

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA  
DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MB MAYFLOWER  
BUFFALOS S.A. MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MÁSTER (MSc.) EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

**EDUARDO JAVIER PALACIOS JIMÉNEZ**

**ejaciosp@gmail.com**

**DIRECTOR: ING. PEDRO BUITRÓN, MSc.**

**pedro.buitron@epn.edu.ec**

**Quito, abril 2016**

© Escuela Politécnica Nacional (2016)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Eduardo Javier Palacios Jiménez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Eduardo Javier Palacios Jiménez

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Ing. Eduardo Javier Palacios Jiménez, bajo mi supervisión.

---

Ing. Pedro Buitrón, MSc.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo extender mi más sincero agradecimiento al señor Ingeniero Pedro Buitrón, Director del presente Proyecto de Titulación, por su apoyo y ayuda para poder concretar el presente trabajo y así alcanzar mi meta propuesta hace un par de años al empezar la Maestría en Ingeniería Industrial y Productividad.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo marca el término de una etapa muy importante de mi vida y el inicio de otra aún más desafiante. Por el infinito amor, paciencia y apoyo que siempre me han dado, lo dedico a mis padres, Laura Jiménez y Julio Palacios, y hermanos, Julio y Cristina Palacios. Por su ejemplo siempre me he esforzado y seguiré sus pasos con mucho orgullo. Finalmente, también dedico este trabajo a mis sobrinitas Isabella y Salomé Dávila, y Raphaella Palacios a quienes siempre tengo en mente por toda la alegría que me han traído y el mutuo cariño que nos tenemos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xvii</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Estudio del trabajo	1
1.1.2 Ramas del estudio del trabajo	2
1.1.2.1 Estudio de tiempos	3
1.1.2.2 Estudio de movimientos	3
1.1.3 Técnicas del estudio del trabajo	3
1.1.3.1 Estudio de métodos	3
1.1.3.2 Medición del trabajo	4
1.1.4 Disciplinas adicionales para el análisis de los factores que propician la productividad	4
1.1.4.1 Ergonomía	4
1.1.4.2 Higiene y seguridad industrial	5
1.2 Estudio de métodos	5
1.2.1 Procedimiento básico para el estudio de métodos	6
1.2.1.1 Selección del trabajo a estudiar	6
1.2.1.2 Registro de hechos	7
1.2.1.3 Examinación y análisis de los hechos registrados	8
1.2.1.4 Concepción de métodos perfeccionados	9
1.2.1.5 Evaluación de los diversos métodos	9
1.2.1.6 Definición del método perfeccionado	10
1.2.1.7 Implantación del método perfeccionado:	10
1.2.1.8 Control en la aplicación del nuevo método	10
1.2.2 Simbología, gráficos y diagramas técnicos para el registro de los métodos de trabajo	11
1.2.2.1 Simbología estándar	11
1.2.2.2 Diagramas para la representación de secuencias de operaciones	12
1.2.2.3 Diagramas con escalas de tiempo	13
1.2.2.4 Diagramas para la representación de flujos, movimientos y/o desplazamientos	15
1.3 Medición del trabajo	16
1.3.1 Medición directa con cronómetro	17
1.3.1.1 Selección del trabajo para su estudio	17
1.3.1.2 Selección de un operario calificado	17
1.3.1.3 Análisis del trabajo	18
1.3.1.4 Segmentación del trabajo en elementos menores y delimitación	18
1.3.1.5 Desarrollo de mediciones de prueba y ejecución de una muestra inicial	18
1.3.1.6 Determinación del tamaño de la muestra	19

1.3.1.7 Cronometraje	19
1.3.1.8 Valoración del ritmo de trabajo y desempeño del empleado	20
1.3.1.9 Determinación de suplementos y estimación de tolerancias	21
1.3.1.10 Cálculo del tiempo estándar o tiempo tipo	21
1.3.2 Muestreo del trabajo	22
1.3.2.1 Obtención de una estimación inicial de la proporción que se desea investigar	22
1.3.2.2 Cálculo del tamaño de muestra	23
1.3.2.3 Realización de las n observaciones de estudio	23
1.3.2.4 Efectuar las mediciones y sacar conclusiones	23
1.3.3 Sistemas de tiempos predeterminados (STP) o normas de tiempo predeterminadas (NTPD)	24
1.4 El sistema de producción esbelta	25
1.4.1 Reseña histórica	25
1.4.2 Definición	26
1.4.3 Enemigos de la calidad y productividad: las 3 M	27
1.4.3.1 Muda	27
1.4.3.2 Mura	29
1.4.3.3 Muri	30
1.4.4 Terminología adicional	30
1.4.4.1 Flujo continuo	30
1.4.4.2 Flujo tirado o pull	30
1.4.4.3 Lead time o tiempo de respuesta	30
1.4.4.4 Task time	31
1.4.4.5 Tiempo de cambio	31
1.4.4.6 Tiempo de proceso o de valor añadido	31
1.4.4.7 Valor añadido	31
1.4.5 Indicadores más comunes	32
1.4.5.1 Eficiencia del ciclo del proceso (ECP)	32
1.4.5.2 Eficiencia general de los equipos (OEE)	32
1.4.5.3 Piezas entregadas en plazo (OTD)	32
1.4.6 Herramientas de apoyo	32
1.4.6.1 5 S	32
1.4.6.2 Cambio de herramientas en pocos minutos (SMED)	33
1.4.6.3 Ciclo de deming	33
1.4.6.4 Control visual	33
1.4.6.5 Despliegue de la función de la calidad (QFD)	34
1.4.6.6 Gestión de la calidad total (TQM)	34
1.4.6.7 Jidoka	34
1.4.6.8 Justo a tiempo (JIT)	35
1.4.6.9 Mantenimiento productivo total (TPM)	36
1.4.6.10 Kaizen	36
1.4.6.11 Kanban	36
1.4.6.12 Poka-yoke	37
1.4.7 Los cinco principios para la implementación de un sistema de producción esbelta	38
1.4.7.1 Especificar el valor de los productos desde el punto de vista del cliente final	38

1.4.7.2	Identificar el flujo de valor y eliminar el desperdicio	40
1.4.7.3	Agregar valor en el proceso mediante flujos continuos en la producción	43
1.4.7.4	Organizar el proceso de tal forma que la producción sea halada por la demanda del cliente	45
1.4.7.5	Buscar la perfección	46
1.5	Las 5 S	47
1.5.1	Seri: clasificar	48
1.5.2	Seiton: ordenar	48
1.5.3	Seiso: limpieza	49
1.5.4	Seiketsu: estandarizar	50
1.5.5	Shitsuke: disciplina	50
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>51</b>
2.1	Descripción de la empresa y procesos de producción en la planta procesadora de alimentos	51
2.1.1	Descripción de la empresa	51
2.1.2	Descripción de los procesos de producción	52
2.1.2.1	Procesamiento de vegetales	52
2.1.2.2	Procesamiento de cárnicos	53
2.2	Levantamiento del layout inicial de la planta de producción	54
2.3	Documentación de la situación actual de la planta de producción	55
2.4	Establecimiento de indicadores de productividad	56
2.5	Implantación del sistema de producción esbelta	60
2.6	Evaluación de la productividad de planta luego de la implementación del sistema de producción esbelta	62
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>64</b>
3.1	Situación inicial de los procesos de producción	64
3.1.1	Layout inicial de la planta de producción	64
3.1.2	Procesamiento de vegetales	64
3.1.3	Procesamiento de cárnicos	77
3.2	Indicadores de productividad iniciales	94
3.3	Implementación del sistema de producción esbelta	104
3.3.1	Especificar el valor de los productos desde el punto de vista del cliente final	104
3.3.2	Identificar el flujo de valor y eliminar el desperdicio	104

3.3.3 Agregar valor en el proceso mediante flujos continuos en la producción	105
3.3.4 Organizar el proceso de tal forma que la producción sea halada por la demanda del cliente	106
3.3.5 Buscar la perfección	106
3.4 Evaluación de la producción después de la implementación del sistema de producción esbelta	107
3.4.1 Layout final de la planta de producción	107
3.4.2 Procesamiento de cárnicos	107
3.5 Indicadores de productividad después de la implementación del sistema de producción esbelta	119
3.6 Comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	124
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>127</b>
4.1 Conclusiones	127
4.2 Recomendaciones	129
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>130</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.1.</b>	Preguntas preliminares en el examen de hechos registrados	8
<b>Tabla 1.2.</b>	Preguntas de fondo en el examen de hechos registrados	8
<b>Tabla 1.3.</b>	Simbología estándar para la elaboración de diagramas de procesos	12
<b>Tabla 1.4.</b>	Número de observaciones recomendado para el estudio de tiempos	19
<b>Tabla 1.5.</b>	Principales escalas empleadas para la valoración del ritmo de trabajo	20
<b>Tabla 1.6.</b>	Preguntas para definir el valor del producto desde el punto de vista del cliente	39
<b>Tabla 1.7.</b>	Preguntas para clasificar las actividades en generadoras de valor y mudas tipo I	41
<b>Tabla 2.1.</b>	Productos del procesamiento de vegetales	53
<b>Tabla 2.2.</b>	Productos del procesamiento de cárnicos	54
<b>Tabla 2.3.</b>	Suplementos y tolerancias para tiempos básicos de trabajo	59
<b>Tabla 3.1.</b>	Suplementos y estimación de tolerancias para tiempos básicos en la producción de vegetales	95
<b>Tabla 3.2.</b>	Suplementos y estimación de tolerancias para tiempos básicos en la producción de cárnicos	96
<b>Tabla 3.3.</b>	Tiempos de ciclo, básicos y estándar de los procesos de producción, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	97
<b>Tabla 3.4.</b>	Productividad del procesamiento de vegetales	98
<b>Tabla 3.5.</b>	Personal requerido semanalmente para el procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	98
<b>Tabla 3.6.</b>	Materia prima empleada en el procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	99

<b>Tabla 3.7.</b>	Productividad del procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	100
<b>Tabla 3.8.</b>	Especificación del valor de los productos desde el punto de vista del cliente final	101
<b>Tabla 3.9.</b>	Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de vegetales	102
<b>Tabla 3.10.</b>	Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	103
<b>Tabla 3.11.</b>	Tiempos de ciclo, básicos y estándar de los procesos de producción de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta	120
<b>Tabla 3.12.</b>	Personal requerido semanalmente para el procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta	120
<b>Tabla 3.13.</b>	Materia prima empleada en el procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta	121
<b>Tabla 3.14.</b>	Productividad del procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta	122
<b>Tabla 3.15.</b>	Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta	123
<b>Tabla 3.16.</b>	Comparación de los tiempos de ciclo de los procesos productivos de cárnicos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	124
<b>Tabla 3.17.</b>	Comparación de los indicadores de productividad de los procesos productivos de cárnicos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	126
<b>Tabla AII.1.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de cebolla blanca	138
<b>Tabla AII.2.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de cebolla paiteña	139
<b>Tabla AII.3.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de col	140
<b>Tabla AII.4.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de nabo chino	141



<b>Tabla AII.5.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de pimiento	142
<b>Tabla AII.6.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de vainita	143
<b>Tabla AII.7.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de zanahoria	144
<b>Tabla AII.8.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de chuletas de cerdo	145
<b>Tabla AII.9.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	145
<b>Tabla AII.10.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	146
<b>Tabla AII.11.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	147
<b>Tabla AII.12.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	148
<b>Tabla AII.13.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	149
<b>Tabla AII.14.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	150
<b>Tabla AII.15.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	151
<b>Tabla AII.16.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	152
<b>Tabla AII.17.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	153
<b>Tabla AII.18.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	154

<b>Tabla AII.19.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	155
<b>Tabla AII.20.</b>	Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	156
<b>Tabla AIII.1.</b>	Resumen de tiempos totales observados en los ciclos de trabajo registrados y determinación del tamaño de las muestras	158
<b>Tabla AVI.1.</b>	Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de vegetales	189
<b>Tabla AVI.2.</b>	Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de cerdo	190
<b>Tabla AVI.3.</b>	Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de pollo	191
<b>Tabla AVI.4.</b>	Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de res	192

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1.</b>	Composición del tiempo estándar	22
<b>Figura 1.2.</b>	Ejemplo de mapa del flujo de valor a lo largo de la cadena de valor	43
<b>Figura 2.1.</b>	Ambiente de trabajo del software AVS Video Editor, empleado en la segmentación de las tareas y delimitación de elementos menores	57
<b>Figura 2.2.</b>	Ambiente de trabajo del software AVS Video Editor, empleado en el cronometraje de actividades	63
<b>Figura 3.1.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de cebolla blanca	65
<b>Figura 3.2.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de cebolla paiteña y pimiento	66
<b>Figura 3.3.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de col y zanahoria	67
<b>Figura 3.4.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de nabo chino	68
<b>Figura 3.5.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de vainita	69
<b>Figura 3.6.</b>	Cursograma analítico de la producción de cebolla blanca	70
<b>Figura 3.7.</b>	Cursograma analítico de la producción de cebolla paiteña	71
<b>Figura 3.8.</b>	Cursograma analítico de la producción de col	72
<b>Figura 3.9.</b>	Cursograma analítico de la producción de nabo chino	73
<b>Figura 3.10.</b>	Cursograma analítico de la producción de pimiento	74
<b>Figura 3.11.</b>	Cursograma analítico de la producción de vainita	75
<b>Figura 3.12.</b>	Cursograma analítico de la producción de zanahoria	76
<b>Figura 3.13.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de chuletas de cerdo	78
<b>Figura 3.14.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de cerdo	79
<b>Figura 3.15.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de pollo	80
<b>Figura 3.16.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de filetes de pollo	81

