones en el piso de taller, aplicando modelos matemáticos. En un investigación realizada por (Ortiz-T. and Caicedo-R., 2014), planifican la producción mediante

un modelo de programación lineal entera, aplicando conceptos de la metodología TOC, aunque omiten ciertos criterios para la simplificación del mismo.

En la actualidad la integración de los conceptos de TOC con los modelos de programación es muy escasa, debido a que es una teoría relativamente nueva, la cual ha incursionado en hojas de cálculo, aunque en la investigación realizada por David & Karolina,( 2019). Una Aplicación en la Industria de Muebles, desarrollaron un modelo de programación lineal entera, en el cual utilizan restricciones de capacidad que dependen del tiempo y no de la cantidad de personas, además aseguran que fueron capaces de identificar la etapa cuello de botella y explotarla, consiguiendo aumentar la utilidad en 87,62%.

### **2.2.3 Ingeniería de métodos.**

La ingeniería de métodos es una herramienta científica utilizada por muchas empresas en el mundo, dado a que contribuye al análisis y estructuración de métodos de trabajo en cualquier área o departamento de la organización. En una investigación realizada en una empresa textil en la ciudad de Tunja, la cual posee un sistema de producción ineficiente debido al desorden de sus actividades y operaciones, se desarrolló un estudio de tiempos y métodos en su proceso productivo, identificando cuellos de botella y calculando los estándares productivos por estación, cuyos resultados arrojaron que el proceso de preparación de hombros y mangas sería el cuello de botella con un tiempo de 21,29 minutos por unidad, lo que llevo a reducir los tiempos de ocio en estas estaciones y las sobrecargas en las mismas.(Grimaldo, Silva, Molina, & Fonseca, 2014)

Cabe resaltar que el estudio de tiempos es una herramienta que no tiene limitaciones de aplicación de empresa a empresa, lo que quiere decir que puede ser utilizado para la estandarización de cualquier operación en cualquier escenario. Con el ánimo de corroborar la afirmación anterior se resalta la investigación realizada en una empresa desestibadora de cajas en México, en el que se llevó a cabo un estudio de métodos y tiempos cronometrado, posterior a un análisis visual de todas las operaciones realizadas, para la estandarización de los tiempos en cada proceso, en el cual se determinaron tamaños de muestras representativas que contribuyeran al cálculo de tiempos con menor margen de error, utilizando además técnicas como MTM (Métodos

de medición de tiempos) y MOST (Sistema de tiempos predeterminados) logrando identificar la capacidad del sistema..(Ruíz Ibarra, Ramírez Leyva, Luna Soto, Estrada Beltrán, & Soto Rivera, 2017)

Los estudios de métodos y tiempos son herramientas que contribuyen en el aumento de eficiencias en la utilización de recursos de las organizaciones, desde la determinación de tiempos de operación factibles hasta la reducción de costos y cálculos de capacidades productivas, en la investigación realizada por Estudio et al., (2009), se llevó a cabo un estudio de tiempos dirigido a un invernadero productor de tomate en España, en el que se calcularon las capacidades productivas por operario, realizando un rastreo por actividad a cada trabajador, a partir de ello, se logró realizar planificaciones de capacidad acordes con las fluctuaciones de demanda del tomate, controlando los excesos de mano de obra y sus costos.

El estudio de tiempo es una herramienta que puede ser aplicada con diversas herramientas más, con el objetivo de aumentar la calidad de la información extraída o aumentar el espectro de datos a obtener. Según Salazar Ospina et al., (2016), se realizó un estudio de tiempos a los métodos manuales de recolección del café en un cultivo ubicado en la ciudad de Manizales – Colombia, extendiendo la investigación hasta un estudio de micro movimientos o Therblighs, empleando con ello el uso de artefactos tecnológicos, los investigadores realizaron un seguimientos estrictos al proceso de recolecciones desde el desprendimiento del fruto hasta el almacenamiento final del mismo, logrando analizar los movimientos a partir del uso de una videocámara, logrando proponer mejoras en el proceso y reduciendo el tiempo total de recolección por lote.

Finamente es válido resaltar los numerosos campos de aplicación de los estudios de tiempos, contribuyendo a la gestión y el control de sistemas productivos, desde hace varios años esta herramienta viene siendo utilizada para explorar el comportamiento de diversos fenómenos. En una investigación realizada por Correa-Espinal, Gómez-Montoya, & Botero-Perez, (2012), describe la aplicación de esta herramienta en toda una cadena de abastamiento, resaltando casos de aplicación en diferentes compañías del mundo, tomándolos de base para lograr proponer mejoras el flujo de información entre las partes o eslabones de la cadena de suministro,

considerando una perspectiva general, y así mejorando los procesos de planeación de estrategias a nivel gerencial.

#### **2.2.4 Pronóstico.**

Los pronósticos son herramientas que se utilizan con el objetivo de crear una noción relacionada con el comportamiento futuro de una variable, lo cual se aterriza al sector empresarial, siendo capaces de contribuir en el planteamiento de estrategias de planificación de actividades y demás ámbitos dentro y fuera de la organización. En una empresa de venta por catálogo se realizó un estudio de pronósticos, realizando proyecciones empleando el uso de un software denominado sistema de proyección de demanda, con el que se logró estimar el comportamiento futuro de sus productos.(Boada, 2017)

El alcance e influencias que poseen los pronósticos dentro de una empresa pueden afectar directamente todas sus actividades u operaciones de la mismas, dado a la orientación que estos ofrecen para gestionar sus recursos. De igual forma en una investigación realizada por Elias, Ferrito, & Mocerri, (2017), en la que se resalta la gestión de compras e inventarios a partir de la generación de pronósticos Holt – Winters, de la cual se logró reducir los índices de obsolescencia de inventarios, al igual de la disminución de los costos por el manejo de los mismos, contribuyendo en el aumento del índice de servicio al cliente, pasando de un 85,81% a un 96%, con lo cual disminuyeron la ruptura de stock pasando de 188 rompimientos a 111 en 49,42 días.

#### **2.2.5 Modelos de programación.**

Los modelos de programación matemática, empezaron con la necesidad de tomar decisiones en ámbitos complejos, en donde el sentido común no lograr hallar soluciones en los tiempos disponibles, por lo tanto, nace la necesidad de modelar matemáticamente escenarios en donde se pudieran obtener resultados en tiempos cortos y que garantizaran los intereses del usuario, en la investigación realizada por (Hernández-Ramírez, Bluhm-Gutiérrez, & Valle-Rodríguez, 2017) determinan la importancia de la programación lineal en los entornos reales con manejo de recursos naturales, logrando identificar las principales contribuciones que se han realizado en la gestión de elementos ambientales, económicos y sociales mediante la aplicaciones de modelos PL.

Los resultados obtenidos mediante los modelos de programación lineal aseguran los intereses del usuario, logrando maximizar o minimizar una variable, logrando adaptarlo a las necesidades de cada sistema, en la investigación realizada por Zeballos, Méndez, & Barbosa, (2019) implementaron un modelo de programación lineal entera mixta, el cual integra variables de tipo enteros y binarias, y conjugan entre ellas, logrando modelar el diseño de un producto con el fin de maximizar las ganancias en el momento de su fabricación.

Los modelos de programación han evolucionado con el pasar del tiempo, integrando diferentes escenarios, utilizando diferentes tipos de variables y restricción, con ello se han categorizado en modelos en: programación lineal, programación lineal entero, programación lineal entero mixta, programación por metas, programación no lineal, programación estocástica, programación dinámica y conjugación entre ellas. En la investigación realizada por (Can, Çelebi, Deveci, & Kuvvetli, 2019), determinan un modelo no lineal, para generar los pagos a los operadores de autobuses públicos en Estambul, asegurando el mejor pago a los conductores.

La solución de los modelos de programación genera dificultades en el momento de obtener los resultados, debido a que estos modelos formulados en entornos reales componen una cantidad de variables y restricciones que imposibilita al ser humano en obtener la solución, por ello, los sistemas de cómputo han logrado intervenir con optimizadores que puedan resolver dichos modelos en tiempos cortos, aunque en casos especiales, con modelos muy robustos es necesario aplicar heurísticas y meta heurísticas, en la investigación realizada por (Hassani, Daneshvar kakhki, Sabouhi sabouni, & Ghanbari, 2019) aplicaron un modelo de programación no lineal, el cual determina estrategias para la sostenibilidad en una granja lechera, logrando solucionarlo bajo los algoritmo Genético y Enjambre de partículas, obteniendo tiempos de respuesta muy cortos.

El desarrollo de los modelos de programación, converge una situación dificultosa en el momento de aplicarlo en un hecho real de día a día, por ello las nuevas tendencias apuntan a integrar los modelos con sistemas que puedan captar la información necesaria para alimentar

los parámetros y poder entregar los resultados necesarios, en la investigación realizada por (LeBlanc, Grossman, & Bartolacci, 2019), plantea un método para captar la información mediante hojas de cálculo sin requerir diseñar un software y poder mantener el modelo alimentado.

### 2.3 Antecedentes de modelos matemáticos en gestión de la producción

En esta investigación se enfatizó en el área de la gestión de la producción, por lo cual se describe el antecedente de modelos matemáticos que se han realizado en todo el mundo.

Tabla 1  
*Antecedentes de modelos de gestión de la producción*

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Lugar - Año</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultados</b>
* Oswaldo Robles Agudo *Richart Vázquez Román	Un Modelo de Programación No-lineal para la Planeación de la Producción de Gas y Petróleo	Mexico - 2008	Modelo matemático de programación no lineal entera mixta	Lograr planear la producción bajo caídas de presión e interconectividad entre los pozos
* Liliana Delgado Hidalgo *Héctor Hernán Toro Díaz <sup>2</sup>	Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad	Colombia - 2010	Modelo matemático de programación lineal entera mixta	Lograr obtener los insumos necesarios para un horizonte de 30 días en cada componente, para cumplir con el plan de producción.
*Viviana Karolina Ortiz Triana *Álvaro Junior Caicedo Rolón	Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado – en Colombia	Colombia - 2014	Modelo de programación lineal	Aplicar los conceptos de TOC, en un modelo matemático, logrando aumentar el Throughput total de la empresa
*Miguel Angel Ortiz Barrios	Teoría de restricciones y modelación PL como herramienta de decisión estratégica para el incremento de la productividad en la línea de toallas de una compañía	Colombia - 2013	Modelo de programación lineal	Determinar la mejor mezcla de producción asegurando el mayor Throughput posible.

	del sector textil y de confecciones			
*Krastek Robert *Ramos Saibel *Duarte Ángel	Formulación de un modelo matemático para Optimizar el tiempo de producción en una planta Extrusoras de tubos	Venezuela - 2013	Modelos de programación lineal	Determinar la producción semanal, que minimizara los tiempos de producción total para diferentes referencias.
*Ayse Pinar Gurses	An activity – Based costing and Theory of constraints model for product – mix decisions	Estado Unidos - 1999	Modelo de Programacion lineal	Obtener la mezcla optima de producto, identificando el cuello de botella con los resultados del modelo.
*Romero Rojas Julián David *Ortiz Triana, Viviana Karolina *Caicedo Rolón, Álvaro Junior	La Teoría de Restricciones y la Optimización como Herramientas Gerenciales para la Programación de la Producción. Una Aplicación en la Industria de Muebles	Colombia - 2019	Modelo de programación lineal entera	Lograr identificar la estación cuello de botella, para así, explotarla y aumentar la utilidad del sistema.
*Reyes Zotelo, Yunuem *Mula Josefa *Diaz Madroñero Manuel *Guitierrez Gonzalez Eduardo	Plan maestro de producción basado en programación lineal entera para una empresa de productos químicos	España - 2017	Modelo de programación lineal entero	Lograr evaluar diferentes escenarios y obtener el plan de producción que minimizara los costos de producción
*Ospina Gutiérrez Luz Marina *Rodas Rendón Pula Andrea	Modelos de programación lineal para integrar producción, inventario y ventas en empresas industriales	Colombia - 2018	Modelo de programación lineal	Determinaron cuanto producir, cuanto almacenar, cuanto demorar en cada periodo en el horizonte de planeación.

*Botero Arbeláez Marcela				
* Edgar Gutiérrez Franco * Hermann Fuquen González * Danilo Abril Hernández	Planificación integrada de producción y distribución para un conglomerado industrial	Colombia - 2010	Modelo de programación lineal entera	Lograr modelar la cadena de abastecimiento, identificando los costos logísticos de producción y distribución, minimizándolos.

Tomado de: Artículos publicados



### **3 Título 2: Caracterización del Sistema Productivo**

Los sistemas productivos se caracterizan por ser conglomerados con un considerable nivel de complejidad, en donde se lleva a cabo intercambios de información y de materiales, los cuales son utilizados para un objetivo común en el que es posible fabricar un producto u ofrecer un servicio, por lo general estos sistemas se encuentran conformados por procesos y subprocesos, conformados por entradas (Input) y posterior a ellas, unas salidas (Output). (Proştean, 2007).

La siguiente caracterización fue realizada en el sistema de producción de la panificadora QUEEPAN, en donde se aplicaron diversas herramientas y estrategias científicas para el levantamiento y esquematización de la información, profundizando en la estandarización de procesos y cálculos de indicadores de gestión productiva. Además, se utilizó la teoría de restricciones (TOC), como una guía metodológica para la argumentación y la medición de este, permitiendo percibir el sistema desde diferentes puntos de vista sujetos al sentido común, mediante un enfoque sistémico.

#### **3.1 QUEEPAN**

Queepan es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de productos alimenticios de alta rotación, entre sus principales líneas de productos son: Panadería, Galletería y Bizcochería, Ubicada en la ciudad de Sincelejo – Sucre, reconocida como la panificadora con mayor nivel de producción y ventas de la región.

Queepan es una panificadora dedicada al mejoramiento continuo, en busca de nuevas alternativas que ayuden en lograr ser más productivo, con los recursos disponibles, por lo cual fue la empresa de estudio que permitió aplicar los estudios necesarios para realizar esta investigación.

#### **3.2 Políticas de producción**

La panificadora QUEEPAN no posee políticas de producción debidamente estructuradas, esta empresa dirige sus métodos de trabajo a escenarios improvisados, los cual son dictados por la operatividad del día a día, dependiendo de sus requerimientos de ventas inmediatas y condiciones

en el piso de taller, por lo cual no presenta una orientación estable en la que se sustenten sus decisiones.

### **3.3 Descripción del sistema de producción**

Actualmente la panificadora QUEEPAN, produce y ofrece alrededor de veintiún (21) referencias de productos, las cuales varían por su gramaje, sabor, textura, tamaño y demás, lo que hace de su sistema productivo sea fluctuante y complejo para las actividades de observación, estudio y análisis. La panificadora cuenta con tres (3) líneas de productos, en las cuales se encuentran inmersas el número de referencias previamente enunciado, estas se clasifican en panadería, galletería y bizcochería, todos con un gran porcentaje de demanda, que en conjunto superan la capacidad productiva total de la empresa, por lo cual el sistema de producción empleado por la organización es denominado Job shop, estos se caracterizan además por poseer un flujo de producción por lotes (Batch). (Rodríguez Quiñones, 2014)

QUEEPAN, gestiona y operan su flujo productivo a través de la metodología Push, como alternativa para lograr satisfacer las necesidades del mercado, dado que los vendedores internos de la empresa no cuentan con preventa o un pronóstico. Esta metodología de producción es una de las menos adecuadas para evitar los niveles de obsolescencia y deterioro de los productos considerando que la industria alimenticia es muy vulnerable con al paso del tiempo, aunque por la naturaleza del sistema de mercado se hace necesario adoptarla. Por lo general las empresas que utilizan este tipo de metodologías de producción, garantizan una mayor velocidad de su flujo de productos, desde el punto de vista de la fabricación de los mismos hasta su despacho, sin embargo, es válido considerar escenarios en donde clientes externos realizan pedidos especiales los cuales ya se encuentran vendidos. (Caba, Chamarro and Fontalvo, 2006)

Cabe resaltar que el proceso productivo requiere de diversas materias primas e insumos para la elaboración de cada producto, por ello es posible clasificar el sistema de producción de la empresa QUEEPAN dentro del concepto de VAT; el cual consiste en tres formas diferentes de clasificar una planta manufacturera teniendo en cuenta sus características operativas. Esta empresa posee un tipo planta de producción en donde tiene lugar el concepto A, basado en un sistema de

producción en el que se utilizan gran variedad de materias primas e insumos, las cuales se procesan con el fin de originar una menor proporción de productos finales en comparación a la diversidad utilizada.(Chapman, 2006)

### **3.4 Estudio de tiempos**

Para el seguimiento y control de los sistemas productivos es necesario conocer a profundidad los factores que interactúan en la planta, debido a que en ellos influyen directa e indirectamente variables que rigen su flujo y delimitan su capacidad, por lo cual es de vital importancia hacer uso de herramientas científicas que permitan obtener información de cada actividad y etapa de proceso. Considerando tiempos de procesamiento, capacidades de producción, capacidades de almacenamiento, indicadores de eficiencia y productividad, entre otras variables, que de igual forma intervienen para una buena gestión de los procesos.(Grimaldo *et al.*, 2014)

El estudio de tiempos aplicado en la panificadora QUEEPAN, fue desarrollado bajo el procedimiento sistémico determinado por Niebel, el cual fue acoplado a las necesidades del proyecto en particular, logrando establecer los pasos a seguir según los requerimientos de la investigación.

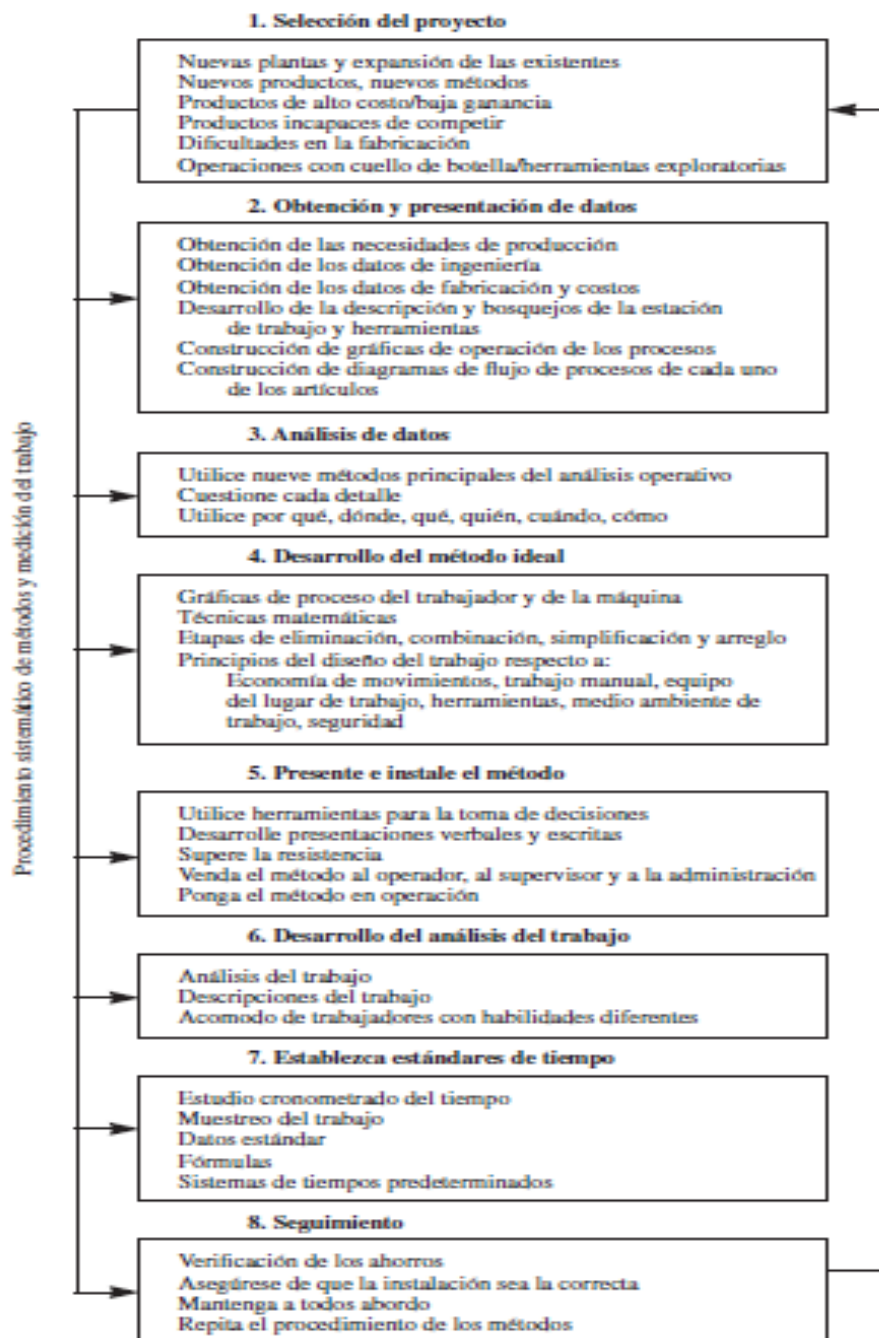


Figura 1 Procedimientos sistemático de métodos y medición del trabajo  
Tomado de: INGENIERIA INDUSTRIAL (métodos, estándares y estudio de tiempos)

Como se muestra en la figura 1, el método establecido por Niebel, describe de forma general como realizar un estudio de tiempos, aunque para esta investigación se tomó el procedimiento y fue adaptada a las necesidades del proyecto, en los siguientes pasos: (Niebel and Freivalds, 2009)

- 1) Determinar las líneas de producción con su flujo productivo, con el fin de abarcar todos los procesos y productos.
- 2) Distribuir el flujo productivo en etapas de proceso, teniendo en cuenta el cambio de operario para cada estación de trabajo.
- 3) Establecer las actividades que se deberían realizar para cada etapa de proceso
- 4) Estandarizar el lote de transferencia del proceso a analizar.
- 5) Cuantificar mediante una prueba piloto, el número de muestras requerido por etapa de proceso.
- 6) Realizar mediadas de tiempos con las muestras requeridas estadísticamente, mediante el método de regresión a cero (0), para cada actividad de la estación de trabajo.
- 7) Formular una calificación de desempeño por medio del método de ritmo de trabajo o velocidad de operación para cada toma de tiempos, con valores entre 80% y 120%.
- 8) Calcular el tiempo normal por etapa de proceso para cada producto
- 9) Identificar las holguras aplicadas a cada estación de trabajo, mediante los criterios estandarizados.
- 10) Medir la estandarización de los tiempos de procesamiento para cada producto.

### **3.4.1 Líneas de productos.**

La panificadora cuenta con alrededor de veintiún (21) referencias, las cuales fue posible agrupar en familias o líneas de productos, teniendo en cuenta la similitud en los procesos de fabricación que estos requieren. En la Tabla 2 se identifica la clasificación de cada familia por procesos, los cuales se encuentran representados por una secuencia numérica que describe el paso a paso del flujo de fabricación en la planta, en donde (1) simboliza el proceso de Dosificación, (2) el proceso de Cilindrado, (3) Moldeado, (4) Fermentación, (5) Horneado, (6) Reposo, (7) Empacado.

Tabla 2

*Procesos de fabricación de productos por línea productiva*

<b>MATRIZ DE PRODUCTO – PROCESO DE LA PANIFICADORA QUEE PAN</b>								
<b>PRODUCTOS – PROCESO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>1. FAMILIA PANADERIA</b>	<b>PAN TAJADO</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN ESPECIAL</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN DE QUESO</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN MOGOLLA</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN OCAÑERO</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN MANTEQUILLA</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PALILLO</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN DE SAL</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>LENGUA</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN DE UVA</b>	X	X	X	X	X	X	X
	<b>PAN REDONDO</b>	X	X	X	X	X	X	X
<b>PAN DE LECHE</b>	X		X	X	X	X	X	
<b>2. FAMILIA GALLETERIA</b>	<b>PASTELITO</b>	X	X	X		X	X	X
	<b>GALLETA QUESO</b>	X	X	X		X	X	X
	<b>GALLETA SODA</b>	X	X	X		X	X	X
	<b>GALLETA PUNTO ROJO</b>	X	X	X		X	X	X
	<b>GALLETA NEGRITA</b>	X	X	X		X	X	X
<b>3. FAMILIA BIZCOCHERIA</b>	<b>MERENGUE</b>	X		X		X	X	X
	<b>RIZADA</b>	X		X		X	X	X
	<b>ROSQUITA</b>	X		X	X	X	X	X
	<b>PONQUESITO</b>	X		X		X	X	X

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

El proceso productivo de cada una de las familias de productos difiere de una estación a otra, en las que de igual forma la manipulación de cada uno de ellos es diferente, utilizando maquinarias y herramientas especiales para cada referencia, un ejemplo claro de ello se ve representado en la elaboración de los productos de panadería en comparación con los productos de galletería, en donde estos últimos no requieren ser procesados en la estación de fermentación o crecimiento, estación (4).

Cabe resaltar que los procesos de fabricación empleados en la planta productiva en su mayoría aplican para una gran cantidad de productos, sin embargo, existen procesos exclusivos para cada referencia, por ello a continuación se describen de forma general todas las etapas de procesos que se realizan en la planta.

**1. Dosificado:** Esta etapa de proceso la compone una maquina eléctrica, la cual gira en un mismo eje rotatorio, logrando homogeneizar todos los insumos hasta obtener un producto denominado masa, esta debe poseer características de color, textura y sabor establecidas para su posterior utilización, esta actividad es realizada por un solo operario.

**2. Cilindrado:** En esta etapa se cuenta con una máquina eléctrica, la cual cumple la función de estirar la masa obtenida en la etapa anterior, además de darle una mejor textura y características de maleabilidad, a partir de unos rodillos eléctricos, esta actividad es realizada por un solo operario.

**3. Moldeado:** En esta etapa de proceso se encuentran inmersas varias tareas las cuales son: 1<sup>a</sup> cortar la masa en trozos, 2<sup>a</sup> adicionar ingredientes como bocadillo, queso rallado, entre otros, y 3<sup>a</sup> darle forma a cada unidad producida, las cuales son posteriormente enlatadas. Cabe resaltar que las actividades de corte se realizan con máquinas eléctricas y las actividades de enlatado y agregado de ingredientes son de forma manual. Esta es la etapa en donde se requieren la mayor cantidad de mano de obra, alrededor de cuatro (4) operarios, debido a que los equipos de corte operan a gran velocidad en una maquina multiformadora, para la línea 1<sup>a</sup>, las demás líneas son manuales y requieren un solo operario.

**4. Fermentación:** Esta es la etapa más demorada del proceso de fabricación, consiste en un cuarto de crecimiento en donde se suministra un tiempo de almacenamiento a todo el lote de unidades, controlando variables de temperaturas (T) y humedad relativa (H) adecuadas para que la levadura adicionada en la etapa de mezclado se active, logrando aumentar volumen de las masas moldeadas. El tiempo consumido por esta etapa varía dependiendo del producto, resaltando además que no todas las líneas requieren de esta estación.

**5. Horneado:** En esta etapa se realiza un tratamiento térmico al lote de unidades, las cuales se someten a temperaturas estándar, a través de ello se hornea o se deshidrata el producto con el fin

de darle un aspecto bronceado, por medio de máquinas térmicas que funcionan a gas, esta estación cuenta con un operario a cargo, el cual además se encarga de retirar los productos de la etapa de fermentación.

**6. Reposo:** En esta operación el producto llega proveniente de la etapa de horneado, en donde se le da un tiempo razonable de espera, con el fin de equilibrar la temperatura del producto con la temperatura ambiente, cuando éste alcanza 5° por encima a la temperatura ambiente, se transportan de las bandejas metálicas a canastas, esto se realiza para lograr empacar el producto sin que este se oxide, se resalta que esta actividad se realiza de forma manual y por un solo operario.

**7. Empacado:** En esta etapa de proceso se le asigna una envoltura a cada una de producto o por paquete de venta, es decir, existen productos cuyo empaque consta de varias unidades de producto y otras que son distribuidas individualmente. Esta operación se realiza con la ayuda de máquinas eléctricas las cuales son programables de acuerdo a las características físicas y el empaque utilizado en cada producto, o también de forma manual. Toda la operación es realizada por dos operarios, donde el primero alimenta la máquina y el segundo recolecta las unidades en los empaques finales.

### **3.4.2 Procesos de fabricación por línea productiva.**

Con la iniciativa de esquematizar y especificar con mayor detalle el flujo productivo de cada una de estas familias, se presenta el direccionamiento de materiales en las ilustraciones (2) (3) y (4) respectivamente, de igual forma se especifican los subprocesos inmersos por cada proceso en sus respectivas líneas así:



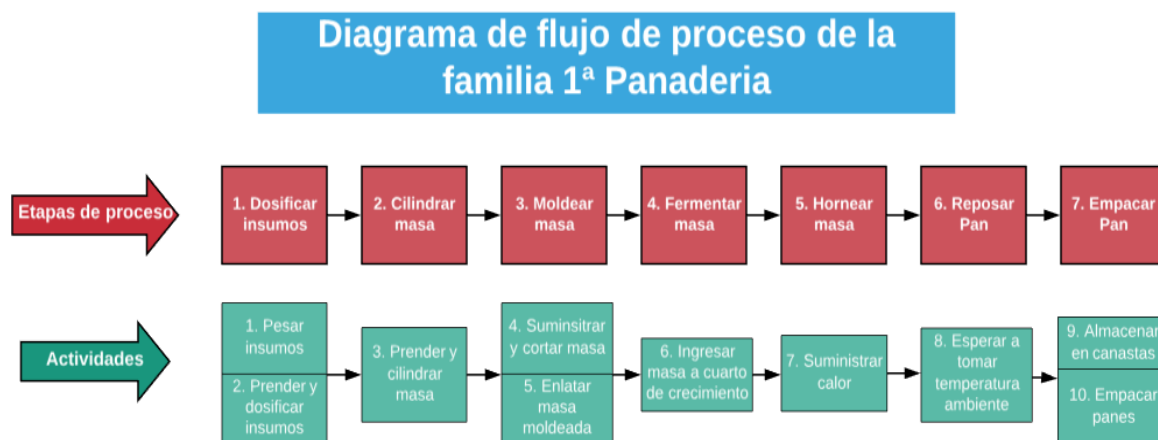


Figura 2 Diagrama de flujo de procesos de la 1ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

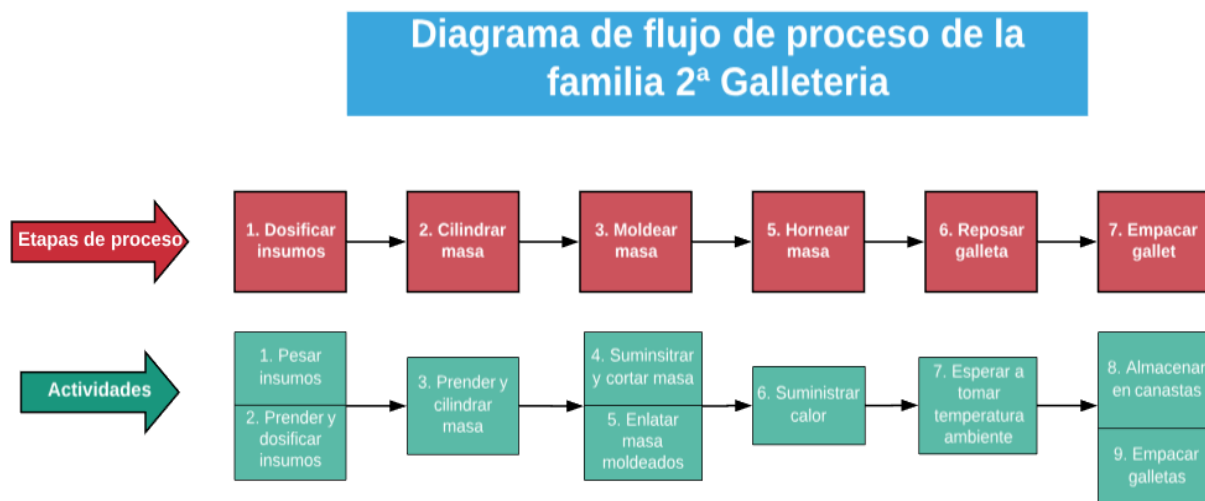


Figura 3 Diagrama de flujo de procesos de la 2ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

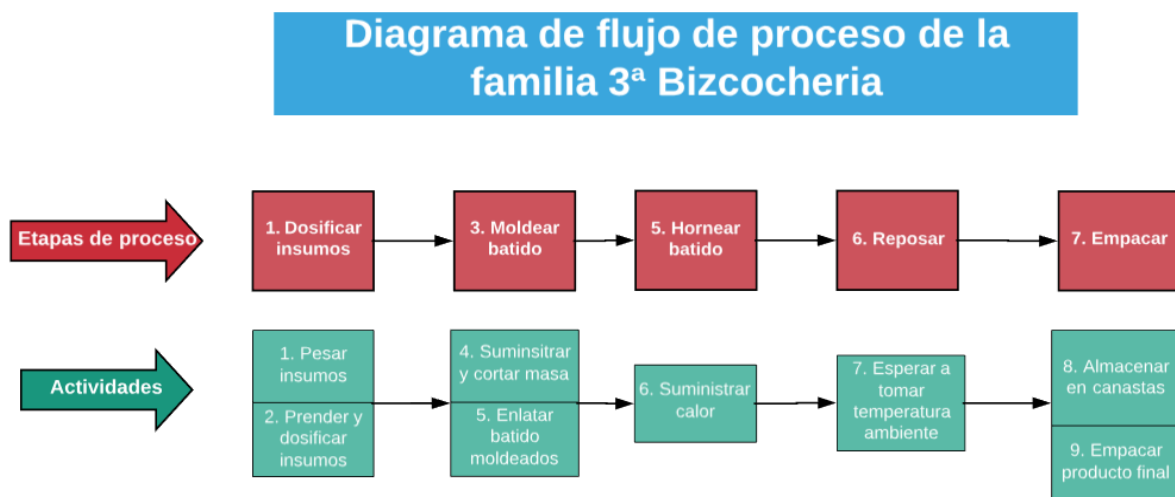


Figura 4 Diagrama de flujo de procesos de la 3<sup>a</sup> línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Se recalca que las líneas de fabricación siguen etapas y flujos diferentes, en donde cada una de ellas poseen ubicaciones establecidas dentro de la planta, reiterando además que cada línea de producto tiene sus propias estaciones. A modo de ejemplo se resaltan las etapas de moldeado para las tres familias de productos, las cuales difieren completamente en ubicación, operarios, herramientas y equipos. Sin embargo, estas líneas llegan a un punto en su flujo productivo, en donde se encuentran o son capaces de compartir estaciones de trabajo como la estación de fermentación, horneado y empaque, consideradas etapas con sobrecarga laboral, cabe aclarar que estas no son estaciones de ensamble.

### 3.4.3 Actividades por proceso en las líneas productivas.

Con la iniciativa de clarificar con mayor detalle el proceso productivo y las actividades inmersas en cada una de estos, se estructura un flujograma o diagrama de decisión por cada línea de productos, ilustración (5)

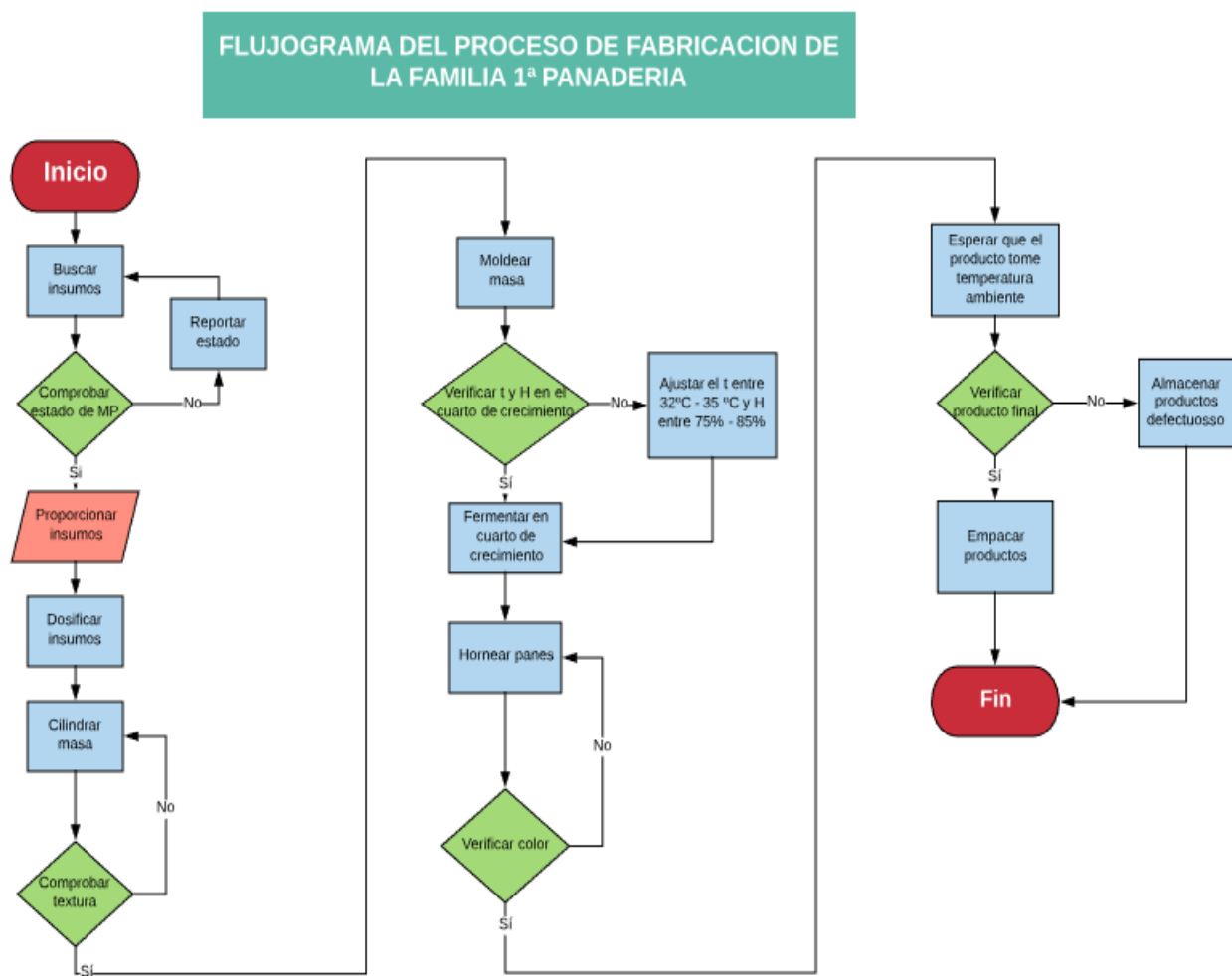


Figura 5 Flujograma del proceso de fabricación de la 1ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

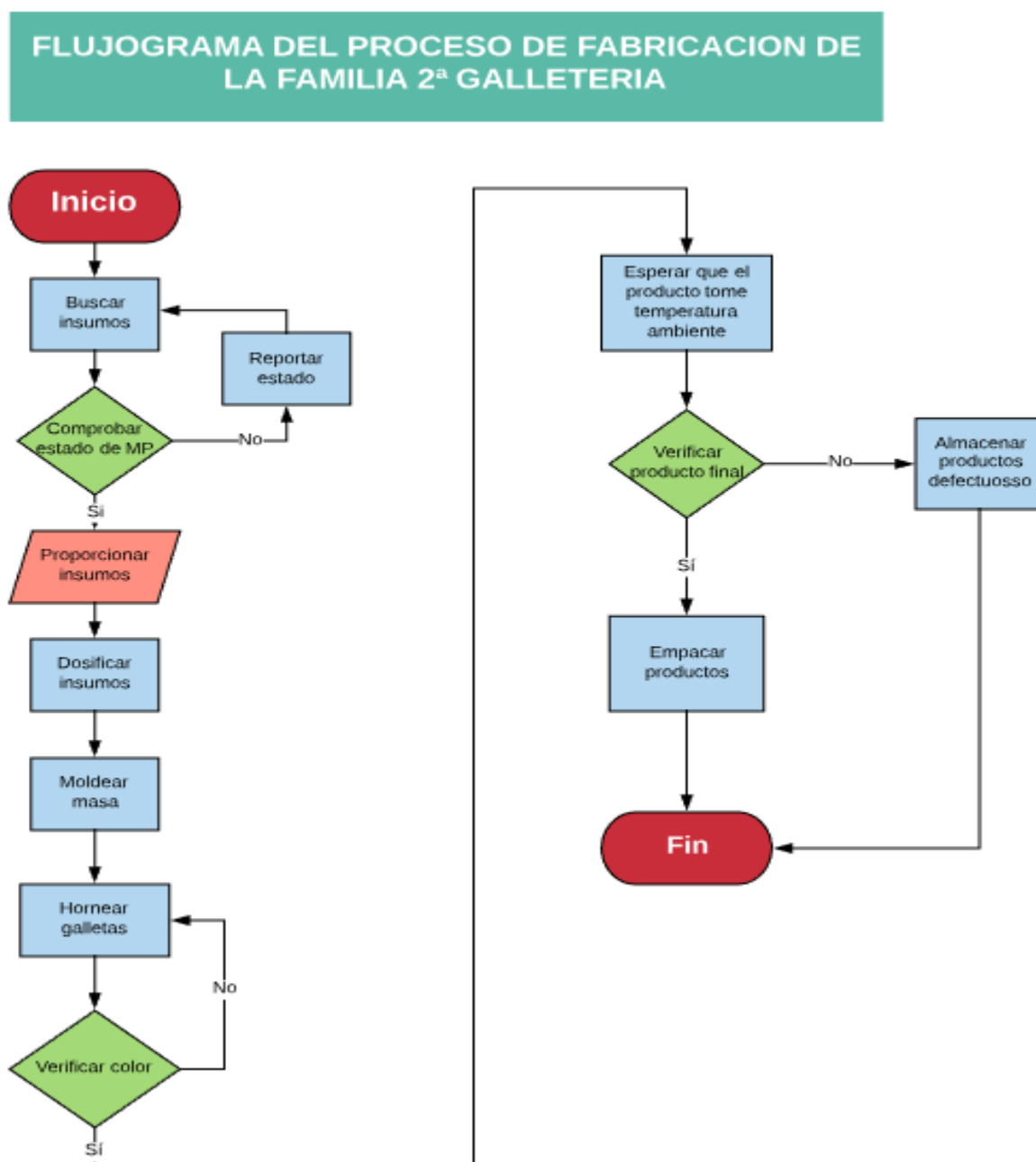


Figura 6 Flujoograma del proceso de fabricación de la 2ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

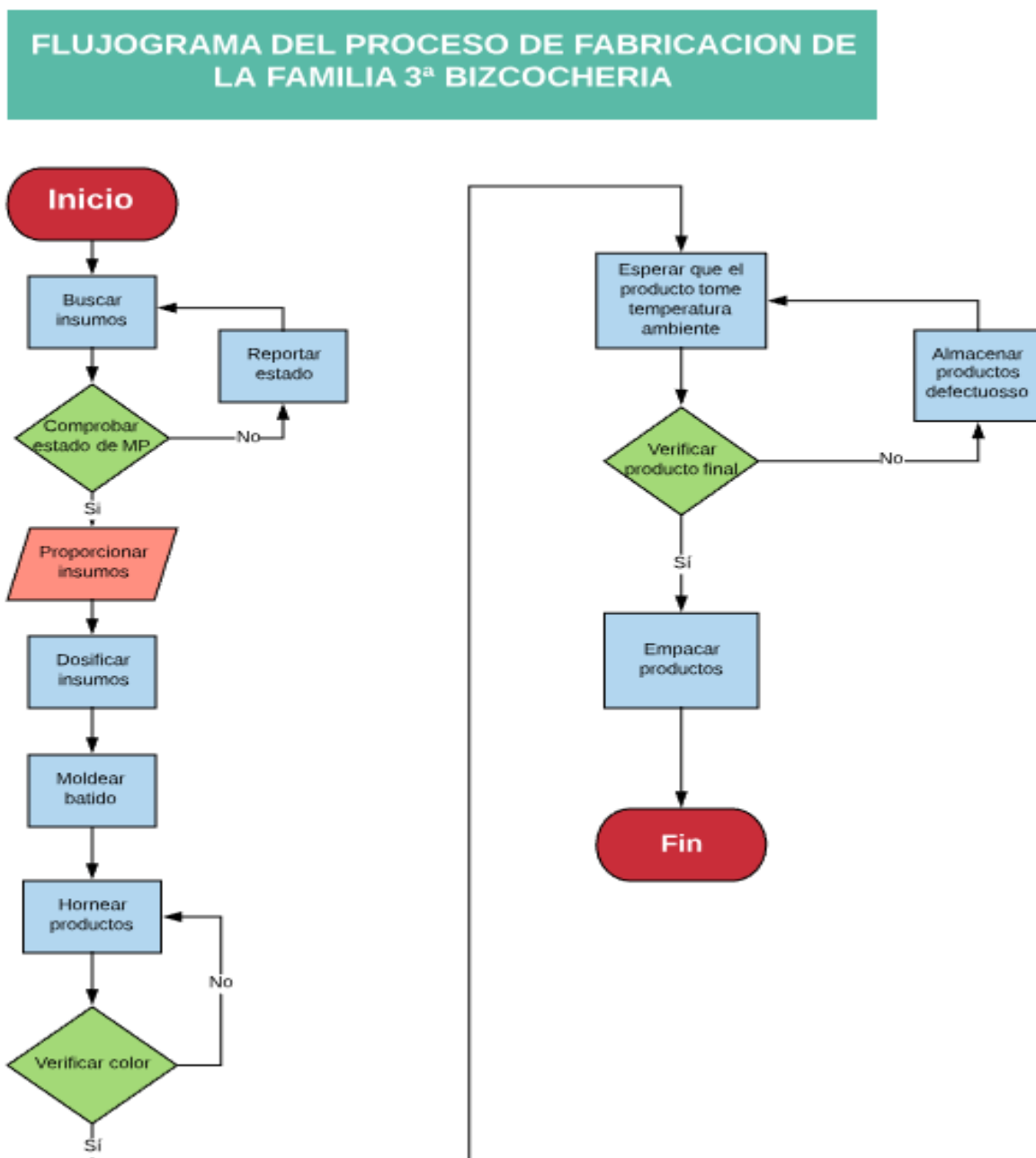


Figura 7 Flujograma del proceso de fabricación de la 3<sup>a</sup> línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Múltiples actividades realizadas por cada línea de producto presentan un intervalo mínimo de variabilidad, la cual repercute significativamente en el rendimiento de cada uno de estas,

específicamente en la estación de fermentación, en donde las condiciones de temperatura y humedad se ven influenciadas por factores externos o climáticos, estas consideraciones son de suma importancia para el control del proceso en sí.

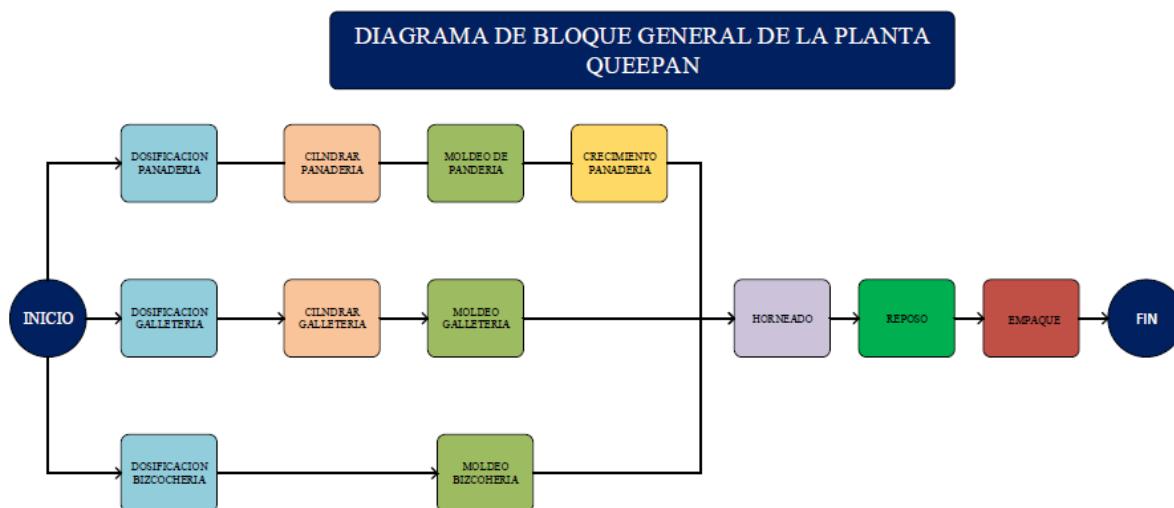


Figura 8 Diagrama de flujo general del sistema de fabricación  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

En la figura 8 es posible identificar de forma general en el diagrama de bloque el flujo de materiales por cada línea de productos, en donde se reitera el cruce de productos en la estación de horneado, cuya capacidad debe ser distribuida o compartida en todos los productos fabricados por la planta, de igual forma la estación de reposo y empaque.

#### 3.4.4 Flujo de proceso.

El proceso productivo de las tres (3) líneas de productos en la empresa conlleva diversas actividades, tanto a nivel general como por etapa de proceso, estas se realizan para inspeccionar y controlar el flujo de insumos y materias primas a lo largo de la línea, clasificando y determinando características adecuadas por cada unidad de producto elaborado. Se representa gráficamente el flujo de actividades por la línea de productos por medio de un diagrama de flujo del proceso, con el fin de clarificar y especificar significativamente los puntos más relevantes de cada línea. Como se observa en la figura 9.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO						
Proceso:	Faricacion de panes	Tipo Evento			Cantidad	
Fecha:	01/12/2018	Operacion:		7		
Familia	Panaderia	Transporte:		8		
		Espera:		1		
		Inspeccion:		3		
		Almacenamiento:		1		
Actividad	SIMBOLO				DESCRIPCION DEL EVENTO	
Transportar insumos						Tomar insumos de la zona de almacenamiento a zona de dosificacion
Pesar ingredientes						Pesar e introducir insumos en maquina dosificadora
Dosificar insumos						Prender y funcionar maquina dosificadora
Transportar masa						Introducir masa en bote y llevarla a zona de cilindrado
Cilindrar masa						Cilindrar masa para tomar contextura deseable
Transportar masa a multiformadora						Llevar masa cilindrada a maquina multiformadora
Moldear y enlatar masa						Cortar, formar, inspeccionar y enlatar masas en escabiladero
Transportar masa a cuarto de crecimiento						Llevar escabiladero a cuarto de crecimiento
Fermentar productos en proceso						Controlar y esperar que laas masas se fermenten
Inspeccionar volumen del producto						Supervisar volumen del masa
Trasnportar a zona de horneado						Llevar a zona de horneado
Hornear productos en proceso						Introducir masas fermentadas en el horno
Transportar a zona de reposo						Llevar panes sin empacar a zona de reposo
Esperar a tomar temperatura ambiente						Esperar que el pan sin empacar tome temperatura ambiente
Trasnportar a zona de empaque						Llevar pan sin empacar a zona de empaque
Inspeccionar productos						Revisar color y textura del panes sin empacar
Empacar productos						Empacar panes mediante maquina empacadora
Transportar a almacenamiento						Transportar mediante canastas productos empacados
Almacenar						Almacenar canastas

Figura 9 Diagrama de flujo del proceso de la 1ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO						
Proceso:	Faricacion de galletas	Tipo Evento			Cantidad	
Fecha:	01/12/2018	Operacion:		6		
Familia	Gallateria	Transporte:		6		
		Espera:		1		
		Inspeccion:		3		
		Almacenamiento:		1		
Llevar a zona de horneado	SIMBOLO				DESCRIPCION DEL EVENTO	
Transportar insumos						Tomar insumos de la zona de almacenamiento a zona de dosificacion
Pesar ingredientes						Pesar e introducir insumos en maquina dosificadora
Dosificar insumos						Prender y funcionar maquina dosificadora
Transportar masa						Mover masa al meson
Cilindrar masa						Cilindrar masa para tomar contextura deseable
Moldear y enlatar masa						Cortar, formar, inspeccionar y enlatar masas en escabiladero
Trasportar a zona de horneado						Llevar a zona de horneado
Hornear productos en proceso						Introducir masas moldeadas en el horno
Transportar a zona de reposo						Llevar galletas sin empacar a zona de reposo
Esperar a tomar temperatura ambiente						Esperar que la galleta sin empacar tome temperatura ambiente
Trasportar a zona de empaque						Llevar galleta sin empacar a zona de empaque
Inspeccionar productos						Revisar color y textura de la galleta sin empacar
Empacar productos						Empacar galleta de forma manual
Transportar a almacenamiento						Transportar mediante canastas productos empacados
Almacenar						Almacenar canastas

Figura 10 Diagrama de flujo del proceso de la 2ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN



DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO						
Proceso:	Faricacion de bizcochos	Tipo Evento			Cantidad	
		Operacion:	Transporte:	Espera:	Inspeccion:	
Fecha:	01/12/2018				Almacenamiento:	
Familia	Bizcocheria					
Llevar a zona de horneado	SIMBOLO				DESCRIPCION DEL EVENTO	
Transportar insumos						Tomar insumos de la zona de almacenamiento a zona de dosificacion
Pesar ingredientes						Pesar e introducir insumos en maquina dosificadora
Dosificar insumos						Prender y funcionar maquina dosificadora
Transportar batido						Mover batido al meson
Moldear y enlatar batido						Formar batido mediante manga de repostero si lo requiere, inspeccionar y enlatar en escabilladero
Trasportar a zona de horneado						Llevar a zona de horneado
Hornear productos en proceso						Introducir batidos moldeadas en el horno
Transportar a zona de reposo						Llevar bizcochos sin empacar a zona de reposo
Esperar a tomar temperatura ambiente						Esperar que el bizcocho sin empacar tome temperatura ambiente
Trasportar a zona de empaque						Llevar bizcocho sin empacar a zona de empaque
Inspeccionar productos						Revisar color y textura del bizcocho sin empacar
Empacar productos						Empacar bizcocho de forma manual
Transportar a almacenamiento						Transportar mediante canastas productos empacados
Almacenar						Almacenar canastas

Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de la 3ª línea productiva  
Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Cabe aclarar que el flujo de proceso previamente representado aplica de forma general para las diferentes referencias por línea. Sin embargo, se resaltan excepciones con referencias de productos cuyos requerimientos de actividades varían levemente.

#### **3.4.5 Medida del estándar.**

El proceso de fabricación de la panificadora QUEEPAN en las tres líneas, está regido por masas dosificadas o batido en su defecto, por tal motivo se determinó que el estudio de tiempos fuese dirigido para una (1) arroba o un (1) batido, y así, según su transformación de etapa a etapa se mide las unidades producidas por dicho lote.

#### **3.4.6 Tamaño de la muestra.**

Se realizó una toma de tiempo a cada estación sin intervenir en el producto, con el fin de cuantificar el tiempo de ciclo como prueba piloto, para así, identificar el tamaño de la muestra en cada estación de proceso.

El cálculo del tamaño de la muestra se puede realizar mediante diversos métodos, en esta investigación se aplicó el método estadístico, partiendo del supuesto, que la muestra se distribuye normalmente respecto a la media poblacional. Por lo cual se aplica la tabla de numero recomendado de ciclos determinado por Niebel (Niebel and Freivalds, 2009). Como se observa en la Tabla 3.

Mediante la estandarización de números de ciclo, se da paso para establecer el número de observación a realizar, mediante una prueba piloto por estación de trabajo por cada línea, sin intervenir en el producto. En las Tablas 4, 5 y 6 se muestran las estaciones de proceso, con su respectivo tiempo de ciclo para cada línea y el número recomendado de ciclos.

Tabla 3

*Números recomendados de ciclos de observación*

**Tabla 10.2** Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

*Fuente:* Información tomada de *Time Study Manual* de los Erie Works de General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario.

Tomado de: INGENIERIA INDUSTRIAL (métodos, estándares y estudio de tiempos)

Tabla 4

*Número de observaciones en los procesos de la 1ª línea productiva*

OBSERVACIONES RECOMENDADO 1ª LÍNEA DE PANADERÍA			
N <sup>o</sup>	ESTACIÓN DE PROCESO	PRUEBA PILOTO	NUMERO RECOMENDADO
		TIEMPO DE CICLO	
1	DOSIFICACIÓN	0:02:00	20
2	CILINDRADO	0:01:20	30
3	MOLDEADO	0:07:00	10
4	FERMENTACIÓN	3:20:00	3
5	HORNEADO	0:15:00	8
6	REPOSO	1:30:00	3
7	EMPACADO	0:06:00	10

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

Tabla 5

*Número de observaciones en los procesos de la 2ª línea productiva*

NUMERO OBSERVACIONES RECOMENDADO 2ª LÍNEA DE GALLETERÍA			
N <sup>o</sup>	ESTACIÓN DE PROCESO	PRUEBA PILOTO	NUMERO RECOMENDADO
		TIEMPO DE CICLO	
1	DOSIFICACIÓN	0:20:00	5
2	CILINDRADO	0:10:00	8
3	MOLDEADO	0:15:00	8
4	HORNEADO	0:08:00	10
5	REPOSO	0:40:00	3
6	EMPACADO	0:12:00	8

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

Tabla 6

*Número de observaciones en los procesos de la 3ª línea productiva*

NUMERO OBSERVACIONES RECOMENDADO 3ª LÍNEA DE BIZCOCHERIA			
Nº	ESTACIÓN DE PROCESO	PRUEBA PILOTO	NUMERO RECOMENDADO
		TIEMPO DE CICLO	
1	DOSIFICACIÓN	0:06:30	10
3	MOLDEADO	0:15:00	8
4	HORNEADO	0:40:00	3
5	REPOSO	0:50:00	3
6	EMPACADO	1:10:00	3

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

Por lo cual, los tiempos observados se tomaron conforme a la cantidad de ciclos recomendados según la prueba piloto, para lograr obtener el tiempo normal estadísticamente valido.

### **3.4.7 Tiempos observados.**

El estudio de métodos y tiempos realizado en la panificadora QUEEPAN, se dirigió a todas las referencias de productos elaboradas en sus respectivas líneas de producción sin intervenir en las especificaciones individuales, como el gramaje u otras características. Con el fin de captar la totalidad del proceso y evaluar con mayor precisión el nivel de respuesta en capacidad y flexibilidad que posee la empresa ante un pedido determinado.

#### **3.4.7.1 Método utilizado**

El estudio de tiempo aplicado en esta investigación se hizo mediante observación directa, cronometrada para cada referencia en las líneas antes mencionadas, la toma de tiempos fue basado el método de regresión a cero con el objetivo de tener mayor seguridad en cada tiempo, además la naturaleza del proceso generaba la posibilidad de poder registrar los tiempos por estación de proceso.

#### **3.4.7.2. Resumen de tiempos.**

Se agregan los promedios de los tiempos cronometrados, según el tamaño de observación por cada etapa de proceso, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

*Promedio de tiempos observados en los procesos de la 1ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS OBSERVADOS (TO)								
1ª LINEA DE PANADERIA								
Nª	ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7
1	PAN TAJADO	0:01:45	0:01:32	0:03:24	2:50:00	0:30:00	1:10:00	0:18:07
2	PAN ESPECIAL	0:01:30	0:01:35	0:03:12	3:38:00	0:13:00	0:40:00	0:03:18
3	PAN DE QUESO	0:01:32	0:01:34	0:04:55	3:12:00	0:13:00	0:38:00	0:03:30
4	PAN DE UVA	0:01:35	0:01:40	0:03:47	1:52:41	0:13:00	0:38:00	0:03:52
5	LENGUA	0:01:42	0:01:26	0:09:05	2:17:00	0:20:00	0:25:00	0:20:52
6	PAN MOGOLLA	0:01:40	0:01:25	0:04:48	2:55:00	0:10:00	0:30:00	0:02:04
7	PAN OCAÑERO	0:01:38	0:01:30	0:04:03	2:50:00	0:10:00	0:30:00	0:07:46
8	PAN MANTEQUILLA	0:01:44	0:01:41	0:05:09	2:10:00	0:10:00	0:30:00	0:08:18
9	PALILLO	0:01:45	0:01:33	0:07:29	2:40:00	0:45:00	0:45:00	0:19:15
10	PAN DE SAL	0:01:46	0:01:40	0:05:29	2:10:00	0:45:00	0:45:00	0:07:00
11	PAN REDONDO	0:01:48	0:01:14	0:08:03	1:50:00	0:30:00	0:25:00	0:12:25
12	PAN DE LECHE	0:01:39	0:01:31	0:03:30	3:10:00	0:15:00	0:35:00	0:17:00

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

Tabla 8

*Promedio de tiempos observados en los procesos de la 2ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS OBSERVADOS (TO)							
2ª LINEA DE GALLETERIA							
Nª	ESTACIONES	1	2	3	5	6	7
1	PASTELITO	0:02:40	0:03:01	0:28:15	1:00:00	1:20:00	0:15:00
2	GALLETA QUESO	0:14:00	0:04:20	0:19:18	0:08:30	0:45:00	0:24:44
3	GALLETA SODA	0:08:55	0:04:10	0:13:38	0:10:00	0:53:00	0:10:21
4	GALLETA PUNTO ROJO	0:15:11	0:12:00	0:22:09	0:07:30	0:30:00	0:26:00
5	GALLETA NEGRITA	0:14:14	0:08:00	0:23:36	0:09:46	0:50:00	0:28:15

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

Tabla 9

*Promedio de tiempos observados en los procesos de la 3ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS OBSERVADOS (TO)							
3ª LINEA DE BIZCOCHERIA							
Nª	ESTACIONES	1	3	4	5	6	7
t	MERENGUE	0:06:27	0:16:12		0:40:00	0:35:00	0:25:00
2	RIZADA	0:28:40	0:26:34		0:11:30	0:30:00	0:12:30
3	ROSQUITA	0:35:00	0:17:03	0:40:00	0:20:00	0:20:00	1:08:30
4	PONQUESITO	0:04:37	0:08:16		0:18:00	0:40:00	0:30:00

Tomado de: proceso productivo QUEEPAN

### 3.4.8 Calificación de desempeño.

Los tiempos observados son tomados a un operario de referencia, por tal motivo no es confiable asegurar que todos los operarios realizaran las mismas actividades en el mismo tiempo, por lo cual se realiza una calificación de desempeño, intentando igualar los tiempos de procesamiento cronometrados para todos los trabajadores.

Existen diversos métodos para realizar una calificación de desempeño, desde el más sencillo hasta el más complejo, como lo son: Calificación de velocidad o ritmo de trabajo, el sistema Westinghouse, calificación sintética y calificación objetiva (Niegel and Freivalds, 2009) Todos estos métodos brindan una calificación aceptable a los tiempos observados, aunque la mayor parte de ella es bajo el juicio del observador, sin incluir el método sintético.

Para esta investigación, se aplicó la calificación de velocidad, la cual es netamente subjetiva con conocimientos del observador sobre el proceso en particular, determinando que tan rápido o lento es realizada la operación, manteniendo márgenes entre ochenta por ciento (80%) cuando la operación es muy lenta, hasta ciento veinte por ciento (120%) cuando el operario es muy rápido, se califican tolerancias intermedias entre estos dos valores.(Kanawaty, 1996) En las Tablas 10, 11 y 12 se representan las calificaciones promedio de cada proceso por la línea de producto.

Tabla 10

*Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 1ª línea productiva*

PROMEDIO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO (CD)								
CALIFICACION DE VELOCIDAD								
1ª LINEA DE PANADERIA								
N <sup>a</sup>	ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7
	PRODUCTOS							
1	PAN TAJADO	95%	110%	120%	100%	100%	100%	80%
2	PAN ESPECIAL	110%	90%	110%	100%	100%	100%	90%
3	PAN DE QUESO	105%	90%	110%	100%	100%	100%	110%
4	PAN DE UVA	95%	95%	90%	100%	100%	100%	90%
5	LENGUA	95%	90%	80%	100%	100%	100%	80%
6	PAN MOGOLLA	100%	95%	95%	100%	100%	100%	90%
7	PAN OCAÑERO	110%	95%	110%	100%	100%	100%	110%
8	PAN MANTEQUILLA	115%	90%	90%	100%	100%	100%	110%
9	PALILLO	110%	95%	90%	100%	100%	100%	90%
10	PAN DE SAL	110%	90%	95%	100%	100%	100%	95%

11	PAN REDONDO	90%	90%	80%	100%	100%	100%	90%
12	PAN DE LECHE	90%	90%	95%	100%	100%	100%	80%

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 11

*Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 2ª línea productiva*

PROMEDIO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO (CD)							
CALIFICACION DE VELOCIDAD							
2ª LINEA DE GALLETERIA							
Nª	ESTACIONES	1	2	3	5	6	7
	PRODUCTOS						
1	PASTELITO	110%	105%	100%	100%	100%	80%
2	GALLETA QUESO	115%	110%	120%	110%	100%	90%
3	GALLETA SODA	120%	120%	120%	100%	100%	95%
4	GALLETA PUNTO ROJO	90%	115%	115%	100%	100%	85%
5	GALLETA NEGRITA	85%	105%	100%	100%	100%	110%

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 12

*Promedio de calificaciones de desempeño de los procesos de la 3ª línea productiva*

PROMEDIO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO (CD)							
CALIFICACION DE VELOCIDAD							
3ª LINEA DE BIZCOCHERIA							
Nª	ESTACIONES	1	3	4	5	6	7
	PRODUCTOS						
1	MERENGUE	90%	85%		100%	100%	85%
2	RIZADA	110%	90%		100%	100%	90%
3	ROSQUITA	95%	110%	100%	100%	100%	90%
4	PONQUESITO	110%	95%		100%	100%	110%

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

### 3.4.9 Holguras.

Los tiempos observados son tomados en una fracción del tiempo en que labora el operario, por lo cual existen momentos en los que el operario utiliza el tiempo productivo para otras labores, como descansar, necesidades fisiológicas, aprender, limpiar su puesto de trabajo y otras, por lo cual es necesario agregar ciertos suplementos u holgura al tiempo normal, para así, lograr obtener un tiempo confiable. (Niebel and Freivalds, 2009).

Para la aplicación de los suplementos, es posible afirmar que no existe un método estandarizado, es decisión del observador determinar los factores que influyen dentro del proceso y valorarlos según su criterio, aunque la literatura ha realizado una colaboración en este tema, diseñando tablas que tienen los porcentajes de factores típicos en las etapas de proceso. Los factores que se tuvieron en cuenta para esta investigación se describen en la Tabla 13.

Tabla 13  
*Factores de holguras*

FACTORES DE HOLSURAS			
N <sup>a</sup>	FACTOR	DESCRIPCION	IMPORTANCIA
1	SUPLEMENTOS CONSTANTES	Son los tiempos que requiere el operario para cumplir las necesidades humanas, cansancio y fatiga	Se agregan estos suplementos, dado a que las operaciones requieren la intervención humana, y el tiempo de procesamiento dependerá de la participación del operario
2	POSTURA	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por utilizar posturas inadecuadas	Existen operaciones donde es necesario que el operario aplique posturas inadecuadas, por tal motivo es necesario descansar
3	USO DE FUERZA	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por utilizar fuerza dentro del trabajo cotidiano	La naturaleza de las operaciones no requiere fuerzas excesivas, pero en ciertos momentos, el operario carga masas, mueve escabiladeros o carga bandejas metálicas
4	ILUMINACION	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por observar con poca iluminación dentro del trabajo cotidiano	Las operaciones estudiadas requieren utilizar la vista constantemente y con mayor precisión, y durante la jornada laboral existen momentos con escasa luz
5	CONDICIONES ATMOSFERICA	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por permanecer en un área con altas o bajas temperaturas o en su defecto con una humedad relativa alta	Dentro del estudio existe la operación de horneado y fermentación, las cuales son aplicadas en áreas con altas temperaturas y humedades.
6	TENSION VISUAL	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por observar con mucha precisión o cuidado un proceso en específico	Las operaciones de moldeado y empaque requieren mucho cuidado, por tal motivo los operarios deben observar con mayor precisión.
7	RUIDO	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por estar expuesto a altos ruidos en las operaciones cotidianas	Dentro del estudio los trabajadores operan máquinas que generan altos ruidos.
8	TENSION MENTAL	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por estrés dentro de las labores cotidianas	Dentro del estudio, existen operaciones en las cuales el operario debe estar concentrado, lo que genera estrés al transcurrir la jornada laboral
9	MONOTONIA	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por realizar las mismas operaciones	Los operarios al transcurrir la jornada laboral, realizar operaciones iguales, lo que genera estrés y disminuyen su ritmo de trabajo



<b>10</b>	<b>MONOTONIA FISICA</b>	Es el tiempo que el operario requiere para descansar, por realizar operaciones físicas iguales	Dentro del estudio, existen operaciones en donde el trabajador deberá realizar movimientos iguales, generando monotonía y cansancio
-----------	-------------------------	--	---

Tomado de: Elaboración propia

Mediante los factores determinados, se valoraron en porcentajes por etapas de proceso según la frecuencia de cada factor dentro del proceso productivo. Se realizó el análisis para todas las etapas sin intervenir la línea de productos, cabe resaltar que las etapas de proceso no presentan fluctuaciones significativas de familia a familia. La Tabla 14 se muestran los porcentajes atribuidos de las etapas de proceso y su respectivo factor, estos se identifican a través de una secuencia de números en donde (1) representa los suplementos constantes, (2) posturas, (3) uso de fuerza, (4) iluminación, (5) condiciones atmosféricas, (6) tensión visual, (7) ruido, (8) tensión mental, (9) monotonía y (10) monotonía física.

Tabla 14

*Resumen de holguras de cada factor por estación*

<b>RESUMEN DE HOLGURAS DE CADA FACTOR POR ESTACION</b>												
<b>ETAPA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>TOTAL</b>
1	DOSIFICADO	9%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	13%
2	CILINDRADO	9%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	12%
3	MOLDEADO	9%	2%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	2%	0%	15%
4	FERMENTACION	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	HORNEADO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6	REPOSO	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7	EMPACADO	9%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	2%	0%	14%

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

### 3.4.10 Cálculo de tiempo normal.

Luego de haber realizado la calificación de desempeño es necesario calcular el tiempo normal, el cual se expresa como el tiempo que cualquier operario tardará en realizar dicha operación. Matemáticamente se expresa en la Ecuación (1), (Kanawaty, 1996)

Mediante la Ecuación (1), se realizaron los cálculos por cada producto y estación de proceso, se representa en las Tablas 15, 16 y 17.

$$TN = \frac{TO * CD}{100} \quad (1)$$

Tabla 15

*Promedio de tiempos normales de los procesos de la 1ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS NORMALES (TN)								
1ª LINEA DE PANADERIA								
Nª	ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7
1	PAN TAJADO	0:01:40	0:01:41	0:04:05	2:50:00	0:30:00	1:10:00	0:14:30
2	PAN ESPECIAL	0:01:39	0:01:26	0:03:31	3:38:00	0:13:00	0:40:00	0:02:58
3	PAN DE QUESO	0:01:37	0:01:25	0:05:25	3:12:00	0:13:00	0:38:00	0:03:51
4	PAN DE UVA	0:01:30	0:01:35	0:03:24	1:52:41	0:13:00	0:38:00	0:03:29
5	LENGUA	0:01:37	0:01:17	0:07:16	2:17:00	0:20:00	0:25:00	0:16:42
6	PAN MOGOLLA	0:01:40	0:01:21	0:04:34	2:55:00	0:10:00	0:30:00	0:01:52
7	PAN OCAÑERO	0:01:48	0:01:25	0:04:27	2:50:00	0:10:00	0:30:00	0:08:33
8	PAN MANTEQUILLA	0:02:00	0:01:31	0:04:38	2:10:00	0:10:00	0:30:00	0:09:08
9	PALILLO	0:01:56	0:01:28	0:06:44	2:40:00	0:45:00	0:45:00	0:17:20
10	PAN DE SAL	0:01:57	0:01:30	0:05:13	2:10:00	0:45:00	0:45:00	0:06:39
11	PAN REDONDO	0:01:37	0:01:07	0:06:26	1:50:00	0:30:00	0:25:00	0:11:11
12	PAN DE LECHE	0:01:29	0:01:22	0:03:20	3:10:00	0:15:00	0:35:00	0:13:36

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 16

*Promedio de tiempos normales de los procesos de la 2ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS NORMALES (TN)							
2ª LINEA DE GALLETERIA							
Nª	ESTACIONES	1	2	3	5	6	7
1	PASTELITO	0:02:56	0:03:10	0:28:15	1:00:00	1:20:00	0:12:00
2	GALLETA QUESO	0:16:06	0:04:46	0:23:10	0:09:21	0:45:00	0:22:16
3	GALLETA SODA	0:10:42	0:05:00	0:16:22	0:10:00	0:53:00	0:09:50
4	GALLETA PUNTO ROJO	0:13:40	0:13:48	0:25:28	0:07:30	0:30:00	0:22:06
5	GALLETA NEGRITA	0:12:06	0:08:24	0:23:36	0:09:46	0:50:00	0:31:05

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 17

*Promedio de tiempos normales de los procesos de la 3ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS NORMALES (TN)							
3ª LINEA DE BIZCOCHERIA							
Nª	ESTACIONES	1	3	4	5	6	7
1	MERENGUE	0:05:48	0:13:46	0:00:00	0:40:00	0:35:00	0:21:15
2	RIZADA	0:31:32	0:23:55	0:00:00	0:11:30	0:30:00	0:11:15
3	ROSQUITA	0:33:15	0:18:45	0:40:00	0:20:00	0:20:00	1:01:39
4	PONQUESITO	0:05:05	0:07:51	0:00:00	0:18:00	0:40:00	0:33:00

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

### 3.4.11 Cálculo de tiempo estándar.

Determinando el tiempo normal (TN), es posible estandarizar los tiempos de procesamiento para cada producto en las estaciones de trabajo correspondientes, teniendo en cuenta las ponderaciones de los suplementos asignados. (Niebel and Freivalds, 2009)

El tiempo estándar (TE) será el tiempo con el cual se podrán tomar decisión sobre las etapas de proceso por producto, dado que se han incluido los suplementos u holguras, y se espera que el operario durante todo el día laboral se tarde en promedio el tiempo estándar. (Sipper and Bulfin, 1998)

El cálculo del tiempo estándar (TE) tiene diversos métodos, aunque todos son basados en la atribución que se les dé a las holguras, si estas se incluyen como parte del tiempo en que el operario realiza la actividad, o es la parte del tiempo que deberá tener el operario disponible en su jornada laboral. Para esta investigación aseveramos que es el tiempo que el operario no labora, por tal motivo el tiempo de procesamiento deberá ser aumentado en la proporción de la holgura para cada estación de trabajo, la cual se expresa matemáticamente en la Ecuación (2) la cual fue tomada del libro Ingeniería Industrial métodos, estándares y estudio de tiempos. (Caba, Chamarro and Fontalvo, 2006)

$$TE = TN * (1 + H) \quad (2)$$

En las Tablas 18, 19 y 20 se representa el tiempo estándar (TE) para cada estación de trabajo y producto.