<b>Figura 3.17.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de presas de pollo	82
<b>Figura 3.18.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de res	83
<b>Figura 3.19.</b>	Cursograma sinóptico de la producción de filetes de lomo de res	84
<b>Figura 3.20.</b>	Cursograma analítico de la producción de chuletas de cerdo	85
<b>Figura 3.21.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	86
<b>Figura 3.22.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	87
<b>Figura 3.23.</b>	Cursograma analítico de la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	89
<b>Figura 3.24.</b>	Cursograma analítico de la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	91
<b>Figura 3.25.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	92
<b>Figura 3.26.</b>	Cursograma analítico de la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	93
<b>Figura 3.27.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	108
<b>Figura 3.28.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	110
<b>Figura 3.29.</b>	Cursograma analítico de la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	112
<b>Figura 3.30.</b>	Cursograma analítico de la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	114
<b>Figura 3.31.</b>	Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	116
<b>Figura 3.32.</b>	Cursograma analítico de la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	117
<b>Figura AI.1.</b>	Layout inicial de la planta de producción, escala 1:410	136
<b>Figura AI.2.</b>	Layout final de la planta de producción, escala 1:410	137
<b>Figura AIV.1.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de cebolla blanca	161

<b>Figura AIV.2.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de cebolla paitaña y pimiento	162
<b>Figura AIV.3.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de col y zanahoria	163
<b>Figura AIV.4.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de nabo chino	164
<b>Figura AIV.5.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de vainita	165
<b>Figura AIV.6.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de chuletas de cerdo	166
<b>Figura AIV.7.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	167
<b>Figura AIV.8.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	168
<b>Figura AIV.9.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	169
<b>Figura AIV.10.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	170
<b>Figura AIV.11.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	171
<b>Figura AIV.12.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	172
<b>Figura AV.1.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de cebolla blanca	174
<b>Figura AV.2.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de cebolla paitaña	175
<b>Figura AV.3.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de col	176
<b>Figura AV.4.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de nabo chino	177
<b>Figura AV.5.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de pimiento	178
<b>Figura AV.6.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de vainita	179
<b>Figura AV.7.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de zanahoria	180

<b>Figura AV.8.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de chuletas de cerdo	181
<b>Figura AV.9.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	182
<b>Figura AV.10.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	183
<b>Figura AV.11.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	184
<b>Figura AV.12.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	185
<b>Figura AV.13.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	186
<b>Figura AV.14.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	187
<b>Figura AVII.1.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de cerdo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	194
<b>Figura AVII.2.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	195
<b>Figura AVII.3.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de filetes de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	196
<b>Figura AVII.4.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de presas de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	197
<b>Figura AVII.5.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de res, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	198
<b>Figura AVII.6.</b>	Diagrama de recorrido de la producción de filetes de lomo de res, luego de la implementación del sistema de producción esbelta	199
<b>Figura AVIII.1.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	201

<b>Figura AVIII.2.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	202
<b>Figura AVIII.3.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	203
<b>Figura AVIII.4.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta	204
<b>Figura AVIII.5.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	205
<b>Figura AVIII.6.</b>	Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta	206
<b>Figura AIX.1.</b>	Fotografías del procesamiento de vegetales antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	207
<b>Figura AIX.2.</b>	Fotografías del procesamiento de cárnicos antes de la implementación del sistema de producción esbelta	208
<b>Figura AIX.3.</b>	Fotografías del procesamiento de cárnicos después de la implementación del sistema de producción esbelta	209
<b>Figura AIX.4.</b>	Fotografías de las bodegas antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	210
<b>Figura AIX.5.</b>	Fotografía de las pausas activas implementadas bajo la guía de los líderes de cada área	210

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Layouts de la planta de producción antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	135
<b>ANEXO II</b> Datos de tiempos observados en los procesos productivos estudiados	138
<b>ANEXO III</b> Justificación del tamaño de las muestras y ejemplos de los cálculos de indicadores de productividad	157
<b>ANEXO IV</b> Diagramas de recorrido de los procesos productivos antes de la implementación del sistema de producción esbelta	160
<b>ANEXO V</b> Diagramas hombre - máquina, o de actividades múltiples, antes de la implementación del sistema de producción esbelta	173
<b>ANEXO VI</b> Identificación de los flujos de valor de los procesos de producción	188
<b>ANEXO VII</b> Diagramas de recorrido de los procesos productivos después de la implementación del sistema de producción esbelta	193
<b>ANEXO VIII</b> Diagramas hombre - máquina, o de actividades múltiples, de los procesos productivos después de la implementación del sistema de producción esbelta	200
<b>ANEXO IX</b> Fotografías de la planta procesadora de alimentos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta	207
<b>ANEXO X</b> Autorizaciones para la realización del presente trabajo de tesis por parte de los directivos de la empresa Mayflower Buffalos S.A.	211



## RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la productividad de la planta de producción de MB Mayflower Buffalos S.A. para identificar los procesos factibles de mejoramiento e implantar en ellos un sistema de producción esbelta para aumentar la productividad, sin comprometer la calidad de los productos ni el bienestar del personal.

Para esto se levantó el plano a escala de las instalaciones y se registraron las actividades de cada proceso analizado. Con base en estos datos se elaboraron los cursogramas sinópticos y diagramas de recorrido para realizar la medición del trabajo por cronometraje. Se levantaron los cursogramas analíticos y diagramas hombre - máquina para conocer los tiempos de ciclo. Se calcularon los tiempos básicos y estándar de producción, con la calificación del ritmo de trabajo y estimación de tolerancias, y la productividad de la mano de obra.

Se calcularon las eficiencias del ciclo de los procesos con la identificación de las actividades que generan valor al producto, según el cliente, y los tiempos de ciclo. La aplicación de los dos primeros principios de producción esbelta permitió identificar seis procesos de producción de cárnicos como factibles de mejoramiento. Con la aplicación de los tres principios siguientes se mejoró la productividad al reorganizar las instalaciones, adquirir nuevos equipos y reasignar al personal.

Se identificaron como mudas tipo II al transporte de materiales y esperas en el procesamiento de cárnicos. La distribución del espacio físico fue la principal limitante en la productividad. La implementación del sistema de producción esbelta disminuyó los tiempos de ciclo de los procesos hasta un 23,92 %, en la producción de corte chaufa de res, mientras que las eficiencias de los ciclos de proceso aumentaron hasta un 71,00 %, en la producción de corte chaufa de pollo, y la productividad semanal de la mano de obra en el procesamiento de cárnicos aumentó un 21,01 %, al aumentar las cantidades de materias primas procesadas y productos obtenidos un 35,71 % y 33,69 %, respectivamente.

Estas mejoras no requirieron de contratación de personal adicional, únicamente se incurrieron en gastos fijos de reubicación del cuarto frío donde se realiza la marinación de las carnes y la adquisición e instalación de una nueva desvanadora, sierra eléctrica y compresor de aire para el área de enfriamiento. No se afectaron las condiciones de trabajo de los operarios al implementar pausas activas para prevenir posibles lesiones osteomusculares.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento en ventas de la MB Mayflower Buffalos S.A. en los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, ha sido el 3,16 %, 6,68 %, 9,86 %, 10,01 %, 17,35 %, 22,89 % y 28,42 %, respectivamente, y se tiene proyectado un aumento del 35 % para el 2015. Las instalaciones eran arrendadas y se presentaron problemas en la producción. Los costos por el pago de horas extras sobrepasaron el 48,34 % de los valores previstos en el año 2014 y los retrasos en la producción no permitieron cubrir la demanda de los clientes en un 7,55 % en los locales de Mayflower, un 6,52 % en los locales de Buffalos y un 3,66 % entre los locales de Arroz y Yapa y Chimichori (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015b).

Debido a lo mencionado la empresa a comprar las instalaciones en diciembre del 2014 con el fin de invertir en las adecuaciones necesarias para mejorar las condiciones de trabajo del personal y aumentar la productividad de la planta procesadora de alimentos. Se emplean los métodos de la ingeniería industrial para evaluar la productividad actual de la planta procesadora de alimentos, identificar los procesos factibles de mejoramiento e implementar en ellos un sistema de producción esbelta que permitirá aumentar la productividad sin comprometer la calidad de los productos y el bienestar de los trabajadores.

La evaluación de la productividad se realizó sobre la base de la medición del trabajo y el estudio de métodos, técnicas del estudio del trabajo que se utilizan para examinar sistemáticamente los métodos del trabajo humano, alcanzar una utilización más eficaz de los recursos involucrados y establecer normas de desempeño respecto a las actividades que se ejecutan y se definen bajo estándares (Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, pp. 9, 19).

Para la identificación de los procesos factibles de mejoramiento fue necesario documentarlos. Las técnicas de registro deben garantizar la obtención de documentos cuya interpretación sea única y de fácil comprensión. La simbología estándar actualmente utilizada en el registro de actividades del trabajo fue desarrollada por la Asociación de Ingenieros Mecánicos de Estados Unidos de

América. Los cursogramas sinópticos muestran la secuencia de las operaciones e inspecciones principales de los procesos para tener una visión preliminar de los eventos. Los diagramas de recorrido hacen uso del layout de planta para trazar los flujos de materiales y personas que intervienen en los procesos productivos y permiten tener una visión bidimensional de las actividades en planta. Los cursogramas analíticos muestran en detalle la secuencia seguida por los distintos elementos del proceso y señalan todos los eventos sujetos a examen. Los diagramas hombre - máquina muestran gráficamente la ejecución de actividades simultáneas de operarios y máquinas bajo una escala común de tiempo (Baca-Urbina, Cruz, Cristóbal, Baca-Cruz, Gutiérrez, Pacheco, Rivera, Rivera y Obregón, 2014, pp. 178-181; Kanawaty, 1996, pp. 86, 91, 99, 118, 122, 123; Peralta, Alarcón y Rocha, 2014, pp. 53, 66, 73, 120).

El mejoramiento de la productividad de los procesos se realizó con base en los cinco principios del sistema de producción esbelta: especificar el valor de los productos desde el punto de vista del cliente final, identificar el flujo de valor y eliminar el desperdicio, agregar valor en el proceso mediante flujos continuos en la producción, organizar el proceso de tal forma que la producción sea halada por la demanda del cliente y buscar la perfección. Este sistema se enfoca a la identificación de actividades que no agregan valor en la obtención de productos para su eliminación o disminución sistemática y permite concentrar los esfuerzos en actividades con valor agregado para el cliente a través de procesos flexibles y continuos (Ballesteros, 2008, pp. 223, 224, 26; Cuatrecasas, 2006, p. 1; Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 1; González, 2007, p. 86; Gutiérrez, 2010, p. 96; Lefcovich, 2009, pp. 5, 7; Pineda, 2014; Sánchez, L., Blanco, B. y Pérez, 2013, p. 15; Womack y Jones, 2003, p. 10).

Para el mejoramiento continuo, quinto principio de búsqueda de la perfección, las 5 S constituyen una metodología japonesa con un enfoque a la calidad, que se utiliza para conseguir áreas de trabajo que facilitan el control visual y una operación esbelta. Constituyen la base para la mejora continua (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 9; Ballesteros, 2008, p. 227).

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

En cualquier proceso en el cual interviene el hombre es necesario ser eficientes. El estudio del trabajo proporciona varias técnicas para alcanzar aumentos en la productividad (Escalona, 2009, p. 8).

La productividad es el rendimiento de los recursos que se emplean en la obtención de los objetivos establecidos por las empresas. Se define por la relación entre la producción (bienes y/o servicios) y los insumos o recursos invertidos (capital, horas hombre, etc.). Varios factores pueden afectar la productividad de las empresas. Los factores externos están fuera del control del empleador, como la disponibilidad de mano de obra y materias primas, políticas estatales, etc. Sin embargo, otros factores pueden ser manejados por el empleador como son maquinarias, energía, capital en general, etc. (Heizer y Render, 2007, p. 18; Kanawaty, 1996, pp. 4-6; Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.13).

El objetivo en la industria manufacturera es la fabricación de productos con menores costos de producción mediante la utilización eficiente de los recursos necesarios en los procesos y sobre estos recursos el ingeniero industrial direcciona su conocimiento y esfuerzos para aumentar la productividad en busca de la reducción de los costos de producción (García, 2005, p. 10).