Tabla 18

*Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 1ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS ESTANDAR (TE)								
1ª LINEA DE PANADERIA								
Nª	ESTACIONES	1	2	3	4	5	6	7
1	PAN TAJADO	0:01:53	0:01:53	0:04:42	2:50:00	0:30:00	1:10:00	0:16:31
2	PAN ESPECIAL	0:01:52	0:01:36	0:04:03	3:38:00	0:13:00	0:40:00	0:03:23
3	PAN DE QUESO	0:01:49	0:01:35	0:06:13	3:12:00	0:13:00	0:38:00	0:04:23
4	PAN DE UVA	0:01:42	0:01:46	0:03:55	1:52:41	0:13:00	0:38:00	0:03:58
5	LENGUA	0:01:49	0:01:27	0:08:21	2:17:00	0:20:00	0:25:00	0:19:02
6	PAN MOGOLLA	0:01:53	0:01:30	0:05:15	2:55:00	0:10:00	0:30:00	0:02:07
7	PAN OCAÑERO	0:02:02	0:01:36	0:05:07	2:50:00	0:10:00	0:30:00	0:09:44
8	PAN MANTEQUILLA	0:02:15	0:01:42	0:05:20	2:10:00	0:10:00	0:30:00	0:10:24
9	PALILLO	0:02:11	0:01:39	0:07:45	2:40:00	0:45:00	0:45:00	0:19:45
10	PAN DE SAL	0:02:12	0:01:41	0:05:59	2:10:00	0:45:00	0:45:00	0:07:35
11	PAN REDONDO	0:01:50	0:01:15	0:07:24	1:50:00	0:30:00	0:25:00	0:12:44
12	PAN DE LECHE	0:01:41	0:01:32	0:03:49	3:10:00	0:15:00	0:35:00	0:15:30

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 19

*Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 2ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS ESTANDAR (TE)							
2ª LINEA DE GALLETERIA							
Nª	ESTACIONES	1	2	3	5	6	7
1	PASTELITO	0:03:19	0:03:33	0:32:29	1:00:00	1:20:00	0:12:00
2	GALLETA QUESO	0:18:12	0:05:20	0:26:38	0:09:21	0:45:00	0:22:16
3	GALLETA SODA	0:12:05	0:05:36	0:18:49	0:10:00	0:53:00	0:09:50
4	GALLETA PUNTO ROJO	0:15:26	0:15:27	0:29:18	0:07:30	0:30:00	0:22:06
5	GALLETA NEGRITA	0:13:40	0:09:24	0:27:08	0:09:46	0:50:00	0:31:05

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 20

*Promedio de tiempos estándar de los procesos de la 3ª línea productiva*

PROMEDIO DE TIEMPOS ESTANDAR (TE)							
3ª LINEA DE BIZCOCHERIA							
Nª	ESTACIONES	1	3	4	5	6	7
1	MERENGUE	0:06:34	0:15:25	0:00:00	0:40:00	0:35:00	0:21:15
2	RIZADA	0:35:38	0:26:47	0:00:00	0:11:30	0:30:00	0:11:15
3	ROSQUITA	0:37:34	0:21:00	0:46:00	0:20:00	0:20:00	1:01:39
4	PONQUESITO	0:05:44	0:08:48	0:00:00	0:18:00	0:40:00	0:33:00

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

En la tabla 19 se puede observar los tiempos estándar calculado de cada estación por línea productiva, representa el tiempo que consume la fabricación de un lote de transferencia, más no la capacidad total por estación, dado que en cada una de estas los recursos utilizados varían. Para ilustrar de mejor forma lo anterior, se toma como ejemplo el producto pan de queso, en la estación de horneado, donde el tiempo estándar de fabricación de un lote de transferencia de este producto consume alrededor de trece (13) minutos, sin embargo, este es el tiempo que demora un solo recurso de esta estación, cuando en realidad se tienen cuatro (4) recursos u hornos en paralelo operando.

### 3.5 Estudio de capacidad

La capacidad productiva de un sistema puede ser percibida desde diferentes puntos de vista, los cuales varían dependiendo el tipo de recurso a evaluar, un ejemplo de ello es el campo financiero, en donde pueden ser aplicado indicadores de productividad en términos de utilidades, ingresos, gastos, entre otros. Los indicadores van enfocados a medir el nivel de servicio y fabricación de productos que posee un determinado sistema, en el cual se relacionan distintos recursos utilizados para su operatividad. (Deming, 1989)

La capacidad productiva de una planta manufacturera en términos de velocidad en la elaboración de productos puede ser medida a partir de los cálculos de tiempos de fabricación, normalmente este indicador es calculado en las distintas estaciones de trabajo que posea el piso de taller y en sus diferentes líneas, con la iniciativa de tener una noción minuciosa del flujo

productivo, estos cálculos son comparados por estación de trabajo dentro de una misma línea con el fin de identificar la estación con menor velocidad de fabricación en términos de la misma unidad de tiempo, esta es considerada según la teoría de las restricciones como cuellos de botella o recursos con restricción de capacidad RRC.(E.M., 1995)

### 3.5.1 Análisis de estaciones.

Retomando el número de estaciones de procesos presentes en el piso de taller de la panificadora y el estudio realizado mediante el tiempo estándar de producción por cada una de estas, es posible extraer diversos tipos de información basadas en la operatividad de las mismas, las cuales influyen directamente en la interpretación de capacidad final que se analice e identifique de estas estaciones. En este apartado se realizó un estudio descriptivo con mayor nivel de detalle, orientado en la identificación del número de máquinas o recursos operando por cada estación de trabajo asignándole los centros de trabajo en cada familia de producto. Como se observa en la Tabla 21.

Tabla 21

*Número de recursos por estación de trabajo*

NUMERO DE RECURSOS POR ESTACION DE TRABAJO			
Nº	Estación de proceso	Centros de trabajo	Numero de recurso
1	Dosificación	CT-D-1	(1) Maquina con (1) operario
		CT-D-2	(1) Maquina con (1) operario
		CT-D-3	(1) Maquina con (1) operario
2	Cilindrado	CT-C-1	(1) Maquina con (1) operario
		CT-C-2	Manual - (1) Operarios
3	Moldeado	CT-M-1	(1) Maquina con (4) operarios
		CT-M-2	Manual - (1) operario
		CT-M-3	Manual - (1) operario
		CT-M-4	(1) Maquina con (1) operario
4	Fermentación	CT-F-1	Esta estación es un cuarto de almacenamiento donde el producto obtiene un tamaño predefinido, este posee una capacidad de almacenamiento de (100) lotes de transferencia.
5	Horneado	CT-H-1	(4) Hornos - (1) Operario

6	Reposo	CT-R-1	Esta estación es un cuarto de almacenamiento, el cual posee una capacidad de almacenamiento de (500) lotes de transferencia.
7	Empaque	CT-E-1	(1) Maquina con (2) operarios
		CT-E-2	(2) operarios

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 3.5.2 Análisis de tiempo estándar por estación.

Los tiempos observados fueron tomados en las diferentes etapas midiendo cuanto tiempo requería el producto individual, por tal motivo para realizar el análisis de capacidad o en su defecto determinar cada cuanto tiempo es producido un lote de transferencia por cada estación, se debe dividir el tiempo estándar sobre la cantidad de máquinas en paralelo que existan en dicha estación, este procedimiento nos dará un resultado el cual no es ciertamente real, dado que es una analogía a la velocidad de la etapa, denominado tiempo estándar relativo (TER). Matemáticamente se puede interpretar en la Ecuación (3) la cual fue tomada del libro ingeniería industrial métodos, estándares y estudio de tiempos.

$$TER = \frac{\text{Tiempo Estandar}}{\text{N}^{\circ} \text{ Maquinas Paralelo}} \quad (3)$$

TER = Tiempo estandar relativo

Mediante el TER, es posible calcular las arrobas resultantes en un día de trabajo, y así poder identificar la estación RRC o estación cuello de botella. En la Tabla 22 se identifican las maquinas u operaciones en paralelos por centro de trabajo.

Tabla 22

*Maquinas en paralelo por estación de trabajo*

<b>MAQUINAS EN PARALELO</b>	
<b>CENTROS DE TRABAJO</b>	<b>CANTIDAD DE MAQUINAS</b>
CT-D-1	1
CT-D-2	1
CT-D-3	1
CT-C-1	1
CT-C-2	1
CT-M-1	1
CT-M-2	1
CT-M-3	1
CT-F-1	32
CT-H-1	5
CT-R-1	100
CT-E-1	1
CT-E-2	4

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN



Tabla 23

*Tiempo estándar relativo (TER) por centro de trabajo para todas las líneas de productos*

TIEMPOS ESTANDAR RELATIVO (TER) POR CENTRO DE TRABAJO TODAS LAS LINEAS DE PRODUCTOS														
N <sup>o</sup>	ESTACIONES	DOSIFICACION			CILINDRADO		MOLDEDAO			FERMENTACION	HORNEADO	REPOSO	EMPAQUE	
		CT-D-1	CT-D-2	CT-D-3	CT-C-1	CT-C-2	CT-M-1	CT-M-2	CT-M-3	CT-F-1	CT-H-1	CT-R-1	CT-E-1	CT-E-2
1	PAN TAJADO	0:01:53			0:01:53		0:04:42			0:03:24	0:07:30	0:00:42	0:08:16	
2	PAN ESPECIAL	0:01:52			0:01:36		0:04:03			0:04:22	0:03:15	0:00:24	0:03:23	
3	PAN DE QUESO	0:01:49			0:01:35		0:06:13			0:03:50	0:03:15	0:00:23	0:04:23	
4	PAN DE UVA	0:01:42			0:01:46		0:03:55			0:02:15	0:03:15	0:00:23	0:03:58	
5	LENGUA	0:01:49			0:01:27		0:08:21			0:02:44	0:05:00	0:00:15	0:09:31	
6	PAN MOGOLLA	0:01:53			0:01:30		0:05:15			0:03:30	0:02:30	0:00:18	0:02:07	
7	PAN OCAÑERO	0:02:02			0:01:36		0:05:07			0:03:24	0:02:30	0:00:18	0:09:44	
8	PAN MANTEQUILLA	0:02:15			0:01:42		0:05:20			0:02:36	0:02:30	0:00:18	0:10:24	
9	PALILLO	0:02:11			0:01:39		0:07:45			0:03:12	0:11:15	0:00:27	0:09:53	
10	PAN DE SAL	0:02:12			0:01:41		0:05:59			0:02:36	0:11:15	0:00:27	0:07:35	
11	PAN REDONDO	0:01:50			0:01:15		0:07:24			0:02:12	0:07:30	0:00:15	0:06:22	
12	PAN DE LECHE	0:01:41			0:01:32		0:03:49			0:03:48	0:03:45	0:00:21	0:07:45	
13	PASTELITO		0:03:19			0:03:33		0:10:50			0:15:00	0:00:48		0:06:00
14	GALLETA QUESO		0:18:12			0:05:20		0:08:53			0:02:20	0:00:27		0:11:08
15	GALLETA SODA		0:12:05			0:05:36		0:06:16			0:02:30	0:00:32		0:04:55
16	GALLETA PUNTO ROJO		0:15:26			0:15:27		0:09:46			0:01:52	0:00:18		0:11:03
17	GALLETA NEGRITA		0:13:40			0:09:24		0:09:03			0:02:27	0:00:30		0:15:32
18	MERENGUE			0:06:34					0:07:43		0:10:00	0:00:00		0:10:37
19	RIZADA			0:35:38					0:13:23		0:02:53	0:00:00		0:05:37
20	ROSQUITA			0:37:34					0:10:30		0:05:00	0:00:00		0:30:49
21	PONQUESITO			0:05:44					0:04:24		0:04:30	1:26:24		0:16:30
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0:01:56</b>	<b>0:12:33</b>	<b>0:21:23</b>	<b>0:01:36</b>	<b>0:07:52</b>	<b>0:05:39</b>	<b>0:08:57</b>	<b>0:09:00</b>	<b>0:03:09</b>	<b>0:05:14</b>	<b>0:04:27</b>	<b>0:06:57</b>	<b>0:12:28</b>

Tomado de: Elaboración propia

### 3.5.3 Análisis de capacidad por estación.

En este apartado se cuantificó la capacidad operativa por estación de proceso, la cual se entiende como la cantidad de lotes de transferencias capaz de fabricar cada estación en un tiempo determinado, matemáticamente se puede representar en la Ecuación (4)

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Tiempo disponible (TD)}}{\text{Tiempo estandar relativo (TER)}} \quad (4)$$

La panificadora cuenta con diferentes horarios en los centros de trabajo, por lo cual los tiempos disponibles se describirán de forma individual, en la mayor parte de estaciones solo se labora un turno al día de 8 horas, aunque la estación de horneado cuenta con dos (2) turnos y las estaciones como fermentación y reposo no tienen horario laboral dado que no son operadas por personas, por tal motivo tendrán todas las 24 horas del día disponibles. En la Tabla 24 se especifica las capacidades con los tiempos disponibles por centros de trabajo.

La suma de las capacidades de los centros de trabajo en cada estación reflejará la capacidad teórica que tiene dicha estación, con lo cual es posible identificar las estaciones RRC y cuello botella. Es necesario aclarar que el cálculo de la capacidad fue tomado con los promedios de los tiempos relativos (TER) por centro de trabajo, dado que así, será posible identificar cual es la capacidad del sistema.

Tabla 24

*Cálculo de capacidad por estación de proceso*

<b>CALCULO DE CAPACIDAD POR ESTACION DE PROCESO</b>							
<b>TIEMPO LABORAL:</b>	8:00:00	8:00:00	8:00:00	23:59:59	16:00:00	23:59:59	8:00:00
<b>TIEMPO DESCANSO:</b>	1:00:00	1:00:00	1:00:00	0:00:00	2:00:00	0:00:00	1:00:00
<b>TIEMPO PRODUCTIVO:</b>	7:00:00	7:00:00	7:00:00	23:59:59	14:00:00	23:59:59	7:00:00
<b>CT – ESTACIONES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>CT-D-1</b>	217,87						
<b>CT-D-2</b>	33,49						
<b>CT-D-3</b>	19,65						
<b>CT-C-1</b>		262,72					
<b>CT-C-2</b>		53,4					
<b>CT-M-1</b>			74,23				
<b>CT-M-2</b>			46,89				
<b>CT-M-3</b>			46,664766				
<b>CT-F-1</b>				456,01			
<b>CT-H-1</b>					160,32		
<b>CT-R-1</b>						323,45	
<b>CT-E-1</b>							60,46
<b>CT-E-2</b>							33,69
<b>CAPACIDAD POR ESTACION</b>	<b>271,01</b>	<b>316,09</b>	<b>167,78</b>	<b>456,01</b>	<b>160,32</b>	<b>323,45</b>	<b>94,14</b>

Tomado de: Elaboración propia

### 3.5.4 Capacidad del sistema.

La capacidad del sistema estará restringida por la estación con menor capacidad entre todas, dado que, si éste no logra fabricar más unidades en la jornada laboral, quedarán represadas como unidades en proceso. (Goldratt, 1984)

Estas estaciones son las que coordinan el flujo de productos terminados en sus respectivas líneas de productos, sin importar la velocidad con la que operen las demás estaciones, convirtiéndose en el recurso de mayor sensibilidad por las pérdidas de tiempos operativos, los cuales tendrán un efecto directo en los resultados. (Proştean, 2007)

Mediante el análisis de capacidad del sistema fue posible identificar la estación cuello de botella o de menor capacidad, además se identifican que estaciones RRC y de mayor capacidad, en la Tabla 25 se especifica la relación de las estaciones vs su capacidad.

Tabla 25  
*Análisis de capacidad del sistema*

<b>ANALISIS DE CAPACIDAD DEL SISTEMA</b>			
<b>ESTACION</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>1</b>	271,01	Canal despejado	Estación con mayor capacidad al cuello de botella
<b>2</b>	316,09	Canal despejado	Estación con mayor capacidad al cuello de botella
<b>3</b>	167,78	RRC	Estación con capacidad muy cerca al cuello de botella
<b>4</b>	456,01	Canal despejado	Estación con mayor capacidad al cuello de botella
<b>5</b>	160,32	RRC	Estación con capacidad muy cerca al cuello de botella
<b>6</b>	323,45	Canal despejado	Estación con mayor capacidad al cuello de botella
<b>7</b>	94,14	Cuello de botella	Estación con menor capacidad del sistema

Tomado de: Elaboración propia

La estación de empacado (7), es el cuello de botella del sistema productivo, dado que es la estación con menor capacidad de producción, y por ende el sistema en total solo será capaz de producir esas unidades en una jornada laboral.

Los cuellos de botella pueden ser tanto internos como externos, dado que, si la demanda de ciertos productos es por debajo de la capacidad de fabricación de la planta, el cuello de botella será externo. Para este análisis solo se tomó en cuenta los cuellos de botella internos y se dejó para los próximos estudios, la cuantificación de la demanda, con lo cual será posible realizar análisis de cuellos de botella reales.

Los recursos cuello de botella son de vital importancia para el control de los sistemas productivos, estos son definidos específicamente como el recurso que poseen menor capacidad que la demanda y representan un punto crítico con la capacidad e influencia para determinar el éxito o el fracaso de una operación. Según (Lapore and Cohen, 1999), la administración de los sistemas productivos debe fijar sus decisiones basándose en los RRC, decisiones que van desde la cantidad de productos a fabricar, mezclas de productos, velocidad de producción de las demás

estaciones, hasta estrategias inducidas al campo de la mercadotecnia, como lo es el caso del establecimiento de los precios de venta, todo ello con el fin de aumentar las utilidades que realmente obtendrá la empresa.

### **3.6 Estudio de demanda**

Todo proceso de planificación de la producción parte de un requerimiento de demanda, el cual describe cuantitativamente el nivel de consumo que tiene y tendrá un producto en el tiempo, desde horizontes a corto, mediano y largo plazo, todo ello dependiendo de las necesidades e iniciativas que se tengan en cuanto a la planeación de capacidades de sus procesos productivos. Para el cálculo de los pronósticos de demanda existen diversos métodos entre los cuales de forma general se tienen de origen cuantitativo y cualitativo, pasando desde análisis de expertos hasta los modelos matemáticos más complejos como los modelos Arimas. La aplicación de cada uno de ellos está sujeto al nivel de información que posea la empresa, relacionado al comportamiento de sus ventas. (Jay and Render, 2005)

Un ejemplo de la utilización de estos métodos de pronósticos es el caso del lanzamiento de un producto nuevo al mercado, del cual no se cuenta con un historial de ventas, en estos escenarios normalmente se aplican los métodos cualitativos como el método Delphi, sin embargo para su manejo se debe tener en cuenta la existencia de relación de venta del producto nuevo con uno ya estable en el mercado, lo cual de cierta forma facilita la proyección de sus fluctuaciones de consumo, cabe resaltar que ningún método de pronóstico es cien por ciento (100%) preciso o exacto, por múltiples variables exógenas al estudio. (Sipper and Bulfin, 1998)

#### **3.6.1 Registros de ventas históricos.**

Para esta investigación en la panificadora QUEEPAN se tomó un historial de ventas de los primeros seis (6) meses de cada año desde el 2016 hasta el año 2018 por cada referencia de productos que esta ofrece, los cuales se utilizaron para el cálculo de proyecciones de demanda en un horizonte de tiempo semestral, referenciando con baldes de tiempo mensual, cabe resaltar que los registros de venta están dados por canastas o unidades de venta, las cuales varían dependiendo

la referencia de producto. En la Tabla 26 se especifica el número de unidades individuales de cada referencia en una unidad o paquete de venta.

Tabla 26

*Unidades de productos individuales por empaques de venta*

<b>EMPAQUE POR REFERENCIA DE CADA LINEA PRODUCTIVA</b>				
<b>LINEA DE PRODUCTO</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>UNIDADES POR ARROBA</b>	<b>UNIDADES POR PAQUETES</b>	<b>PAQUETES POR CANASTA</b>
<b>LINEA DE PANADERIA</b>	PAN TAJADO	44	1	25
	PAN ESPECIAL	240	1	50
	PAN DE QUESO	240	1	50
	PAN DE UVA	250	1	50
	LENGUA	120	5	25
	PAN MOGOLLA	615	1	100
	PAN OCAÑERO	615	1	100
	PAN MANTEQUILLA	615	1	100
	PALILLO	60	10	10
	PAN DE SAL	600	1	100
	PAN REDONDO	140	1	30
PAN DE LECHE	70	1	15	
<b>LINEA DE GALLETERIA</b>	PASTELITO	24	20	6
	GALLETA QUESO	24	24	8
	GALLETA SODA	24	24	8
	GALLETA PUNTO ROJO	28	24	8
	GALLETA NEGRITA	24	24	8
<b>LINEA DE BIZCOCHERIA</b>	MERENGUE	12	30	6
	RIZADA	9	60	8
	ROSQUITA	875	4	200
	PONQUESITO	20	20	8

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 27

Registro de venta de la 1° línea productiva

REGISTRO DE VENTAS DE LA 1° LINEA PRODUCTIVA													
AÑOS		PAN TAJADO	PAN ESPECIAL	PAN DE QUESO	PAN DE UVA	LENGUA	PAN MOGOLLA	PAN OCAÑERO	PAN MANTEQUILLA	PALILLO	PAN DE SAL	PAN REDONDO	PAN DE LECHE
2016	ENERO	156	445	1645	242	758	1033	1053	883	265	419	202	79
	FEBRERO	182	444	1580	217	726	1000	990	851	258	392	242	77
	MARZO	152	436	1650	205	747	1077	1047	892	266	411	202	86
	ABRIL	132	443	1576	205	717	1008	994	854	259	402	189	65
	MAYO	173	469	1713	230	783	1089	1074	920	283	475	201	83
	JUNIO	206	454	1724	227	780	1081	1094	909	277	428	213	87
2017	ENERO	164	453	1655	265	756	1058	1065	909	275	440	220	107
	FEBRERO	205	449	1592	230	726	1011	1021	857	278	409	248	101
	MARZO	173	466	1667	227	757	1094	1055	899	288	429	213	107
	ABRIL	163	432	1585	227	728	1015	1004	871	278	422	213	100
	MAYO	199	473	1735	230	788	1104	1096	941	287	498	221	91
	JUNIO	214	479	1733	249	798	1108	1091	944	302	441	219	100
2018	ENERO	180	480	1680	250	780	1076	1076	923	300	450	233	117
	FEBRERO	190	461	1613	240	749	1033	1033	886	288	432	224	112
	MARZO	185	480	1680	250	780	1076	1076	923	300	450	233	117
	ABRIL	175	461	1613	240	749	1033	1033	886	288	432	224	112
	MAYO	210	499	1747	260	811	1119	1119	959	312	468	243	121
	JUNIO	240	499	1747	260	811	1119	1119	959	312	468	243	121

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 28  
*Registro de venta de la 2° línea productiva*

<b>REGISTRO DE VENTAS DE LA 2ª LINEA PRODUCTIVA</b>						
<b>AÑOS</b>		<b>PASTELITO</b>	<b>GALLETA QUESO</b>	<b>GALLETA SODA</b>	<b>GALLETA PUNTO ROJO</b>	<b>GALLETA NEGRITA</b>
<b>2016</b>	<b>ENERO</b>	188	134	1019	183	119
	<b>FEBRERO</b>	183	121	954	140	120
	<b>MARZO</b>	159	112	1001	185	161
	<b>ABRIL</b>	156	111	960	140	99
	<b>MAYO</b>	210	131	1038	153	109
	<b>JUNIO</b>	195	133	1046	146	123
<b>2017</b>	<b>ENERO</b>	181	139	1009	181	122
	<b>FEBRERO</b>	173	124	971	159	114
	<b>MARZO</b>	178	135	1018	201	164
	<b>ABRIL</b>	165	130	983	142	114
	<b>MAYO</b>	203	131	1047	174	138
	<b>JUNIO</b>	213	134	1049	154	131
<b>2018</b>	<b>ENERO</b>	210	151	1035	177	148
	<b>FEBRERO</b>	200	145	994	170	143
	<b>MARZO</b>	197	151	1035	177	148
	<b>ABRIL</b>	190	145	994	170	143
	<b>MAYO</b>	230	157	1077	184	154
	<b>JUNIO</b>	230	157	1077	184	154

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN



Tabla 29

*Registro de venta de la 3° línea productiva*

<b>REGISTRO DE VENTAS DE LA 3ª LINEA PRODUCTIVA</b>					
<b>AÑOS</b>	<b>PERIODO</b>	<b>MERENGUE</b>	<b>RIZADA</b>	<b>ROSQUITA</b>	<b>PONQUESITO</b>
<b>2016</b>	<b>ENERO</b>	40	48	123	84
	<b>FEBRERO</b>	50	59	61	54
	<b>MARZO</b>	30	44	87	36
	<b>ABRIL</b>	25	45	73	33
	<b>MAYO</b>	92	52	86	34
	<b>JUNIO</b>	52	41	66	64
<b>2017</b>	<b>ENERO</b>	51	55	119	82
	<b>FEBRERO</b>	66	70	88	50
	<b>MARZO</b>	63	56	89	40
	<b>ABRIL</b>	49	57	92	53
	<b>MAYO</b>	100	49	93	47
	<b>JUNIO</b>	47	61	91	82
<b>2018</b>	<b>ENERO</b>	73	73	109	70
	<b>FEBRERO</b>	78	85	105	75
	<b>MARZO</b>	73	78	109	69
	<b>ABRIL</b>	70	75	105	70
	<b>MAYO</b>	76	69	114	71
	<b>JUNIO</b>	76	72	114	68

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

### 3.6.2 Pronósticos de demanda.

Los registros de ventas por cada referencia de producto se utilizaron para el cálculo de las proyecciones de demanda, el cual se realizó con la ayuda del software STATGRAPHICS, siendo una herramienta estadística utilizada generalmente para el análisis de datos, todo ello con el fin de agregarle mayor confiabilidad a estos pronósticos, dado que el software es capaz de comparar a altas velocidades la precisión de sus resultados en diferentes métodos y modelos, seleccionando el que menor error tenga.

Para el criterio del método de selección entre estos modelos se utilizó la desviación absoluta media (MAD), siendo esta un promedio de errores calculados entre las ventas y el pronóstico de un determinado periodo, en donde el menor resultado de esta argumenta dicha selección. (Operaciones, 2006)

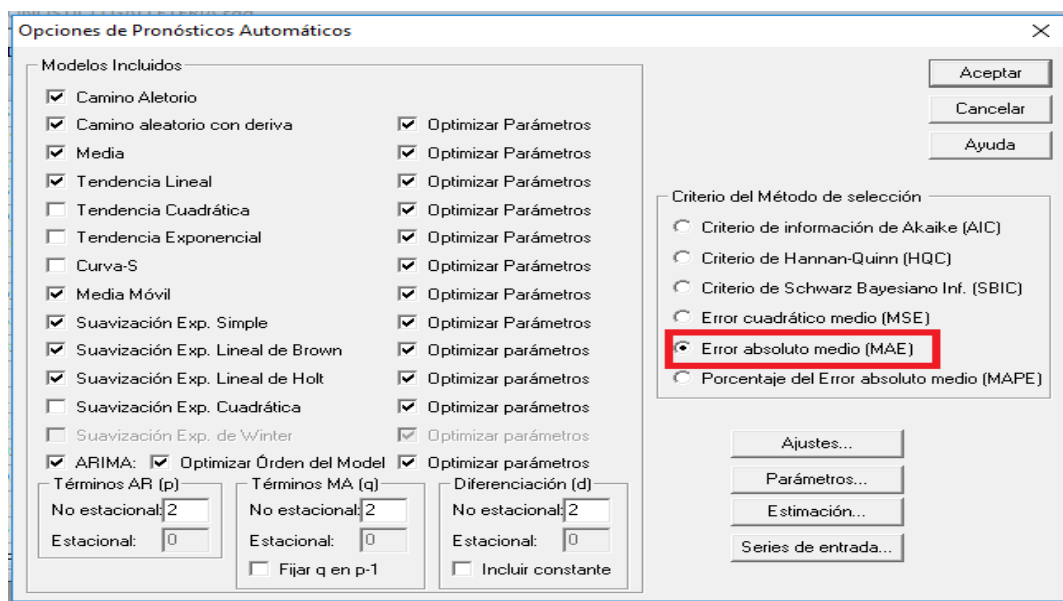


Figura 12 Opciones de pronósticos automáticos (criterio del método de selección)  
Tomado de: STATGRAPHICS

Los pronósticos obtenidos por referencia, en un balde de tiempo mensual y un horizonte de tiempo anual, se observan en la Tabla 30,31, 32.

Tabla 30

*Proyecciones de demanda para la 1° línea productiva*

PROYECCIONES PARA LA 1ª LINEA PRODUCTIVA													
AÑO		PAN TAJAD O	PAN ESPECI AL	PAN DE QUESO	PAN DE UVA	LENG UA	PAN MOGOLLA	PAN OCAÑERO	PAN MANTEQUILL A	PALIL LO	PAN DE SAL	PAN REDONDO	PAN DE LECHE
2018	<b>ENERO</b>	218	188	2450	317	840	1172	1237	980	190	423	276	132
	<b>FEBRERO</b>	203	188	2510	313	830	1046	1177	1020	170	430	276	120
	<b>MARZO</b>	298	187	2530	313	869	1120	1114	1030	180	436	276	133
	<b>ABRIL</b>	296	187	2610	313	890	1140	1048	1040	165	443	276	130
	<b>MAYO</b>	296	186	2630	313	880	1111	980	1025	194	450	276	132
	<b>JUNIO</b>	296	186	2640	313	895	1113	909	1040	210	458	276	132

Tomado de: Elaboración propia

Tabla 31

*Proyecciones de demanda para la 2° línea productiva*

PROYECCIONES PARA LA 2ª LINEA PRODUCTIVA						
AÑO		PASTELITO	GALLETA QUESO	GALLETA SODA	GALLETA PUNTO ROJO	GALLETA NEGRITA
2018	<b>ENERO</b>	246	140	1120	210	80
	<b>FEBRERO</b>	250	160	1110	220	83
	<b>MARZO</b>	264	180	1130	230	85
	<b>ABRIL</b>	270	185	1120	240	88
	<b>MAYO</b>	272	190	1140	255	90
	<b>JUNIO</b>	275	195	1130	257	95

Tomado de: Elaboración propia

Tabla 32

*Proyecciones de demanda para la 3° línea productiva*

<b>PROYECCIONES PARA LA 3ª LINEA PRODUCTIVA</b>					
<b>AÑO</b>	<b>PERIODO</b>	<b>MERENGUE</b>	<b>RIZADA</b>	<b>ROSQUITA</b>	<b>PONQUESITO</b>
<b>2018</b>	<b>ENERO</b>	49	110	90	75
	<b>FEBRERO</b>	35	120	94	85
	<b>MARZO</b>	40	130	95	95
	<b>ABRIL</b>	45	140	99	89
	<b>MAYO</b>	40	160	110	105
	<b>JUNIO</b>	40	180	110	110

Tomado de: Elaboración propia

El uso del software STATGRAPHICS permite desarrollar los respectivos pronósticos por referencia de cada línea productiva, es posible identificar en la Tabla 33 los métodos y modelos que éste utiliza, priorizando los resultados con menor margen de error medio absoluto.

Tabla 33

*Métodos de pronósticos utilizados por cada referencia de producto*

<b>MÉTODOS DE PRONOSTICO POR REFERENCIA DE CADA LINEA PRODUCTIVA</b>		
<b>LÍNEA PRODUCTOS</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>MÉTODOS DE PRONOSTICO</b>
<b>LÍNEA DE PANADERÍA</b>	<b>PAN TAJADO</b>	ARIMA (1, 1,2)
	<b>PAN ESPECIAL</b>	TENDENCIA CURTVA = $\text{EXP}(8,54464 + 755,067 / T)$
	<b>PAN DE QUESO</b>	ARIMA (2,0, 1)
	<b>PAN DE UVA</b>	ARIMA (1,1,1)
	<b>LENGUA</b>	ARIMA (1,1,2)
	<b>PAN MOGOLLA</b>	ARIMA (2,0,2)
	<b>PAN O CAÑERO</b>	TENDENCIA CUADRÁTICA = $-5,68386E7 + 141214, T + -875181 T^2$
	<b>PAN MANTEQUILLA</b>	ARIMA (0,1,2)
	<b>PALILLO</b>	ARIMA (2,1,2)
	<b>PAN DE SAL</b>	TENDENCIA CUADRÁTICA = $4,96422E6 + (-12326,7 T) + 7,68647 T^2$
	<b>PAN REDONDO</b>	MEDIA CONSTANTE = 5458,72
	<b>PAN DE LECHE</b>	ARIMA (2,1,2)
<b>LÍNEAS DE GALLETERÍA</b>	<b>PASTELITO</b>	ARIMA (2,2,2)
	<b>GALLETA QUESO</b>	TENDENCIA LINEAL = $-34536, 3 + 64,9167 T$
	<b>GALLETA SODA</b>	ARIMA (0,1,2)
	<b>GALLETA PUNTO ROJO</b>	ARIMA (2,1,1)
	<b>GALLETA NEGRITA</b>	ARIMA (1,0,2)
<b>LÍNEA DE BIZCOCHERÍA</b>	<b>MERENGUE</b>	ARIMA (2,1,2)
	<b>RIZADA</b>	ARIMA (2,1,2)
	<b>ROSQUITA</b>	MEDIA CONSTANTE 27521,8
	<b>PORQUECITO</b>	ARIMA (0,1,2)

Tomado de: STATGRAPHICS

### 3.6.3 Análisis de comportamientos.

En el siguiente apartado se realizó un análisis del comportamiento histórico de las ventas y del pronóstico obtenido para la panificadora QUEEPAN, con la iniciativa de clarificar con mayor detalle las fluctuaciones de éstas, dado que para llevar a cabo la planificación de la producción es necesario establecer prioridades y métodos de trabajo sujetos a las variaciones de la demanda.

#### 3.6.3.1 Análisis del comportamiento de ventas.

El siguiente análisis es realizado sobre el registro de ventas de la panificadora, para el cual se utilizó como referencia el historial del semestre en el año (2018) en todas sus líneas productivas, en la Figura 18 es posible identificar las fluctuaciones de venta de producto a producto de la línea de panadería a lo largo de todo el año, así:

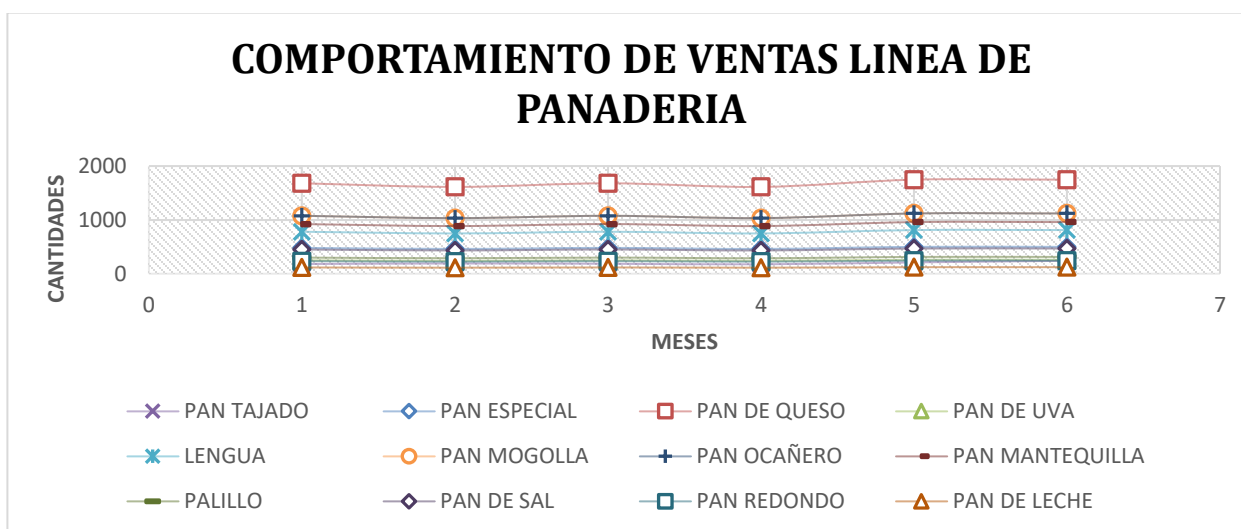


Figura 13 Comportamiento de ventas de la 1° línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la Figura 17 es posible resaltar que los productos con mayores ventas a lo largo de todo el año (2018) en la primera línea de producción fueron el Pan mogolla, Pan de queso, Pan o cañero y el Pan mantequilla, presentando menores ventas en el mes de abril (04), sin embargo, también es posible identificar la caída de las ventas en un margen considerable en el mes de referencia. (4).