Los índices de productividad se definen en unidades de producción por unidad de recurso empleado, debido a esto hay tres alternativas teóricas para incrementarlos: aumentar la producción sin variar la cantidad de los recursos empleados, mantener la producción pero reducir la cantidad de los recursos utilizados, incrementar la producción y disminuir las cantidades de los recursos empleados de forma simultánea y proporcional (García, 2005, p. 10).

Se entiende por estudio del trabajo al conjunto de técnicas, particularmente el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utiliza para examinar de forma

sistemática los métodos del trabajo humano en todos sus contextos. Como resultado de la investigación de todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, es posible lograr una utilización más eficaz de los recursos involucrados y establecer normas de desempeño respecto a las actividades que se ejecutan y que están definidas bajo estándares (Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, pp. 9, 19).

El estudio del trabajo sigue un procedimiento sistemático que permite aumentar la productividad ya que investiga tanto los problemas como sus posibles soluciones. Resulta en costos relativamente bajos ya que generalmente el aumento de la productividad viene asociado a una reorganización del trabajo mas no a fuertes inversiones de capital. El principal objetivo del estudio del trabajo es atender las necesidades de productividad, la calidad en la producción de bienes y/o servicios y la eficiencia operativa de las organizaciones. Un buen estudio / diseño debe nivelar las necesidades empresariales con las de sus colaboradores, sobre todo en su interés, compromiso, reto y satisfacción que encuentra al realizar su trabajo (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 175, 176; Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, pp. 17, 18).

El estudio del trabajo se fundamenta en dos corrientes filosóficas, la administración científica y el enfoque sociotécnico, para explicar la forma mediante la cual las empresas pueden conseguir la productividad, alcanzar la motivación del trabajador y la manera de abarcar el estudio y diseño del trabajo. Los máximos representantes de la administración científica son Frederick W. Taylor y los esposos Gilbreth que, a inicios del siglo XX, evidenciaron la importancia de medir el desempeño del trabajo y analizar meticulosamente los métodos para llevarlo a cabo. Por su parte el enfoque sociotécnico considera que los factores más importantes son las aspiraciones personales de los trabajadores así como sus necesidades psicológicas (Baca-Urbina et al, 2014, p. 176).

### **1.1.2 RAMAS DEL ESTUDIO DEL TRABAJO**

El estudio del trabajo se divide en las dos ramas siguientes (Escalona, 2009, p. 8):

### **1.1.2.1 Estudio de tiempos**

Corresponde al análisis científico y minucioso de los métodos utilizados para realizar un trabajo, mediante el registro de tiempos y ritmos de trabajo observados, a fin de determinar los tiempos estándar necesarios para la ejecución de las tareas bajo normas preestablecidas (Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, p. 273).

### **1.1.2.2 Estudio de movimientos**

Consiste en subdividir el trabajo en elementos lo más fundamentales posibles para estudiarlos independientemente y en sus relaciones mutuas. Una vez conocidos los tiempos que absorben en ellos es posible crear métodos que disminuyan al mínimo el desperdicio de la mano de obra (Escalona, 2009, p. 8).

## **1.1.3 TÉCNICAS DEL ESTUDIO DEL TRABAJO**

Bajo la filosofía de la administración científica, según lo señala la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aplica dos técnicas para llevar a cabo el estudio del trabajo que son (Baca-Urbina et al, 2014, p. 176; Kanawaty, 1996, p. 19):

### **1.1.3.1 Estudio de métodos**

Es un conjunto de procedimientos sistemáticos que, mediante el registro y examen crítico de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, permiten someter a todas las operaciones de trabajo a un concienzudo escrutinio que permite conocer en detalle la manera en que un trabajo se desarrolla. Para ello es necesario la recopilación y organización de datos e información principal del proceso, con lo cual es posible determinar sistemáticamente mejoras al método de trabajo analizado. Su objetivo es idear y aplicar métodos más sencillos, eficaces y lógicos para la realización de las actividades y la consecuente reducción de tiempos y costos, de esta forma se logra un incremento en las utilidades de la empresa (Baca-

Urbina et al, 2014, p. 176; Escalona, 2009, p. 8; Chacón y Cordero, 2009, p. 5).

### **1.1.3.2 Medición del trabajo**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten conocer el tiempo que tarda un trabajador, con la competencia necesaria, en realizar sus actividades laborales de acuerdo a un procedimiento establecido, es decir determinar los estándares de tiempo de duración del trabajo. Por esta razón las empresas utilizan estos patrones de tiempo para la evaluación del desempeño del trabajador, el pronóstico, planeación y control de las cargas de trabajo, entre otras. Requiere de un procedimiento de selección, registro, examinación, medición, compilación y definición de las tareas que realiza el trabajador (Baca-Urbina et al, 2014, p. 176; Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, pp. 448, 255).

## **1.1.4 DISCIPLINAS ADICIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PROPICIAN LA PRODUCTIVIDAD**

### **1.1.4.1 Ergonomía**

Es la disciplina que examina las limitaciones fisiológicas, psicológicas y de comportamiento de los individuos, así como sus capacidades, para desarrollar diseños adecuados de los lugares y herramientas de trabajo acordes a dichas características. Permite encontrar una armonía entre las posibilidades físicas de la máquina y las propiedades fisiológicas, psicológicas y físicas de los trabajadores en su trabajo para lo cual considera 2 componentes. La parte humana se relaciona con la descripción de las características físicas y fisiológicas de los individuos en términos de necesidades, medidas, capacidades, reacciones y limitaciones. La parte técnica, conocida como ergonomía aplicada, se refiere a aspectos prácticos de optimización de las herramientas, máquinas y puestos de trabajo (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 176, 340; Escalona, 2009, p. 10; Kanawaty, 1996, pp. 63, 64).



#### **1.1.4.2 Higiene y seguridad industrial**

La productividad no puede dejar de lado condiciones del sitio de trabajo. Un ambiente laboral seguro e higiénico se traduce en oportunidades de mejora para los empleados por los estándares que tendrán para comparar su rendimiento, mejorarán sus condiciones de trabajo, los equipos y las herramientas empleados serán los adecuados, existirá mayor seguridad, orden, limpieza y será mayor la moral, motivación y productividad (Baca-Urbina et al, 2014, p. 176).

Además de los costos directos por accidentes y enfermedades profesionales, y la afectación al trabajador y su familia, deben considerarse los costos debido al ausentismo de los trabajadores y retrasos en la producción. Por esto debe haber el compromiso de los empleadores en la gestión de seguridad e higiene en el trabajo más allá de los requerimientos legales de cada país, adopción de la política de seguridad y salud del trabajo, generar el interés e involucramiento de los empleados por medio de capacitaciones e información de los riesgos propios de su trabajo. Todo esto con un enfoque proactivo que permitirá reducir costos con la prevención antes de acciones correctivas. De ahí la importancia de la identificación y priorización de los riesgos laborales en cada industria (Kanawaty, 1996, pp. 35-43).

## **1.2 ESTUDIO DE MÉTODOS**

También conocido como análisis de métodos, es un conjunto de procedimientos sistemáticos que, mediante el registro y examen crítico de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, permiten someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo escrutinio. El objetivo de este estudio es idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces, eliminar movimientos innecesarios y reducir los costos con la introducción de mejoras que faciliten la realización del trabajo y que permitirán que este se haga en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida. De esta forma se logra un incremento en las utilidades de la empresa (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 176, 177; Chacón y Cordero, 2009, p. 5; Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, p. 252).

La observación permite conocer en detalle la manera en que un trabajo se desarrolla, para ello es necesario la recopilación y organización de datos e información principal del proceso. Con esto se puede determinar sistemáticamente mejoras al método de trabajo analizado. Estas mejoras se traducen en formas más eficaces, simples y lógicas de realización de las actividades y la consecuente reducción de su duración y de costos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 176).

### **1.2.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA EL ESTUDIO DE MÉTODOS**

Para el desarrollo del estudio del trabajo es necesario seguir ocho etapas que constituyen el procedimiento básico para el estudio del trabajo. Las etapas 1, 2 y 3 no pueden ser evitadas (Escalona, 2009, pp. 8-9; Kanawaty, 1996, p. 21).

#### **1.2.1.1 Selección del trabajo a estudiar**

Dado que toda actividad de trabajo puede ser objeto de investigación en búsqueda de mejorarla, es necesario centrar la atención en trabajos que constituyen operaciones fundamentales y definir sus límites. Es necesario asignar prioridades para abarcar las tareas más urgentes y que resultarán en un mayor impacto para la empresa. Para esto es necesario tomar en cuenta (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, pp. 77, 78):

- Consideraciones económicas: sobresalen las operaciones que generan mayores beneficios, costos y/o desechos; las actividades que tardan más tiempo, requieren un empleo mayor de mano de obra y/o necesitan el transporte de materiales por largos trayectos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, p. 78).
- Consideraciones tecnológicas: serán un factor importante en la selección de las actividades a estudiar para justificar y elegir entre las tecnologías más avanzadas (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, pp. 80, 81).

- Consideraciones humanas: las actividades monótonas y repetitivas, así como aquellas que pueden constituir condiciones inseguras, deben ser tratadas para buscar posibles mejoras en las condiciones de trabajo (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, p. 81).

Es importante recurrir a herramientas de evaluación como el análisis de Pareto o análisis ABC y/o matrices de priorización con atributos múltiples. Estas herramientas proporcionan un listado de problemas o sus causas y la periodicidad de ocurrencia en la empresa. Las condiciones de alta prioridad para ser resueltas se consideran situaciones clase A y generalmente representan el 20 % de los problemas encontrados, las que poseen una prioridad media se consideran situaciones clase B y aquellas que pueden ser pospuestas para una resolución posterior se consideran situaciones clase C (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, p. 77; Sullivan, Wicks y Luxhoj, 2004, p. 618).

Una vez seleccionado y definidos los límites del trabajo que será analizado, se procede a conocer su método actual al identificar los detalles de la ejecución del proceso vigente a profundidad. Para ello es necesario: entender en qué consiste la operación por medio de la observación directa (se verificará la posibilidad de dividir el trabajo en porciones menores y se conocerá su secuencia) y conocer cómo es el lugar donde se desarrollan las tareas, las personas que pueden y/o deben realizarlas, los materiales, las herramientas y los equipos empleados (Baca-Urbina et al, 2014, p. 177; Kanawaty, 1996, pp. 77, 78, 81).

#### **1.2.1.2 Registro de hechos**

Todos los datos e información relevante recolectada sobre la tarea o proceso analizado deben ser registrados con el uso de técnicas apropiadas para su posterior análisis. El éxito del estudio depende de la exactitud de los registros por lo que estos deben ser claros y concisos. Entre los medios más adecuados para el registro está la escritura en papel, uso de diagramas de flujo, gráficos, fotografías y videos (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 177, 178; Kanawaty, 1996, pp. 77, 83).

### 1.2.1.3 Examinación y análisis de los hechos registrados

El examen debe realizarse con espíritu crítico, sin subjetividades. Es necesario hacer cuestionamientos que justifiquen lo que se hace según el propósito de las actividades, el lugar donde se realizan, el orden de ejecución, el personal que las ejecuta y los medios utilizados. Cada actividad se somete a un interrogatorio cuyas preguntas secuenciales buscan indagar el motivo y uso de la actividad, el lugar donde se ejecuta, su secuencia, el personal que la desarrolla y la forma en que se ejecuta. El interrogatorio está conformado por preguntas preliminares y de fondo que tratan de restar subjetividad al análisis y encontrar nuevos y mejores métodos de trabajo mediante la eliminación, combinación, nueva secuenciación y/o simplificación de las actividades. Las preguntas se desarrollan en la secuencia, presentada en las Tablas 1.1 y 1.2 y deben aplicarse cada vez que se inicia un estudio de métodos ya que constituyen la condición básica para obtener buenos resultados (Baca-Urbina et al, 2014, p. 183, 184; Kanawaty, 1996, pp. 77, 96-99).

**Tabla 1.1.** Preguntas preliminares en el examen de hechos registrados

VARIABLES	PREGUNTAS
Propósito	¿Para qué se hace? ¿Por qué se hace?
Lugar	¿Dónde se realizan las tareas? ¿Por qué se hace en ese lugar?
Secuencia	¿Cuándo se hace? ¿Por qué se hace en ese momento?
Persona	¿Quién es el encargado de ejecutar el trabajo? ¿Por qué lo hace esa persona?
Medios	¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo?

**Tabla 1.2.** Preguntas de fondo en el examen de hechos registrados

VARIABLES	PREGUNTAS
Propósito	¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué debería hacerse?
Lugar	¿En qué otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse?
Secuencia	¿Cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?
Persona	¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?
Medios	¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse?