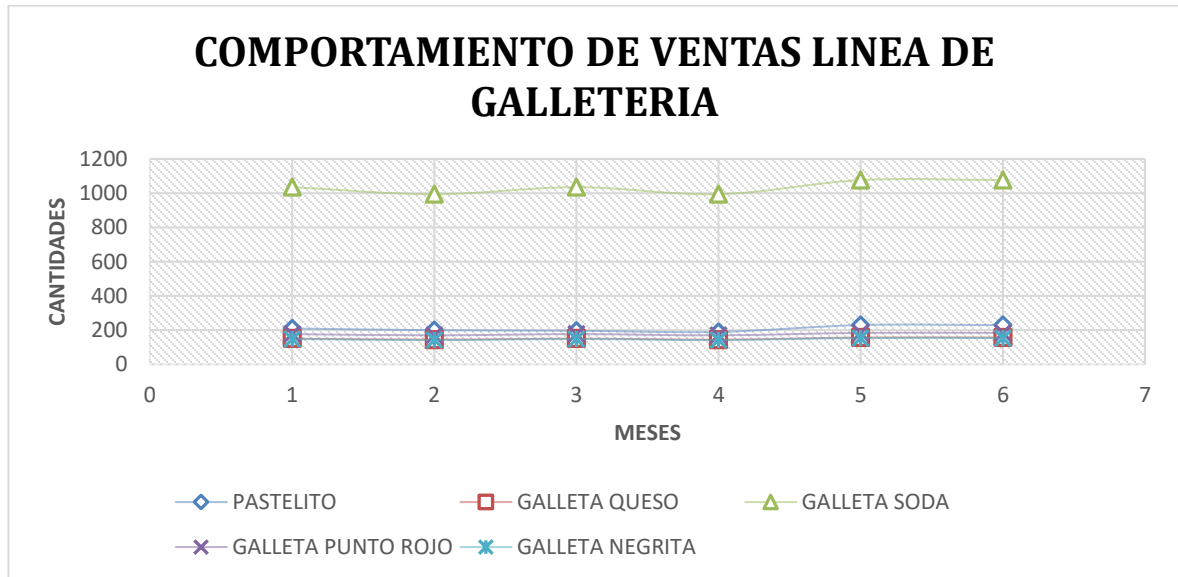


Figura 14 Comportamiento de ventas de la 2° línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la Figura 18 se puede identificar el comportamiento de las ventas en la segunda línea productiva. Resaltando que el producto Galleta de soda fue el más representativo, con el pico más alto en el mes en junio con un total de mil ochocientos dos (1.802) canastas vendidas, el resto de referencias no superó las dos mil (2.000) canastas, siendo la galleta de queso la que arrojó el menor margen de ventas.

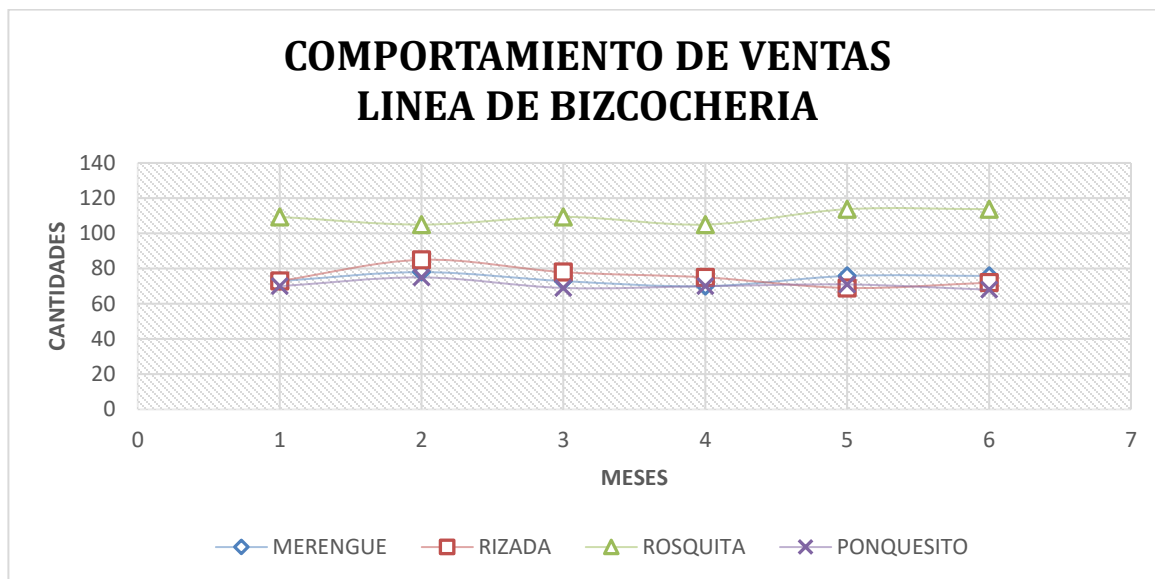


Figura 15 Comportamiento de ventas de la 3° línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la Figura (19) es posible resaltar el producto Rosquita como una de las referencias más representativas para esta línea de producto, el cual alcanzó sus mayores ventas para el año (2018) en el mes de marzo, contribuyendo con ciento nueve (109) canastas vendidas, además de resaltar el producto Rizada como la segunda referencia más representativa.

En términos generales es posible estimar que existe meses críticos para los ingresos de la panificadora QUEEPAN, en los cuales las ventas sufren sus mayores bajas a comparación con los demás meses del año, esta temporada baja comienza desde el mes de febrero hasta el mes de abril, siendo este último el mes con menor margen de ventas en las tres líneas productivas, de igual forma es posible resaltar el margen de contribución de ventas de los productos Pan mogolla, Pan de queso, Pan Ocañero, el Pan mantequilla, galleta de queso y la Rosquita como referencias con mayor participación.



### 3.5.3.2. Análisis del Comportamiento de Pronósticos.

En la Figura 20 es posible identificar el comportamiento estimado que tendrían las ventas para el primer semestre del año 2018, específicamente para la línea de panadería.

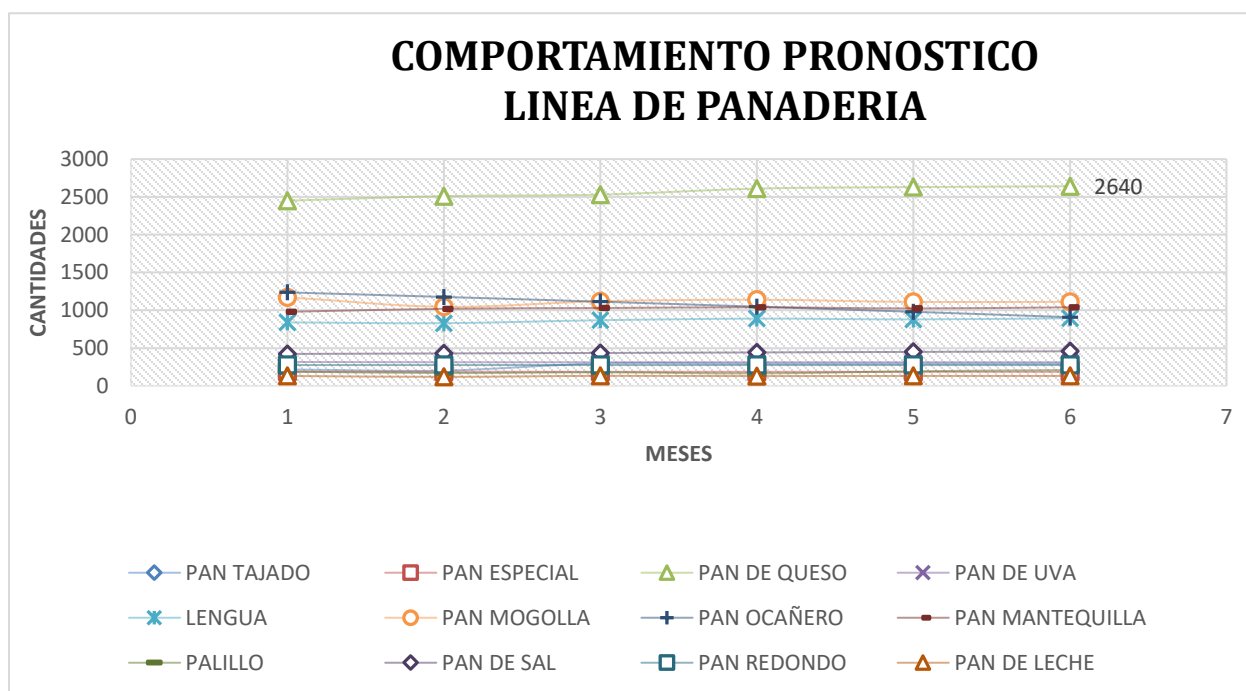


Figura 16 Comportamiento del pronóstico de la 1ª línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la Figura 20 es posible estimar que el producto más representativo para el primer semestre del año 2018 será el Pan de queso, con las iniciativas de alcanzar dos mil seiscientos cuarenta (2.640), canastas para el mes de junio, además es posible resaltar la participación de los productos Pan de mantequilla y Pan mogolla en con márgenes de ventas considerables.

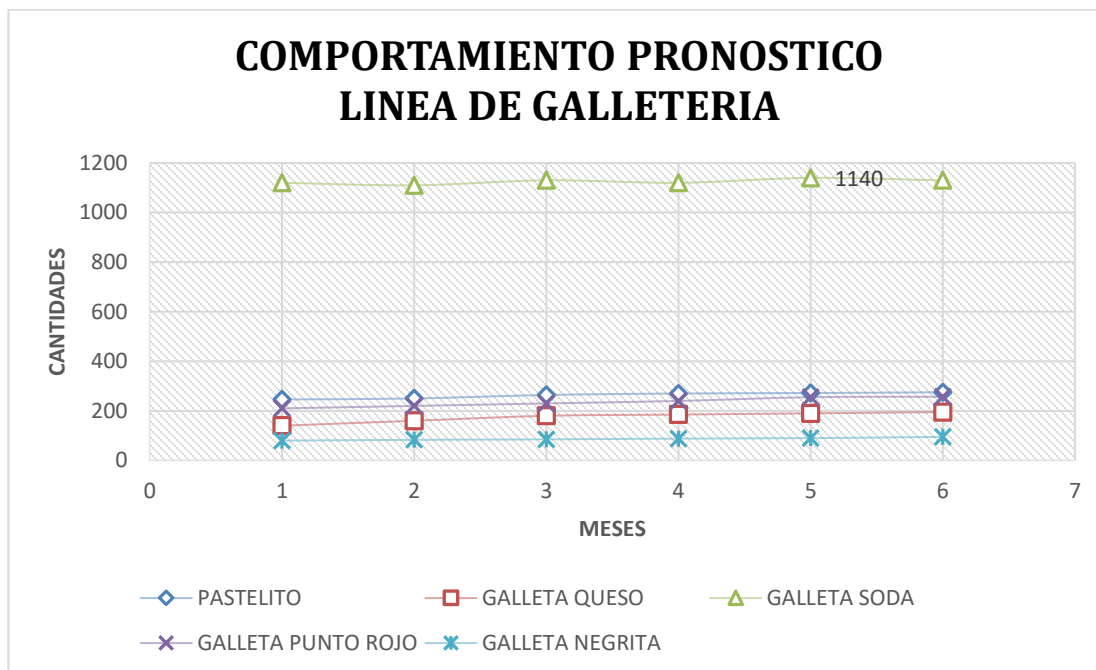


Figura 17 Comportamiento del pronóstico de la 2ª línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la Figura 21 se muestra el comportamiento del pronóstico en la línea de galletería solo es posible resaltar el producto Galleta de Soda, el cual se esperaba tener ventas de hasta de mil cuatrocientos (1.140) canastas en el mes de mayo, manteniendo una leve fluctuación a lo largo de todo el año, además se espera que el resto de las referencias no alcancen un tope de seiscientos (600) canastas por mes.

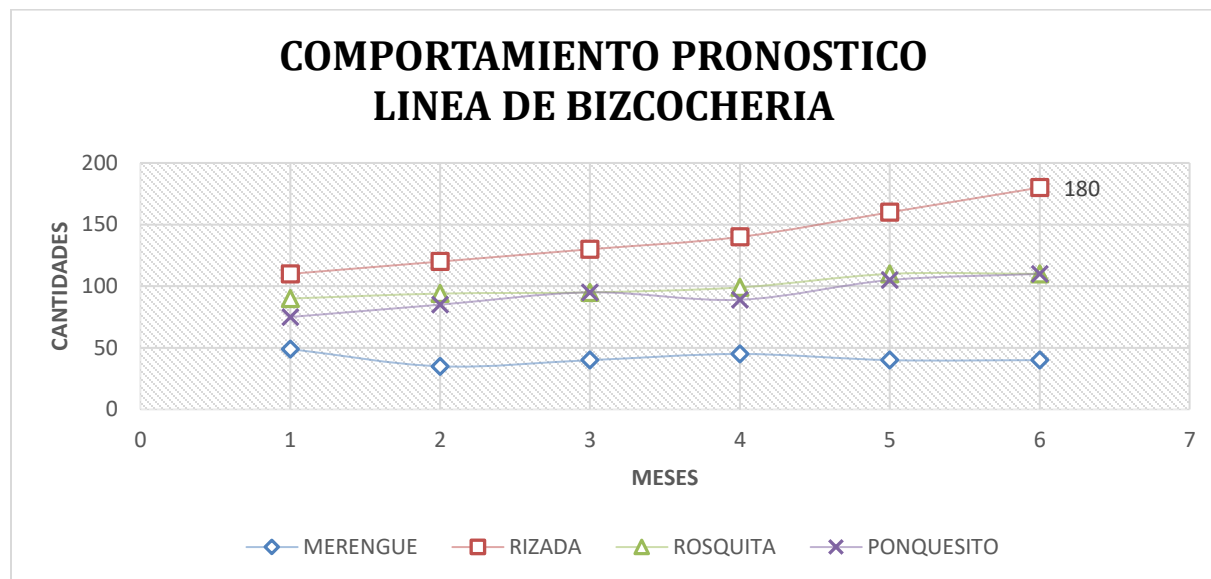


Figura 18 Comportamiento del pronóstico de la 3° línea productiva  
Tomado de: Elaboración propia

En la línea de bizcochería se esperaría que el producto Rizada tenga el mayor margen de contribución en ventas, estimando una cantidad de ciento ochenta 180 canastas para el mes de julio.

A diferencia de las ventas del primer semestre del año 2.018, en comparación con su respectivo pronóstico, se esperan mejores rendimientos en ventas para la temporada, además en términos generales se recalca al aporte de los mismos productos en los márgenes de venta, tales como el Pan mantequilla, Pan mogolla, Pan de queso, Pan Ocañero, Galleta de Soda y la Rizada.

Es de vital importancia considerar estos comportamientos para la organización de las estrategias de trabajo para el nuevo año, además de priorizar las operaciones de fabricación en los productos antes mencionados, la planeación de la producción debe sujetar sus iniciativas en tales fluctuaciones con el fin de aprovechar oportunidades de negocios o en su defecto omitir amenazas.

### 3.5.3.3. Análisis comparativo.

En las Tablas 34, 35 y 36 se identifican que, para algunas referencias por línea de productos, las ventas disminuyeron en el año 2018 en relación al pronóstico del mismo año.

Tabla 34

*Comportamiento comparativo de la demanda en la 1° línea productiva*

COMPARTAMIENTO COMPARATIVO DE DEMANDA VS PRONOSTICO LINEA DE PANADERIA												
	PAN TAJADO	PAN ESPECIAL	PAN DE QUESO	PAN DE UVA	LENGUA	PAN MOGOLLA	PAN OCAÑERO	PAN MANTEQUILLA	PALILLO	PAN DE SAL	PAN REDONDO	PAN DE LECHE
VENTAS 2018	1180	2880	10080	1500	4680	6458	6458	5535	1800	2700	1400	700
PRONOSTICO 2018	1607	1122	15370	1882	5204	6702	6465	6135	1109	2640	1656	779

Tomado de: Elaboración propia

Tabla 35

*Comportamiento comparativo de la demanda en la 2° línea productiva*

<b>COMPORTAMIENTO COMPARATIVO DE DEMANDA VS PRONOSTICO</b>					
<b>LINEA DE GALLETERIA</b>					
<b>COMPARATIVO</b>	<b>PASTELITO</b>	<b>GALLETA QUESO</b>	<b>GALLETA SODA</b>	<b>GALLETA PUNTO ROJO</b>	<b>GALLETA NEGRITA</b>
<b>VENTAS 2018</b>	<b>1257</b>	<b>906</b>	<b>6213</b>	<b>1063</b>	<b>891</b>
<b>PRONOSTICOS 2018</b>	<b>1577</b>	<b>1050</b>	<b>6750</b>	<b>1412</b>	<b>521</b>

Tomado de: Elaboración propia

Tabla 36

*Comportamiento comparativo de la demanda en la 3° línea productiva*

<b>COMPORTAMIENTO COMPARATIVO DE DEMANDA VS PRONOSTICO</b>				
<b>LINEA DE BIZCOCHERÍA</b>				
<b>COMPARATIVO</b>	<b>MERENGUE</b>	<b>RIZADA</b>	<b>ROSQUITA</b>	<b>PONQUESITO</b>
<b>VENTAS 2018</b>	<b>446</b>	<b>452</b>	<b>656</b>	<b>423</b>
<b>PRONOSTICOS 2018</b>	<b>249</b>	<b>840</b>	<b>598</b>	<b>559</b>

Tomado de: Elaboración propi

Todos estos comportamientos se deben tener presentes a la hora de realizar un programa de producción, dado que no se pueden realizar planificaciones por medio de la intuición, ya que la consideración de todas las variables que influyen en estos procesos se debe considerar en su totalidad

#### ***3.5.3.4. Análisis de capacidad productiva vs demanda.***

En este apartado, se realiza un análisis a grosso modo de la situación de la planta; Es necesario identificar si se encuentra sobredemanda o sobre capacitada, por lo cual se utilizan promedios de las unidades y paquetes resultantes por arroba producida, además como la demanda se encuentra determinada en canastas, se calcula en promedio cuantas canastas resultan de una arroba. Es necesario recalcar que este análisis no determina la capacidad real de la planta, ya que cada producto tiene un tiempo cuello de botella diferente.

Tabla 37

*Comportamiento de capacidad productiva vs demanda*

<b>COMPORTAMIENTO DE CAPACIDAD PRODUCTIVA VS DEMANDA</b>	
<b>TOTAL CAPACIDAD</b>	58.602
<b>TOTAL, PRONOSTICOS 2018</b>	64.221
<b>DIFERENCIA</b>	<b>5.619</b>

Tomado de: Autores

En promedio, las canastas resultantes por cada arroba fabricadas se encuentra alrededor de los 4,2 Canastas/Arroba, con ello y considerando la capacidad productiva de la planta al día en términos de arroba (94 Arrobas/Día), se estima un estándar de producción de cincuenta y ocho mil seiscientos dos (58.602) canastas en el semestre, con un periodo laboral de ciento cincuenta días (150), considerando los días domingo y días festivos como días no laborados y sin incluir horas extras, esta cifra comparada con el pronóstico del semestre para el año 2018, la planta se encuentra sobre demandada con una diferencia aproximadamente de cinco mil seiscientos diez y nueve (5.619) canastas en este periodo de tiempo, es decir la panificadora no tendrá la capacidad suficiente para abordar la totalidad de su demanda, por lo cual es necesario determinar la mezcla perfecta con la capacidad disponible.

### 3.7 Estudio de Costos

La contabilidad del Throughput es una metodología contable, definida como una filosofía gerencial que prioriza decisiones enfocadas en aumentar las utilidades de la empresa y no en la minimización de costos de ésta, teniendo en cuenta la capacidad productiva del mismo, considerando el concepto de sistema. Esta metodología es una herramienta de la teoría de las restricciones TOC, la cual propone principios y fundamentos orientados al gerenciamiento empresarial, contradiciendo los modelos de gerencia actualmente utilizados como los sistemas de costos ABC, costeo tradicional, gerencia del costo y demás (Corbett, 2005)

La gran mayoría de las empresas en la actualidad son administradas a través de metodologías y filosofías contables erradas, las cuales proveen de información distorsionada para tomar decisión acorde a las necesidades de las compañías, cuyos efectos se ven reflejados en los resultados de las decisiones que se toman por medio de las mismas, la pregunta a todo esto seria, si las organizaciones se suplen constantemente de tan distorsionada información ¿porque las utilizan?, la respuesta es simple y es que sencillamente los gerentes están de tal forma afianzados al mundo del costo que no perciben otra forma de administrar sus recursos, en donde se tiene el paradigma que todo aquello que representa menores costos en cualquier punto de la empresa o el sistema se convierte en lo más rentable y por ende es el camino de orientación que utilizan para tomar las decisiones.(Goldratt, 1994)

Las afirmaciones previas se clarifican tomando de ejemplo la contabilidad de costos ABC, la cual es considerada por muchos autores como una de las más fuertes metodologías que provee información con mayor grado de relevancia para la gerencia de operaciones, esta metodología es basada en el costeo por actividades, lo cual plantea realizar un seguimiento más estricto al flujo de materiales dentro de un proceso, considerando que todos los recursos que consuma o arrastre un producto al pasar por las diferentes etapas del proceso se debe adicionar al costo del producto, todo ello con el fin de controlar las fluctuaciones del costo unitario con relación a su precio y utilidad por unidad.(A. Almeida and J. cunha, 2017)



Este sistema de costeo demanda una gran masa de cálculos y determinantes de costos con altos grados de complejidad que a fin de cuentas distorsiona la noción principal de todo sistema de gerencia debe percibir, considerando un sistema como un conjunto de partes independientes entre sí, de acuerdo a la contabilidad ABC se intuye que un ahorro de costos en cualquier punto del flujo productivo representa un ahorro total para el sistema, lo cual en la industria no sucede, dado que la mayor parte de los costos se deben asumir así no se incurra en la actividad.(Homburg, 2001)

Según Goldratt, (1994), un sistema de manufactura es un conjunto de partes dependientes una de la otra, las cuales para alcanzar un objetivo general no deben enfocarse en utilizar su máxima capacidad individual, dado que ello las aleja del objetivo global planteado, por el contrario, estas partes deben oscilar alrededor del recurso con menor capacidad, denominado Cuello de botella. Por otro lado, ABC mantiene y afirma que los óptimos locales disminuirán los costos totales del sistema, por ello se deben mantener al máximo de capacidad todo recurso que se tenga con el fin de alcanzar la más alta eficiencia que traerá consigo menores costos, sin considerar que la capacidad del sistema general solo lo restringe y coordina el recurso Cuello de botella, por ende cualquier sobre carga en otro punto del sistema representa represamiento de materiales, generando dinero estancado cuyos resultados serán flujos de unidades insostenibles, desde el punto de vista de la generación de dinero para la empresa, es decir, que ABC no reconoce el concepto de administración de sistemas, esta es una de las tantas objeciones que llevaron a realizar la presente investigación, dado a que ABC asigna costos a los productos. (Homburg, 2001)

La contabilidad del Throughput por el contrario brinda herramientas de gestión que permiten tomar decisiones gerenciales sin considerar el costo del producto, si no la velocidad con la que tales productos generan dinero físico a la empresa, considerando el margen de recurso consumido en un solo punto del sistema llamado cuello de botella, todo ello reduce la complejidad de la toma de decisiones y el cálculo de los indicadores de gestión para las mismas.(Goldratt, 1994)

Los indicadores de gestión son herramientas utilizadas para el seguimiento y control de las operaciones en las distintas áreas de una empresa, con el fin de medir el grado de cumplimiento que estas aportan a los objetivos trazados por la organización, su constante monitoreo proporciona

información tipo diagnóstico, que permite prever amenazas u oportunidades dirigidas al desempeño de la misma.(Mora-García, 2008)

La información obtenida a partir de este tipo de herramientas es de vital importancia para cualquier tipo de decisión a tomar, estos indicadores en el campo de la producción de bienes y servicios pueden variar y presentar diversas formas de calcularlos, dependiendo de la orientación a asignar, entre estos se encuentran indicadores de productividad, eficiencia, eficacia, calidad, costos y demás. La contabilidad del Throughput, afirma que los indicadores de mayor relevancia y que se deberían tener presentes para la toma de decisiones son los gastos operativos, el inventario (inversión) y el Throughput, dado que de estos se encuentran sujetos la gran mayoría de las variables a considerar para una buena administración del sistema productivo. (Corbett, 2005)

El orden jerárquico que se le asigna a estos indicadores se encuentra sujeto al objetivo de toda organización que es el de generar dinero ahora y en el futuro, además de adherirse al proceso de mejora continua, por consiguiente si se habla de las iniciativa con cada uno de estos indicadores se dice que en relación al inventario y los gastos operativos se toma la finalidad de reducirlos drásticamente , cuyo valor final matemáticamente siempre será cero (0), cuando se llega a este valor no cabe la idea de seguir aplicando el proceso de mejora continua, sin embargo el Throughput siempre deberá tomar la iniciativa de maximizarlo cada vez más, lo cual representa un valor final matemáticamente infinito, si se considera el objetivo de la empresa previamente mencionado, todo ello debido a que las organizaciones no fueron constituidas para minimizar costos o gastos si no para generar mayores utilidades, en este proceso la mejora continua no tiene restricción. En segundo lugar, se ubica el inventario o la inversión puesto que esto afecta directamente a los gastos (mayor inventario mayor el costo). De acuerdo al Throughput, los gastos operativos, es decir que la asignación de costos a los productos, debe ser la última consideración a tomar en los métodos de gerencia.(Corbett, 2005)

### **3.7.1 Costo totalmente variable (CTV).**

TOC, defiende la existencia de un costo totalmente variable, que fluctúa directamente con una unidad menos o una unidad más producida en el sistema, el cual no representa, en la mayoría de

las ocasiones, dinero de la empresa sino que hace parte del dinero de otras empresas, asumiendo como principal referente al pago de proveedores por concepto de materias primas, cabe resaltar que este no es un indicador, sino costo en el que se debe incurrir.(Goldratt, 1984)

### 3.7.1.1 CTV de materia prima.

La fabricación de los productos en panadería, galletería y bizcochería requiere insumos similares, por lo cual para este estudio se considera como base ciertos ingredientes sin entrar en detalle por cambios de diversas variables, como: temperatura, estado de la materia prima, tiempo de fermentación, entre otros. Como se observa en la Tabla 38.

Tabla 38

*Tipos de materia prima utilizadas en el proceso de fabricación de la empresa QUEEPAN*

TIPO DE MATERIA PRIMA UTILIZADA EN PANIFICADORA QUEE PAN	
N <sup>o</sup>	MATERIA PRIMA
1	HARINA
2	AZUCAR
3	MULTIPROPOSITO
4	SAL
5	LEVADURA FRESCA
6	POLVO DE HORNEAR
7	MEJORADOR
8	HUEVOS
9	HOGALDRE
10	ANTI – MOO
11	ESENCIAS
12	UVA
13	QUESO
14	COLOR
15	BOCADILLO
16	ALMIDON AGRIO
17	AGUA
18	BOLSA DE EMPAQUE
19	LAMINA DE EMPAQUE
20	CAPASILLOS

Tomado de: Receta interna QUEEPAN

Cabe resaltar que no todas las referencias de productos requieren de las mismas materias primas, el gramaje o cantidad de cada una de ellas se encuentra estandarizada por cada kilogramo de harina a utilizar para cada producto, dependiendo del volumen del pedido y lote de fabricación.

El procedimiento de medición y dosificación de ingredientes por lotes de producción debe ser estrictamente calculado, a modo de ejemplo se tiene el porcentaje de esencias a adicionar, donde su contenido varía dependiendo a la cantidad de harina a utilizar considerando esta como el cien por ciento (100%) de la mezcla.

El conjunto de materias primas utilizadas por la panificadora posee diferentes costos, presentaciones de venta y unidades de medida, las cuales están debidamente consideradas para el control de la homogenización del proceso, además de brindarles las condiciones de almacenamiento exigidas, en la Tabla 39 se presentan los costos y unidades de estas.

Tabla 39

*Costos de materia prima*

COSTOS DE MATERIA PRIMA						
N°	INSUMOS	VALOR	UNIDAD	Kg	MI	Mts
1	HARINA	\$ 64.000	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
2	AZÚCAR	\$ 93.000	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
3	MULTIPROPÓSITO	\$ 56.000	\$ -	\$ 15	\$ -	\$ -
4	SAL	\$ 20.000	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
5	LEVADURA FRESCA	\$ 2.200	\$ -	\$ 1	\$ -	\$ -
6	POLVO DE HORNEAR	\$ 135.000	\$ -	\$ 30	\$ -	\$ -
7	MEJORADOR	\$ 13.000	\$ -	\$ 1	\$ -	\$ -
8	HUEVOS	\$ 85.000	\$ 300	\$ -	\$ -	\$ -
9	HOJALDRE	\$ 68.000	\$ -	\$ 15	\$ -	\$ -
10	ANTI – MOJO	\$ 110.350	\$ -	\$ 12	\$ -	\$ -
11	ESENCIAS DE VAINILLA	\$ 110.000	\$ -	\$ 14	\$ -	\$ -
12	UVA	\$ 78.000	\$ -	\$ 10	\$ -	\$ -
13	QUESO	\$ 7.000	\$ -	\$ 0	\$ -	\$ -
14	COLOR AMARILLO	\$ 12.000	\$ -	\$ 0	\$ -	\$ -
15	BOCADILLO	\$ 19.500	\$ -	\$ 6	\$ -	\$ -
16	ALMIDÓN AGRIO	\$ 120.000	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
17	AGUA	\$ 5,42	\$ -	\$ -	\$ 1.000	\$ -
18	BOLSA DE EMPAQUE	\$ 50	\$ 1	\$ -	\$ -	\$ -
19	LAMINA DE EMPAQUE	\$ 14.875	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 188
20	CAPACILLOS	\$ 12.000	\$ 1.000	\$ -	\$ -	\$ -

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Cada producto requiere de materias primas diferentes, como se consigna en la Tabla 40, 41 y 42, donde se especifica de forma general los requerimientos de cada referencia en cuanto a insumos por cada línea de producción.

Tabla 40

*Requerimientos de materias primas por producto para la 1° línea productiva*

REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA POR PRODUCTO 1ª LINEA PRODUCTIVA													
Nº	INSUMOS	PAN TAJADO	PAN ESPECI AL	PAN QUES O	PAN UVA	LEN GU A	PAN MOG OLLA	PAN OCAÑE RO	PAN MAN TEQU ILLA	PALIL LO	PAN DE SAL	PAN REDO NDO	PAN LECHE
1	HARINA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	AZÚCAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	MULTI PROPÓSITO												
4	SAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	LEVADURA FRESCA	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
6	POLVO DE HORNEAR												
7	MEJORADO R	X	X						X	X	X		X
8	HUEVOS												
9	HOJALDRE												
10	ANTI- MOJO	X	X	X	X		X	X	X			X	X
11	ESENCIAS	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
12	UVA				X								
13	QUESO			X									
14	COLOR								X			X	
15	BOCADILL O											X	
16	ALMIDÓN AGRIO												
17	AGUA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	BOLSA DE EMPAQUE	X				X							
19	LAMINA DE EMPAQUE		X	X	X		X	X	X		X		X
20	CAPACILL OS												

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 41

*Requerimientos de materias primas por producto para la 2° línea productiva*

REQUERIMIENTO DE MATERIA PRIMA POR PRODUCTO 2ª LINEA PRODUCTIVA						
N°	INSUMOS PRODUCTOS	PASTELITO	GALLETA QUESO	GALLETA SODA	GALLETA PUNTO ROJO	GALLETA NEGRITA
1	HARINA	X	X	X	X	X
2	AZÚCAR	X	X	X	X	X
3	MULTIPROPOSITO					
4	SAL	X	X	X	X	X
5	LEVADURA FRESCA					
6	POLVO DE HORNEAR	X	X	X		X
7	MEJORADOR					
8	HUEVOS					
9	HOJALDRE					
10	ANTI – MOJO		X	X	X	
11	ESENCIAS	X	X	X	X	X
12	UVA					
13	QUESO		X			
14	COLOR				X	X
15	BOCADILLO	X				
16	ALMIDÓN AGRIO					
17	AGUA	X	X	X	X	X
18	BOLSA DE EMPAQUE	X	X	X	X	X
19	LAMINA DE EMPAQUE					
20	CAPACILLOS					

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 42

*Requerimientos de materias primas por producto para la 3° línea productiva*

REQUERIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS POR PRODUCTOS 3ª LINEA PRODUCTIVA					
N°	INSUMOS PRODUCTOS	MERENGUE	RIZADA	ROSQUITA	PONQUESITO
1	HARINA		X	X	X
2	AZUCAR		X	X	X
3	MULTIPROPOSITO		X		X
4	SAL	X	X		X
5	LEVADURA FRESCA			X	
6	POLVO DE HORNEAR				X

7	MEJORADOR				
8	HUEVOS		X	X	
9	HOGALDRE			X	
10	ANTI – MOO				X
11	ESENCIAS DE VAINILLA	X	X		X
12	UVA				
13	QUESO			X	
14	COLOR AMARILLO			X	
15	BOCADILLO				
16	ALMIDON AGRIO			X	
17	AGUA		X	X	X
18	BOLSA DE EMPAQUE			X	
19	LAMINA DE EMPAQUE				
20	CAPASILLOS				X

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Es importante resaltar que por acuerdos internos de los autores de la presente investigación con la empresa QUEEPAN, las recetas no pueden ser presentadas en la misma, sin embargo, se hizo posible mencionar los requerimientos a nivel general para cada producto por línea productiva.

Partiendo de lo anterior, en las Tablas 43, 44 y 45 se presenta el costo totalmente variable por concepto de materias primas para cada referencia por línea productiva, los cuales se presentan por paquetes de venta, dado que estos representan las unidades que realmente vende la panificadora.

Tabla 43

*Costos de materias primas por paquete para la 1° línea productiva*

<b>COSTO DE MATERIAS PRIMAS POR CANASTAS</b>				
<b>1ª LINEA PRODUCTIVA</b>				
<b>N°</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>COSTO POR ARROBA</b>	<b>NUM. CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTAS</b>
1	PAN TAJADO	\$14.599	1.8	\$8.295
2	PAN ESPECIAL	\$6.558	4.8	\$1.366
3	PAN DE QUESO	\$9.074	4.8	\$1.890
4	PAN DE UVA	\$7.019	5.0	\$1.404
5	LENGUA	\$5.874	4.8	\$1.224
6	PAN MOGOLLA	\$5.417	6.2	\$881
7	PAN OCAÑERO	\$5.155	6.2	\$838
8	PAN MANTEQUILLA	\$5.075	6.2	\$825
9	PALILLO	\$4.224	6.0	\$704

10	PAN DE SAL	\$4.785	6.0	\$798
11	PAN REDONDO	\$6.749	4.7	\$1.446
12	PAN DE LECHE	\$6.226	4.7	\$1.334

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 44

*Costos de materias primas por paquete para la 2° línea productiva*

<b>COSTO DE MATERIAS PRIMAS POR CANASTAS</b>				
<b>2° LINEA PRODUCTIVA</b>				
<b>N°</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>COSTO POR ARROBA</b>	<b>NUM. CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTA</b>
1	PASTELITO	\$17.695	3.9	\$4.499
2	GALLETA QUESO	\$12.290	3.0	\$4.068
3	GALLETA SODA	\$10.717	3.0	\$3.623
4	GALLETA PUNTO ROJO	\$5.563	3.5	\$1.571
5	GALLETA NEGRITA	\$10.694	3.0	\$3.602

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 45

*Costos de materias primas por paquete para la 3° línea productiva*

<b>COSTO DE MATERIAS PRIMAS POR CANASTAS</b>				
<b>3° LINEA PRODUCTIVA</b>				
<b>N°</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>COSTO POR ARROBA</b>	<b>NUM. CANASTA POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTA</b>
1	MERENGUE	\$8.996	1.9	\$4.627
2	RIZADA	\$39.359	1.1	\$35.986
3	ROSQUITA	\$19.371	4.4	\$4.428
4	PONQUESITO	\$20.061	2.5	\$8.024

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### **3.6.1.2 CTV de servicios públicos.**

La panificadora requiere de diferentes recursos para lograr fabricar sus productos, como lo son: tiempo, energía eléctrica, gas natural, dinero y entre otros. En este apartado, se busca calcular el costo de los recursos de servicios público que interfieren en el volumen de producción.