#### **1.2.1.4 Concepción de métodos perfeccionados**

Las respuestas a las preguntas anteriores permiten tomar las acciones siguientes respecto a las actividades analizadas (García, 2005, p. 38):

- Eliminar: si no puedan contestarse las preguntas ¿Para qué? y ¿Por qué?
- Reorganizar: cuando se realizan cambios.
- Cambiar: al responder las preguntas ¿Cuándo?, ¿En dónde? y ¿Quién?, es posible encontrar una secuencia lógica, lugar y/o personal más adecuados.
- Simplificar: al responder la pregunta ¿Cómo se hace?, podrán hallarse formas más sencillas y rápidas de ejecutar las actividades restantes.

Las alternativas deben considerar primero los menores costos por lo que se deben diseñar soluciones novedosas y no tan costosas, sin dejar a un lado la ética. La colaboración de dirigentes, supervisores, otros especialistas y los trabajadores, incrementa las alternativas. Deben contemplarse los posibles efectos negativos como puede ser la reducción o reubicación del personal. Por tanto es necesario hacer un análisis de los incrementos en costos y beneficios esperados con los métodos propuestos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 184; Escalona, 2009, p. 9; Kanawaty, 1996, pp. 77, 107).

#### **1.2.1.5 Evaluación de los diversos métodos**

Los nuevos métodos se registran a fin de efectuar comparaciones con los métodos actuales y observar tangiblemente las mejoras que pueden alcanzarse con su aplicación. Será necesario el establecimiento de un tiempo estándar y un análisis costo - beneficio de las alternativas. Puede ser necesario un análisis de variables cualitativas por lo que se puede recurrir a técnicas pseudo cuantitativas (Baca-Urbina et al, 2014, p. 184; Kanawaty, 1996, pp. 77, 161; Sullivan et al, 2004, p. 618).

#### **1.2.1.6 Definición del método perfeccionado**

Si bien es posible dar a conocer el nuevo método verbalmente a todas las personas involucradas, es recomendable establecer por escrito los procedimientos de ejecución mediante hojas de instrucciones para los trabajadores. La OIT recomienda elaborar documentos a modo de manuales de operación que muestren el detalle del procedimiento y que servirán para entrenamientos / capacitación de los operarios y podrán ser empleados como referencia en el futuro. Debe especificarse las herramientas y equipos empleados, condiciones generales de trabajo y el método a ser aplicado, incluir un diagrama de la distribución del área del trabajo y un croquis de las herramientas y dispositivos especiales empleados (Baca-Urbina et al, 2014, p. 185; Kanawaty, 1996, pp. 77, 163, 164).

#### **1.2.1.7 Implantación del método perfeccionado**

La resistencia al cambio hace que el convencer al trabajador sobre las bondades del nuevo método sea un factor crítico para su implementación. El adiestramiento consiste en idear la forma de que el trabajador haga conciencia y cree el hábito de trabajar conforme los nuevos métodos. El personal será afectado de forma positiva o negativa y existirá una disminución inicial en la productividad de los trabajadores. Si existe desmotivación, los operarios intentarán regresar a sus antiguas formas de trabajo por lo cual esta etapa es fuente de muchos fracasos y se requiere una supervisión total del ingeniero a cargo de la implementación de los nuevos métodos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 185; García, 2005, p. 39; Kanawaty, 1996, pp. 77, 164).

#### **1.2.1.8 Control en la aplicación del nuevo método**

La sustitución de un método necesita ser planificada y controlada para evitar el regreso a la utilización del método anterior. Los cambios tendrán un efecto negativo inicial en la productividad mientras los operarios se adaptan a los nuevos métodos, adquieran la velocidad y destreza necesaria por lo que debe tenerse en cuenta la

curva de aprendizaje. Por ello se debe evitar la sustitución en medio de pedidos urgentes o temporadas de alta producción y posponerla a fechas en las que exista una holgura de tiempo para la adaptación al nuevo método. El mecanismo de control para sustituciones sencillas puede ser un registro diario de actividades pero si los cambios son complejos será necesaria una planificación y control técnicos de la producción. Este control se garantiza que el nuevo método se mantenga en uso y que la aplicación de la nueva norma siga los resultados esperados (Baca-Urbina et al, 2014, p. 185; García, 2005, p. 39; Kanawaty, 1996, pp. 77, 169, 170).

## **1.2.2 SIMBOLOGÍA, GRÁFICOS Y DIAGRAMAS TÉCNICOS PARA EL REGISTRO DE LOS MÉTODOS DE TRABAJO**







En el registro del método de trabajo se anota el modo en el que se realizan las actividades. La descripción de los métodos de trabajo trata de reflejar lo observado por escrito y es necesario utilizar técnicas de registro que permitan anotar perfecta y sistemáticamente todas las actividades desarrolladas en un trabajo de tal forma llegar a una interpretación única y de fácil comprensión por cualquier especialista del tema sin importar su lugar de procedencia. Estas técnicas comprenden el empleo de símbolos normalizados e instrumentos gráficos estandarizados que permiten documentar por escrito las actividades ejecutadas en un método de trabajo. La simbología estándar y los diagramas de mayor aplicación se describen en las secciones siguientes (Baca-Urbina et al, 2014, p. 178; Peralta et al, 2014, pp. 52, 53).

### **1.2.2.1 Simbología estándar**

La simbología estándar utilizada fue desarrollada por la Asociación de Ingenieros Mecánicos de Estados Unidos de América (ASME, por sus siglas en ingles). Está integrada por 5 símbolos gráficos estándar con los cuales se elaboran los diagramas de flujo de procesos y otros diagramas complementarios. Estos se

resumen en la Tabla 1.3 y deben presentarse en la secuencia señalada (Baca-Urbina et al, 2014, p. 178; Kanawaty, 1996, pp. 84-87; Peralta et al, 2014, p. 53).

**Tabla 1.3.** Simbología estándar para la elaboración de diagramas de procesos

ACTIVIDAD	SÍMBOLO ASME	DETALLE
Operación o acción		Actividades principales del proceso debido a que los materiales u objetos se modifican o cambian sus características físicas, químicas, mecánicas, estéticas o dimensionales, así como la unión de piezas para la conformación de elementos mayores. Se aplica a procedimientos para transferencia de información y planeación.
Transporte		Movimiento de personas, materiales, equipos y/o información al ser trasladados sin efectuarse trabajos adicionales. No considera movimientos en los que no hay desplazamientos.
Inspección		Actividades de verificación o evaluación intencional, en calidad o cantidad, de materiales o productos al término de una operación, transporte, demora o almacenamiento. Se extiende a lecturas de indicadores o información impresa. Dado que no añade valor al producto, su existencia es muy crítica.
Depósito provisional, demora, espera o retraso		Presencia de interferencias en el flujo del proceso, trabajo en suspenso o abandono momentáneo, o en el transporte de materiales que imposibilita la continuación de las operaciones siguientes.
Almacenamiento		Depósito de materiales, productos o información que ocurre de manera intencional en un área específica, idealmente almacenes, para someterlos a otra operación.
Actividades combinadas		Ejecución simultánea de dos de las actividades mencionada previamente, la más común operación-inspección.

### 1.2.2.2 Diagramas para la representación de secuencias de operaciones

- Cursograma sinóptico del proceso o diagrama de operaciones:

Muestra la secuencia de las operaciones e inspecciones principales, los componentes de los procesos y los materiales de manera general y resumida por lo que son requeridos únicamente los símbolos estándar de operación e inspección a los que se añade una breve nota sobre su naturaleza y su tiempo, en caso de ser conocido. Permite visualizar un panorama preliminar sobre el flujo de materiales en el proceso de manufactura. En el extremo derecho del diagrama se coloca la pieza o elemento principal motivo del análisis y a la izquierda se registran todos los



componentes necesarios para fabricarlo, todos estos con una línea vertical donde se señalan los ensambles que se intersectan con líneas secundarias horizontales. La numeración inicia con las actividades que se encuentran sobre la línea principal al extremo derecho, de arriba a abajo hasta encontrar una nueva conexión de un elemento de ensamble a la línea principal donde continúa con la línea vertical de dicho elemento. Las operaciones poseen una numeración independiente a la de las inspecciones (Baca-Urbina et al, 2014, p. 178; Heizer y Render, 2007, p. 223; Kanawaty, 1996, pp. 86-91; Peralta et al, 2014, p. 73).

- Cursograma analítico o diagrama de flujo de proceso:

Muestra en detalle la secuencia seguida por los distintos elementos del proceso y señala todos los eventos sujetos a examen. Posee un listado de descripciones de cada etapa del trabajo para ser registrada con el símbolo estándar correspondiente de cada actividad y estas se unen mediante una línea que traza la secuencia del proceso. La simbología empleada debe presentarse en orden específico: operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenajes. Adicionalmente posee columnas para registrar el tiempo de duración de las demoras y almacenamientos, las distancias recorridas en caso de transportes y un apartado para observaciones del analista. Existen tres versiones de este diagrama según se analice a los operarios, materiales o los equipos. Si las distancias de los movimientos son menores a 1,50 m no se registran salvo que sean significativas por su cantidad o periodicidad y esto pueda provocar un severo impacto en los costos (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 178, 179; Kanawaty, 1996, pp. 91-96, 118; Peralta et al, 2014, pp. 54, 55).

### **1.2.2.3 Diagramas con escalas de tiempo**

- Diagrama de actividades múltiples o diagrama hombre - máquina:

Es una representación gráfica de la ejecución de actividades simultáneas de varios elementos del proceso, operarios y máquinas, bajo una escala común de tiempo

que muestra sus correlaciones. Hace uso de rectángulos coloreados en negro para representar un elemento ocupado de manera independiente, en gris en caso de que la actividad se realice de manera simultánea con otro elemento del proceso, y en blanco cuando el elemento analizado no se encuentra activo. Su empleo permite identificar tiempos de inactividad y manejar alternativas para la asignación de los recursos ociosos a otras actividades para maximizar su utilización lo que ayuda en la eliminación de costos ocultos en sistemas productivos con actividades múltiples. Pueden presentarse 4 casos de análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurren de forma simultánea dados entre un operario y un equipo, un grupo de trabajadores y una máquina, un operario y un grupo de máquinas, y una cuadrilla de trabajadores y un grupo de equipos (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 180, 181; Kanawaty, 1996, pp. 122, 123; Peralta et al, 2014, pp. 120-125).

- Diagrama bimanual o diagrama de proceso del operario:

Es un cursograma analítico con mayor detalle para el estudio de los movimientos que realiza el operario con ambas manos para efectuar su trabajo, siempre que se ejecuten en un espacio físico de trabajo relativamente pequeño. También puede utilizarse para el estudio de movimientos de otras partes del cuerpo como piernas, tronco u ojos y la elaboración del diagrama es la misma. Se recomienda su empleo en operaciones de ensamble y trabajos de oficina y se justifica en actividades rutinarias, de ciclo corto y con al menos 70 % u 80 % de movimientos manuales y registra las operaciones repetitivas en un ciclo de trabajo. Requiere columnas para registrar los movimientos independientes para cada parte del cuerpo sometida a estudio y necesita una escala de tiempo debido al detalle de los movimientos registrado. Con este diagrama se realiza un estudio de micromovimientos o registro detallado de todos los movimientos que realiza el operario con sus manos durante la ejecución de las actividades en su estación de trabajo (Baca-Urbina et al, 2014, p. 179; Kanawaty, 1996, pp. 152-155; Peralta et al, 2014, pp. 102-106).

La simbología empleada es la indicada en la Tabla 1.3 pero se observan las siguientes particularidades. El símbolo de operación se aplica a acciones de agarrar, soltar, sujetar, utilizar, etc. herramientas, piezas o materiales. El símbolo

de transporte hace referencia a movimientos de extremidades desde o hasta el lugar de trabajo, herramientas, materiales, etc. La espera o demora se refiere al tiempo en el que una mano o extremidad no trabaja. El término almacenamiento no es empleado ya que en este caso el símbolo de almacenamiento hace mención a sostenimiento y se aplica al acto de sostener herramientas, piezas o materiales mientras no se ejecuta un trabajo. Por último no se contempla la inspección ya que mientras se inspecciona un objeto, los movimientos de las manos se registran como actividades de operación (Kanawaty, 1996, p. 152).

#### **1.2.2.4 Diagramas para la representación de flujos, movimientos y/o desplazamientos**

- Diagrama de recorrido:

Es un complemento del cursograma analítico. Hace uso del layout de planta para trazar los flujos de materiales, equipos y personas que intervienen en un proceso productivo analizado. Da una visión bidimensional de la distribución del área de trabajo donde se ejecutan las actividades que componen el proceso, los flujos y las distancias recorridas. Permite visualizar claramente los transportes, demoras y almacenamientos por lo que ayuda a definir estrategias y acciones para disminuir tiempos y evitar recorridos innecesarios, generalmente con alternativas en la distribución de las áreas y la localización de maquinarias o herramientas. Es recomendable el empleo del diagrama a escala, pero no indispensable, e identificar las actividades con los respectivos símbolos y números que se registran en el cursograma sinóptico del proceso. Se hace uso de colores diferentes para mostrar el recorrido de más de un objeto, información o servicio, y pequeñas flechas en el sentido de flujo a lo largo de las líneas de recorrido (Baca-Urbina et al, 2014, p.181; Hodson, 1996, p. 317; Kanawaty, 1996, pp. 99, 100; Peralta et al, 2014, pp. 66, 67).