La empresa consume energía eléctrica para operar sus máquinas y gas natural para el funcionamiento de los hornos, por tal motivo serán los dos recursos que aumentan o disminuyen según el volumen de producción, siendo directamente proporcional.

### 3.6.1.2.1. Costo de energía eléctrica.

La manufactura de productos alimenticios requiere del uso de maquinaria especializada para disminuir el tiempo de procesamiento y esfuerzo humano, logrando aumentar la capacidad de la empresa y laborar en mejores condiciones.

Toda la energía utilizada por la empresa es totalmente variable, aunque hay energía que es utilizada para computadores, aires acondicionados, bombillas, impresoras y otras, las cuales no dependen del volumen de producción, por lo tanto, esa energía se asumirá como un gasto operativo, pero la que si depende el volumen de producción como la necesaria para operar la maquinaria se le atribuirán como un CTV de cada producto.

Para el cálculo del consumo energético fue necesario medir el voltaje y amperaje al cual trabaja cada máquina, por medio un multímetro y el cálculo de la potencia eléctrica mediante la ley de Ohm, en la tabla 46 se puede observar el consumo de cada máquina.

$$P = V * I$$

En donde:

$$P = \text{Potencia eléctrica (Watts)} \quad (5)$$

$$V = \text{Voltaje (Voltios)}$$

$$I = \text{Corriente (Amperaje)}$$

Tabla 46

*Consumo en (KW) para cada máquina de la panificadora*

MAQUINAS UTILIZADAS					
N <sup>a</sup>	EQUIPOS	VOLTAJE (V)	AMPERAJE (A)	POTENCIA (W)	POTENCIA (KW)
1	DOSIFICADORA PANADERIA	220	60	13200	13
2	DOSIFICADORA GALLETERIA	220,00	21,10	4642,00	4,64
3	BATIDORA	220,00	0,80	176,00	0,18
4	CILINDRADORA SEMI - AUTOMATICA	220,00	12,40	2728,00	2,73
5	CILINDRADORA MANUAL	220,00	9,1	2002,00	2,00
6	MULTIFORMADORA	220,00	8,24	1812,80	1,81

7	ROSQUITERA	220,00	5,36	1179,20	1,18
8	EMPACADORA	220	17	3800	3,8
9	HORNO	220	6	1400	1,4

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Las líneas productivas con las que trabaja la panificadora QUEEPAN, permite la identificación de las máquinas que requiere utilizar cada producto y el tiempo consumido por arroba por estación. Como se muestra en la Tabla 47,48 y 49.

Tabla 47

*Tiempo consumido por máquina para la 1° línea productiva*

<b>TIEMPO CONSUMIDO POR MAQUINA</b>						
<b>1ª LINEA DE PANADERIA</b>						
N <sup>a</sup>	PRODUCTO	1	4	6	8	9
1	PAN TAJADO	0:01:53	0:01:53	0:04:42		0:30:00
2	PAN ESPECIAL	0:01:52	0:01:36	0:04:03	0:03:23	0:13:00
3	PAN DE QUESO	0:01:49	0:01:35	0:06:13	0:04:23	0:13:00
4	PAN DE UVA	0:01:42	0:01:46	0:03:55	0:03:58	0:13:00
5	LENGUA	0:01:49	0:01:27	0:08:21		0:20:00
6	PAN MOGOLLA	0:01:53	0:01:30	0:05:15	0:02:07	0:10:00
7	PAN OCAÑERO	0:02:02	0:01:36	0:05:07	0:09:44	0:10:00
8	PAN MANTEQUILLA	0:02:15	0:01:42	0:05:20	0:10:24	0:10:00
9	PALILLO	0:02:11	0:01:39	0:07:45		0:45:00
10	PAN DE SAL	0:02:12	0:01:41	0:05:59	0:07:35	0:45:00
11	PAN REDONDO	0:01:50	0:01:15	0:07:24		0:30:00
12	PAN DE LECHE	0:01:41	0:01:32	0:03:49		0:15:00

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 48

*Tiempo consumido por máquina para la 2° línea productiva*

<b>TIEMPO CONSUMIDO POR MAQUINA</b>			
<b>2ª LINEA DE GALLETERIA</b>			
N <sup>a</sup>	PRODUCTO	2	9
1	PASTELITO	0:03:19	1:00:00
2	GALLETA QUESO	0:18:12	0:09:21
3	GALLETA SODA	0:12:05	0:10:00
4	GALLETA PUNTO ROJO	0:15:26	0:07:30
5	GALLETA NEGRITA	0:13:40	0:09:46

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 49

*Tiempo consumido por máquina para la 3° línea productiva*

<b>TIEMPO CONSUMIDO POR MAQUINA</b>			
<b>3ª LINEA DE BIZCOCHERIA</b>			
N <sup>a</sup>	PRODUCTO	3	8
			9

1	MERENGUE	0:06:34		0:40:00
2	RIZADA	0:35:38		0:11:30
3	ROSQUITA	0:37:34	0:21:00	0:20:00
4	PONQUESITO	0:05:44		0:18:00

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Mediante la potencia en Kwh, y el tiempo en horas consumido por cada producto es posible realizar una relación para definir cuanta electricidad requiere cada producto especificado en la Tabla 50, 51.

Tabla 50

*Consumo energético por producto para la 1° línea productiva*

<b>CONSUMO ENERGETICO POR PRODUCTO</b>							
<b>1ª LINEA DE PANADERIA</b>							
N <sup>a</sup>	PRODUCTO	1	4	6	8	9	TOTAL Kwh
1	PAN TAJADO	0,413	0,086	0,142	0,000	0,700	<b>1,34</b>
2	PAN ESPECIAL	0,410	0,073	0,122	0,214	0,303	<b>1,12</b>
3	PAN DE QUESO	0,400	0,072	0,188	0,278	0,303	<b>1,24</b>
4	PAN DE UVA	0,374	0,081	0,118	0,251	0,303	<b>1,13</b>
5	LENGUA	0,401	0,066	0,252	0,000	0,467	<b>1,19</b>
6	PAN MOGOLLA	0,414	0,069	0,158	0,134	0,233	<b>1,01</b>
7	PAN OCAÑERO	0,447	0,073	0,155	0,617	0,233	<b>1,52</b>
8	PAN MANTEQUILLA	0,496	0,077	0,161	0,659	0,233	<b>1,63</b>
9	PALILLO	0,479	0,075	0,234	0,000	1,050	<b>1,84</b>
10	PAN DE SAL	0,483	0,076	0,181	0,480	1,050	<b>2,27</b>
11	PAN REDONDO	0,403	0,057	0,224	0,000	0,700	<b>1,38</b>
12	PAN DE LECHE	0,369	0,070	0,116	0,000	0,350	<b>0,90</b>

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 51

*Consumo energético por producto para la 2° línea productiva*

<b>CONSUMO ENERGETICO POR PRODUCTO</b>				
<b>2ª LINEA DE GALLETERIA</b>				
N <sup>a</sup>	ESTACIONES	2	9	TOTAL Kwh
1	PASTELITO	0,26	1,40	<b>1,66</b>
2	GALLETA QUESO	1,41	0,22	<b>1,63</b>
3	GALLETA SODA	0,94	0,23	<b>1,17</b>
4	GALLETA PUNTO ROJO	1,19	0,18	<b>1,37</b>
5	GALLETA NEGRITA	1,06	0,23	<b>1,29</b>

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

El costo de Kwh en la panificadora oscila a \$ 466 por hora, así, es posible calcular el costo energético por paquete. Como se muestra en la Tabla 52, 53 y 54.

Tabla 52

*Costo energético por producto para la 1° línea productiva*

<b>COSTO DE ENERGIA ELECTRICA POR CANASTA</b>					
<b>1ª LINEA DE PANADERIA</b>					
<b>PRECIO DEL KWH: \$466</b>					
<b>Nª</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>COSTO KWh POR ARROBA</b>	<b>Nª DE CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTA</b>
1	PAN TAJADO	0.64	\$ 298.68	1.8	\$ 169.71
2	PAN ESPECIAL	0.82	\$ 381.88	4.8	\$ 79.56
3	PAN DE QUESO	0.94	\$ 437.08	4.8	\$ 91.06
4	PAN DE UVA	0.82	\$ 384.04	5.0	\$ 76.81
5	LENGUA	0.72	\$ 335.36	4.8	\$ 69.87
6	PAN MOGOLLA	0.78	\$ 361.43	6.2	\$ 58.77
7	PAN OCAÑERO	1.29	\$ 601.53	6.2	\$ 97.81
8	PAN MANTEQUILLA	1.39	\$ 649.10	6.2	\$ 105.54
9	PALILLO	0.79	\$ 367.00	6.0	\$ 61.17
10	PAN DE SAL	1.22	\$ 568.81	6.0	\$ 94.80
11	PAN REDONDO	0.68	\$ 318.29	4.7	\$ 68.20
12	PAN DE LECHE	0.55	\$ 258.26	4.7	\$ 55.34

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 53

*Costo energético por producto para la 2° línea productiva*

<b>COSTO DE ENERGIA ELECTRICA POR CANASTA</b>					
<b>2ª LINEA DE GALLETERIA</b>					
<b>PRECIO DEL KWH: \$466</b>					
<b>Nª</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>COSTO KWh POR ARROBA</b>	<b>Nª DE CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTAS</b>
1	PASTELITO	0.26	\$ 119.50	3.9	\$ 30.38
2	GALLETA QUESO	1.41	\$ 655.91	3.0	\$ 217.13
3	GALLETA SODA	0.94	\$ 435.92	3.0	\$ 147.35
4	GALLETA PUNTO ROJO	1.19	\$ 556.71	3.5	\$ 157.19
5	GALLETA NEGRITA	1.06	\$ 492.88	3.0	\$ 166.02

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Tabla 54

*Costo energético por producto para la 3° línea productiva*

<b>COSTO DE ENERGIA ELECTRICA POR CANASTA</b>					
<b>3ª LINEA DE BIZCOCHERIA</b>					
<b>PRECIO DEL KWH: \$466</b>					
<b>Nª</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>COSTO KWh POR ARROBA</b>	<b>Nª DE CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTAS</b>
<b>1</b>	MERENGUE	0.02	\$ 8.97	1.9	<b>\$ 4.61</b>
<b>2</b>	RIZADA	0.10	\$ 48.71	1.1	<b>\$ 44.53</b>
<b>3</b>	ROSQUITA	0.52	\$ 243.74	4.4	<b>\$ 55.71</b>
<b>4</b>	PONQUESITO	0.02	\$ 7.84	2.5	<b>\$ 3.14</b>

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### *3.6.1.2.2. Costo de consumo de gas.*

El proceso de fabricación de la panificadora requiere necesariamente de una estación de horneado, siendo esta el común denominador para todas las referencias, en donde los productos en proceso adquieren una textura y un color determinado, los cuales se logran a altas temperaturas y tiempos de procesamientos diferentes por cada producto.

La estación de horneado cuenta con cinco (5) hornos, los cuales demandan un consumo de gas propano para su operatividad, el cual varía dependiendo del volumen de producción establecido. Para el cálculo de este se procedió a tomar un conjunto de muestras que ayudaran a determinar un estándar de consumo por minuto de cada horno en operación, estas fueron calculadas directamente en el controlador de gas de la empresa, cronometrando cada vuelta o marcación en el tablero del controlador cuando solo se encuentra funcionando uno de estos hornos. En primera instancia se tomó una muestra piloto con la iniciativa de determinar un número de muestras representativas de las que se obtuvieron un nivel de confianza de entre 90% y 100%, utilizando como apoyo la Tabla 2, Número recomendado de ciclos de observación propuesta por (Niebel, 2009)

La prueba piloto conformada por seis (6) sub muestras arrojó un promedio de 7.4 minutos por vuelta, por lo cual se recomienda el cálculo de diez (10) observaciones como se especificó en la Tabla 2, como se muestra en la Tabla 55,

Tabla 55

*Muestras observadas por vuelta de consumo*

<b>MUESTRAS PARA EL ESTANDAR DE CONSUMO</b>	
<b>Nº DE MUESTRAS</b>	<b>TIEMPO TOMADO</b>
1	0:07:25
2	0:07:15
3	0:07:40
4	0:07:35
5	0:07:42
6	0:07:30
7	0:07:45
8	0:07:19
9	0:07:22
10	0:07:25
<b>PROMEDIO</b>	<b>0:07:30</b>

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

Partiendo de la tabla 54, se estima que el tiempo de consumo por cada dos vueltas es de 7.5 minutos, tiempo en el cual se tiene una marcación de 200 litros, logrando obtener un estándar de consumo de 26 Lt/Min (litros por minuto), dicha cifra es equivalente a  $0,0262 \text{ M}^3/\text{Min}$ . Se procede a calcular el costo por minuto de este recurso energético tomando de referencia el costo por metro cubico especificado en el recibo público de Gas, en el que se evidenció un monto de  $\$ 595,8 / \text{M}^3$ , representando un costo de consumo de **\$15,6/Min**. Este estándar posteriormente se utilizó en conjunto con el estándar de procesamiento por arroba de todas las referencias y además el costo por paquete de venta, esta se representa en la Tabla 56.

Tabla 56

*Costo por paquete de venta por referencia en la estación de Horneado*

<b>COSTO EN GAS POR CANASTA EN DE TODAS LAS REFERENCIAS DE LAS LINEAS PRODUCTIVAS</b>					
<b>N<sup>a</sup></b>	<b>ESTACIONES</b>	<b>TE POR ARROBA (ESTACIÓN HORNEADO)</b>	<b>COSTO POR ARROBA</b>	<b>CANASTAS POR ARROBA</b>	<b>COSTO POR CANASTA</b>
1	PAN TAJADO	0:30:00	\$ 468	1.8	\$ 266.1
2	PAN ESPECIAL	0:13:00	\$ 203	4.8	\$ 42.3
3	PAN DE QUESO	0:13:00	\$ 203	4.8	\$ 42.3
4	PAN DE UVA	0:13:00	\$ 203	5.0	\$ 40.6
5	LENGUA	0:20:00	\$ 312	4.8	\$ 65.0
6	PAN MOGOLLA	0:10:00	\$ 156	6.2	\$ 25.4
7	PAN OCAÑERO	0:10:00	\$ 156	6.2	\$ 25.4
8	PAN MANTEQUILLA	0:10:00	\$ 156	6.2	\$ 25.4
9	PALILLO	0:45:00	\$ 702	6.0	\$ 117.1
10	PAN DE SAL	0:45:00	\$ 702	6.0	\$ 117.1
11	PAN REDONDO	0:30:00	\$ 468	4.7	\$ 100.4
12	PAN DE LECHE	0:15:00	\$ 234	4.7	\$ 50.2
13	PASTELITO	1:00:00	\$ 937	3.9	\$ 238.1
14	GALLETA QUESO	0:09:21	\$ 146	3.0	\$ 48.3
15	GALLETA SODA	0:10:00	\$ 156	3.0	\$ 52.8
16	GALLETA PUNTO ROJO	0:07:30	\$ 117	3.5	\$ 33.1
17	GALLETA NEGRITA	0:09:46	\$ 152	3.0	\$ 51.4
18	MERENGUE	0:40:00	\$ 624	1.9	\$ 321.1
19	RIZADA	0:11:30	\$ 180	1.1	\$ 164.1
20	ROSQUITA	0:20:00	\$ 312	4.4	\$ 71.4
21	PONQUESITO	0:18:00	\$ 281	2.5	\$ 112.4

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### **3.6.2.2 CTV total.**

En la tabla 57 se presenta el costo totalmente variable por cada referencia de las líneas de productos de la panificadora, calculado a través de la suma de todos los CTV previamente calculados.

Tabla 57

*Costo totalmente variable (CTV) por paquete de venta*

<b>COSTO TOTALMENTE VARIABLE POR CANASTA</b>					
<b>N<sup>a</sup></b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>CTV MATERIA PRIMA</b>	<b>CTV CONSUMO ELECTRICO</b>	<b>CTV CONSUMO DE GAS</b>	<b>CTV TOTAL</b>
1	PAN TAJADO	14.599	170	265	<b>15.034</b>
2	PAN ESPECIAL	6.558	80	40	<b>6.677</b>
3	PAN DE QUESO	9.074	91	40	<b>9.205</b>
4	PAN DE UVA	7.019	77	40	<b>7.136</b>
5	LENGUA	5.874	70	65	<b>6.009</b>
6	PAN MOGOLLA	5.417	59	30	<b>5.506</b>
7	PAN OCAÑERO	5.155	98	30	<b>5.283</b>
8	PAN MANTEQUILLA	5.075	106	30	<b>5.211</b>
9	PALILLO	4.224	61	117	<b>4.402</b>
10	PAN DE SAL	4.785	95	120	<b>5.000</b>
11	PAN REDONDO	6.749	68	99	<b>6.916</b>
12	PAN DE LECHE	6.226	55	50	<b>6.331</b>
13	PASTELITO	17.695	30	238	<b>17.963</b>
14	GALLETA QUESO	12.290	217	48	<b>12.555</b>
15	GALLETA SODA	10.717	147	53	<b>10.917</b>
16	GALLETA PUNTO ROJO	5.563	157	33	<b>5.753</b>
17	GALLETA NEGRITA	10.694	166	51	<b>10.911</b>
18	MERENGUE	8.996	5	321	<b>9.322</b>
19	RIZADA	39.359	45	164	<b>39.568</b>
20	ROSQUITA	19.371	56	80	<b>19.507</b>
21	PONQUESITO	20.061	3	112	<b>20.176</b>

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### **3.7.2 Throughput.**

El Throughput representa el indicador más importante de esta metodología contable, del cual necesariamente se debe derivar y respaldar toda decisión que se tome en relación a la operatividad administrativa y de las organizaciones, partiendo además de la lógica intuitiva en el que se afirma que este indicador no tiene limitantes intrínsecos, por ello el objetivo de toda empresa es generar dinero en el presente y en el futuro, debe estar sujeto a una metodología que siga los parámetros expuestos por una mejora continua sin limitantes, por lo cual representa la fuerza de una cadena o el eslabón al que deben ir dirigido todo esfuerzo a realizar. (Goldratt, 1994)



Su expresión matemática es la siguiente: Ecuación (6) tomado del libro la Contabilidad del Throughput

$$T = Pv - CTV \quad (6)$$

T = Throughput

Pv = Precio de venta

CTV = Costo totalmente variable

Throughput es un indicador que presenta dos formas de calcularlo y considerarlo, en donde todas estas dependen de la ubicación en el que se encuentre el recurso RRC, el cual puede tener lugar dentro o fuera de la empresa, todo ello es derivado del análisis de la capacidad productiva que posee la planta en relación a una demanda dada. Este indicador puede ser denominado como Throughput total y también como Throughput relativo, son dos conceptos totalmente diferentes pero que se sujeta en los mismos cimientos argumentativos.(Corbett, 2005)

Según TOC, cuando una empresa no es capaz de producir o suplir la demanda existente de sus productos se hace referencia a la existencia de un RRC dentro de la empresa, lo cual de cierta forma es un punto positivo para la gerencia, en este caso se aplica el concepto de Throughput relativo, cuya expresión está representada por el Throughput unitario del producto a evaluar sobre el tiempo de procesamiento en el RRC, esta expresión debe ser aplicada a todos los productos que ofrece la organización con el fin de comparar sus resultados, priorizando la producción de aquel producto con mayor resultado, hasta alcanzar la capacidad total de la planta, alcanzando la máxima utilidad del sistema, aclarando que en este escenario quedarán productos sin manufacturar, dado que su Throughput relativo es mucho menor, capacidad insuficiente de la planta o por decisiones de equilibrio de mercado en el tiempo. Su expresión matemática se representa en la Ecuación (7) tomada del libro la contabilidad del Throughput (Okutmuş, Kahveci and Kartašova, 2015)

$$TR = Tu / T_{RRC} \quad (7)$$

Tu = Throughput unitario

T<sub>RRC</sub> = Tiempo en el cuello de botella

En el caso del Throughput total se refiere a la existencia del RRC fuera de la empresa, lo cual significa que la empresa posee una sobre capacidad si se le compara con la solvencia del mercado en el que opera, como el cuello de botella no es una limitante productiva interna de la empresa, la priorización de productos no se debe realizar teniendo en cuenta el tiempo de procesamiento de los mismos si no el Throughput por unidad más alto por producto, es decir se produce el producto que genere mayor utilidad unitaria, su expresión matemática se representa en la Ecuación (7) (Costas *et al.*, 2015)

En la Tabla 58 se representan los Throughput relativos, por lo cual QUEEPAN es una empresa cuya capacidad productiva está restringida por un RRC, lo cual quiere decir que no tiene la suficiente capacidad para suplir la totalidad de su demanda, por ello cada instante de tiempo en el que no se produzca en el cuello de botella espreciado para su flujo de caja, por esta razón se orienta el cálculo del indicador de Throughput por el concepto de Throughput relativo por producto, dichos resultados son los siguientes:

Tabla 58  
*Cálculo del Throughput relativo*

CALCULO DE THROUGHPUT						
N <sup>a</sup>	PRODUCTOS	CTV TOTAL	PRECIO VENTA	THROUGHPUT UNITARIO	ESTANDAR CUELLO DE BOTELLA	THROUGHPUT RELATIVO UNITARIO
1	PAN TAJADO	\$15.034	\$38.979	\$23.945	4.694	\$5.101
2	PAN ESPECIAL	\$6.677	\$17.345	\$10.667	0.705	\$15.123
3	PAN DE QUESO	\$9.205	\$23.761	\$14.555	0.914	\$15.918
4	PAN DE UVA	\$7.136	\$18.473	\$11.337	0.793	\$14.288
5	LENGUA	\$6.009	\$15.597	\$9.588	1.982	\$4.837
6	PAN MOGOLLA	\$5.506	\$14.242	\$8.736	0.345	\$25.339
7	PAN OCAÑERO	\$5.283	\$14.013	\$8.730	1.584	\$5.513
8	PAN MANTEQUILLA	\$5.211	\$13.888	\$8.677	1.692	\$5.127
9	PALILLO	\$4.402	\$11.510	\$7.108	1.646	\$4.319
10	PAN DE SAL	\$5.000	\$13.288	\$8.288	1.264	\$6.560
11	PAN REDONDO	\$6.916	\$17.856	\$10.939	1.365	\$8.014
12	PAN DE LECHE	\$6.331	\$16.281	\$9.950	1.661	\$5.990
13	PASTELITO	\$17.963	\$45.153	\$27.190	1.525	\$17.824
14	GALLETA QUESO	\$12.555	\$33.190	\$20.635	3.684	\$5.601
15	GALLETA SODA	\$10.917	\$28.483	\$17.567	1.662	\$10.571
16	GALLETA PUNTO ROJO	\$5.753	\$15.900	\$10.148	3.120	\$3.253
17	GALLETA NEGRITA	\$10.911	\$28.625	\$17.714	5.234	\$3.385
18	MERENGUE	\$9.322	\$23.341	\$14.019	5.464	\$2.566

19	RIZADA	\$39.568	\$99.272	\$59.704	5.143	\$11.609
20	ROSQUITA	\$19.507	\$49.228	\$29.721	7.046	\$4.218
21	PONQUESITO	\$20.176	\$50.466	\$30.290	6.600	\$4.589
<b>TOTAL</b>				<b>\$359.511</b>		<b>\$179.745</b>

Tomado por: Autores

### 3.7.3 Inventarios (inversión).

Según (Goldratt, 1984) la información que emerge a partir del cálculo del indicador de inventario refleja todos aquellos montos en los que debe incurrir la empresa para que en un futuro obtendrá un retorno, el cual de igual forma puede ser visto como un activo corriente. Dentro de estos rubros la teoría de las restricciones destaca diversos recursos entre los cuales se tiene: el monto por concepto de materias primas, productos en proceso, productos terminados, compra de maquinarias y cualquier otro activo depreciable en el tiempo, aclarando que de estos últimos solo se considera inventario el valor de salvamento de los mismos, debido a que el valor de su depreciación se considera como un gasto operativo y el valor de salvamento del monto a recuperar al momento de venderlo. Se resalta que este indicador presenta una relación directa con los gastos operativos, puesto que una sobre producción en proceso o productos terminados afectaría dichos gastos.

La panificadora posee diversos recursos que recaen dentro de esta clasificación, los cuales son de distinta naturaleza entre las que se tiene los recursos agotables y no agotables, resaltando que además posee recursos depreciables específicamente en la flota de maquinaria con las que opera actualmente, las cuales poseen un respectivo valor de salvamento.

En la presente investigación, se tendrá en cuenta el valor de inventario como el costo de tener producto terminado (IF) y producto en proceso (IPP) represado en la bodega y en las diversas líneas de producción. Los cuales fueron contados al finalizar el periodo de toma de datos, en el año 2018.

La teoría de las restricciones determina los indicadores en valor del dinero, por lo cual, el inventario de producto terminado, serán multiplicado por el Throughput unitario por producto, dado que ese producto, ya ha pasado por el cuello de botella, y la panificadora deja de obtener el

Throughput unitario por cada momento que el producto se almacena en la bodega, por otro lado, el inventario de producto en proceso ha consumido los CTV, pero aun no pasa por el cuello de botella, por lo tanto, la empresa en este punto atribuirá en su inversión los CTV por la cantidad de productos en proceso. En la tabla 59 se especifica el valor del inventario IF y , en la tabla 60 se determina el valor de inventario IPP y 61 el resumen de ambos. (Corbett, 2005)

Tabla 59

*Valor inventario final*

<b>VALOR DE INVENTARIO FINAL EN PAQUETE- DICIEMBRE</b>				
<b>LÍNEA DE PRODUCTO</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>IF</b>	<b>THROUGHPUT</b>	<b>VALOR DE INVENTARIO</b>
Línea de panadería	<b>Pan tajado</b>	208	\$ 1.092,60	\$ 227.260,80
	<b>Pan especial</b>	1700	\$ 249,10	\$ 423.470,00
	<b>Pan de queso</b>	5200	\$ 180,30	\$ 937.560,00
	<b>Pan de uva</b>	1950	\$ 238,00	\$ 464.100,00
	<b>Lengua</b>	625	\$ 542,10	\$ 338.812,50
	<b>Pan mogolla</b>	3125	\$ 104,50	\$ 326.562,50
	<b>Pan ocañero</b>	2125	\$ 102,00	\$ 216.750,00
	<b>Pan mantequilla</b>	8000	\$ 99,70	\$ 797.600,00
	<b>Palillo</b>	0	\$ 1.093,60	\$ -
	<b>Pan de sal</b>	3100	\$ 102,50	\$ 317.750,00
	<b>Pan redondo</b>	0	\$ 534,40	\$ -
	<b>Pan de leche</b>	40	\$ 1.125,90	\$ 45.036,00
	Línea de galletería	<b>Pastelito</b>	18	\$ 1.880,90
<b>Galleta queso</b>		32	\$ 2.006,40	\$ 64.204,80
<b>Galleta soda</b>		16	\$ 2.165,50	\$ 34.648,00
<b>Galleta punto rojo</b>		0	\$ 2.496,30	\$ -
<b>Galleta negrita</b>		40	\$ 2.051,10	\$ 82.044,00
Línea de bizcochería	<b>Merengue</b>	42	\$ 2.108,20	\$ 88.544,40
	<b>Rizada</b>	60	\$ 2.540,10	\$ 152.406,00
	<b>Rosquita</b>	0	\$ 52,50	\$ -
	<b>Ponquesito</b>	72	\$ 1.419,80	\$ 102.225,60
<b>INVENTARIO (IF) TOTAL</b>				<b>\$ 4.652.830,80</b>

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 60

*Valor de inventario producto en proceso*

<b>INVENTARIO EN PRODUCTO EN PROCESO PAQUETE- DICIEMBRE</b>				
<b>LINEA DE PRODUCTO</b>	<b>PRODUCTOS</b>	<b>IPP</b>	<b>CTV</b>	<b>VALOR DE INVENTARIO</b>
Línea de panadería	<b>Pan tajado</b>	66,88	\$ 707,40	\$ 47.310,91
	<b>Pan especial</b>	364,8	\$ 150,90	\$ 55.048,32
	<b>Pan de queso</b>	547,2	\$ 219,70	\$ 120.219,84
	<b>Pan de uva</b>	0	\$ 162,00	\$ -
	<b>Lengua</b>	273,6	\$ 257,90	\$ 70.561,44
	<b>Pan mogolla</b>	934,8	\$ 55,50	\$ 51.881,40
	<b>Pan o cañero</b>	832	\$ 58,00	\$ 48.256,00
	<b>Pan mantequilla</b>	423	\$ 60,30	\$ 25.506,90
	<b>Palillo</b>	45,6	\$ 506,40	\$ 23.091,84
	<b>Pan de sal</b>	912	\$ 57,50	\$ 52.440,00
	<b>Pan redondo</b>	0	\$ 265,60	\$ -
	<b>Pan de leche</b>	0	\$ 474,10	\$ -
Línea de galletería	<b>Pastelito</b>	17,936	\$ 3.119,10	\$ 55.944,18
	<b>Galleta queso</b>	0	\$ 1.833,60	\$ -
	<b>Galleta soda</b>	17,99	\$ 1.674,50	\$ 30.118,67
	<b>Galleta punto rojo</b>	19	\$ 1.511,70	\$ 28.722,30
	<b>Galleta negrita</b>	0	\$ 1.788,90	\$ -
Línea de bizcochería	<b>Merengue</b>	8,867	\$ 2.691,80	\$ 23.867,29
	<b>Rizada</b>	0	\$ 5.459,90	\$ -
	<b>Rosquita</b>	665	\$ 107,50	\$ 71.487,50
	<b>Ponquesito</b>	0	\$ 3.580,20	\$ -
<b>INVENTARIO IPP TOTAL</b>				<b>\$ 704.456,60</b>

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

Tabla 61

*Valor total de inventario diciembre*

<b>VALOR DE INVENTARIO TOTAL - DICIEMBRE</b>		
VALOR INVENTARIO (IF)	\$	4.652.830,80
VALOR INVENTARIO (IPP)	\$	704.456,60
<b>INVENTARIO TOTAL</b>	<b>\$</b>	<b>5.357.287,40</b>

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

### **3.7.4 Gastos operativos.**

Los gastos operativos son un indicador para la gestión de la producción que de cierta forma plantea un concepto diferente a los conocidos y expuestos por los diversos tipos de contabilidad de costos convencionales hoy utilizados, como lo es el costeo ABC, costeo directo, costeo tradicional, entre otros. TOC afirma que dentro de estos gastos se encuentran inmersos todos aquellos montos de dinero requeridos para el funcionamiento general de las organizaciones, en el que se consideran los rubros por impuestos, depreciaciones, insumos de mantenimiento general, parte de los servicios públicos, mano de obra y demás montos.(Goldratt, 1984)

Una de las características más relevantes de los gastos operativos es que no considera la naturaleza de los costos, refiriéndose a que solo existen dos tipos, uno de ellos es el costo totalmente variable (CTV) y el costo no variable, se omite la existencia de un costo fijo, directo, indirecto, clasificándolos como costos no variables por tratarse de gastos operativos. Uno de los errores que se presentan con mayor frecuencia es considerar que este indicador debe percibirse como fijo, debido a que no cambia con el volumen de producción, puesto que los gastos operativos si presentan variación siempre y cuando las decisiones a tomar demanden un exceso de capacidad productiva en la planta a nivel general o en cualquiera estación inmersa en ella.(Corbett, 2005)

Existen afirmaciones expuestas por distintas metodologías de contabilidad de costos, como las expuestas anteriormente, que contradicen la posición de TOC al considerar la mano de obra como un gasto operativo (no variable) y no un CTV, debido a la implicación directa que esta representa en la elaboración de los productos o prestación de un servicio, la teoría de las restricciones afirma que en la actualidad, el recurso de mano de obra disponible es un monto que la empresa debe abordar siempre, aunque se produzca o no un volumen constante, cuya cantidad no exceda la capacidad productiva antes mencionada, considerando las leyes que protegen al trabajador en cuanto a la carga salarial, cabe resaltar que dentro de esta filosofía la carga laboral extra es considerada como un costo totalmente variable y por ende, debe ser un monto considerado desde otra perspectiva, de acuerdo a los conceptos contemporáneos de administración de las operaciones.(Lapore and Cohen, 1999)

Los gastos operativos que posee la panificadora QUEEPAN, se determinan de acuerdo con los siguientes rubros.

### ***3.6.2.1 Mano de obra por línea productiva.***

Se reitera que el sistema productivo de la panificadora es considerablemente fluctuante y complejo, si se tienen en cuenta la totalidad de referencias que actualmente ofrece la empresa, por ello en cada uno de sus procesos cuenta con personal calificado y debidamente certificado. Los operarios se encuentran distribuidos por centros de trabajo, los cuales representan los puntos del flujo productivo donde se le agrega valor a los productos. en la Tabla 62 se relacionan la cantidad de trabajadores que se tenían contratados.

Los métodos de trabajo que actualmente se llevan a cabo en la empresa son basados en la intuición de cada trabajador, en la puesta en marcha de la fabricación de un pedido en la línea de panadería, algunos operarios se rotan en las estaciones de dosificado, cilindrado y moldeado. En la dosificación por lo general es operado por el mismo trabajador, en la etapa de cilindrado pasa igual, sin embargo, cuando ya estas dos estaciones han culminado se pasan a reforzar la etapa del moldeado en donde se cuenta con una maquina multiformadora, la cual contribuye al moldeado de la masa a gran velocidad

En la línea de productos de galletería y bizcochería, la tecnificación del proceso no se da al mismo nivel que en la línea de panadería, las operaciones realizadas en algunas etapas de está son totalmente manuales, como la etapa del moldeado y empaque.

Por último, es validad resaltar que los centros de trabajo de horneado y fermentación son operados por el mismo operario, debido a los requerimientos de esfuerzos en las actividades que demandan los mismos, considerando además que el centro de trabajo de Reposo no tiene operarios, por lo que es un sitio físico destinado para el equilibrio térmico del producto, los cuales son retirados para su próximo proceso por los operarios de la estación de empaque.

Tabla 62

*Carga laboral empleador*

<b>CARGA LABORAL EMPLEADOR</b>							
<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo básico</b>	<b>Aux. Transporte</b>	<b>Salud</b>	<b>Pensión</b>	<b>Sub-Total</b>	<b>Total</b>
Operarios de Planta	17	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$17.570.914</b>
Operarios de Distribución	20	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$20.671.663</b>
Gerente	1	\$2.343.726	\$0	\$199.217	\$281.247	\$2.824.190	<b>\$2.824.190</b>
Contador	1	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$1.033.583</b>
Auxiliar contable	1	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$1.033.583</b>
Jefe de producción	1	\$1.562.484	\$92.187	\$132.811	\$187.498	\$1.974.980	<b>\$1.974.980</b>
jefe de bodega	1	\$1.562.484	\$92.187	\$132.811	\$187.498	\$1.974.980	<b>\$1.974.980</b>
Secretaria	1	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$1.033.583</b>
servicios generales	2	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$2.067.166</b>
Vigilancia	2	\$781.242	\$92.187	\$66.406	\$93.749	\$1.033.583	<b>\$2.067.166</b>
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>\$10.937.388</b>	<b>\$829.679</b>	<b>\$929.678</b>	<b>\$1.312.487</b>	<b>\$14.009.232</b>	<b>\$52.251.809</b>

Tomado de: Dpto. Contable QUEEPAN

Lo cual representa una carga salarial fija por mes en la tabla 63 se muestran.