- Diagrama de hilos

Es un diagrama similar al de recorrido que permite observar la interrelación entre las distintas áreas del proceso pero los recorridos se trazan con el tendido de una

o varias hebras de hilos que facilitan al analista determinar visualmente las áreas con mayor relación. Es indispensable que este diagrama se trace a escala ya que las longitudes de los hilos se emplean para medir las distancias. Este diagrama es especialmente utilizado en los diseños preliminares de layouts y estaciones de trabajo debido a que su información permite identificar los espacios que deberían situarse próximos y cuales evitar (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 181-183; Kanawaty, 1996, pp. 111, 112).

### **1.3 MEDICIÓN DEL TRABAJO**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten conocer el tiempo que tarda un trabajador, con la competencia necesaria, en realizar sus actividades laborales de acuerdo a un procedimiento establecido. Requiere de un procedimiento de selección, registro, examinación, medición, compilación y definición de las tareas que realiza el trabajador. La determinación de tiempos improductivos se realiza con base a los primeros cuatro pasos del procedimiento. A diferencia del estudio de métodos, que busca principalmente la eliminación de movimientos innecesarios, la medición del trabajo persigue la eliminación y/o reducción del tiempo improductivo. Este tiempo de inactividad, o tiempo ocioso, es malgastado consciente o inconscientemente por los trabajadores (Baca-Urbina et al, 2014, p. 186; Escalona, 2009, p. 8; Kanawaty, 1996, pp. 252, 448, 255).

Para ello es necesario crear normas o estándares de tiempo que consideren holguras en la duración de las actividades debidas a retrasos inevitables, mediante la observación directa de los trabajadores, el uso de la estadística y/o los tiempos predeterminados. Estos patrones de tiempo se utilizan para evaluar el desempeño de los trabajadores, pronosticar, planear y controlar la producción, crear presupuestos, controlar los costos de mano de obra y fijar políticas de salarios e incentivos, distribuir el trabajo, determinar el número de máquinas que un operario puede atender, comparar métodos alternativos de trabajo, entre otros. (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 176, 186; Kanawaty, 1996, p. 254).

### **1.3.1 MEDICIÓN DIRECTA CON CRONÓMETRO**

Corresponde a la técnica básica y principal en el estudio de tiempos. Con el registro de los tiempos de ejecución de las actividades y los ritmos de trabajo de los empleados, se determinan los tiempos estándar que deben tardar las tareas bajo normas establecidas. A más del cronómetro se puede hacer uso de cámaras de video y software especializado para medir tiempos. Los pasos a seguir son (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, p. 254):

#### **1.3.1.1 Selección del trabajo para su estudio**

La selección será motivada por la instalación de nuevos métodos de trabajo, cambios en las especificaciones del trabajo o tipos de producto, presencia de cuellos de botella, quejas por parte de los trabajadores acerca de los estándares de tiempos establecidos, etc. Cabe recalcar que es necesario definir y estandarizar los métodos de trabajo antes de iniciar cualquier medición de tiempos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, pp. 289, 290).

#### **1.3.1.2 Selección de un operario calificado**

Un operario calificado tiene los conocimientos, destrezas y demás cualidades requeridas para desarrollar un trabajo en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y seguridad por lo tanto realiza sus actividades en forma consistente y a un ritmo normal. Es necesario diferenciar al operario calificado del empleado representativo ya que este último simplemente presenta un desempeño y competencia promedio a la del resto de sus compañeros. Inicialmente se puede recurrir a los supervisores de producción y a los representantes de los trabajadores para que sugieran a un operario para empezar con la medición de tiempos (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, p. 291).

### **1.3.1.3 Análisis del trabajo**

En esta etapa se deben conocer las actividades que componen la tarea que será estudiada. Por esta razón es necesario haber identificado todas las actividades con el estudio de métodos y tener los procedimientos estandarizados de su ejecución, también se debe incluir el área de trabajo, los insumos y materiales y los equipos y/o herramientas empleadas (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187).

### **1.3.1.4 Segmentación del trabajo en elementos menores y delimitación**

Las tareas se descomponen en elementos menores para facilitar la observación, medición de tiempos y su análisis. La tarea estará definida en un ciclo de trabajo constituido por la sucesión de sus elementos menores. De esta forma es posible reconocer y separar actividades improductivas, identificar condiciones que puedan ocasionar fatiga a los trabajadores, intervalos de tiempo para realizar pequeñas pausas de descansos, entre otros. El comienzo y fin de los elementos menores deben ser de fácil identificación de tal forma que sean reconocidos inmediatamente durante la medición de tiempos. Es necesario separar los elementos mecánicos de los manuales. Los elementos que no están presentes en todos los ciclos de trabajo son cronometrados a parte para ser interpretados después como holguras para la determinación del tiempo estándar (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, pp. 293, 296, 297-299).

### **1.3.1.5 Desarrollo de mediciones de prueba y ejecución de una muestra inicial**

La muestra inicial sirve de práctica al analista y permite definir algunos parámetros necesarios para establecer el número de observaciones requerido para el estudio. Su utilidad también está en permitir a los trabajadores acostumbrarse a la presencia del analista de tal forma que ejecuten, posteriormente, sus actividades en su forma habitual (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, p. 290).

### 1.3.1.6 Determinación del tamaño de la muestra

Los parámetros de muestra inicial, nivel de confianza y exactitud, determinan el valor promedio representativo del tamaño de la muestra del estudio. El muestreo siempre debe ser aleatorio para evitar todo tipo de sesgo en los datos y garantizar la confianza y validez. Con TMI como el tamaño de la muestra inicial y TO el tiempo observado, para el caso de un nivel de confianza de 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5\%$  (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187; Kanawaty, 1996, p. 300):

$$\text{Número de observaciones} = \left[ \frac{40 \times \sqrt{\text{TMI} \times \sum \text{TO}^2 - (\sum \text{TO})^2}}{\sum \text{TO}} \right]^2 \quad [1.1]$$

El método estadístico puede resultar de difícil aplicación por la cantidad de elementos menores que integran un ciclo de trabajo. Se pueden emplear tablas desarrolladas para determinar el tamaño de la muestra, como la Tabla 1.4. H.B. Maynard elaboró para la compañía General Electric, algunas de las tablas más conocidas para este fin (Baca-Urbina et al, 2014, p. 188; Kanawaty, 1996, p. 301).

**Tabla 1.4.** Número de observaciones recomendado para el estudio de tiempos

Tiempo por ciclo	Hasta										Más de 40min
	6s	15s	30s	45s	1min	2min	5min	10min	20min	40min	
Número de observaciones recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

(Kanawaty, 1996, p. 301)

### 1.3.1.7 Cronometraje

Es la medición del tiempo que tardan los operarios en ejecutar las actividades que integran un ciclo de trabajo. Se hace uso de cronómetros, cámaras de video y/o software especializado. Se debe explicar a los supervisores y representantes de los trabajadores el objeto del estudio y las actividades que se van a realizar. También se debe pedir la colaboración de los empleados para que realicen su trabajo en forma habitual. Los trabajadores deben tener pleno conocimiento de la medición de

tiempos y no se debe cronometrar desde posiciones ocultas o esconder el cronómetro ya que podrían generarse reacciones negativas en el grupo y propiciar el fracaso del estudio (Baca-Urbina et al, 2014, p. 188; Kanawaty, 1996, p. 292).

### 1.3.1.8 Valoración del ritmo de trabajo y desempeño del empleado

El ritmo de trabajo de una persona viene influenciado por varios factores pero los más comunes son variaciones en la calidad de los materiales, eficiencia de equipos o herramientas, cambios en el clima y medio ambiente laboral, estado de ánimo y el esfuerzo realizado en el día. Calificar el desempeño del trabajador es dar una valoración a su actuación en la ejecución de sus tareas. El desempeño tipo es el rendimiento que un empleado calificado alcanza en su trabajo en forma natural y sin forzarse, al ejecutar sus actividades bajo un método estandarizado y que es de su pleno conocimiento. Por lo tanto la valoración del ritmo de trabajo compara el desempeño del operario con el desempeño tipo y para esto se emplean diferentes escalas. La Tabla 1.5 muestra las principales escalas de valoración del ritmo de trabajo. La escala 0-100 corresponde a la norma británica Westinghouse (Baca-Urbina et al, 2014, p. 187, 188; Kanawaty, 1996, pp. 309, 310, 315, 317, 318).

**Tabla 1.5.** Principales escalas empleadas para la valoración del ritmo de trabajo

Escala				Descripción del desempeño del individuo
60-80	75-100	100-133	0-100	
0	0	0	0	<b>Actividad nula</b>
40	50	67	50	<b>Muy lento:</b> movimientos torpes e inseguros, operario somnoliento y sin interés en el trabajo
60	75	100	75	<b>Constante:</b> resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado. Parece lento pero no pierde tiempo voluntariamente
80	100	133	100	<b>Ritmo estándar o tipo:</b> trabajador activo y capaz; operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
100	125	167	125	<b>Muy rápido:</b> el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar
120	150	200	150	<b>Excepcionalmente rápido:</b> concentración y esfuerzo intensos sin probabilidad de durar así por periodos largos de tiempo

(Kanawaty, 1996, p. 318)



El tiempo básico (Tb) es el tiempo que tarda un trabajador en ejecutar una actividad a ritmo estándar y se determina con la siguiente expresión (Baca-Urbina et al, 2014, p. 188; Kanawaty, 1996, p. 319):

$$T_b = \text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Calificación del ritmo}}{\text{Ritmo estándar}} \quad [1.2]$$

### **1.3.1.9 Determinación de suplementos y estimación de tolerancias**

Los suplementos son fracciones de tiempo adicionales al tiempo básico ocasionadas por pausas inevitables en la jornada de trabajo como necesidades personales y descansos por fatiga física y/o mental debida a condiciones de trabajo como iluminación, temperatura, ruido, ventilación, concentración requerida, monotonía del trabajo, cansancio muscular, etc. Estos suplementos son variables pero existen otros de tipo constantes o fijos debidos a políticas de la empresa como pausas activas o el tiempo asignado para la alimentación del personal. También se presentan suplementos por contingencias ocasionados por retrasos que deben ser previstos y no pueden ser medidos exactamente ya que su aparición no es frecuente. Adicionalmente se presentan suplementos especiales como las demoras ocasionadas en los periodos de aprendizaje de nuevo personal, al inicio o término de la producción, montaje o desmontaje de equipos, recarga o mantenimiento de maquinarias, etc. (Baca-Urbina et al, 2014, p. 189; Kanawaty, 1996, pp. 337-343).

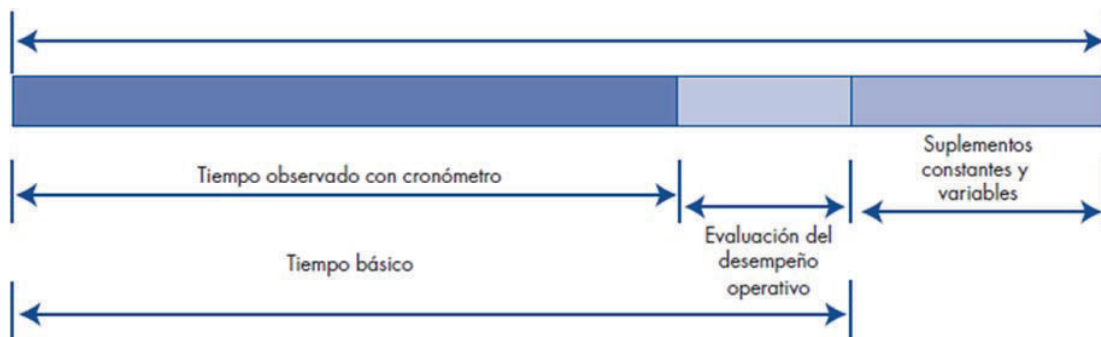
Es necesario agregar tolerancias al tiempo básico y se recomienda que estas sean de al menos un 10 %. Las tolerancias por necesidades personales y fatiga se requieren para la comodidad y el bienestar del empleado. Es recomendable establecer un 5 y 4 % del tiempo básico a suplementos por necesidades personales y descansos por fatiga, respectivamente (Baca-Urbina et al, 2014, p. 189).