Tabla 63

*Carga salarial mensual*

<b>CARGA SALARIAL MENSUAL</b>	
<b>MES</b>	<b>CARGA SALARIAL</b>
ENERO	\$ 52.251.809
FEBRERO	\$ 52.251.809
MARZO	\$ 52.251.809
ABRIL	\$ 52.251.809
MAYO	\$ 52.251.809
JUNIO	\$ 52.251.809
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 313.510.852</b>

Tomado de: Dpto. Contable QUEEPAN

### **3.6.2.2 Gasto de servicios públicos (GSP).**

En el siguiente apartado se determinan los montos por conceptos de gastos de servicio público dentro de la compañía, donde se consideran consumos de energía, agua y gas por parte del área administrativa de la misma, además de su mantenimiento higiénica general. Estos montos fueron tomados de los registros contables de la empresa QUEEPAN en su primer semestre del año 2018,



se resalta que estos montos son asignados a partir del total del monto facturado por la empresa ofertante del servicio, los cuales a su vez obedecen a cálculos internos por el alta directiva, los cuales se representan en la Tabla 64.

Tabla 64

*Gastos Totales por servicios públicos*

<b>GASTO DE SERVICIOS PUBLICOS</b>				
<b>MES</b>	<b>GASTO GAS</b>	<b>GASTO ENERGIA</b>	<b>GASTO AGUA</b>	<b>TOTAL, GASTO</b>
ENERO	\$ 468.600	\$ 861.812	\$ 56.940	\$ <b>1.387.352</b>
FEBRERO	\$ 843.263	\$ 1.150.144	\$ 452.408	\$ <b>2.445.814</b>
MARZO	\$ 728.420	\$ 1.112.980	\$ 327.185	\$ <b>2.168.585</b>
ABRIL	\$ 728.420	\$ 1.231.840	\$ 325.015	\$ <b>2.285.276</b>
MAYO	\$ 613.578	\$ 1.069.485	\$ 199.093	\$ <b>1.882.156</b>
JUNIO	\$ 613.578	\$ 1.054.097	\$ 198.003	\$ <b>1.865.678</b>
<b>TOTAL</b>	\$ <b>3.995.859</b>	\$ <b>6.480.359</b>	\$ <b>1.558.644</b>	\$ <b>10.476.217</b>

Tomado de: DPTO. CONTABLE QUEEPAN

### 3.6.2.3 Gastos Varios.

Dentro de los siguientes gastos se consideraron los insumos de oficina, insumos para el Aseo, Dotación y Mantenimiento de las maquinas del piso de taller al igual que los equipos administrativos, los cuales se muestran en la Tabla 65.

Tabla 65

*Gastos varios*

<b>GASTOS VARIOS</b>				
<b>MES</b>	<b>INSUMOS DE OFICINA Y ASEO</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>DOTACION</b>	<b>TOTAL</b>
ENERO	\$ 1.000.000	\$ 3.000.000	\$ 3.500.000	\$ 5.166.667
FEBRERO	\$ 1.616.792	\$ 3.816.792		\$ 6.600.250
MARZO	\$ 1.329.688	\$ 3.529.688		\$ 6.026.042
ABRIL	\$ 1.323.326	\$ 3.523.326	\$ 3.500.000	\$ 6.013.320
MAYO	\$ 1.217.698	\$ 3.417.698		\$ 5.802.063
JUNIO	\$ 1.212.443	\$ 3.412.443		\$ 5.791.553
<b>TOTAL</b>	\$ <b>7.699.947</b>	\$ <b>20.699.947</b>	\$ <b>7.000.000</b>	\$ <b>35.399.895</b>

Tomado de: Dpto. Contable QUEEPAN

Los montos por insumos de oficina y aseo representan los gastos por papelería, útiles y herramientas para el aseo como: escobas, traperos y demás. Los montos para mantenimiento son asignados por servicios de mano de obra y compra de repuestos e insumos como aceites. La dotación se realiza trimestralmente y consta de dos pantalones, dos camisetas y un par de zapatillas por cada trabajador, esta información fue debidamente extraída del departamento de contabilidad de la empresa objeto de estudio.

### 3.6.2.4 Gastos totales.

Los gastos totales de la empresa QUEEPAN, se representan en la Tabla 66.

Tabla 66  
*Gastos totales*

<b>GASTOS TOTALES QUEEPAN</b>					
<b>MES</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>(%) SERV. PUBL</b>	<b>GASTOS VARIOS</b>	<b>GASTOS DE VENTAS</b>	<b>TOTAL GASTOS</b>
ENERO	\$52.251.809	\$1.387.352	\$5.166.667	\$22.029.056	<b>\$ 80.834.883</b>
FEBRERO	\$52.251.809	\$2.445.814	\$6.600.250	\$24.296.610	<b>\$ 85.594.483</b>
MARZO	\$52.251.809	\$2.168.585	\$6.026.042	\$24.235.083	<b>\$ 84.681.519</b>
ABRIL	\$52.251.809	\$2.285.276	\$6.013.320	\$24.696.121	<b>\$ 85.246.525</b>
MAYO	\$52.251.809	\$1.882.156	\$5.802.063	\$24.248.197	<b>\$ 84.184.225</b>
JUNIO	\$52.251.809	\$1.865.678	\$5.791.553	\$25.047.374	<b>\$ 84.956.414</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 313.510.852</b>	<b>\$ 12.034.861</b>	<b>\$ 35.399.895</b>	<b>\$ 144.552.441</b>	

Tomado de: Dpto. Contable QUEEPAN

Es de considerable importancia resaltar los gastos derivados por el departamento de ventas, donde van inmersos la compra de combustibles para los vehículos, viáticos por viaje, peajes, publicidad, patrocinios y demás, cabe aclarar que esta información fue extraída del departamento de contabilidad de la empresa.

## 3.8 Cálculo de productividad Total

La productividad es un indicador utilizado para el seguimiento y control de procesos, el cual evalúa en términos de porcentajes los resultados obtenidos en relación con los recursos invertidos para la consecución de estos. Según la teoría de las restricciones, el termino productividad es

aplicado, si solo si la acción a realizar direcciona a la empresa a generar más dinero, siendo este resultado el objetivo principal de toda organización. El cálculo de productividad solo debe ser realizado sobre el resultado final o general de la decisión tomada y no sobre un punto específico, descartando las iniciativas de referenciar y analizar productividades locales, siendo estas irrelevantes para el análisis objetivo y global del sistema en estudio.(Watson, Blackstone and Gardiner, 2007)

A partir de lo anterior, se tomó de referencia las variables Throughput y gastos totales para el análisis del indicador de productividad, tomando de referencia periodos mensuales dentro del año 2018, en el que se utilizaron los registros de ventas de cada producto multiplicado por su Throughput unitario, el cual a su vez fue relacionado con los gastos totales de cada mes, obteniendo un margen de productividad mensual, los cuales se observan en la Tabla 67.

Tabla 67

*Productividad total en el año 2018*

<b>PRODUCTIVIDAD TOTAL</b>				
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>THROUGHPU TOTAL</b>	<b>GASTOS TOTALES</b>	<b>PRODUCTIVIDAD</b>
<b>2018</b>	<b>ENERO</b>	\$122.768.797	\$80.834.883	<b>152%</b>
	<b>FEBRERO</b>	\$119.465.601	\$85.594.483	<b>140%</b>
	<b>MARZO</b>	\$122.794.222	\$84.681.519	<b>145%</b>
	<b>ABRIL</b>	\$117.973.879	\$85.246.525	<b>138%</b>
	<b>MAYO</b>	\$128.073.221	\$84.184.225	<b>152%</b>
	<b>JUNIO</b>	\$128.879.812	\$84.956.414	<b>152%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$739.955.532</b>	<b>\$505.498.049</b>	<b>146%</b>

Tomado de: Autores

El margen de productividad para el año 2018 por el concepto de ventas fue del 146%, lo cual refleja que por cada peso invertido la empresa obtuvo un retorno del 46% más, con variaciones mes a mes durante todo el periodo anual, resaltando el mes de Enero, Mayo y Junio con un 152%, siendo estos de mayor rendimiento en el semestre entre los meses respectivos.

## 4 Título 3: Modelo matemático

### 4.1. Descripción del modelo matemático

El modelo planteado, parte de la teoría TOC, con énfasis en la contabilidad del Throughput, en la cual se busca principalmente calcular la combinación de productos a fabricar que mejor le convenga a la empresa, mediante dos parámetros esenciales, el dinero que genera cada producto y el tiempo que demora en ser fabricado, lo cual es llamado en TOC, el Throughput relativo.

El cálculo de capacidad parte de una forma no convencional, determinado la producción por cada etapa, con tiempos disponibles diferentes, determinado lo que realmente será fabricado; con ello es posible identificar los productos que serán vendidos, generando todo un ciclo de dinero, lo cual ayudará a asemejar la situación real de la planta.

Dentro del modelo, se incluyen variables de manejo de insumos, lo cual es un tema de gran importancia en las industrias, generando un plan de compra con un lead time de llega de insumos, determinando los insumos necesarios para cumplir con la capacidad de la planta.

El modelo matemático esta categorizado entre los modelos de programación no lineal mixta (MINLP), dado que consta de variables positivas, binarias y libres, con restricciones no lineales las cuales ayudan a obtener los resultados esperados.

### 4.2. Modelo conceptual

El modelo planteado, se explica conceptualmente mediante un grafo en la Figura 19, bajo la teoría de mapa de valor (VSM), el cual posibilidad unir el flujo informático, con el operativo, expresando las interrelaciones de las variables y parámetros. (Costas *et al.*, 2015)

El grafo muestra las relaciones que existen dentro del modelo, los cuales se representan en sentido cíclico, en donde las capacidades de cada estación de proceso son evaluadas para determinar las ventas de cada producto, según la demanda que se ingrese, con lo cual el modelo calcula un plan óptimo de producción y con ello determina la necesidad de insumos, para así plantear un plan de compras con unos Lead time determinados. todo esto con el propósito de maximizar la utilidad de la empresa.

## MODELO DE PROGRAMACION NO LINEAL MIXTO MEDIANTE LA TEORIA DE LAS RESTRICCIONES

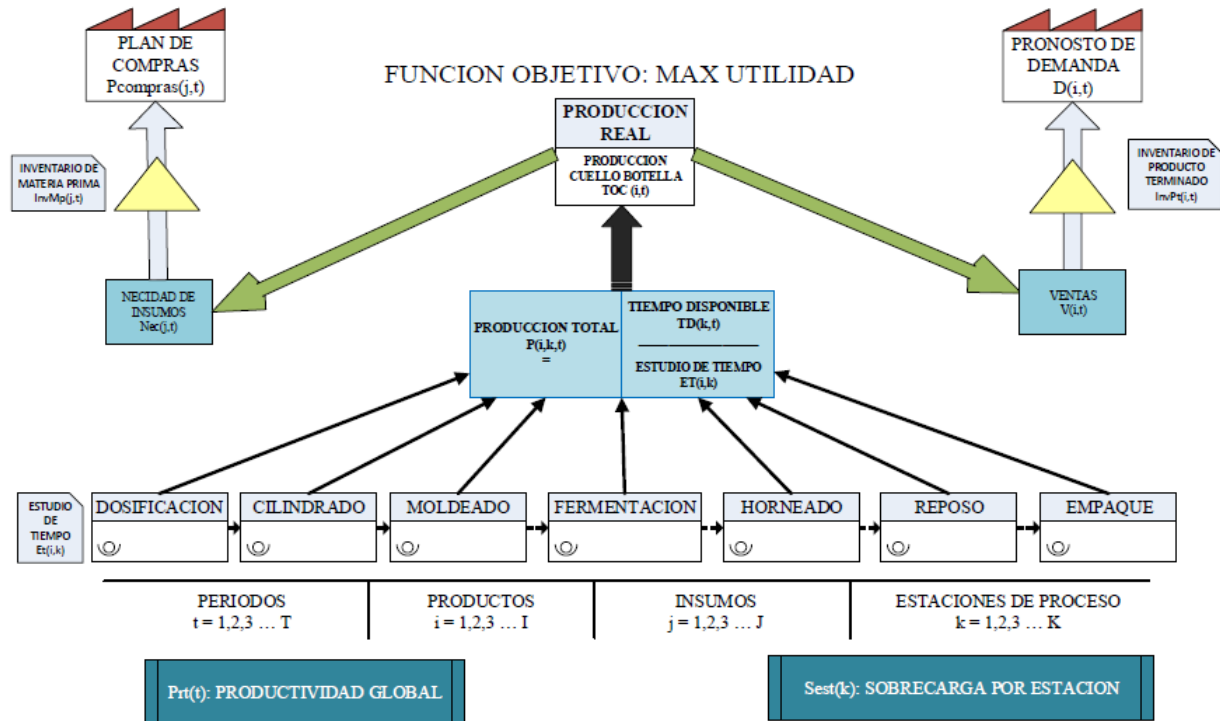


Figura 19 Modelo de Programación no Lineal Mixto  
Tomado de: Realizado por autores

### 4.3. Planteamiento del modelo matemático

El modelo planteado, se especificó mediante la estructura de los modelos de programación lineal (PL), en cual consta de cuatro fases que son: Índices, Parámetros, Variables, Restricciones

#### 4.3.1 Índices:

$i = \text{Productos}, \quad i = 1, 2, 3 \dots I$

$j = \text{Insumos}, \quad j = 1, 2, 3 \dots J$

$t = \text{Periodos}, \quad t = 1, 2, 3 \dots T$

$k = \text{Estacion de proceso}, \quad k = 1, 2, 3 \dots K$

#### 4.3.2. Parámetros:

$Pv_i$  = Precio de venta de cada producto  $i$

$CoCtv_i$  = Costo de incurrir en otros CTV por cada producto  $i$

$Cins_j$  = Costo de compra de los inusmos  $j$

$Go_t$  = Gastos operativos en el periodo  $t$

$InvFin_i$  = Inventario inicial del producto  $i$

$InvMpin_j$  = Inventario inicial del inusmo  $j$

$Copor_i$  = Costo de oportunidad del producto  $i$

$Ctex_k$  = Costo de un minuto extra por estación  $k$

$Rec_{i,j}$  = Receta de cada producto  $i$ , con el inusmo  $j$

$TD_{k,t}$  = Tiempo operativo disponible en el periodo  $t$ , con la estación  $k$

$Et_{i,k}$  = Tiempo relativo de cada producto  $i$ , que se procesa en la estación  $k$

$D_{i,t}$  = Demanda de cada producto  $i$ , en el periodo  $t$

$Ted$  = Tiempo extra disponible por ley

$LeadT$  = Tiempo de llegada de los insumos

#### 4.3.3. Variables:

$U$  = Utilidad generada por el ejercicio

$Cmp_t$  = Costos de compra de materia prima necesaria en el periodo  $t$

$OtCtv_t$  = Costos de incurrir en otros CTV en el periodo  $t$

$Ing_t$  = Ingresos en el periodo  $t$

$InvF_{i,t}$  = Inventario de producto terminado  $i$ , en el periodo  $t$

$InvMp_{j,t}$  = Inventario de inusmos  $j$  en el periodo  $t$

$Nec_{j,t}$  = Necesidad de insumos  $j$ , en el periodo  $t$

$Tex_{k,t}$  = Tiempo extra necesario por estacion  $k$ , en el periodo  $t$

$Hex_{k,t}$  = Variable de desicion, 1 si se incurre en tiempo extra y 0 lo contrario

$P_{i,k,t}$  = Productos  $i$ , fabricados, en la estacion  $k$ , para los periodos  $t$

$TOC_{i,t}$  = Productos  $i$ , que realmente se fabrican en el periodo  $t$

$V_{i,t}$  = Productos  $i$ , que son vendidos en el periodo  $t$

$Pcompras_{j,t}$  = Plan de compras de los insumos  $j$  en el periodo  $t$

$Sest_k$  = Indice de sobrecarga por estacion  $k$

$Prt_t$  = Productividad global en el periodo

#### 4.3.4. Restricciones:

$$Max U = \sum_{t=1}^T (Ing_t - Cmp_t - OtCtv_t - Go_t) - \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T Hex_t * Tex_t * Ctex_t - \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T InvF_{i,t} * Copor_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I P(i, k, t) * Et(i, t) \leq TD_{k,t} + (Hex_{k,t} * Tex_{k,t}) \quad \forall k, t \quad (2)$$

$$TOC_{i,t} = Min(P_{i,k,t}; P_{i,k+1,t}) \quad \forall i, t \quad (3)$$

$$Tex_{k,t} \leq TED \quad \forall k, t \quad (4)$$

$$V_{i,t} \leq D_{i,t} \quad \forall i, t \quad (5)$$

$$InvF_{i,t} = TOC_{i,t} + InvFin_i - V_{i,t} \quad \forall i, t = 1 \quad (6)$$

$$InvF_{i,t} = TOC_{i,t} + InvF_{i,t-1} - V_{i,t} \quad \forall i, t > 1 \quad (7)$$

$$Ing_t = \sum_{i=1}^I TOC_{i,t} * Pv_i \quad \forall t \quad (8)$$

$$Cmp_t = \sum_{j=1}^J Cins_j * Pcompras_{j,t} \quad \forall t \quad (9)$$

$$OtCtv_t = \sum_{i=1}^I CoCTV_i * TOC_{i,t} \quad \forall t \quad (10)$$

$$Nec_{j,t} = \sum_{i=1}^I Rec_{i,j} * TOC_{i,t} \quad \forall j, t \quad (11)$$

$$InvMp_{j,t} = Pcompras_{j,t} + InvMp_{j,t-1} - Nec_{i,t} \quad \forall j, t > 1 \quad (12)$$

$$InvMp_{j,t} = Pcompras_{j,t} + InvMpin_j - Nec_{i,t} \quad \forall j, t = 1 \quad (13)$$

$$Pcompras_{j,t} = 0 \quad \forall j, t = T - LeadT * 0 \quad (14)$$

$$Pcompras_{j,t} = 0 \quad \forall j, t = T - LeadT * 1 \quad (15)$$

$$Pcompras_{j,t} = 0 \quad \forall j, t = T - LeadT * 2 \quad (16)$$

$$Sest_k = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (TD_{k,t} + Tex_{k,t}) - \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (TOC_{i,t} * ET_{i,t})}{\sum_{t=1}^T (TD_{k,t} + Tex_{k,t})} \quad \forall k \quad (17)$$

$$Prt_t = \frac{Ing_t - Cmp_t - OtCTV_t}{Go_t} \quad \forall t \quad (18)$$

$$\forall P_{i,k,t}; V_{i,k,t}; TOC_{i,t}; V_{i,t}; Pcompras_{j,t}; InvMp_{j,t}; Nec_{j,t}; Tex_{k,t} \geq 0 \quad (19)$$

$$\forall Hex_{k,t} = \{0,1\} \quad (20)$$

$$\forall U; Prt_t; Sest_k; Cmp_t; OtCtv_t; Ing_t \in R \quad (21)$$



#### 4.5. Descripción de restricciones

Restricción (1): Determina la función objetivo del modelo, calculando la utilidad generada en el horizonte de planeación, en este caso es un problema de Maximización

Restricción (2): Calcula la producción de cada producto, en cada estación de proceso y por cada periodo, teniendo en cuenta el tiempo disponible por estación, y además genera la posibilidad de utilizar horas extras.

Restricción (3): Especifica la producción real que saldrá por la línea de producción, en cada producto y por cada periodo.

Restricción (4): Delimita el tiempo de horas extras, a solo tomar las que la ley posibilita en cada periodo.

Restricción (5): Mide la variable de ventas a no sobrepasar las cantidades demandadas.

Restricción (6): Elabora una ecuación de balance, entre el inventario actual, producción y ventas, con el primer periodo

Restricción (7): Formula la ecuación de balance, entre el inventario actual, producción y ventas, con el demás periodo

Restricción (8): Registra los ingresos que obtendrá la empresa, en cada periodo

Restricción (9): Computa los costos de materia prima, en cada periodo

Restricción (10): Calibra los costos de utilizar los otros CTV, como energía eléctrica y Gas, en cada periodo

Restricción (11): Cuantifica la necesidad de insumos para fabricar el plan de producción.

Restricción (12): Hace un balance de inventario de materia prima, entre el plan de compras, las necesidades y el inventario actual, en los demás periodos

Restricción (13): Ejecuta una ecuación de balance de inventario de materia prima, entre el plan de compras, las necesidades y el inventario actual, en el primer periodo

Restricción (14): Precisa el plan de compras con el tercer ciclo de compras, el cual el último periodo no obtendrá insumos.

Restricción (15): Demarca el plan de compras con el segundo ciclo de compras, el cual el cuarto periodo no obtendrá insumos.

Restricción (16): Deslinda el plan de compras con el primer ciclo de compras, el cual el segundo periodo no obtendrá insumos.

Restricción (17): Especifica la sobrecarga en tiempo por estación, determinando las estaciones con mayor trabajo en el horizonte de planeación.

Restricción (18): Señala la productividad global de cada periodo, mediante la contabilidad del Throughput.

Restricción (19): Depura las variables seleccionadas a que solo tomen valores positivos.

Restricción (20): Discrimina la variable binaria, a solo tomar valores 1 y 0

Restricción (21): Reconoce las variables seleccionada a que tomen cualquier valor dentro de los números reales.

## 5 Título 4: Validación del modelo matemático

El modelo planteado, fue probado en la panificadora QUEEPAN, en la cual se realiza la caracterización determinada en el título 3; en este apartado se dedicará a probar que el modelo funciona y entrega valores que se asemejan a la realidad.

### 5.1. Determinación de parámetros en la empresa

Los valores utilizados en los parámetros del modelo, fueron datos calculados mediante estudios en la empresa QUEEPAN.

#### 5.1.1 Productos (i).

La presente investigación se orientó al estudio del portafolio de productos que actualmente ofrece la empresa QUEEPAN a su segmento de mercado actual, de los cuales cabe recalcar su clasificación en los tres (3) líneas productivas que ésta posee. Se ilustra en la Tabla 68.

Tabla 68

*Parámetro - Productos i*

PRODUCTOS OBJETO DE ESTUDIO	
N°	REFERENCIAS
1	PAN_TAJADO
2	PAN_ESPECIAL
3	PAN_DE_QUESO
4	PAN_DE_UVA
5	LENGUA
6	PAN_MOGOLLA
7	PAN_OCANERO
8	PAN_MANTEQUILLA
9	PALILLO
10	PAN_DE_SAL
11	PAN_REDONDO
12	PAN_DE_LECHE
13	PASTELITO
14	GALLETA_QUESO
15	GALLETA_SODA
16	GALLETA_PUNTO_ROJO
17	GALLETA_NEGRITA
18	MERENGUE
19	RIZADA
20	ROSQUITA
21	PONQUESITO

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.2 Periodos (t).

Se consideró el primer semestre de cada año, a partir del año 2016, dado al horizonte de tiempo determinado para la presente investigación, los cuales se observan en la Tabla 69.

Tabla 69

*Parámetro - Periodos (Meses)*

HORIZONTE DE PLANEACION	
N°	PERIODOS
1	ENERO
2	FEBRERO
3	MARZO
4	ABRIL
5	MAYO
6	JUNIO

Tomado de: Autores

### 5.1.3. Insumos (j).

QUEEPAN utiliza los siguientes insumos para la fabricación de cada una de sus referencias, considerando que cada una de ellas requiere proporcionalmente de cada uno de los insumos, los cuales se representan en la Tabla 70.

Tabla 70

*Parámetro – Insumo j*

INSUMOS PARA FABRICACION			
N°	REFERENCIA	N°	REFERENCIA
1	HARINA	12	UVA
2	AZUCAR	13	QUESO
3	MULTIPROPOSITO	14	COLOR AMARILLO
4	SAL	15	BOCADILLO
5	LEVADURA FRESCA	16	ALMIDON AGRIO
6	POLVO DE HORNEAR	17	AGUA
7	MEJORADOR	18	BOLSA DE EMPAQUE
8	HUEVOS	19	BOLSA DE EMPAQUE 2
9	HOGALDRE	20	LAMINA DE EMPAQUE
10	ANTI – MOO	21	CAPASILLOS
11	ESENCIAS		

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

#### 5.1.4. Estaciones de proceso ( $k$ ).

EL Proceso productivo de QUEEPAN, consta de tres (3) líneas de fabricación las cuales en su mayoría hacen uso de todas las estaciones de trabajo, se representan en la Tabla 71.

Tabla 71  
*Parámetro - Estaciones*

PROCESO PRODUCTIVO	
Nº	ESTACIONES
1	Dosificado
2	Cilindrado
3	Moldeado
4	Fermentación
5	Horneado
6	Reposo
7	Empacado

Tomado de: Proceso productivo QUEEPAN

#### 5.1.5. Precio de venta ( $Pv_i$ ).

Los precios de venta que actualmente utiliza la empresa para gestionar sus ventas y todas sus gestiones financieras, los cuales se observan en la Tabla 72.

Tabla 72  
*Parámetro - Precio de Venta*

PRECIO DE VENTA POR CANASTA					
Nº	REFERENCIAS	PRECIO	Nº	REFERENCIAS	PRECIO
1	PAN_TAJADO	\$ 38.979	12	PAN_DE_LECHE	\$ 16.281
2	PAN_ESPECIAL	\$ 17.345	13	PASTELITO	\$ 45.153
3	PAN_DE_QUESO	\$ 23.761	14	GALLETA_QUESO	\$ 33.190
4	PAN_DE_UVA	\$ 18.473	15	GALLETA_SODA	\$ 28.483
5	LENGUA	\$ 15.597	16	GALLETA_PUNTO_ROJO	\$ 15.900
6	PAN_MOGOLLA	\$ 14.242	17	GALLETA_NEGRITA	\$ 28.625
7	PAN_OCANERO	\$ 14.013	18	MERENGUE	\$ 23.341
8	PAN_MANTEQUILLA	\$ 13.888	19	RIZADA	\$ 99.272
9	PALILLO	\$ 11.510	20	ROSQUITA	\$ 49.228
10	PAN_DE_SAL	\$ 13.288	21	PONQUESITO	\$ 50.466
11	PAN_REDONDO	\$ 17.856			

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.6 Costo de insumos ( $C_{ins_j}$ ).

Los costos de insumos que maneja el departamento de compras de la organización, estos son presentados por unidad de medida, los cuales se muestran en la Tabla 73.

Tabla 73

*Parámetro - Costo de Insumo*

INSUMOS PARA FABRICACION							
N°	REFERENCIA	MED	VALOR UNIT.	N°	REFERENCIA	MED	VALOR UNIT.
1	HARINA	Kg	1280	12	UVA	Kg	7800
2	AZUCAR	Kg	1860	13	QUESO	Kg	15450
3	MULTIPROPOSITO	Kg	3730	14	COLOR AMARILLO	Kg	26490
4	SAL	Kg	400	15	BOCADILLO	Kg	3120
5	LEVADURA FRESCA	Kg	4400	16	ALMIDON AGRIO	Kg	2400
6	POLVO DE HORNEAR	Kg	4500	17	AGUA	ML	0.005
7	MEJORADOR	Kg	13000	18	BOLSA DE EMPAQUE	UNI	50
8	HUEVOS	UNI	283.33	19	BOLSA DE EMPAQUE 2	UNI	960
9	HOGALDRE	Kg	4530	20	LAMINA DE EMPAQUE	Mm	0.08
10	ANTI - MOO	Kg	9190	21	CAPASILLOS	UNID	12
11	ESENCIAS DE VAINILLA	Kg	7850				

Tomado de: sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.7 Costo de otros CTV ( $CoCtv_i$ ).

Dentro de los costos totalmente variables, además de la materia prima o insumos, se encuentran los gastos por electricidad y gas, estos son presentados por canasta, los cuales se determinan en la Tabla 74.

Tabla 74

*Parámetro - Otros CTV*

PRODUCTOS	OTROS CTV		TOTAL
	CTV CONSUMO ELECTRICO	CTV CONSUMO DE GAS	
PAN_TAJADO	170	265	435
PAN_ESPECIAL	80	40	120
PAN_DE_QUESO	91	40	131
PAN_DE_UVA	77	40	117
LENGUA	70	65	135
PAN_MOGOLLA	59	30	89
PAN_OCANERO	98	30	128
PAN_MANTEQUILLA	106	30	136
PALILLO	61	117	178
PAN_DE_SAL	95	120	215
PAN_REDONDO	68	99	167
PAN_DE_LECHE	55	50	105
PASTELITO	30	238	269
GALLETA_QUESO	217	48	265
GALLETA_SODA	147	53	200
GALLETA_PUNTO_ROJO	157	33	190
GALLETA_NEGRITA	166	51	217
MERENGUE	5	321	326
RIZADA	45	164	209
ROSQUITA	56	80	136
PONQUESITO	3	112	115

Tomado de: sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.8 Gastos operativos ( $Go_t$ ).

Los gastos operativos de la empresa, se observan en la Tabla 75.

Tabla 75

*Parámetro - Gastos*

GASTOS POR PERIODO	
MES	TOTAL, GASTOS
ENERO	\$ 84.969.216
FEBRERO	\$ 89.728.814
MARZO	\$ 88.815.851
ABRIL	\$ 89.380.856
MAYO	\$ 88.318.556
JUNIO	\$ 89.090.745

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.9 Inventario inicial de producto terminado ( $InvFin_i$ ).

La panificadora, cuenta con un inventario de producto terminado, en el momento de empezar el nuevo ciclo, por lo cual hay que tenerlo en cuenta para realizar el nuevo plan. los cuales se muestran en la Tabla 76.

Tabla 76

*Inventario inicial de producto terminado*

INVENTARIO INICIAL DE PRODUCTO TERMINADO			
PRODUCTOS	CANTIDAD	PRODUCTOS	CANTIDAD
PAN_TAJADO	100	PAN_DE_LECHE	50
PAN_ESPECIAL	30	PASTELITO	38
PAN_DE_QUESO	1200	GALLETA_QUESO	254
PAN_DE_UVA	10	GALLETA_SODA	1540
LENGUA	1300	GALLETA_PUNTO_ROJO	360
PAN_MOGOLLA	150	GALLETA_NEGRITA	80
PAN_OCANERO	400	MERENGUE	66
PAN_MANTEQUILLA	330	RIZADA	43
PALILLO	29	ROSQUITA	320
PAN_DE_SAL	50	PONQUESITO	150
PAN_REDONDO	45		

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.10 Inventario inicial de insumos ( $InvMpin_j$ ).

La panificadora contaba con inventario de insumos, en el momento de empezar el nuevo plan, con lo cual se debe tener en cuenta. los cuales se observan en la Tabla 77.

Tabla 77

*Inventario inicial de insumos*

INVENTARIO INICIAL DE INSUMOS EN KG			
REFERENCIA	CANTIDAD	REFERENCIA	CANTIDAD
HARINA	15	UVA	5
AZUCAR	20	QUESO	2
MULTIPROPOSITO	4	COLOR AMARILLO	2
SAL	2	BOCADILLO	3
LEVADURA FRESCA	4	ALMIDON AGRIO	2
POLVO DE HORNEAR	4	AGUA	0



MEJORADOR	2	BOLSA DE EMPAQUE	0
HUEVOS	300	BOLSA DE EMPAQUE 2	0
HOGALDRE	4	LAMINA DE EMPAQUE	0
ANTI – MOO	2	CAPASILLOS	1000
ESENCIAS DE VAINILLA	8		

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.11 Costo de oportunidad ( $C_{por_i}$ ).

Los costos de oportunidad por mantener inventario de producto terminado en la planta equivalen al 15% de su Throughput unitario, estos se referencian en la Tabla 78.

Tabla 78

Parámetro - Costos de Oportunidad

COSTOS DE OPORTUNIDAD POR CANASTA			
PRODUCTOS	COSTO INV	PRODUCTOS	COSTO INV
PAN TAJADO	\$ 3.592	PAN DE LECHE	\$ 1.493
PAN ESPECIAL	\$ 1.600	PASTELITO	\$ 4.078
PAN DE QUESO	\$ 2.183	GALLETA QUESO	\$ 3.095
PAN DE UVA	\$ 1.701	GALLETA SODA	\$ 2.635
LENGUA	\$ 1.438	GALLETA PUNTO ROJO	\$ 1.522
PAN MOGOLLA	\$ 1.310	GALLETA NEGRITA	\$ 2.657
PAN OCANERO	\$ 1.309	MERENGUE	\$ 2.103
PAN MANTEQUILLA	\$ 1.302	RIZADA	\$ 8.956
PALILLO	\$ 1.066	ROSQUITA	\$ 4.458
PAN DE SAL	\$ 1.243	PONQUESITO	\$ 4.544
PAN REDONDO	\$ 1.641		

Tomado de: Sistema productivo QUEEPAN

### 5.1.12 Costo de minuto extra ( $C_{tex_k}$ ).

A continuación, se referencia el costo de un minuto extra dentro de la planta productiva, los cuales varían debido a la cantidad de operarios por estación y su tiempo disponible, los cuales se observan en la Tabla 79.

Tabla 79

Parámetro - Costo de un minuto extra

COSTO DE UN MINUTO EXTRA POR ESTACION		
N°	ESTACIONES	COSTO POR MINNUTO
1	Dosificado	217
2	Cilindrado	54.25

3	Moldeado	379.75
4	Fermentación	27
5	Horneado	27
6	Reposo	10
7	Empacado	325.5

Tomado de: Autores

### 5.1.13 Receta ( $Rec_{i,j}$ ).

Por protección de datos de la empresa, no es posible revelar la receta que utiliza actualmente QUEEPAN, para sus productos

### 5.1.14 Tiempo operativo disponible ( $TD_{k,t}$ ).

Considerando todas las estaciones inmersas dentro del sistema productivo de la empresa es válido afirmar que cada una de estas cuentas con un tiempo disponible propio, dado a sus condiciones y procedimientos de trabajo, los cuales se observan en la Tabla 80.

Tabla 80

*Parámetro - Tiempo disponible por estación*

TIEMPO OPERATIVO POR ESTACION DE TRABAJO								
	Dosificado	Cilindrado	Moldeado	Fermentación	Horneado	Reposo	Empacado	TOTAL
ENERO	10500	10500	10500	36000	21000	36000	10500	<b>135000</b>
FEBRERO	10080	10080	10080	34560	20160	34560	10080	<b>129600</b>
MARZO	10500	10500	10500	36000	21000	36000	10500	<b>135000</b>
ABRIL	10080	10080	10080	34560	20160	34560	10080	<b>129600</b>
MAYO	10920	10920	10920	37440	21840	37440	10920	<b>140400</b>
JUNIO	10920	10920	10920	37440	21840	37440	10920	<b>140400</b>
<b>TOTAL</b>	<b>63000</b>	<b>63000</b>	<b>63000</b>	<b>216000</b>	<b>126000</b>	<b>216000</b>	<b>63000</b>	

Tomado de: Autores

### 5.1.15 Tiempo relativo ( $Et_{i,k}$ ).

Los estándares de tiempos posteriormente ilustrados, representan el tiempo operativo por canastas, se observan en la Tabla 81.

Tabla 81

*Parámetro - Estándares de producción por estación*

<b>TIEMPOS ESTANDAR RELATIVO (<math>E_{t,i,k}</math>) POR CENTRO DE TRABAJO</b>							
<b>MINUTOS POR CANASTA</b>							
	<b>DOSIFICACION</b>	<b>CILINDRADO</b>	<b>MOLDEADO</b>	<b>FERMENTACION</b>	<b>HORNEADO</b>	<b>REPOSO</b>	<b>EMPAQUE</b>
PAN_TAJADO	1.07	1.07	2.67	1.93	4.26	0.40	4.69
PAN_ESPECIAL	0.39	0.33	0.84	0.91	0.68	0.08	0.71
PAN_DE_QUESO	0.38	0.33	1.30	0.80	0.68	0.08	0.91
PAN_DE_UVA	0.34	0.35	0.78	0.45	0.65	0.08	0.79
LENGUA	0.38	0.30	1.74	0.57	1.04	0.05	1.98
PAN_MOGOLLA	0.31	0.25	0.85	0.57	0.41	0.05	0.34
PAN_OCANERO	0.33	0.26	0.83	0.55	0.41	0.05	1.58
PAN_MANTEQUILLA	0.37	0.28	0.87	0.42	0.41	0.05	1.69
PALILLO	0.36	0.27	1.29	0.53	1.88	0.08	1.65
PAN_DE_SAL	0.37	0.28	1.00	0.43	1.88	0.08	1.26
PAN_REDONDO	0.39	0.27	1.59	0.47	1.61	0.05	1.36
PAN_DE_LECHE	0.36	0.33	0.82	0.81	0.80	0.08	1.66
PASTELITO	0.84	0.90	2.75	0.00	3.81	0.20	1.53
GALLETA_QUESO	6.02	1.77	2.94	0.00	0.77	0.15	3.68
GALLETA_SODA	4.09	1.89	2.12	0.00	0.85	0.18	1.66
GALLETA_PUNTO_ROJO	4.36	4.36	2.76	0.00	0.53	0.08	3.12
GALLETA_NEGRITA	4.61	3.17	3.05	0.00	0.82	0.17	5.23
MERENGUE	3.37	0.00	3.97	0.00	5.14	0.00	5.46
RIZADA	32.58	0.00	12.24	0.00	2.63	0.00	5.14
ROSQUITA	8.59	0.00	2.40	0.00	1.14	0.00	7.05
PONQUESITO	2.30	0.00	1.76	0.00	1.80	34.56	6.60

Tomado de: Autores

### 5.1.16 Demanda ( $D_{i,t}$ ).

En la tabla 82, se presenta el pronóstico utilizado para la toma de decisiones por el modelo matemático.