#### **1.3.1.10 Cálculo del tiempo estándar o tiempo tipo**

El tiempo estándar (Ts) está constituido por dos elementos: el tiempo básico (Tb),

tiempo observado con su factor de evaluación del ritmo de trabajo, y las tolerancias adicionales debidas a los suplementos. Viene dado por la expresión siguiente y se lo representa gráficamente en la Figura 1.1 (Baca-Urbina et al, 2014, p. 190; Fernández, González y Puente, 1996, p. 22; Kanawaty, 1996, p. 325):

$$T_s = T_b \times (1 + \text{tolerancia}) \quad [1.3]$$



**Figura 1.1.** Composición del tiempo estándar  
(Baca-Urbina et al, 2014, p. 190)

### 1.3.2 MUESTREO DEL TRABAJO

Es una técnica que utiliza métodos estadísticos para analizar las actividades para estimar el porcentaje de utilización de maquinarias y equipos con el fin de establecer estándares de producción y tolerancias aplicables a las mismas. Busca determinar proporciones de tiempo en las que ocurren las actividades objeto del estudio de trabajo, basados en observaciones aleatorias que justifican su validez estadística (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 190, 191; Chacón y Cordero, 2009, p. 5; Kanawaty, 1996, pp. 257-260; Peralta et al, 2014, p. 208):

#### 1.3.2.1 Obtención de una estimación inicial de la proporción que se desea investigar

La proporción  $p$  se estima a partir de una muestra de  $n$  observaciones preliminares y aleatorias que determinan la actividad del operario y/o maquinaria. La proporción de inactividad ( $q$ ) corresponde a  $1 - p$  (Baca-Urbina et al, 2014, p. 191).

### 1.3.2.2 Cálculo del tamaño de muestra

La determinación del tamaño de muestra puede realizarse por método estadístico o con el uso de nomogramas. El uso de fórmulas estadísticas considera el supuesto básico de que las proporciones se distribuyen de manera normal con lo cual, a partir de la dispersión o variación que presentan los datos y el nivel de confianza deseado, es posible determinar el tamaño de muestra. Es común trabajar con un nivel de confianza y margen de error de 95 % y 10 %, respectivamente. Al representar con  $\sigma$  la varianza de la variable aleatoria continua  $z$ , que permite estandarizar a la distribución normal de forma tal que su media sea cero y su varianza uno, el margen de error  $e$ , desviación respecto a la media viene dado por (Baca-Urbina et al, 2014, p. 191; Kanawaty, 1996, pp. 261, 262; Spiegel y Stephens, p. 158):

$$e = z \times \sigma \quad [1.4]$$

Baca-Urbina et al (2014) plantean la siguiente ecuación para el cálculo del tamaño de muestra (p. 191):

$$N = p \times q \times \left(\frac{z}{e}\right)^2 \quad [1.5]$$

### 1.3.2.3 Realización de las N observaciones de estudio

Las N observaciones se realizan directamente al objeto de estudio y aleatoriamente para evitar sesgos y asegurar la validez de los datos. Se puede recurrir a la utilización de tablas de números aleatorios o generarlos con la función ALEATORIO de Microsoft Excel (Baca-Urbina et al, 2014, pp. 191, 192; Kanawaty, 1996, p. 262).

### 1.3.2.4 Efectuar las mediciones y sacar conclusiones

Las observaciones deben realizarse en los momentos fijados según lo definido en el plan de muestreo aleatorio previamente fijado (Baca-Urbina et al, 2014, p. 192).

### **1.3.3 SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS (STP) O NORMAS DE TIEMPO PREDETERMINADAS (NTPD)**

Son las técnicas más avanzadas para la medición del trabajo. Emplean métodos indirectos para obtener tiempos estándar sin recurrir a mediciones de tiempo con cronómetro, mediante la utilización de bases de datos con información de la duración de los movimientos fundamentales, conocidos como therbligs, que se agrupan en 17 clases. Estas bases de datos se han construido y actualizado como resultados de estudios de tiempo aplicados en distintas empresas en varios países. Con el uso de estos datos se arma la operación de interés a partir de therbligs que componen la actividad y la suma de sus tiempos determinan el estándar. Debido a que su error estimado es notablemente menor que el observado con otras técnicas, alrededor del 5 %, se consideran métodos más confiables. Además, dado que los tiempos reflejan todo el nivel de desempeño del operario, se evita la necesidad y el sesgo que puede presentarse al evaluar a los trabajadores (Baca-Urbina et al, 2014, p. 192; Kanawaty, 1996, pp. 387, 388).

A pesar de sus ventajas debe tomarse en cuenta los posibles inconvenientes. Actualmente hay más de 250 de estos sistemas por lo que requieren gran experiencia del analista, capacitación especializada, certificaciones de algún organismo privado y la gran mayoría son marcas registradas por lo que se necesita adquirir licencias para su uso. Además debe tomarse en cuenta que, en su mayoría, estos sistemas provienen de USA por lo que deben ser evaluados detenidamente antes de ser aplicados en otros países (Baca-Urbina et al, 2014, p. 193; Kanawaty, 1996, pp. 389, 390).

Estos sistemas se clasifican en dos categorías. El primer grupo consta de los sistemas de tiempos predeterminados detallados los cuales manejan subdivisiones precisas de los movimientos de los miembros. En el segundo grupo están los sistemas de tiempos predeterminados con tablas condensadas los cuales manejan tablas de tiempos de duración de movimientos combinados y requieren un análisis menos detallado de los métodos de trabajo (Baca-Urbina et al, 2014, p. 193; Kanawaty, 1996, pp. 391, 392).

## **1.4 EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

### **1.4.1 RESEÑA HISTÓRICA**

La producción esbelta, también conocida como fabricación magra, producción ajustada o lean manufacturing, surge del sistema de producción Just In Time introducido por Toyota. En 1926 el ingeniero e inventor japonés Sakichi Toyoda, fundó su compañía de telares mecánicos Toyota Automatic Loom Works y en 1937 su hijo Kiichiro Toyoda, fundó Toyota Motor Company. A fines de la década de 1930, directivos de Toyota viajaron a Estados Unidos de América para visitar las instalaciones de Ford y General Motors. El Ing. Eiji Toyoda, sucesor de Kiichiro Toyoda, en la década de 1950 visitó las instalaciones de la planta de Henry Ford en Detroit y constataron el potencial del flujo continuo desarrollado por Henry Ford y asociados. Su método de producción funcionaba con volúmenes de producción lo suficientemente grandes para justificar sus líneas de ensamble de alta velocidad, los productos utilizaban las mismas piezas y se producían los mismos modelos por varios años (Ballesteros, 2008, p. 224; Cuatrecasas, 2006, p. 1; Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p.5; González, 2007, pp. 88, 89; Sánchez et al, 2013, pp. 13, 14).

Los ejecutivos de Toyota también visitaron varios supermercados y vieron un funcionamiento muy distinto al de las fábricas. En este caso los clientes llegan a las estanterías y toman los productos en pequeñas cantidades, según lo que necesiten. No toman mayores cantidades ya que saben que encontrarán siempre los productos que requieran y en las cantidades que necesiten en cualquier momento. Los empleados inspeccionan periódicamente los productos consumidos y los reponen en igual cantidad. De esta forma los clientes indican cuáles son sus necesidades de productos y no se maneja papeleo, sean órdenes de compra o entrega, para mantener el stock de pedidos (Gutiérrez, 2010, p. 105).

Tras estas visitas, los directivos de Toyota concluyeron que el sistema de producción en masa para producir a bajos costos no podía ser implantado en Japón debido a su poca y segmentada demanda, la cual se asemejaba más a los

eventos de los supermercados. Eiji Toyoda puso en manos del Ing. Taiichi Ohno el desarrollo de un sistema de producción de alta calidad, flexible, con bajos costos y periodos cortos de entrega, para atender al mercado japonés. En la década de 1950, tras visitar todas sus fábricas y luego de varios años de prueba, Taiichi Ohno desarrolló el sistema de producción de Toyota. De esta forma fueron capaces de obtener productos de alta calidad en pequeñas series, con bajos costos de producción y su flexibilidad permitió dar rápida respuesta a sus clientes (Sánchez et al, 2013, pp. 13, 14; Gutiérrez, 2010, p. 105; Womack y Jones, 2003, pp. 22, 23).

A fines de la década de 1980, y durante la década de 1990, se presenta el auge de la producción esbelta, extendiéndose estos conceptos a occidente. En 1988, el término lean fue acuñado por primera vez por Krafcik. J. en su artículo "Triumph of the lean system", pero se populariza en 1990 con el libro "La máquina que cambió al mundo" de James Womack y Daniel Jones. En 1996 los mismos autores publicaron el libro "Lean Thinking", con el cual se alcanzó el pico de publicaciones. Un año más tarde Womack fundó el Lean Enterprise Institute con el fin de ayudar a implantar estos sistemas de producción en cualquier tipo de empresa (González, 2007, p. 88; Gutiérrez, 2010, p. 96; Lefcovich, 2009, p. 4; Sánchez et al, 2013, pp. 14, 15; Womack y Jones, 2003, pp. 22, 23).

A pesar de que estos conceptos surgieron en torno a la manufactura de bienes tangibles, su aplicación también se ha extendido a empresas de servicios. Entre los últimos aportes del pensamiento esbelto se pueden citar la Producción Sincronizada de Eliyahu Goldratt, la eliminación de cuellos de botella, Seis Sigma y el desarrollo de organizaciones horizontales que se basan en equipos y sistemas de información horizontales (Lefcovich, 2009, p. 5; Sánchez et al, 2013, p. 10).

#### **1.4.2 DEFINICIÓN**

Hasta febrero de 2012 se publicaron 1183 artículos sobre manufactura esbelta y actualmente no existe una definición única en la literatura (Ballesteros, 2008, p. 224; Sánchez et al, 2013, p. 21).

Tras la revisión bibliográfica realizada, se plantea la siguiente definición:

Es un sistema de producción enfocado a la identificación de actividades que no agregan valor en la obtención de productos, sean bienes o servicios, para su eliminación o disminución sistemática con miras al aumento de la productividad con un incremento en la calidad de los productos y el mejor aprovechamiento de los espacios de las instalaciones. Esto permite concentrar los esfuerzos en actividades con valor agregado para el cliente, con lo cual se logran obtener procesos flexibles de producción en los cuales las actividades generadoras de valor se desarrollan a través de un flujo continuo. La flexibilidad alcanzada en los procesos productivos resulta en tiempos cortos de respuesta que permiten ofrecer los productos a los clientes en la cantidad por ellos requerida y en el momento que lo solicitan, con lo cual la producción se basa en un sistema halado por la demanda de los consumidores finales (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 5; Ballesteros, 2008, pp. 223, 224; Cuatrecasas, 2006, p. 1; Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 1; González, 2007, p. 86; Gutiérrez, 2010, p. 96; Lefcovich, 2009, p.5; Pineda, 2014; Sánchez et al, 2013, p. 21).

### **1.4.3 ENEMIGOS DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD: LAS 3 M**

#### **1.4.3.1 Muda**

Término japonés para designar despilfarro o desperdicio y se refiere a todo tipo de actividad humana, en un proceso productivo, que consume recursos sin generar valor a los productos. Taiichi Ohno clasificó estas actividades en las siguientes siete categorías (AENOR y Renault Consulting, 2012, pp. 12, 13; Ballesteros, 2008, p. 225; Gutiérrez, 2010, p. 97; Womack y Jones, 2003, pp. 15, 355):

- La sobreproducción. Se refiere a producir en mayor cantidad o más rápido de lo requerido. Puede ser causado por tiempos excesivos en los cambios de los procesos, grandes tamaños de los lotes, desbalances en los flujos de materiales, etc. Constituye el peor tipo de muda ya que esconde otros desperdicios como

retrasos en las entregas de los proveedores, mala calidad de materias primas, tiempos muertos de los equipos, etc. (Ballesteros, 2008, p. 225; González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).

- La espera presentada por el tiempo desperdiciado, por el personal o maquinaria, que retrasa las actividades que agregan valor a los productos. Puede ser causada por grandes tamaños de los lotes, calidad deficiente o retrasos en las entregas por parte de los proveedores, falta de programas de mantenimiento, etc. (González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).
- El transporte. Se refiere a traslados injustificados, o excesivos, de materiales y/o personas, y que generalmente se presentan por una deficiente distribución en planta de las áreas de trabajo (Ballesteros, 2008, p. 225; González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).
- El sobreprocesamiento en procesos adicionales a los necesarios para dar a los productos las características que los clientes solicitan. Esto se traduce en esfuerzos innecesarios y que no agregan valor para los consumidores finales, por lo que se requieren buenos diseños de los productos y procesos (González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).
- Los inventarios. Corresponden a los excesos de materias primas, material en procesamiento o productos finales, respecto a los requerimientos de los clientes. Suelen presentarse por malos pronósticos de ventas, deficiente programación de las actividades, mala estimación de inventarios mínimos, proveedores no confiables, grandes tamaños de los lotes, entre otras. Debe tomarse en cuenta que este desperdicio crea costos adicionales debidos al personal requerido para su custodia y manejo (Ballesteros, 2008, p. 225; González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).
- Los movimientos de los operarios adicionales a los necesarios para realizar su trabajo. También se extiende a los movimientos innecesarios de materiales dentro de los procesos productos. Pueden ocasionarse por una deficiente



organización del área de trabajo, herramientas y materiales, así como un mal diseño del proceso y la falta de controles visuales (Ballesteros, 2008, p. 225; González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).

- La producción de piezas o productos defectuosos. Estos errores en la producción requieren de reparaciones para rectificaciones, retrabajos, reprocesos. Puede deberse a la deficiente calidad de los materiales, malas condiciones de la maquinaria, procesos deficientes y falta de capacitación del personal (Ballesteros, 2008, p. 225; González, 2007, pp. 87, 88; Gutiérrez, 2010, p. 97).

Otros autores incluyen una octava categoría de muda que corresponde al diseño de productos o servicios que no satisfacen las necesidades de los clientes, o que no han sido requeridos por los consumidores finales. Esta producción errónea, no deseada, es la forma perfecta de muda (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 13; Womack y Jones, 2003, pp. 15, 19, 355).

Gutiérrez (2010) menciona una novena categoría de muda correspondiente al talento humano, cuando no utiliza a plenitud sus habilidades para mejorar el desempeño de los procesos (p. 96).

#### **1.4.3.2 Mura**

Este término japonés significa inconsistencia o desigualdad aunque también hace referencia a la utilización irregular de los recursos. Se manifiesta en el incremento de inventarios, sobrecargas en el manejo de los recursos para el almacenaje, falta de productos, producción de productos defectuosos y otros que no se llegan a vender. La presencia de mura acelera los procesos de producción y luego los retrasa (Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 5; González, 2007, p. 87).

### **1.4.3.3 Muri**

Esta palabra japonesa significa irracionalidad, excesivo, forzado o sin moderación. Corresponde a cualquier tipo de sobrecarga en la producción, sea en operaciones o maquinaria, más allá de su razonable capacidad de diseño o permitida. Resulta en altos costos de mantenimiento y bajas en los recursos (Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 5; González, 2007, p. 87).

## **1.4.4 TERMINOLOGÍA ADICIONAL**

### **1.4.4.1 Flujo continuo**

Flujo de operaciones secuencias en el cual se prioriza la continuidad antes que la velocidad. De esta manera se evitan paradas y retrasos en la producción que posibilitan el aumento de desperdicios (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 11).

### **1.4.4.2 Flujo tirado o Pull**

Sistema de producción en el cual las órdenes de producción e información de entregas fluyen a partir de las últimas operaciones hacia las primeras por lo que ninguna operación predecesora produce mientras no exista un requerimiento de la siguiente. Su utilización permite la reducción de tiempos de entrega (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 11).

### **1.4.4.3 Lead time o tiempo de respuesta**

Tiempo transcurrido desde el momento que un cliente realiza una orden de un producto hasta que lo recibe (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 14).

#### **1.4.4.4 Task time**

Tiempo requerido para producir una pieza o conjunto de ellas. Se calcula al dividir el tiempo operativo del día por el número de piezas, o conjunto de ellas, requerido en el mismo día por el cliente. Se utiliza en la nivelación de la producción y para igualar la tasa de consumo con la de producción (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 14).

#### **1.4.4.5 Tiempo de cambio**

Es el tiempo durante el cual se realiza la preparación de un proceso. Transcurre desde el momento en el que se obtuvo la última parte buena de una orden de producción hasta obtener la primera parte buena de siguiente orden (González, 2007, p. 98; Gutiérrez, 2010, p. 96).

#### **1.4.4.6 Tiempo de proceso o de valor añadido**

Tiempo de procesamiento dado por las actividades que generan o agregan valor al producto, desde el punto de vista del cliente. Corresponde a la suma de los tiempos de las actividades por las cuales el cliente está dispuesto a pagar para obtener el bien o servicio proporcionado (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15; Gutiérrez, 2010, pp. 96, 97).

#### **1.4.4.7 Valor añadido**

Aquella característica de un producto o servicio, solicitada por el cliente, que adquieren los insumos durante el proceso productivo y por la cual el consumidor final está dispuesto a pagar. Se desarrolla en procesos que cambian la forma u otras características en el producto (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15; George, 2002, p.43).

## 1.4.5 INDICADORES MÁS COMUNES

### 1.4.5.1 Eficiencia del ciclo del proceso (ECP)

Según la ecuación 1.5, un proceso es esbelto cuando su ECP es mayor que 25 % (George, 2002, p.43; Gutiérrez, 2010, pp. 97, 98).

$$ECP = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo total del ciclo del proceso}} \quad [1.6]$$

### 1.4.5.2 Eficiencia general de los equipos (OEE)

En inglés, Overall Equipment Effectiveness. Es el producto de la disponibilidad del equipo, el rendimiento de producción y la calidad del proceso. La forma simplificada de esta ecuación es (AENOR y Renault Consulting, 2012, pp. 17, 18):

$$OEE = \frac{\text{Piezas producidas sin defectos} \times \text{Tiempo de ciclo teórico}}{\text{Tiempo planificado}} \quad [1.7]$$

### 1.4.5.3 Piezas entregadas en plazo (OTD)

En inglés, On-Time Delivery (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 18):

$$OTD = \frac{\text{Total de piezas entregadas en el plazo solicitado por el cliente}}{\text{Total de piezas entregadas al cliente}} \quad [1.8]$$

## 1.4.6 HERRAMIENTAS DE APOYO

### 1.4.6.1 5 S

Filosofía japonesa de mejora continua constituida de cinco fases consecutivas que

corresponden a seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, cuyo significado en español es clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Se utilizan para conseguir áreas de trabajo que facilitan el control visual y una operación esbelta (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 9; Pineda, 2014).

#### **1.4.6.2 Cambio de herramientas en pocos minutos (SMED)**

En inglés, Single Minute Exchange Of Die. Es una herramienta que surgió como apoyo al sistema de producción de Toyota, cuyo objetivo es realizar cualquier tipo de cambio en los procesos productivos en menos de 10 minutos, tiempo expresado en minutos con un sólo dígito. La rápida adaptación ayuda a disminuir el tamaño de los lotes mínimos para afectar lo menos posible la eficiencia del sistema. Para cumplir con este objetivo se requiere la polivalencia y flexibilidad de los equipos de trabajo, estandarizar las operaciones y equilibrar las capacidades de las máquinas (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 14; Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 2; González, 2007, p. 97; Gutiérrez, 2010, p. 96).

#### **1.4.6.3 Ciclo de Deming**

Es una táctica de mejora continua de la calidad que se desarrolla en cuatro etapas: planear, hacer, revisar y actuar. También es conocido como el ciclo PDCA por las siglas en inglés de estas etapas: plan, do, check, act (Ballesteros, 2008, p. 224).

#### **1.4.6.4 Control visual**

Corresponde a la rápida localización, a simple vista, de todas las partes, herramientas, actividades productivas e indicadores del desempeño de un sistema de producción. De esta forma se trata de que todo el personal involucrado entienda el sistema y detecte visualmente las áreas con problemas o funcionamientos atípicos. Los controles visuales utilizan estándares como elementos gráficos,

físicos, con colores o etiquetados numéricos de fácil visualización. Debido a esto, los controles visuales tienen una fuerte relación con la estandarización de procesos y pueden ser implementados con herramientas como las 5 S (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 10; Pineda, 2014).

#### **1.4.6.5 Despliegue de la Función de la calidad (QFD)**

En inglés, Quality Function Deployment. Es una metodología a través de la cual los requerimientos de los clientes se traducen en características de calidad, a partir de las cuales se establece un diseño de la calidad de un producto. Este diseño proporciona valores para las características de calidad y se desarrolla por medio del despliegue sistemático de las relaciones necesarias y características, que comienza con la especificación de la calidad de cada componente funcional y el despliegue se extiende a la calidad de cada componente y los procesos. La calidad global del producto toma forma a través de la intrincada red de relaciones que se desplegó (Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C., 2005, p. 20).

#### **1.4.6.6 Gestión de la calidad total (TQM)**

En inglés, Total Quality Management. Es una estrategia administrativa mediante la cual se trata de crear una conciencia de calidad dentro de todos los procesos productivos y el personal involucrado ya que todos son responsables de la satisfacción de las necesidades de los clientes. Por esto la calidad debe integrarse a lo largo del flujo de producción. Este concepto tiene una fuerte relación con la mejora continua (Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 3).

#### **1.4.6.7 Jidoka**

Esta palabra japonesa significa hacerlo con calidad. Se refiere a la verificación de la calidad en todo el proceso productivo. Establece los parámetros óptimos

requeridos de la calidad en los procesos de producción. Cuando los parámetros que se obtienen en la producción, comparados con los estándares fijados, no son los adecuados, se detiene el proceso con lo cual se pone en manifiesto la existencia de una situación inestable en el proceso productivo para su corrección. De esta manera se provee al operador y maquinarias la capacidad de detectar la ocurrencia de condiciones anormales para detener inmediatamente la producción y evitar la fabricación de productos defectuosos (González, 2007, p. 88; Pineda, 2014; Womack y Jones, 2003, p. 360).

#### **1.4.6.8 Justo a tiempo (JIT)**

En inglés Just In Time. Es un sistema de producción desarrollado por Taiichi Ohno, para el Sistema de producción de Toyota, cuyo objetivo es producir lo que el cliente necesita, en las cantidades requeridas y en el momento que lo solicitan. Para esto trata de prescindir de los inventarios en los procesos productivos y en caso de que se presenten, mantenerlos en la misma área de producción. De igual manera intenta minimizar las inspecciones en la recepción de materiales. Para esto JIT requiere de un balanceo en las líneas de producción, flujos continuos y hace uso del sistema Kanban como apoyo (Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 2; Gutiérrez, 2010, p. 96; Pineda, 2014).

Debido a esto se necesita una rápida comunicación y adaptabilidad a cualquier tipo de cambio externo que pueda presentarse, con lo cual se logran significativas reducciones en los tiempos de procesamiento y costos asociados. Las líneas de producción se caracterizan por los estrictos controles en los niveles totales de inventario y en las estaciones de trabajo ya que las producciones y reposiciones de materiales sólo ocurren cuando se alcanza un stock por debajo de un límite establecido, como resultado del consumo de la operación subsiguiente. Adicionalmente no se entrega material a las líneas de producción mientras no se reponga una cantidad igual a la requerida (Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 2; Gutiérrez, 2010, p. 96).

#### **1.4.6.9 Mantenimiento productivo total (TPM)**

En inglés Total Productive Maintenance. Consiste en el desarrollo de una serie de procedimientos, que buscan asegurar la disponibilidad de los equipos, para ejecutar las operaciones de producción sin interrupciones por fallas mecánicas. Estos procedimientos de mantenimiento los realiza el mismo personal que opera los equipos, de esta forma es posible actuar de manera continua y preventiva, sin depender frecuentemente del departamento de mantenimiento. Este sistema corporativo busca alcanzar cero accidentes, cero fallos y cero defectos, para lo cual es fundamental el involucramiento de todos los colaboradores de la empresa en todos los niveles (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15; Fundació per a la motivació dels recursos humans, 2008, p. 2; Pineda, 2014).

#### **1.4.6.10 Kaizen**

El término kaizen proviene de las palabras japonesas Kai, cambio, y Zen, para mejorar. Es una filosofía japonesa de mejora continua a través de la mayor generación de valor y la minimización o eliminación de las 3 M de la productividad. Esta herramienta de mejora continua busca incrementar la productividad mediante el control de los procesos productivos al reducir los tiempos de ciclo y con la estandarización de los parámetros de calidad y métodos de trabajo en cada proceso. Kaizen se enfoca en la gente, equipos de trabajo, y en la ingeniería industrial a través de la estandarización de los procesos. Empieza y concluye con las personas al considerar un ciclo cerrado de más motivación, más formación, más productividad, más competitividad y más rentabilidad (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 12; Nieves, 2006; Pineda, 2014).

#### **1.4.6.11 Kanban**

Término japonés que significa tarjeta, etiqueta o señal. Es una técnica que Toyota implementó como apoyo a su sistema productivo para lograr la producción justo a



tiempo, con la demanda halada por el cliente. Fue ideada en base a las visitas a supermercados de USA que realizaron los ejecutivos de Toyota, en la década de 1950, por lo que la técnica kanban también es conocida como sistema de supermercado (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 12; Gutiérrez, 2010, p. 105; Pineda, 2014).

Existen dos tipos de kanban. La primera señal es una autorización para que una línea de producción tome un recipiente de cada uno de los materiales que necesita. Cada recipiente posee el segundo tipo de señal, la cual autoriza la producción o adquisición de otro recipiente de materiales. Estas cantidades deben ser exactas, no pueden existir excesos ni faltantes. De esta forma se articula la producción de manera análoga a los eslabones de una cadena ya que cada operación, desde la entrega de productos terminados hasta el inicio del proceso, hala los materiales y producciones que requiere para su trabajo de cada operación predecesora, sólo cuando lo requiere y únicamente en las cantidades necesarias. Para esto es necesario que la producción sea regular y continua. Además de las tarjetas kanban, la única hoja adicional empleada en el proceso corresponde al programa maestro de ensamble de cada operación (Gutiérrez, 2010, p. 105).