Tabla 82

*Parámetro - Pronósticos para la empresa*

<b>PRONOSTICOS 2018</b>						
	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
PAN_TAJADO	218	203	298	296	296	296
PAN_ESPECIAL	188	188	187	187	186	186
PAN_DE_QUESO	2450	2510	2530	2610	2630	2640
PAN_DE_UVA	317	313	313	313	313	313
LENGUA	840	830	869	890	880	895
PAN_MOGOLLA	1172	1046	1120	1140	1111	1113
PAN_OCANERO	1237	1177	1114	1048	980	909
PAN_MANTEQUILLA	980	1020	1030	1040	1025	1040
PALILLO	190	170	180	165	194	210
PAN_DE_SAL	423	430	436	443	450	458

PAN_REDONDO	276	276	276	276	276	276
PAN_DE_LECHE	132	120	133	130	132	132
PASTELITO	246	250	264	270	272	275
GALLETA_QUESO	140	160	180	185	190	195
GALLETA_SODA	1120	1110	1130	1120	1140	1130
GALLETA_PUNTO_ROJO	210	220	230	240	255	257
GALLETA_NEGRITA	80	83	85	88	90	95
MERENGUE	49	35	40	45	40	40
RIZADA	110	120	130	140	160	180
ROSQUITA	90	94	95	99	110	110
PONQUESITO	75	85	95	89	105	110

Tomado de: software Statgraphics

### 5.1.17 Tiempo extra disponible (*Ted*).

Para el cálculo del tiempo extra disponible, se tomó de referencia las normativas en la cartilla laboral del 2018, donde se estipula que solo se podrá operar dos (2) horas por día, lo que se relacionó con el cálculo con 2.880 minutos al mes.

### 5.1.13 Tiempo que tardan en llegar los insumos (*LeadT*).

El departamento de compras de la empresa, demuestra que sus proveedores tienen un nivel de servicio de 2 meses, cabe resaltar que habrá productos que llegarán en menor tiempo, como otros en mayor, por lo cual se tomó como dato referente 2 periodos.

## 5.2. Solución del modelo planteado.

El modelo planteado, fue escrito en el lenguaje de GAMS, en el cual se le dio solución óptima mediante la plataforma NEOS, con el optimizador Scip, como modelo Mixed Integer Nonlinearly Constrained Optimization, con tiempos de solución de 0.011 segundos.

Se presentan las soluciones entregas por NEOS, de cada variable de decisión.

### 5.2.1. $TOC_{i,t}$ .

Cantidad de productos  $i$ , a fabricar en el periodo  $t$ , se presenta en la Tabla 83.

Tabla 83

*Cantidad de productos a fabricar por periodos*

VARIABLE TOC						
PRODUCTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN_TAJADO	118	203	298	296	296	296
PAN_ESPECIAL	158	188	187	187	186	186
PAN_DE_QUESO	1250	2510	2530	2610	2630	2640
PAN_DE_UVA	307	313	313	313	313	313
LENGUA	1203	915		10	677	378
PAN_MOGOLLA	1022	1046	1120	1140	1111	1113
PAN_OCANERO	837	1177	1114	1048	980	909
PAN_MANTEQUILLA	650	1020	1030	1040	1025	1040
PALILLO	588					
PAN_DE_SAL	373	430	436	443	450	458
PAN_REDONDO	231	276	276	276	276	276
PAN_DE_LECHE	82	120	133	130	132	132
PASTELITO	208	250	264	270	272	275
GALLETA_QUESO	0	142	84	185	21	195
GALLETA_SODA	0	690	1130	1120	1140	1130
GALLETA_PUNTO_ROJO	0					
GALLETA_NEGRITA	83					
MERENGUE	0					
RIZADA	129	70	119	67	78	82
ROSQUITA	0		58			0
PONQUESITO	0	10	101	83	105	110

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.1 $V_{i,t}$ .

Cantidad de productos  $i$ , que se venden en el periodo  $t$ , se presenta en la Tabla 84.

Tabla 84

*Cantidad de productos a vender por periodos*

VARIABLE V						
PRODUCTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN_TAJADO	218	203	298	296	296	296
PAN_ESPECIAL	188	188	187	187	186	186
PAN_DE_QUESO	2450	2510	2530	2610	2630	2640
PAN_DE_UVA	317	313	313	313	313	313
LENGUA	840	830	869	890	677	378
PAN_MOGOLLA	1172	1046	1120	1140	1111	1113
PAN_OCANERO	1237	1177	1114	1048	980	909
PAN_MANTEQUILLA	980	1020	1030	1040	1025	1040
PALILLO	190	170	180	76		
PAN_DE_SAL	423	430	436	443	450	458
PAN_REDONDO	276	276	276	276	276	276
PAN_DE_LECHE	132	120	133	130	132	132
PASTELITO	246	250	264	270	272	275
GALLETA_QUESO	140	160	180	185	20	187
GALLETA_SODA	1120	1110	1130	1120	1140	1130

GALLETA_PUNTO_ROJO	210	150				
GALLETA_NEGRITA	80	83				
MERENGUE	49	17				
RIZADA	110	120	130	66		82
ROSQUITA	90	94	95	9		0
PONQUESITO	75	85	95	89	105	110

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.2 $InvF_{i,t}$ .

Cantidad de productos  $i$ , en inventario del periodo  $t$ , se presenta en la Tabla 85.

Tabla 85

*Inventario de producto terminado por periodo*

INVENTARIO PRODUCTO TERMINADO INF			
PRODUCTO	ENERO	FEBRERO	MARZO
PAN_TAJADO			
PAN_ESPECIAL			
PAN_DE_QUESO			
PAN_DE_UVA			
LENGUA	1663	1749	880
PAN_MOGOLLA			
PAN_OCANERO			
PAN_MANTEQUILLA			
PALILLO	426	256	76
PAN_DE_SAL			
PAN_REDONDO			
PAN_DE_LECHE			
PASTELITO			
GALLETA_QUESO	114	95	
GALLETA_SODA	420		
GALLETA_PUNTO_ROJO	150		
GALLETA_NEGRITA	83		
MERENGUE	17		
RIZADA	61	11	
ROSQUITA	230	136	99
PONQUESITO	75		5

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.3 $InvM_{j,t}$

Inventario de materia prima j, en el periodo t., se presenta en la Tabla 86.

Tabla 86

*Inventario de materia prima por periodos*

INVNETARIO DE INSUMOS						
INSUMOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
HARINA	24.762.862		25.552.221		25.913.899	
AZUCAR	5.760.338		20.128.519	13.539.850	6.834.977	
MULTIPROPOSITO	275.360		411.446		630.832	
SAL	989.730		975.453		936.577	
LEVADURA FRESCA	440.190		466.510		466.917	
POLVO DE HORNEAR	113.911		181.499		184.900	
MEJORADOR	33.080		112.650	75.210	37.760	
HUEVOS	1.456.798		10.117.742	7.394.116	4.075.824	
HOGALDRE	382.500		413.100		427.297	
ANTI MOHO	89.938		104.363		103.580	
ESENCIAS	608.992	398.650	201.402		203.585	
UVA	46.950		46.950		46.950	
QUESO	1.321.990	904.797	437.950		498.015	
COLOR AMARILLO	2.000	2.000	1.420	1.420	1.420	0.825
BOCADILLO	332.750	270.250	204.250	136.750	68.750	
ALMIDON AGRIO	2.000	2.000	95.236	95.236	95.236	
AGUA	19.210.000		77.760.000	52.159.000	25.975.000	
BOLSA DE EMPAQUE	100.461.304	55.755.260	28.316.297		30.147.470	
BOLSA DE EMPAQUE 2	2.169.796		2.262.220		2.727.591	
LAMINA DE EMPAQUE	31.200.000	20.841.000	10.438.000		10.186.000	
CAPASILLOS	1.600.000		47.727.954	34.400.000	17.600.000	

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.4 $Nec_{j,t}$

Necesidad de insumos j, en el periodo t, para realizar el plan de producción, se presenta en la

Tabla 87.

Tabla 87

*Necesidad de Insumos*

NECESIDAD DE INSUMOS						
INSUMO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
HARINA	17962	24762	25335	25552	26664	26501
AZUCAR	3618	5760	6490	6588	6680	6903
MULTIPROPOSITO	470	275	635	411	492	522
SAL	671	989	975	975	960	943
LEVADURA FRESCA	301	440	469	466	462	460
POLVO DE HORNEAR	8	113	171	181	162	183
MEJORADOR	23	33	37	37	37	37
HUEVOS	2553	1456	4023	2723	3304	3493
HOGALDRE	318	382	410	413	416	420
ANTI - MOO	50	89	103	104	102	103
ESENCIAS DE VAINILLA	153	210	197	201	218	212
UVA	46	46	46	46	46	46

QUESO	200	466	466	437	420	442
COLOR AMARILLO	52	0	1	0	0	0
BOCADILLO	0	62	66	67	68	68
ALMIDON AGRIO	0	0	92	0	0	0
AGUA	7.019.302	19.221.610	25.700.000	25.600.000	26.180.000	26.067.500
BOLSA DE EMPAQUE	47733	44706	27438	28316	44716	37669
BOLSA DE EMPAQUE 2	2482	2169	2722	2262	2373	2443
LAMINA DE EMPAQUE	7168400	10360000	10402000	10438400	10271000	10186000
CAPASILLOS	0	1600	16112	13327	16800	17600

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.5 $P_{compras_{j,t}}$

Plan de compras de insumos  $j$ , en el periodo  $t$ , se presenta en la Tabla 88.

Tabla 88

*Plan de compras por periodos*

PLAN DE COMPRAS			
INSUMOS	ENERO	MARZO	MAYO
HARINA	42.709	50.887	53.166
AZUCAR	9.358	13.078	1.3584
MULTIPROPOSITO	742	2.062	
SAL	1.659	3.867	
LEVADURA FRESCA	737	1.858	
POLVO DE HORNEAR	118	352	346
MEJORADOR	54	74	75
HUEVOS	3.510	6.747	6.797
HOGALDRE	696	1.660	
ANTI MOHO	138	413	
ESENCIAS	355	830	
UVA	181		93.900
QUESO	2.383		
BOCADILLO	111	270	
ALMIDON AGRIO		90	
AGUA	26.000		
BOLSA DE EMPAQUE	77.568.600		52.246.790
BOLSA DE EMPAQUE 2	14.446		
LAMINA DE EMPAQUE	38.400.000		20.450.000
CAPASILLOS	64440		

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.6 $C_{mp_t}$

Costo de comprar materia prima por periodo  $t$ , se presenta en la Tabla 89.

Tabla 89

*Costo de materia prima por periodo*

COSTO DE MATERIA PRIMA	
ENERO	\$ 191.735.500
MARZO	\$ 130.252.100
MAYO	\$ 119.234.900

Tomado de: Plataforma NEOS



### 5.2.7 $OtCtv_t$

Costo de requerir otros CTV por periodo t, como energía eléctrica y gas, se presenta en la Tabla 90.

Tabla 90  
*Costos de otros CTV por periodo*

<b>COSTO DE OTROS CTV</b>	
ENERO	\$ 1.051.737
FEBRERO	\$ 1.392.098
MARZO	\$ 1.419.869
ABRIL	\$ 1.432.308
MAYO	\$ 1.478.899
JUNIO	\$ 1.479.444

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.8 $Ing_t$

Ingresos generados por las ventas, de cada periodo t, se presenta en la Tabla 91.

Tabla 91  
*Ingresos por periodos*

<b>INGRESOS</b>	
ENERO	\$ 225.010.000
FEBRERO	\$ 223.850.000
MARZO	\$ 227.590.000
ABRIL	\$ 221.879.000
MAYO	\$ 208.928.000
JUNIO	\$ 211.348.000

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.9 $Tex_{k,t}$

Tiempo extra requerido, por pedido t, se presenta en la Tabla 92.

Tabla 92  
*Tiempo extra requerido por periodo*

<b>TIEMPO EXTRA REQUERIDO</b>						
<b>ESTACION</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
DOSIFICACIÓN	2.880	2880	2880	2880	2880	2880
CILINDRADO						
MOLDEADO		2880	2880	2880	2880	2880
FERMENTACIÓN						

HORNEADO						
REPOSO						
EMPAQUE		2880	2880	2880	2880	2880

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.10 $Hex_{k,t}$

Variable de decisión, si se realizan horas extras por la estación k, y en el periodo t, se presenta en la Tabla 93.

Tabla 93

*Variable de decisión (Horas extras)*

VARIABLE DE DECISIÓN DE HORAS EXTRAS						
ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
DOSIFICACIÓN	1	1	1	1	1	1
CILINDRADO	0	0	0	0	0	0
MOLDEADO	0	1	1	1	1	1
FERMENTACIÓN	0	0	0	0	0	0
HORNEADO	0	0	0	0	0	0
REPOSO	0	0	0	0	0	0
EMPAQUE	0	1	1	1	1	1

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.11 $Sest_k$

Índice de sobrecarga por estación de proceso k, se presenta en la Tabla 94.

Tabla 94

*Sobrecarga por estaciones*

SOBRECARGA Est	
DOSIFICACIÓN	78.8%
CILINDRADO	43.2%
MOLDEADO	100%
FERMENTACIÓN	14%
HORNEADO	40%
REPOSO	8%
EMPAQUE	100%

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.12 $Prt_t$

Productividad global por periodo t, se presenta en la Tabla 95.

Tabla 95  
*Productividad Global*

PRODUCTIVIDAD GLOBAL	
ENERO	39,9%
FEBRERO	259%
MARZO	113%
ABRIL	258%
MAYO	104%
JUNIO	245%

Tomado de: Plataforma NEOS

### 5.2.13 U

Utilidad generada por el ejercicio en el horizonte de planeación, se presenta en la Tabla 96.

Tabla 96  
*Utilidad total del semestre*

UTILIDAD	
VALOR	\$ 335.894.900

Tomado de: Plataforma NEOS

## 5.3. Validación de resultados

Los resultados obtenidos, fueron corroborados con los gerentes y jefes de producción de la panificadora QUEEPAN, pidiéndonos las arrobas que representa tal plan, se presenta en la Tabla 97.

Tabla 97  
*Variable TOC (Arrobas)*

VARIABLE TOC (ARROBAS)						
PRODUCTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN_TAJADO	67,0	115,3	169,3	168,2	168,2	168,2
PAN_ESPECIAL	32,9	39,2	39,0	39,0	38,8	38,8
PAN_DE_QUESO	260,4	522,9	527,1	543,8	547,9	550,0
PAN_DE_UVA	61,4	62,6	62,6	62,6	62,6	62,6
LENGUA	250,6	190,6	0,0	2,1	141,0	15,6
PAN_MOGOLLA	166,2	170,1	182,1	181,4	180,7	181,0
PAN_OCANERO	136,1	191,4	181,1	170,4	159,3	147,8
PAN_MANTEQUILLA	105,7	165,9	167,5	169,1	166,7	169,1
PALILLO	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PAN_DE_SAL	62,2	71,7	72,7	73,8	75,0	76,3
PAN_REDONDO	49,5	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1

PAN_DE_LECHE	17,6	25,7	28,5	27,9	28,3	28,3
PASTELITO	52,9	63,6	67,1	68,6	69,2	69,9
GALLETA_QUESO	0,0	47,0	27,8	61,2	7,0	64,6
GALLETA_SODA	0,0	233,2	382,0	378,6	385,4	382,0
GALLETA_PUNTO_ROJO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GALLETA_NEGRITA	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MERENGUE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RIZADA	117,9	64,0	108,8	61,3	71,3	102,4
ROSQUITA	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	13,5
PONQUESITO	0,0	4,0	40,4	33,2	42,0	44,0
<b>TOTAL</b>	<b>1506,4</b>	<b>2026,3</b>	<b>2128,4</b>	<b>3730,2</b>	<b>2202,4</b>	<b>2173,1</b>

Tomado de: Plataforma NEOS

En total, el plan entregado por el modelo, determina trece mil setecientas sesenta y siete (13.767) Arrobas en todas las líneas para seis (6) meses, y en comparación con históricos de la panificadora han fabricado quince mil (15.000) arrobas, aunque cabe resaltar que la combinación de productos puede cambiar drásticamente, lo cual incurre a la cantidad de arrobas producidas.

Por lo tanto, el jefe de producción de QUEEPAN, valida la posibilidad de fabricar el pan producción arrojado por el modelo matemático.

#### 5.4. Cálculo de índice financiero de productividad del plan

El modelo propuesto, fue evaluado mediante un indicador, al cual se pudiera comparar con la realidad, y determinar qué tan acercado son los resultados arrojados.

Para ello se utilizó el indicador de productividad global mediante la TOC, presentado en la Ecuación 8, la cual determina el Throughput sobre los gastos operativos sobre los gastos operativos,

En la Tabla 97 se muestra la productividad obtenida con los datos del modelo y con los datos tomados.

$$\%Productividad\ global = \frac{Throughput\ total}{Gastos\ Operativos} \quad (8)$$

Tabla 98

*Comparativo de Productividad*

<b>COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD</b>		
<b>MES</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DE LA PANIFICADORA</b>	<b>PRODUCTIVIDAD DEL MODELO</b>
<b>ENERO</b>	152%	39,9%
<b>FEBRERO</b>	140%	259%
<b>MARZO</b>	145%	113%
<b>ABRIL</b>	138%	258%
<b>MAYO</b>	152%	104%
<b>JUNIO</b>	152%	245%
<b>PROMEDIO</b>	<b>146%</b>	<b>170%</b>

Tomado de: Autores

Lo cual refleja que la productividad, que obtuvo la empresa en el primer semestre del año 2018 y la productividad que entrega el modelo, se mantiene entre los márgenes de comparación, por ello es posible afirmar que los datos que entrega el modelo planteado son válidos para tomar decisión.

### 5.5. Análisis de sensibilidad

La resolución de modelos matemáticos puede tener puntos de cota que obligan a la solución a reflejar esta como la óptima, sin serlo, por lo cual, nace la necesidad de realizar un análisis de sensibilidad, en donde los parámetros sean cambiados, y se pueda constatar que la solución óptima tenga dicho comportamiento. (Proştean, 2007)

Para esta investigación, se utilizó un método deductivo, el cual consiste en evaluar dos extremos, en primera instancia se tomó el parámetro de Demanda, y se dividió en 2, para obtener la mitad de la demanda con la cual cuenta la empresa, y en segunda instancia se duplico la demanda, multiplicada en 2, para obtener el doble de la demanda con la cual cuenta la empresa.

Se toma la demanda como parámetro sensible, dado que es la que impulsa todas las variables del modelo, y con ello se puede reflejar el comportamiento de las variables.

### 5.5.1 Primer caso.

En primera instancia, se toma la mitad del parámetro demanda, y se corrió el modelo, conservando los demás parámetros iguales. En la Tabla 99 se muestran los resultados obtenidos por el modelo en el primer caso.

Tabla 99

*Primer Caso: Demanda a la mitad*

VALORES DEL PARAMETRO DEMANDA						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN_TAJADO	109	101,5	149	148	148	148
PAN_ESPECIAL	94	94	93,5	93,5	93	93
PAN_DE_QUESO	1225	1255	1265	1305	1315	1320
PAN_DE_UVA	158,5	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5
LENGUA	420	415	434,5	445	440	447,5
PAN_MOGOLLA	586	523	560	570	555,5	556,5
PAN_OCANERO	618,5	588,5	557	524	490	454,5
PAN_MANTEQUILLA	490	510	515	520	512,5	520
PALILLO	95	85	90	82,5	97	105
PAN_DE_SAL	211,5	215	218	221,5	225	229
PAN_REDONDO	138	138	138	138	138	138
PAN_DE_LECHE	66	60	66,5	65	66	66
PASTELITO	123	125	132	135	136	137,5
GALLETA_QUESO	70	80	90	92,5	95	97,5
GALLETA_SODA	560	555	565	560	570	565
GALLETA_PUNTO_ROJO	105	110	115	120	127,5	128,5
GALLETA_NEGRITA	40	41,5	42,5	44	45	47,5
MERENGUE	24,5	17,5	20	22,5	20	20
RIZADA	55	60	65	70	80	90
ROSQUITA	45	47	47,5	49,5	55	55
PONQUESITO	37,5	42,5	47,5	44,5	52,5	55

Tomado de: Autores

Tabla 100

*Primera Solución*

<b>SOLUCION</b>	
UTILIDAD	-\$ 25.928.900
PRODUCTIVIDAD PROMEDIO	0,969%

Tomado de: Plataforma NEOS

En la tabla 100 se observa el resultado obtenido con las condiciones de sensibilidad, por lo cual, en este caso, si la empresa tiene la mitad de la demanda actual, tendrá una utilidad negativa, y no será capaz de cubrir sus gastos operativos en un horizonte de seis (6) meses, por lo tanto, es notable que la variable objetivo tubo un cambio, según se disminuyó la demanda.

**5.5.2 Segundo caso.**

Evaluated un extremo inferior, es necesario evaluar el extremo superior, por lo cual se correrá nuevamente el modelo, con la demanda duplicada. En la Tabla 101 se muestra la demanda utilizada en el segundo caso de sensibilidad

Tabla 101

*Segundo Caso: Demanda al duplicada*

<b>DOBLE DE LA DEMANDA</b>						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN_TAJADO	436	406	596	592	592	592
PAN_ESPECIAL	376	376	374	374	372	372
PAN_DE_QUESO	4900	5020	5060	5220	5260	5280
PAN_DE_UVA	634	626	626	626	626	626
LENGUA	1680	1660	1738	1780	1760	1790
PAN_MOGOLLA	2344	2092	2240	2280	2222	2226
PAN_OCANERO	2474	2354	2228	2096	1960	1818
PAN_MANTEQUILLA	1960	2040	2060	2080	2050	2080
PALILLO	380	340	360	330	388	420
PAN_DE_SAL	846	860	872	886	900	916
PAN_REDONDO	552	552	552	552	552	552
PAN_DE_LECHE	264	240	266	260	264	264
PASTELITO	492	500	528	540	544	550
GALLETA_QUESO	280	320	360	370	380	390
GALLETA_SODA	2240	2220	2260	2240	2280	2260
GALLETA_PUNTO_ROJO	420	440	460	480	510	514
GALLETA_NEGRITA	160	166	170	176	180	190

MERENGUE	98	70	80	90	80	80
RIZADA	220	240	260	280	320	360
ROSQUITA	180	188	190	198	220	220
PONQUESITO	150	170	190	178	210	220

Tomado de: Plataforma NEOS

Tabla 102

*Segunda Solución*

<b>SOLUCION</b>	
UTILIDAD	<b>\$ 525.245.800</b>
PRODUCTIVIDAD PROMEDIO	205,583%

Tomado de: Plataforma NEOS

En la Tabla 102 se representa los resultados obtenidos por el modelo en el segundo caso de sensibilidad, Por lo cual, si la demanda de la empresa aumentara al doble, la empresa tendría utilidades casi por el doble, de las primeramente presentadas, además obtendrá una productividad mucho mayor a la inicialmente mostradas, debido a que fabricara en mayor cantidad los productos que mayor Throughput relativo representan.

### 5.5.3 Comparativo.

Mediante los dos casos, fue posible realizar una comparación entre los datos inicialmente corridos, y luego con los cambios mostrados por los dos extremos.

En la Tabla 103 se representa la comparación entre los tres escenarios analizados, Con lo que se resalta la sensibilidad de la variable utilidad, ante los cambios en los datos, en este caso la demanda; en donde, si aumenta la utilidad será mayor, y por otro lado si disminuye esta también lo efectuará.

Tabla 103

*Análisis de sensibilidad*

<b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>			
	SOLUCIÓN INICIAL	SOLUCIÓN INFERIOR	SOLUCIÓN SUPERIOR
UTILIDAD	\$ 335.894.900	-\$ 25.928.900	\$ 525.245.800
<b>PRODUCTIVIDAD PROMEDIO</b>	<b>170%</b>	<b>0,97%</b>	<b>205,5%</b>

Tomado de: Plataforma NEOS



## 6 Título 5: Evaluación financiera y consolidación de TOC

La teoría de las restricciones propone un método para evaluar propuestas mediante los indicadores financieros (Throughput, Gastos Operativos, Inventario y ROI), los cuales permiten simular todo el sistema con el cambio que se espera obtener con la mejora, por lo cual, en este apartado se evaluaron dos propuestas mediante la filosofía TOC, basados en los datos que resultaron de la solución del modelo propuesto en la situación actual de la panificadora.

### 6.1 Planteamiento de propuestas

Las propuestas planteadas, fueron basadas en los datos obtenidos del modelo presentado, con énfasis en la variable  $Sest_k$ , la cual determina la sobrecarga de cada estación de proceso, dado que partimos de un sistema sobre demandado.

La variable  $Sest_k$ , demostró que las estaciones de moldeado y empaque, se encuentran sobrecargas a su límite con el plan de producción que el modelo presentado proyecta, por lo cual, las propuestas serán abarcadas en estas estaciones.

La panificadora QUEEPAN, utiliza procesos Semi Automatizados en ciertas etapas de proceso para ciertos productos, dado a las necesidades de manufactura.

La estación de moldeo para los productos de panadería utiliza una maquina moldeadora, la cual genera mayor velocidad en la producción requiriendo tan solo 3 operarios, aunque en los productos de galletería y bizcochería el proceso es manual, teniendo estándares muy bajos de producción, en comparación con la demanda de este producto es necesario utilizar maquinaria que aumente la velocidad en dicha estación.

La estación de Empaque, para los productos de panadería es realizada en una maquina Flow Pack, requiriendo 2 operarios, aunque para los productos de galletería y bizcochería es realizada manual, con estándares de producción muy bajos.

### 6.1.1 Propuesta 1: Contratación de personal y adecuación.

Las estrategias comúnmente utilizadas por las empresas es incrementar la mano de obra, pero ocurre que se incrementa la capacidad en las estaciones que no son cuello de botella, distorsionando una mejora en realidad.

Por lo cual, se plantea contratar seis (6) operarios, dos (2) operarios en la estación de moldeo, uno (1) para la línea de galletería y otro para la estación de bizcochería, por otro lado, cuatro (4) operarios en la estación de empaque para las líneas de galletería y bizcochería, en otras palabras, lo que se busca es duplicar la capacidad en los centros de trabajo manuales, los cuales se encuentran sobrecargados; estos cambios lograrán aumentar el rubro de gastos operativos; esta propuesta realiza unos cambios en los tiempos relativos, en la Tabla 104 se observa los tiempos de producción que obtendrían con la propuesta 2.

Tabla 104

*Estándar de producción con mejora 1*

ESTANDAR DE PRODUCCION CON MEJORAS 1		
PRODUCTOS	MOLDEADO	EMPAQUE
PASTELITO	1,38	0,76
GALLETA_QUESO	1,47	1,84
GALLETA_SODA	1,06	0,83
GALLETA_PUNTO_ROJO	1,38	1,56
GALLETA_NEGRITA	1,52	2,62
MERENGUE	1,98	2,73
RIZADA	6,12	2,57
ROSQUITA	1,2	3,52
PONQUESITO	0,88	3,3

Tomado de: Plataforma NEOS

Para lograr llevar acabo esta mejora es necesario realizar una inversión en adecuación, dado que la estación de moldeo es necesario acondicionar el puesto de trabajo, con los implementos necesarios, asimismo, la estación de empaque es necesario adquirir una mesa para depositar el producto a empaque; estas inversiones lograrán aumentar el rubro de Inventario.

En las Tablas 105 y 106 se muestran las fichas técnicas obtenidas para la propuesta de inversión.

Tabla 105

*Ficha Técnica (Mesa Acero inoxidable)*

<b>INVERSION DE MESAS METALICAS</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
	<b>Medidas:</b> 90 cms de ancho x 180 cms de alto
	<b>Tapa:</b> En acero inoxidable referencia 304 anti-acido, calibre 18.
	<b>Entrepaña:</b> En acero inoxidable 430 brillante
	<b>Patas:</b> En tubo redondo inoxidable de 2 pulgadas con niveladores o protectores plásticos.
<b>COSTO DE COMPRA</b>	<b>\$ 1.350.000</b>
<b>EMPRESA:</b>	<b>Exhibir equipos S.A.S</b>
<b>CONTACTO:</b>	<a href="https://exhibirequipos.com/producto/mesa-de-trabajo-en-acero-inoxidable/">https://exhibirequipos.com/producto/mesa-de-trabajo-en-acero-inoxidable/</a>
<b>JUSTIFICACION</b>	Mesa para moldear la masa y apoyar el producto para empackar

Tomado de: Web

Tabla 106

*Ficha Técnica (Rodillo Acero inoxidable)*

<b>INVERSION DE RODILLO</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
	<b>Medidas:</b> 48 centímetros de mango a mando, 25 centímetros en la parte útil.
	<b>Descripción:</b> El material empleado es acero inoxidable, por lo que es totalmente antiadherente e higiénico. Su peso lo hace especialmente útil para trabajar masas que requieran un esfuerzo extra, por ejemplo las masas hojaldradas.
	<b>Material:</b> Rodillo profesional antiadherente de acero inoxidable.
<b>COSTO DE COMPRA</b>	<b>\$ 109.184</b>
<b>EMPRESA:</b>	<b>Elamasadero</b>
<b>CONTACTO:</b>	<a href="https://www.elamasadero.com/rodillos/82-rodillo-de-acero-inoxidable.html">https://www.elamasadero.com/rodillos/82-rodillo-de-acero-inoxidable.html</a>
<b>JUSTIFICACION</b>	Rodillo para estirar la masa, logrando las dimensiones requeridas

Tomado de: Web

### 6.1.2 Propuesta 2: Adquisición de maquinaria semi automatizada.

Otra estrategia, es invertir en maquinaria con tecnología moderna, la cual pueda presentar mejores estándares de producción, por ello se partió del echo de la sobrecarga en las estaciones de moldeo y empaque.

Por lo cual, se propone adquirir una maquina Flow Pack, y una Moldeadora de galletas, contratar tres (3) operarios, dos (2) para la estación de empaque y (1) para la estación de moldeo; mediante esta propuesta se elimina el centro de trabajo de moldeo en galletería actualmente utilizado, y ese operario es apoyado a la nueva máquina.

Los tiempos de empaque, se determinaron como una maquina en paralelo para el centro de trabajo, por otro lado, los tiempos del moldeo se calcularon según la velocidad de referencia de la máquina.

En la Tabla 107 se representan los tiempos que plantean con las mejoras por estación de moldeo y empaque en cada producto.

Tabla 107  
*Estándar de producción (mejora 2)*

ESTANDAR DE PRODUCCION CON MEJORAS		
PRODUCTOS	MOLDEADO	EMPAQUE
PAN_ESPECIAL		0,35
PAN_DE_QUESO		0,46
PAN_DE_UVA		0,40
PAN_MOGOLLA		0,17
PAN_OCANERO		0,79
PAN_MANTEQUILLA		0,84
PAN_DE_SAL		0,63
PAN_REDONDO		0,68
PAN_DE_LECHE		0,83
GALLETA_QUESO	0,53	
GALLETA_SODA	0,53	
GALLETA_PUNTO_ROJO	0,53	

GALLETA\_NEGRITA

0,53

Tomado de: Autores

Para llevar a cabo esta propuesta, es necesario adquirir diversas maquinas, En la Tabla 108, 109 se presentan las fichas técnicas de la segunda propuesta.

Tabla 108

Ficha Técnica (Maquina Flow pack)

INVERSION DE MAQUINA SEMI AUTOMATIZADA	
Especificaciones técnicas	
	<b>Descripción:</b> Empacadora Flow Pack TM - 420
	<b>Consumo:</b> 3,4kw
	<b>Voltaje:</b> 220V/50HZ 2 Fases
	<b>Tipo:</b> Empaque de productos individuales
<b>COSTO DE COMPRA</b>	<b>\$ 43.000.000</b>
<b>EMPRESA:</b>	<b>Tintax y maquinas S.A.S</b>
<b>CONTACTO:</b>	<a href="http://www.tintasmaquinas.co">www.tintasmaquinas.co</a>
<b>JUSTIFICACION</b>	Maquina Semi Automatización en empaque

Tomado de: Web

Tabla 109

Ficha Técnica (Moldeadora Galletas)

INVERSION DE MAQUINA SEMI AUTOMATIZADA	
Especificaciones técnicas	
	<b>Descripción:</b> Moldeadora de galletas
	<b>Medidas:</b> 3.5m. largo por 90 cm. ancho y 1.40 m. altura.
	<b>Material:</b> Estructura y accesorios en acero inoxidable
	<b>Velocidad:</b> 10 Seg/bandeja
<b>COSTO DE COMPRA</b>	<b>\$ 19.296.400</b>
<b>EMPRESA:</b>	<b>Tintax y maquinas S.A.S</b>
<b>CONTACTO:</b>	<a href="http://www.tintasmaquinas.co">www.tintasmaquinas.co</a>
<b>JUSTIFICACION</b>	Maquina Semi Automatización en moldeo de galletas

Tomado de Web

## 6.2 Evaluación financiera de las propuestas planteadas.

Las propuestas presentadas, se evaluaron mediante la filosofía TOC, la cual plantea un método sistemático con mira al Retorno sobre la inversión (ROI), el cual será el juez final de la propuesta, determinando si es viable o no. TOC estructura una ecuación para el cálculo del ROI, mediante los aumentos de los indicadores: Throughput, Inventario y Gastos operativos, en la ecuación 9 se determina el caculo del ROI según TOC (Corbett, 2005)

$$ROI = \frac{\Delta Throughput - \Delta Gastos operativos}{Inventario} \quad (9)$$

La evaluación, fue realizada en para un horizonte de 6 meses, dado que el modelo matemático tiene dicho horizonte, aunque el cálculo de la inversión se determina anual, con proporcionalidad a 6 meses, ya que para lograr recuperar una inversión en un horizonte menor de un año es poco factible.

### 6.2.1. Evaluación de propuesta 1.

Las propuestas presentadas, consigue generar cambios en la solución inicial presentada con el modelo, dado que los tiempos relativos en las etapas anteriormente descritas cambiaron, logrando presentar un nuevo escenario, con una mezcla de producción y demás variables diferente, por ello se relacionan el cambio de los indicadores de dinero.

La inversión necesaria para llevar a cabo la propuesta en la estación de empaque y moldeado, se muestra en la Tabla 110.

Tabla 110

*Inversión para la propuesta 1*

<b>INVERSION TOTAL</b>			
ACONDICIONAMIENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MESAS	2	\$ 1.350.000	\$ 2.700.000
RODILLOS	2	\$ 109.184	\$ 218.368
OBJETOS AGREGADOS	\$ 500.000		
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.418.368</b>

Tomado de: Autores y Sitios Web

Aplicando esta propuesta, la empresa incurre en un aumento en los gastos operativos, dado que debe pagar la nómina de 6 operarios más, En la tabla 111 se presenta la carga salarial extra, en la cual incurrirá la empresa.

Tabla 111

*Contratación de personal para la propuesta 1*

<b>CONTRATACIONES (PROPUESTA DE MEJORA)</b>			
ESTACIONES	OPERARIOS CONTRATADOS	CARGA SALARIAL	TOTAL
MOLDEADO	2	\$ 1.033.583	\$ 2.067.166
EMPAQUE	4	\$ 1.033.583	\$ 4.134.333
<b>TOTAL (Mes)</b>			<b>\$ 6.201.499</b>

Tomado de: Autores

En la Tabla 112 se muestran las canastas que se espera que el sistema logre fabricar, si se implementa la propuesta uno (1).

Tabla 112

*Cantidad de canastas a fabricar con la propuesta 2*

<b>RESULTADOS DE PRODUCCION CON PROPUESTA 1</b>						
ESTACIONES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PAN TAJADO	118	229	271	296	296	296
PAN ESPECIAL	158	188	188	187	186	186
PAN DE QUESO	1250	2510	2510	2610	2630	2630
PAN DE UVA	307	313	313	313	313	313
LENGUA	622	1057		874	900	
PAN MOGOLLA	102	1046	1120	1140	1111	1113

PAN OCAÑERO	837	1177	1114	1048	980	909
PAN MANTEQUILLA	650	1020	1030	1040	1025	1040
PALILLO	870					
PAN DE SAL	373	866		443	685	222
PAN REDONDO	231	552		276	552	
PAN DE LECHE	82	120	133	130	132	132
PASTELITO	208	250	264	270	272	275
GALLETA QUESO		46	180	185	190	195
GALLETA SODA		690	1130	1120	1140	1130
GALLETA PUNTO ROJO	795					
GALLETA NEGRITA		83	85	88	90	95
MERENGUE		58		45	40	
RIZADA	225	83	130	78	80	112
ROSQUITA				58	110	110
PONQUESITO		10	95	89	105	25
TOTAL POR MES	6828	10298	8563	10290	10837	8783
<b>TOTAL HORIZONTE</b>				<b>55.599</b>		

Tomado de: Autores

Tabla 113

*Evaluación para la propuesta 1*

<b>EVALUACION PROPUESTA (1) – TOC</b>			
	<b>RUBROS NETOS</b>	<b>RUBROS CON MEJORA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
<b>INGRESOS</b>	\$ 1.318.605.000	\$ 1.393.445.700	<b>\$ 74.840.700</b>
<b>CTV</b>	\$ 441.222.500	\$ 464.970.030	<b>\$ 23.747.530</b>
<b>OTROS CTV</b>	\$ 8.254.355	\$ 8.718.579	<b>\$ 464.224</b>
<b>COSTOS DE OPORTUNIDAD INVENTARIOS Y COSTO DE HORAS EXTRAS</b>	\$ 27.735.196	\$ 40.584.849	<b>\$ 12.849.653</b>
<b>GASTOS</b>	\$ 505.498.049	\$ 542.707.042	<b>\$ 37.208.994</b>
<b>UTILIDAD</b>	\$ 335.894.900	\$ 336.465.200	<b>\$ 570.299</b>
<b>CALCULO DEL ROI</b>			
<b>INCREMENTO DE UTILIDAD</b>		\$ 570.299	
<b>INVERSION TOTAL</b>		\$ 3.418.368	
<b>INVERSION (6 MESES)</b>		\$ 1.709.184	
<b>ROI (6 MESES)</b>		<b>33%</b>	

Tomado de: Autores



En la Tabla 113 se muestra el resultado de La propuesta uno (1), la cual logra un incremento en la utilidad de \$ 570.299, determinado un ROI de 33% en 6 meses, lo cual significa que, la empresa no conseguirá pagar la inversión en seis (6) meses, sino que deberá trabajar por lo menos 18 meses, para recuperar la inversión; de forma general sin comparación es una propuesta poco tentativa, dado que genera remuneración a muy largo tiempo.

### 6.2.2 Evaluación de propuesta 2.

Las propuestas 2, consigue generar cambios en la solución inicial presentada con el modelo, dado que los tiempos relativos en las etapas anteriormente descritas cambiaron, logrando presentar un nuevo escenario, con una mezcla de producción y demás variables diferente, por ello se relacionan el cambio de los indicadores de dinero.

La inversión necesaria para llevar a cabo la propuesta en la estación de empaque y moldeado se describe en la Tabla 114.

*Tabla 114*  
*Inversión para la propuesta 2*

INVERSION TOTAL			
ACONDICIONAMIENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
FLOW PACK	1	\$ 43.000.000	\$ 43.000.000
MOLDEADORA GALLETERA	1	\$ 19.296.400	\$ 19.296.400
OBJETOS AGREGADOS		\$ 500.000	
TOTAL			\$ 62.796.400

Tomado de: Autores y Sitio Web

Aplicando esta propuesta, la empresa incurre en un aumento en los gastos operativos, dado que debe pagar la nómina de 3 operarios más, en la Tabla 115 se muestra la carga salarial extra, en la cual incurrirá la empresa.

Tabla 115

*Contratación Propuesta 2*

<b>CONTRATACIONES (PROPUESTA DE MEJORA)</b>			
<b>ESTACIONES</b>	<b>OPERARIOS CONTRATADOS</b>	<b>CARGA SALARIAL</b>	<b>TOTAL</b>
MOLDEDADO	1	\$ 1.033.583	\$ 1.033.583
EMPAQUE	2	\$ 1.033.583	\$ 2.067.166
<b>TOTAL (Mes)</b>			<b>\$ 3.100.749</b>

Tomado de: Autores

En la Tabla 116 se muestran las canastas que se espera que el sistema logre fabricar, si se implementa la propuesta dos (2)

Tabla 116

*Cantidad de canastas a fabricar con la propuesta 2*

<b>RESULTADOS DE PRODUCCION CON PROPUESTA 2</b>						
<b>ESTACIONES</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>
PAN TAJADO	118	203	298	296	296	296
PAN ESPECIAL	158	188	187	187	186	186
PAN DE QUESO	1250	2510	2530	2610	2630	2640
PAN DE UVA	307	313	313	313	313	313
LENGUA		370	967	1223	1343	
PAN MOGOLLA	1022	1046	1120	1140	1111	1113
PAN OCAÑERO	837	1177	1114	1048	980	909
PAN MANTEQUILLA	650	1020	1030	1040	1025	1040
PALILLO	161	215	556			146
PAN DE SAL	373	430	436	443	450	458
PAN REDONDO	231	276	276	276	552	
PAN DE LECHE	82	120	133	130	132	132
PASTELITO	208	250	263	270	272	275
GALLETA QUESO		46	180	185	190	195
GALLETA SODA		690	1130	1120	1140	1130
GALLETA PUNTO ROJO		217	199	206	171	257
GALLETA NEGRITA		83	85	88	90	95
MERENGUE	84	98				
RIZADA	249	153	77	51	59	68
ROSQUITA				58	110	110
PONQUESITO		10	95	89	105	110
TOTAL	5730	9415	10989	10773	11155	9473
<b>GRAN TOTAL</b>						<b>57.535</b>

Tomado de: Autores

Tabla 117  
*Evaluación propuesta 2*

<b>EVALUACION PROPUESTA (2) - TOC</b>			
	<b>RUBROS NETOS</b>	<b>RUBROS CON MEJORA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
<b>INGRESOS</b>	\$ 1.318.605.000	\$ 1.393.445.700	<b>\$ 74.840.700</b>
<b>CTV</b>	\$ 441.222.500	\$ 469.821.750	<b>\$ 28.599.250</b>
<b>OTROS CTV</b>	\$ 8.254.355	\$ 10.177.153	<b>\$ 1.922.798</b>
<b>COSTO DE OPORTUNIDAD EN INVENTARIOS Y COSTO DE HORAS EXTRAS</b>	\$ 27.735.196	\$ 25.266.552	<b>-\$ 2.468.644</b>
<b>GASTOS</b>	\$ 505.498.049	\$ 524.102.545	<b>\$ 18.604.497</b>
<b>UTILIDAD</b>	\$ 335.894.900	\$ 364.077.700	<b>\$ 28.182.799</b>
<b>CALCULO DEL ROI</b>			
<b>INCREMENTO DE UTILIDAD</b>		\$ 28.182.799	
<b>INVERSION TOTAL</b>		\$ 62.296.400	
<b>INVERSION (6 MESES)</b>		\$ 31.148.200	
<b>ROI (6 MESES)</b>		<b>90%</b>	

Tomado de: Autores

Mediante esta propuesta, los costos de oportunidad en inventario y horas extras se disminuyen, debido a que el sistema tiene mayor capacidad.

En la Tabla 117 se muestra los resultados de la propuesta dos (2), la cual logra un incremento en la utilidad de \$ 28.182.799, determinado un ROI de 90% en 6 meses, lo cual significa que, la empresa no conseguirá pagar la inversión en seis (6) meses, pero si estará muy cerca, por lo cual, se espera que en un periodo cercano logre recuperar toda la inversión.

### 6.2.3 Comparativo.

Mediante la evaluación de las propuestas de mejora con la contabilidad del Throughput, es posible identificar cual será la más conveniente, cabe resaltar que este método, es funcional siempre y cuando se compare dos o más opciones, ya que partimos de un indicador final que es el ROI, y este determina cuál de las mejoras es la más viable.

Tabla 118

*Comparación de evaluación de propuesta de mejora*

<b>COMPRATIVO DE PROPUESTA</b>		
	<b>PROPUESTA 1</b>	<b>PROPUESTA 2</b>
INVERSION TOTAL	\$ 3.418.368	<b>\$ 62.296.400</b>
AUMENTO EN LA UTILIDAD	\$ 570.299	<b>\$ 28.182.799</b>
ROI (6 MESES)	33%	<b>90%</b>

Tomado de: Autores

En la tabla 118 se observa la comparación entre las ambas propuestas, con lo cual se puede resumir que la propuesta que obtiene un ROI mayor es la dos (2), aunque la inversión es mucho mayor, los resultados que se obtendrán también serán mayores, y esta será recuperada de mejor forma, ya que, se parte de un sistema sobre demandado.

### **6.3 Consolidación de la filosofía teoría de restricciones**

La teoría de las restricciones (TOC), es una de las filosofías gerenciales con gran acogida en los últimos años, como filosofía base para tomar disecciones empresariales, pese a la orientación que sostiene gran parte de las organizaciones, en especial las PYMES, las cuales sostienen opiniones negativas en cuanto a TOC, en las que afirman que esta filosofía no es capaz de contribuir en el planteamiento de soluciones factibles y aplicables al ámbito real, razón por la cual nació este proyecto, el cual tiene la iniciativa de comprobar lo planteado por estas empresa. (Golmohammadi, 2015)

En el desarrollo de la investigación, se llegó al planteamiento de una hipótesis, en la que se mantiene que gran parte del sector empresarial, utiliza bases de información poco confiables para la toma de sus decisiones, debido a que estas son estructuradas o alimentadas a partir del uso de metodologías de contabilidad de costos totalmente retrogradadas, filosofías que fueron planteadas con más de 80 años de antigüedad, las cuales fueron estructuradas según condiciones y escenarios totalmente desfasados de las verdaderas necesidades de hoy en día. Una de estas filosofías contables es el costo tradicional y el costeo por actividades o ABC, que, aunque esta última tiene menos años de antigüedad, sigue considerando los mismos errores conceptuales y de análisis del

costeo tradicional, dado a que esta fue un avance de esta, dichos errores fueron previamente explicados en el capítulo de Estudio de Costos. (Izmailov, 2014)

Para corroborar la anterior afirmación, se tomó la iniciativa de aplicar la filosofía TOC, con su ramificación de contabilidad del Throughput en una empresa del sector manufacturero ubicada en el departamento de sucre, enfocada en la producción de productos alimenticios de alta rotación, la cual fue acompañada mediante un modelo matemático de programación no lineal mixta; con lo que fue posible identificar un posible escenario de toma de decisiones basando los criterios de MPS y plan de compras, bajo la filosofía TOC, obteniendo un marco muy diferente al que sucedió, con indicadores superiores; la panificadora QUEEPAN obtuvo una utilidad en el primer semestre del año 2018, de \$ 234.457.483, en comparación con la utilidad obtenida a partir de la aplicación del modelo desarrollado en base a la filosofía TOC, el cual determino que obtendría una utilidad de \$ 335.894.900, con una diferencia de \$ 101.437.417, utilizando el mismo nivel de recurso a disposición, lo cual es una cifra representativa para 6 meses, en cualquier PYME.

Tabla 119

*Comparación de trabajo ordinario VS Aplicación de Modelo matemático*

<b>COMPARACION DE TOC</b>		
<b>UTILIDAD MODELADA</b>	<b>UTILIDAD OBTENIDA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
\$ 335.894.900	\$ 234.457.483	<b>\$ 101.437.417</b>

Tomado de: Autores

En la Tabla 119 se muestra, la diferencia en la utilidad en las dos propuestas modeladas, con ello, se determina que las soluciones derivadas de la aplicación de la teoría de las restricciones abordan problemáticas del día a día de cualquier organización, presentando estrategias de solución realmente coherentes con las verdaderas necesidades que se padecen. La teoría de las restricciones es una filosofía que parte de una simplicidad inherentes a cualquier sistema, la cual sostiene la existencia de restricciones que limitan el alcance de los objetivos empresariales, de las cuales toda decisión a tomar debe estar estructurada a partir de las mismas y no dejarlas o ignorarlas por

completo, siendo estas una oportunidad de mejora y no una problemática como normalmente se perciben. (Okutmuş, Kahveci and Kartašova, 2015)

Por ello, los sistemas deben ser administrados como un conjunto de partes que contribuyen a un engranaje común y no como una serie de partes sin relación alguna. TOC, permite visualizar oportunidades de inversión en puntos en los que realmente se requiere, sin incurrir en sobre costos innecesarios que solo atascan el flujo continuo del proceso. (Wu, Lee and Tsai, 2014)

Finalmente, es válido afirmar que las organizaciones deben cambiar el chip y ser un poco más flexibles ante las nuevas filosofías gerenciales, permitiendo oxigenar los flujos de información, eliminando todo ese cúmulo de paradigmas mentales basados en teorías que no aportan al objetivo final, que es el de generar mayores utilidades hoy y en el futuro.

## 7 Resultado y discusiones

En este último capítulo, se determinó las conclusiones, recomendaciones y direcciones futuras obtenidas en toda la investigación.

### 7.1 Conclusiones

El desarrollo de la investigación contribuyó a la estructuración y fortalecimiento de diversos fundamentos teóricos orientados al campo del gerenciamiento estratégico de las operaciones, específicamente ligado a organizaciones manufacturas como principal espectro de aplicación, permitiendo resaltar conclusiones como:

- La aplicación de los métodos y herramientas para estudios de tiempos y movimientos en los sistemas productivos, son de vital importancia para el análisis y desglose de variables inherentes a los mismos, este permitió analizar y estandarizar métodos de operación, alcanzando mejores rendimientos y eficiencias en la utilización de los recursos a disposición, como tiempos disponibles y recurso humano.
- El uso del concepto como los *centros de trabajo*, permitió un análisis con mayor profundidad de la capacidad de producción de la empresa panificadora, estudiando cada estación de trabajo a mayor detalle, logrando identificar el alcance de cada recurso inmerso en el proceso de fabricación.
- La aplicación de softwares con alta potencia de precisión para el análisis de datos fue de gran relevancia para el desarrollo de la investigación, en la que se utilizó Statgraphics, para interpretación y planteamiento de pronósticos en el estudio de demanda realizado, siendo uno de los principales insumos influyentes en el desarrollo de la investigación
- La contabilidad del Throughput, contribuyó a la identificación y cálculo de los indicadores de mayor relevancia en el sistema productivo, enfatizando en conceptos y análisis sujetos al sentido común, como método no convencional en el análisis de los sistemas, lo cual

permitió la visualización e interpretación del flujo de información desde diferentes perspectivas, logrando desarrollar un análisis crítico de cada punto de la plata productiva.

- A partir del planteamiento y posterior corrida del modelo matemático, se lograron proponer cambios en los métodos de planificación ordinaria que aplica la alta directiva de la empresa panificadora, los cuales enfatizaron en la priorización de los diferentes puntos críticos del sistema a los cuales se debe suministrar la mayor atención, sin descuidar todo lo demás, alcanzando con ello el aumento de la productividad total utilizando el mismos nivel de recursos que normalmente se tiene a disposición, proponiendo soluciones óptimas.
- El uso de indicadores de evaluación para el planteamiento de propuestas de mejora al sistema, como lo es el caso del ROI, propuesto por TOC, permitió analizar el rendimiento del sistema a partir de diferentes escenarios de inversión, gastos y utilidades, logrando identificar la mejor decisión que contribuyera al alcance de los objetivos de la compañía.
- La toma de decisiones es una de las áreas críticas en cualquiera organización, dado a su influencia total en todo el sistema en sí, siendo esta una de las principales casusas por las cuales muchas empresas llegan a su clausura, llevando consigo en todo su proceso el despilfarro de los diferentes recursos a disposición. Las decisiones para aplicar deben estar debidamente sujetas a bases de información totalmente aterrizadas a las verdaderas necesidades que padecen las organizaciones, siendo el sistema de costos una de las bases más fuertes e influyentes en dichas decisiones, contribuyendo a tomar orientaciones que solo aseguran soluciones ficticias y/o resultados totalmente distorsionados a lo previamente planeado.

TOC, es una de las pocas filosofías gerenciales que considera y propone una metodología para tomar decisiones en la que se consideran los verdaderos puntos críticos de un sistema, estableciendo un guía confiable al futuro de la empresa.



## 7.2 Direcciones futuras

En la investigación realizada se planteó un modelo de programación no lineal con los conceptos de TOC, por lo cual se sugiere que para investigaciones futuras se puedan introducir variables estocásticas en cuanto a la demanda, en donde no solo dependa de un pronóstico, sino de un comportamiento mediante una distribución de probabilidad, además se recomienda adaptar el modelo a industrias diferentes a la de alimentos, enfatizar en las restricciones de cálculo de necesidad, dado que la industria en la que se trabajó tiene un solo nivel.

Implementar el modelo propuesto en esta investigación en un software empresarial, el cual ayude a los directivos de las organizaciones a tomar decisiones que garanticen a la empresa a generar dinero ahora y en el futuro.

Para futuras investigación, se espera que los conceptos de TOC, puedan ser aplicados en las herramientas empresariales que ayuden a las organizaciones a identificar la situación real en la que se encuentre la empresa.

### 7.3 Recomendaciones

Teniendo en cuenta las problemáticas que actualmente padecen las empresas, específicamente aquellas que no les permiten adaptarse a los frecuentes cambios y necesidades de sus mercados, se recomienda lo siguiente:

- Es necesario que el gremio empresarial comience a utilizar filosofías gerenciales que contribuyan en orientar a las organizaciones a alcance de sus objetivos con el menor nivel de inversión en el menor tiempo posible, postulándose TOC, como una de las más fuertes filosofías en materia, proponiendo conceptos sólidos y aterrizados.
- Promover el análisis a los sistemas productivos por medio de la aplicación del ciclo de la mejora continua, propuesta por Eliyahu M. Goldratt, que permita percibir desde una perspectiva sistémica la organización, priorizando el mejoramiento de todos aquellos procesos realmente críticos y relevantes de los mismos, impulsando la productividad general de las empresas.
- Para el análisis de productividad y direccionamiento del sistema, es necesario evaluar cada decisión a partir de indicadores que consideren y arrojen información precisa. Se recomienda utilizar los indicadores propuestos por TOC, siendo el Throughput, los Inventarios y los Gastos operacionales los indicadores derivados de esta filosofía.
- No tomar decisiones de la operatividad del día a día por inercia, sino basarlos en juicios científicos que guíen a la organización a ganar más dinero ahora y en el futuro.
- Fomentar el uso de herramientas científicas para la gestión e interpretación de la información, que permita reducir los niveles de incertidumbre y error inmersos en la toma de decisiones, siendo el modelo matemático propuesto, una herramienta de optimización dirigida a aumentar las utilidades de la organización

### Referencias Bibliográficas

- Almeida, A. cunha, J. (2017) ‘The implementation of an Activity-Based Costing (ABC) system in a manufacturing company’ *Procedia Manufacturing*, 13, p. 8., Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917307990>,
- Boada, A. J. (2017). Sistema de proyección de la demanda. Caso práctico de predicción automatizada en empresas de venta por catálogo. *Revista Perspectiva Empresarial*, 4(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.16967/rpe.v4n1a2>
- Correa-Espinal, A. A., Gómez-Montoya, R. A., & Botero-Perez, C. (2012). La Ingeniería de Métodos y Tiempos como herramienta en la Cadena de Suministro. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, (8), 89–109, Recuperado de: [http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/facultad de ciencias matematicas fisicas y quimicas/ingenieria industrial/08/ingenieria de metodos ii/soluciones n8 art 5.pdf](http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/facultad%20de%20ciencias%20matematicas%20fisicas%20y%20quimicas/ingenieria%20industrial/08/ingenieria%20de%20metodos%20ii/soluciones%20n8%20art%205.pdf)
- Caba, N., Chamarro, O. and Fontalvo, J. (2006) *Gestion de la Produccion y Operaciones*, p. 232. Recuperado de: [http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/970/historia evolutiva de la administracion de operaciones.html](http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/970/historia%20evolutiva%20de%20la%20administracion%20de%20operaciones.html).
- Can, F., Çelebi, D., Deveci, M., & Kuvvetli, Y. (2019). *Recuperado de: Transportation Economics Selecting an optimal contractual payment model for Istanbul s public bus operators using non-linear mathematical programming* Recueprado de: *Transportation Economics*, (September), 100750. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100750>
- Chapman, S. (2006) *Planificación y Control de la Producción*, Pearson Educación: México
- Confecámara: Red de Camaras de Comercio (2016) ‘Nacimiento y Supervivencia de las Empresas en Colombia’, p. 40.

Confecamaras: Red de cámaras de comercio (2017) ‘Determinantes de la supervivencia empresarial en Colombia’, *Cuadernos de análisis económico*, p. 28. Recuperado de: [http://www.confecamaras.org.co/phocadownload/Cuadernos\\_de\\_analisis\\_economico/Cuaderno\\_de\\_Analisis\\_Economico\\_N\\_14.pdf](http://www.confecamaras.org.co/phocadownload/Cuadernos_de_analisis_economico/Cuaderno_de_Analisis_Economico_N_14.pdf).

Corbett, T. (2005) *La contabilidad del truptu*. Ediciones. Bogota, Colombia: Piensalo Colombia LTDA.

Costas, J. *et al.* (2015) ‘Applying Goldratt’s Theory of Constraints to reduce the Bullwhip Effect through agent-based modeling’, *Expert Systems with Applications*, 42(4), pp. 2049–2060. Recuperado de: 10.1016/j.eswa.2014.10.022.

Romero, J. & Ortiz, V. Caicedo A. (2019). La Teoría de Restricciones y la Optimización como Herramientas Gerenciales para la Programación de la Producción . Una Aplicación en la Industria de Muebles Theory of Constraints and Optimization as Management Tools for Production Scheduling . *Revista de metodoscuantitativos para la economia y la empresa*, (27).

Delgado, j. And marín, F. (2000) *Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP’*, *Economía Industrial*, 331, p. 8. Recuperado de: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40727673/Articulo\\_DRP.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1524890641&Signature=aJPioz33cO8SKuuCbeJx1H8gFEk%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DArticulo\\_DRP.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40727673/Articulo_DRP.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1524890641&Signature=aJPioz33cO8SKuuCbeJx1H8gFEk%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DArticulo_DRP.pdf).

Deming, W. E. (William E. (1989) *Calidad, productividad y competitividad : la salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos .Mexico.

- Dinero. (2014). estudios en panadería y pastelería en colombia. Retrieved October 3, 2019, Recuperado de: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/estudios-panaderia-pasteleria-colombia/204392>
- Elias, M. J., Ferrito, J. J., & Mocerri, D. C. (2017). Adapting Your Report Card Comments for Sel and/or Character. *The Other Side of the Report Card: Assessing Students' Social, Emotional, and Character Development*, 18(4), 21–34. Recuperado de: <https://doi.org/10.4135/9781483395081.n8>
- Eia, R. (2014) Desarrollo e implementación de un modelo of a theory of constraints model to synchronize the supply chain operations with production constraints, pp. 67–77.
- Estudio, T. D. E., Para, D. E. T., Planificación, L. A., Mano, D. E. L. A., En, D. E. O., Tomate, C. D. E., ... Cultivo, E. L. (2009). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30211225006>.
- Goldratt, E. M. (1984) *La meta (Un proceso de mejora continua)*. Tercera ed.
- Goldratt, E. M. (1994) *El Síndrome Del Pajar (Cómo extraer información del oceano de datos)*. Monterrey: Ediciones Castillo, Mexico.
- Golmohammadi, D. (2015) 'A study of scheduling under the theory of constraints', *International Journal of Production Economics*. Elsevier, 165, pp. 38–50. Recuperado de: 10.1016/j.ijpe.2015.03.015.
- Grimaldo, G. *et al.* (2014) 'Análisis De Métodos Y Tiempos: Empresa Textil Stand Deportivo', 2(1), pp. 120–139.

- Hassani, L., Daneshvar-kakhki, M., Sabouhi-sabouni, M., & Ghanbari, R. (2019). The optimization of resilience and sustainability using mathematical programming models and metaheuristic algorithms. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1062–1072. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.324>
- Hernández-ramírez, d., Bluhm-Gutiérrez, j., & Valle Rodríguez, s. (2017). Conceptos Básicos De Programación Lineal Y Aplicación En El Manejo De Recursos Naturales. *Ambiente y Sostenibilidad*, 2016(6), 97. Recuperado de: <https://doi.org/10.25100/ay.s.v0i0.4293>
- Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C. and Baptista Lucio, M. del P. (2010) *Metodología de la investigación, Metodología de la investigación*. Recuperado de: - ISBN 978-92-75-32913-9.
- Homburg, C. (2001) ‘A note on optimal cost driver selection in ABC’, *Management Accounting Research*, 12(2), pp. 197–205. Recuperado de: [10.1006/mare.2000.0150](https://doi.org/10.1006/mare.2000.0150).
- Integrado, M. *et al.* (2013) ‘Estudios gerenciales’, 29(122), pp. 177–188. Recuperado de: [10.1016/j.estger.2014.09.003](https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.09.003).
- Izmailov, A. (2014) ‘If Your Company is Considering the Theory of Constraints’, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Elsevier B.V., 150, pp. 925–929. Recuperado de: [10.1016/j.sbspro.2014.09.103](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.103).
- Jay, H. and Render, B. (2005) *Administración De Operaciones, Revista Latinoamericana De Administracion*. Recuperado de: ISSN 1012- 8255.
- Karmarkar, U. S. and Rajaram, K. (2012) ‘Aggregate production planning for process industries under oligopolistic competition’, *European Journal of Operational Research*. Elsevier B.V., 223(3), pp. 680–689. Recuperado de: [10.1016/j.ejor.2012.07.007](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.07.007).

- Lapore, D. and Cohen, O. (1999) *El Decálogo (Teoría de las restricciones y el sistema de conocimiento profundo)*. Costa Rica: Ediciones Piensalo Colombia.
- LeBlanc, L. J., Grossman, T. A., & Bartolacci, M. R. (2019). Ensuring scalability and reusability of spreadsheet linear programming models. *Omega (United Kingdom)*, 84, 55–69. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.04.005>
- Mora-Garcia, L. A. (2008) *Indicadores de la gestión logística*. ecoe ediciones.
- Niebel, B. W. and Freivalds, A. (2009) ‘Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y diseño del trabajo’.
- Okutmuş, E., Kahveci, A. and Kartašova, J. (2015) ‘Using theory of constraints for reaching optimal product mix: An application in the furniture sector’, *Intellectual Economics*, 9(2), pp. 138–149. Recuperado de: [10.1016/j.intele.2016.02.005](https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005).
- Operaciones, D. E. (2006) *Administración de Operaciones producción y cadena de suministros*.
- Ortiz-T., V. K. and Caicedo-R., Á. J. (2014) ‘Mezcla óptima de producción desde el enfoque gerencial de la contabilidad del throughput: el caso de una pequeña empresa de calzado’, *Cuadernos de Contabilidad*, 15(37), pp. 109–133. Recuperado de: [10.11144/Javeriana.CC15-37.mopd](https://doi.org/10.11144/Javeriana.CC15-37.mopd).
- Proștean, G. (2007) ‘Operations Planning Based on Theory of Constraints Decision System’, *IFAC Proceedings Volumes*, 40(18), pp. 591–596. Recuperado de: [10.3182/20070927-4-RO-3905.00098](https://doi.org/10.3182/20070927-4-RO-3905.00098).

- Ruíz-Ibarra, J. I., Ramírez-Leyva, A., Luna Soto, K., Estrada Beltrán, J. A., & Soto Rivera, O. J. (2017). Optimización de tiempos de proceso en desestibadora y en llenadora. *Ra Ximhai*, 291–298. Recuperado de: <https://doi.org/10.35197/rx.13.03.2017.16.jr>
- Reyes-Vasquez, J. P. and Molina-Velis, C. G. (2014) ‘Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio’, *Revista Politécnica*, 34(1), pp. 1–7. Available at: [http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/254](http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/254).
- Rodriguez-Quiñones, T. A. (2014) ‘Solucion de problemas tipo Flow-Shop mediante algoritmos evolutivos’, p. 66.
- Salazar-Ospina, K., Arroyave, A., Ovalle Castiblanco, A., Ocampo, O., Augusto Ramírez, C., & Oliveros Tascón, C. (2016). Tiempos en la recolección manual tradicional de café. *Ingeniería Industrial*, 37(2), 114–126.
- Sectorial. (2016). Informe Sector Industria Panificadora. Junio 2016. Sectorial.Co, 17. Recuperado de: [https://www.einforma.co/descargas/ejemplo\\_sectoriales.pdf](https://www.einforma.co/descargas/ejemplo_sectoriales.pdf)
- Şimşit, Z. T., Günay, N. S. and Vayvay, Ö. (2014) ‘Theory of Constraints: A Literature Review’, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150(231), pp. 930–936. Recueprado de: 10.1016/j.sbspro.2014.09.104.
- Sipper, D. and Bulfin, R. L. (1998) *Planeación y Control de la Producción*. Pearson educacion, meexico 2006.



- Torres-Acosta, J. H. (2001) ‘Procedimiento para la planeación agregada en la pequeña y mediana industria manufacturera. Aplicación al sector industrial colombiano’, *Revista Ingeniería*, 6(1), pp. 23–29. Recuperado de: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/1469/1957>.
- Watson, K. J., Blackstone, J. H. and Gardiner, S. C. (2007) ‘The evolution of a management philosophy: The theory of constraints’, 25, pp. 387–402. Recuperado de: [10.1016/j.jom.2006.04.004](https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.004).
- Wu, H. H., Lee, A. H. I. and Tsai, T. P. (2014) ‘A two-level replenishment frequency model for TOC supply chain replenishment systems under capacity constraint’, *Computers and Industrial Engineering*. Elsevier Ltd, 72, pp. 152–159. Recuperado de: [10.1016/j.cie.2014.03.006](https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.03.006).
- Zeballos, L. J., Méndez, C. A., & Barbosa, A. P. (2019). Computers & Industrial Engineering Mixed-integer linear programming approach for product design for life-cycle profit. *Computers & Industrial Engineering*, 137(September), 106079. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106079>
- Zotelo, R. (2017) ‘Plan maestro de producción basado en programación lineal entera para una empresa de productos químicos Master Production Scheduling Based on Integer Linear Programming for a Chemical Company’, (24), pp. 147–169.

## Anexos

### FREE VARIABLES

U Utilidad generada por la operacion  
 Prt(t) Productividad del sistema en el periodo t  
 Cmp(t) Costo de compra de insumos en el periodo t  
 OtCTV(t) Costo de otros CTV necesarios para fabricar en el periodo t  
 Ing(t) Ingresos en el periodo t  
 Sest(k) Sobre carga por estacion

### POSITIVE VARIABLES

InvF(i,t) Inventario de producto terminado i en el periodo t  
 Nec(j,t) Cantidad de insumo j a necesitar en el periodo t  
 Tex(k,t) Tiempo extra utilizado en el periodo t  
 P(i,k,t) Cantidad de productos i a fabricar en el periodo t  
 TOC(i,t) Cantidad real de producto fabricado  
 V(i,t) Cantidad de productos i que satisfacen la demanda en el periodo t  
 Pcompras(j,t) Plan de compras  
 InvMp(j,t) Inventario de materia prima

### BINARY VARIABLES

Hex(k,t) Variable de desicion si se realizan horas extras

Figura 20 Codificación del modelo matemático  
Tomado de: Programa Gams

### EQUATIONS

F0 FUNCION OBJETIVO CALCULA LA UTILIDAD DE LA OPERACION BAJO LA CONTABILIDAD DEL THROUGHPUT  
 R1 RESTRINGUE DE CAPACIDAD POR CADA ESTACION  
 R2 DETERMINA LA CAPACIDAD REAL RESULTANTE  
 R3 RESTRINGUE EL USO DEL TIEMPO EXTRA  
 R4 RESTRINGUE LA DEMANDA  
 R5 ECUACION DE BALANCE DE INVENTARIO DE PORDUCTOR TERMINADO CON T MAYOR A 1  
 R6 ECUACION DE BALANCE DE INVENTARIO DE PORDUCTOR TERMINADO CON T IGUAL A 0  
 R7 CALCULA LOS INGRESOS  
 R8 CALCULA LOS COSTOS DE PLAN DE COMPRA  
 R9 CALCULA LOS COSTOS DE INCURRIR EN OTROS CTV  
 R10 CALCULA LA NECESIDAD DE INSUMOS  
 R11 ECUACION DE BALANCE DE MATERI PRIMA CON T MAYOR A 1  
 R12 ECUACION DE BALANCE DE MATERI PRIMA CON T IGUAL A 0  
 R13 RESTRINGUE EL PLAN DE COMPRA EN LOS MESES DE LEAD TIME T IGUAL A 2  
 R14 RESTRINGUE EL PLAN DE COMPRA EN LOS MESES DE LEAD TIME T IGUAL A 4  
 R15 RESTRINGUE EL PLAN DE COMPRA EN LOS MESES DE LEAD TIME T IGUAL A 6  
 R16 CALCULA LA SOBRECARGA POR ESTACION  
 R17 CALCULA LA PRODUCTIVIDAD POR ESTACION  
 ;

Figura 21 Codificación del modelo matemático  
Tomado de: Programa Gams

```

FO.. U =E= sum(t,Ing(t)-Cmp(t)-OtCTV(t)-Go(t))-sum((k,t),Hex(k,t)*Tex(k,t)*Ctex(k))-sum((i,t),InvF(i,t)*Copor(i));
R1(k,t).. sum(i,P(i,k,t)*ET(i,k)) =L= TD(k,t)+(Hex(k,t)*Tex(k,t));
R2(i,t).. TOC(i,t) =E= MIN(P(i,'DOSIFICACION',t),P(i,'CILINDRADO',t),P(i,'MOLDEADO',t),P(i,'FERMENTACION',t),P(i,'HORNEADO',t),P(i,'REPOSO',t),P(i,'EMPAQUE',t));
R3(k,t).. Tex(k,t) =L= TED;
R4(i,t).. V(i,t) =L= D(i,t);
R5(i,t)$ (ord(t)> 1).. InvF(i,t) =E= TOC(i,t)+InvF(i,t-1)-V(i,t) ;
R6(i,t)$ (ord(t)eq 1).. InvF(i,t) =E= TOC(i,t)+InvFin(i)-V(i,t);
R7(t).. Ing(t) =E= sum(i,Pv(i)*V(i,t));
R8(t).. Cmp(t) =E= sum(j,Cins(j)*Pcompras(j,t));

```

Figura 22 Codificación del modelo matemático  
Tomado de: Programa Gams

```

R9(t).. OtCTV(t) =E= sum(i,TOC(i,t)*CoCTV(i));
R10(j,t).. Nec(j,t) =E= sum(i,TOC(i,t)*Rec(i,j));
R11(j,t)$ (ord(t)> 1).. InvMp(j,t) =E= Pcompras(j,t)+InvMp(j,t-1)-Nec(j,t);
R12(j,t)$ (ord(t)eq 1).. InvMp(j,t) =E= Pcompras(j,t)+InvMpin(j)-Nec(j,t);
R13(j,t)$ (ord(t)eq 2).. Pcompras(j,t)=E=0;
R14(j,t)$ (ord(t)eq 4).. Pcompras(j,t)=E=0;
R15(j,t)$ (ord(t)eq 6).. Pcompras(j,t)=E=0;
R16(k).. Sest(k) =E= 1-((sum(t,TD(k,t)+Tex(k,t))-sum((i,t),TOC(i,t)*ET(i,k)))/(sum(t,TD(k,t)+Tex(k,t)));
R17(t).. Prt(t) =E= (Ing(t)-Cmp(t)-OtCTV(t))/(Go(t));
MODEL FernandoMorales/ALL/;
SOLVE FernandoMorales USING MINLP maximizing U;
DISPLAY P.L,V.L,U.L,Prt.L,InvF.L,Cmp.L,OtCtv.L,Ing.L,TOC.L,Nec.L,Sest.L,Hex.L,Pcompras.L,InvMp.L;

```

Figura 23 Codificación del modelo matemático  
Tomado de: Programa Gams



\*\*\*\*\*

```
NEOS Server Version 5.0
Job#      : 7475549
Password  : XsBrpmoz
User      : None
Solver    : minco:scip:GAMS
Start     : 2019-08-28 22:25:42
End       : 2019-08-28 22:26:10
Host      : NEOS HTCondor Pool
```

Disclaimer:

This information is provided without any express or implied warranty. In particular, there is no warranty of any kind concerning the fitness of this information for any particular purpose.

\*\*\*\*\*

```
Executed on prod-exec-1.neos-server.org
GAMS 27.3.0 r58c491d Released Jul 4, 2019 LEX-LEG x86 64bit/Linux 08/28/19 22:25:44 Page 1
General Algebraic Modeling System
Compilation
```

*Figura 24* Plataforma NEOS

Tomado de: NEOS



*Figura 25* Estación de reposo

Tomado de: Planta productiva QUEEPAN



*Figura 26* Flow Pack

Tomado de: Planta productiva QUEEPAN



*Figura 27* Estación Empacado Manual

Tomado de: Planta productiva QUEEPAN



*Figura 28 Estación de Horneado*  
Tomado de: Planta productiva QUEEPAN



*Figura 29 Multiformadora (Estación moldeado Panadería)*  
Tomado de: Planta productiva QUEEPAN



*Figura 30* Estación de Empaque  
Tomado de: Planta productiva QUEEPAN