#### **1.4.6.12 Poka-yoke**

El término poka-yoke proviene de las palabras japonesas Poka, error inadvertido, y Yoke, prevenir, y literalmente se traduce como “a prueba de errores”. Son dispositivos introducidos por Shigeo Shingo, dentro del sistema productivo de Toyota, para prevenir la producción de productos defectuosos y también se aplican en el diseño para evitar errores en los montajes o la mala utilización de los equipos. La aplicación de estos mecanismos implica una inspección del 100 % de la producción y una retroalimentación que permite una actuación inmediata al producirse errores, para corregirlos a la brevedad posible (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 13; Pineda, 2014).

Los dispositivos poka-yoke tienen dos métodos de actuación. El método de control

permite apagar la maquinaria o bloquear los sistemas de operación para evitar la ocurrencia de la misma falla. El método de advertencia alerta al trabajador de la ocurrencia de anomalías, llama su atención al activar señales de luz o sonido. Debido a la probabilidad de que el trabajador no se percate de las señales de advertencia y continúen los defectos, los métodos de advertencia poseen una función reguladora menor que los métodos de control (Pineda, 2014).

#### **1.4.7 LOS CINCO PRINCIPIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

La implementación de un proceso esbelto no se puede resumir como una técnica particular pero los lineamientos del pensamiento esbelto se pueden sintetizar en cinco principios básicos que guían los esfuerzos y acciones de las empresas para incrementar su productividad, sin olvidar a sus colaboradores y clientes finales. Estudios en varias empresas japonesas, estadounidenses y europeas, muestran que la aplicación de estos principios ha permitido duplicar la producción y disminuir significativamente los inventarios, los tiempos de procesamiento y los errores y fallas en los procesos, a la par de una mejor atención en la demanda de los clientes (Gutiérrez, 2010, p. 98; Lefcovich, 2009, p. 7; Womack y Jones, 2003, p. 10).

##### **1.4.7.1 Especificar el valor de los productos desde el punto de vista del cliente final**

Es necesario definir el valor para cada producto o familia de productos desde el punto de vista de los clientes. Únicamente el consumidor final puede decir qué es lo que en realidad desea y necesita de un producto (sea un bien, un servicio o ambos a la vez) y en qué momento lo desea. Esto permitirá a los productores crear el valor necesario para el cliente y estimar un precio que los consumidores finales estarán dispuestos a pagar por sus productos. Gracias a esto los empresarios serán capaces de diseñar sus procesos productivos y productos para obtener una rentabilidad suficiente para poder mantener sus negocios en el mercado (Ballesteros, 2008, p. 226; Womack y Jones, 2003, p. 16).

Womack y Jones (2003) distinguieron 3 enfoques para la definición del valor. En Estados Unidos las empresas emplean un sistema de producción de empuje de la producción y buscan un mercado que necesite sus productos. En Europa se invierten grandes capitales en la adquisición de tecnologías avanzadas y personal capacitado pero sus ingenieros definen el valor del producto por lo cual los costos de producción son altos y generalmente los productos resultan irrelevantes para los clientes. Finalmente en Japón tratan de definir el valor del producto con sus empleados y en sus hogares, comprenden que es difícil especificar su valor al estar lejos del lugar donde los clientes los necesitan y de esta forma obtienen una visión local de las necesidades de los consumidores finales (pp. 16, 17).

El valor especificado por el cliente satisface sus necesidades pero estas cambian con el tiempo. Por esto las empresas deben trabajar continuamente en descubrir las necesidades y requerimientos cambiantes de los consumidores finales para adaptar su oferta de productos (Sánchez et al, 2013, pp. 15, 16).

Para la correcta definición del valor de un producto para el cliente, la empresa debe colocarse en el lugar del consumidor final. Esto no resulta fácil y con frecuencia la definición de valor se pierde entre los distintos departamentos y empresas participantes en el procesamiento y entrega del producto al consumidor final. Incluso puede llegar a confundirse el valor del producto para el cliente con objetivos financieros o resultados esperados por las empresas. En la Tabla 1.6 se muestran preguntas básicas que deben plantearse y cuya respuesta permite definir el valor de los productos desde el punto de vista de los clientes, por lo que es recomendable reflexionar detenidamente en cada una de ellas (Gutiérrez, 2010, p. 98).

**Tabla 1.6.** Preguntas para definir el valor del producto desde el punto de vista del cliente

¿Qué es lo que realmente quiere el cliente?
¿Cuáles son las necesidades del cliente respecto al producto?
¿Por qué el cliente compra el producto?
¿Se ha traducido adecuadamente al lenguaje de la organización lo que quiere el cliente?
¿Todo el mundo en la organización sabe lo que es valioso para el cliente y está alineado con esto?
¿Se conoce con precisión cómo se agrega valor al producto a lo largo del proceso?
¿Lo que se hace actualmente concuerda con lo que es valioso para el cliente?

Dentro de las empresas es común escuchar comentarios que muestran confusión sobre el valor de los productos. Por ejemplo, los clientes desearán el producto cuando les expliquen en qué consiste, los clientes no son capaces de comprender a plenitud todas cualidades del producto. Para esclarecer la definición del valor del producto, desde el punto de vista del cliente, se debe recurrir a la misión de la empresa ya que estas se vinculan estrechamente. El enfoque esbelto busca crear equipos de trabajo con todas las destrezas requeridas para especificar el valor del producto, su diseño general, ingeniería detallada, materiales, herramientas y planes de producción. Esto debe realizarse en un periodo corto de tiempo y por ello se hace uso del Despliegue de la Función de la Calidad, una herramienta probada en la toma de decisiones (Gutiérrez, 2010, p. 98; Womack y Jones, 2003, p. 54).

#### **1.4.7.2 Identificar el flujo de valor y eliminar el desperdicio**

Las actividades que no pueden ser medidas, no pueden ser administradas apropiadamente. Lo mismo ocurre si no se identifican adecuadamente las actividades necesarias para crear, ordenar y producir un producto específico, estas no podrán ser analizadas ni enlazarse para mejorarlas y eventualmente perfeccionadas. En la mayoría de las operaciones productivas sólo el 5 % de las actividades generan valor para los clientes, el 35 % resultan ser actividades que agregan valor a la empresa y el 60 % restante no produce valor alguno. Es necesario por tanto eliminar o disminuir todas las mudas posibles en los procesos productivos. Estas reducciones constituyen la fuente de mayor potencial para mejorar la rentabilidad y utilidades de las empresas, el funcionamiento corporativo y el servicio al cliente (Lefcovich, 2009, p. 7; Pineda, 2014; Womack y Jones, 2003, p. 37).

Para realizar estas reducciones se debe trazar el mapa del flujo del valor. Este se define como el conjunto de todas las actividades llevadas a cabo a lo largo del proceso productivo y a través de las 3 tareas críticas en la administración de cualquier negocio: la tarea de resolver problemas desde la concepción y el diseño detallado de los productos hasta el desarrollo de producción e ingeniería, la tarea

de administrar la información desde los pedidos hasta la programación detallada de entregas, y la tarea física de transformación de las materias primas a productos terminados y su entrega al consumidor. Se puede incluir el diseño del proceso y producto, la toma de órdenes de los clientes, la programación de entregas de productos a los clientes, adquisición y recepción de materiales e incluso abarcar a varias empresas a lo largo de toda la cadena de valor. Por esto para construir un mapa del flujo de valor, se necesita definir claramente su alcance para poder continuar con la identificación de cada una de las actividades generadoras de valor (Gutiérrez, 2010, p. 99; Sánchez et al, 2013, p. 16; Womack y Jones, 2003, p. 19).

En un análisis del flujo del valor siempre se identifican 3 tipos de actividades: generadoras o que agregan valor, aquellas que no contribuyen en la creación de valor pero son inevitables con las tecnologías y activos actuales o simplemente por requerimientos legales o de otra índole (muda tipo I) y las actividades que no crean valor y deben ser evitadas inmediatamente (muda tipo II). Las mudas tipo II generalmente incluyen actividades como mover, esperar, almacenar, hacer informes innecesarios, entre otras. Trazar un mapa del flujo de valor para un proceso, implica la búsqueda e identificación de toda clase de muda. Debe seguirse el proceso in situ desde el comienzo y seguirlo hasta el final tal como ocurre en la producción y no guiándose del diagrama de flujo oficial. Se registran detalladamente las actividades desarrolladas, la gente que interviene y los desperdicios identificados a lo largo del flujo de trabajo. En la Tabla 1.7 se muestran preguntas guías para poder clasificar las actividades registradas en generadoras de valor y muda tipo I, aquellas que no se enmarcan en estos grupos serán muda tipo II (Gutiérrez, 2010, pp. 99, 101; Sánchez et al, 2013, pp. 16, 17; Womack y Jones, 2003, pp. 20, 38).

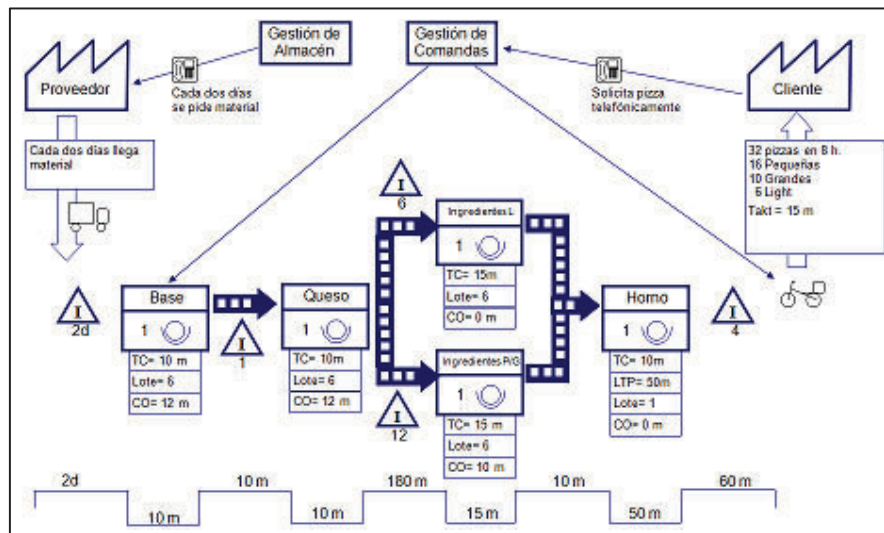
**Tabla 1.7.** Preguntas para clasificar las actividades en generadoras de valor y mudas tipo I

Actividades que crean o generan valor al producto	Actividades que no crean valor pero son inevitables (muda tipo I)
¿Entrega algo al producto?	¿Es requerida por Ley o alguna norma obligatoria?
¿Genera una ventaja competitiva?	¿Reduce el riesgo financiero para la empresa?
¿El cliente estaría dispuesto a pagar más por el producto por realizar esta tarea?	¿Proporciona información financiera importante?
	¿El proceso se viene abajo si esta tarea se elimina?

La eliminación de mudas tipo II resulta más sencilla y logra mayores impactos en la productividad. Una vez lograda esta mejora se puede continuar con modificaciones en el proceso, en busca de una disminución o reducción de mudas tipo I. En todo caso cualquier mejora alcanzada, aunque sea mínima, es mejor que una solución perfecta pero que no se realiza oportunamente (Gutiérrez, 2010, p. 102; Sánchez et al, 2013, p. 17).

Es importante que este tipo de análisis de valor se realice entre empresas proveedoras y productoras para extender su alcance a toda la cadena de valor. Esto da lugar a los Sistemas Corporativos Esbeltos conformado por empresas esbeltas que crean alianzas, unen sus esfuerzos para tratar de eliminar la mayor cantidad posible de mudas que sean identificadas en la cadena de valor. Esto requiere de una nueva forma de pensar en las relaciones entre las empresas, implantar simples principios para regular su comportamiento y transparentar sus acciones. De esta forma, las empresas participantes pueden verificar el cumplimiento de los acuerdos pactados y los logros alcanzados por cada una de ellas (Womack y Jones, 2003, p. 21).

El mapa del flujo de valor que involucra a toda la cadena de valor, es una representación visual de los flujos de información y materiales que inician en el proveedor, sigue a través de las operaciones o estaciones de trabajo del proceso y termina en el cliente. Por el otro lado el cliente envía órdenes a la empresa y esta a su vez al proveedor, de esta manera se cierra el circuito. El flujo del cliente al proveedor es de información mientras que el del proveedor al cliente es de materiales pero este último también recibe el flujo de información, ya que el control de la producción y logística envía órdenes de producción a las operaciones del proceso. En este tipo de mapa del flujo de valor se incluye la información relevante como los volúmenes de material en espera a ser procesados entre dos operaciones, los tiempos de procesamiento del producto y los tiempos requeridos para conformar un stock mínimos entre operaciones, lo cual permite calcular rápidamente el lead time entre proveedor y cliente a través de todas las etapas del proceso (Cuatrecasas, 2006, p. 7, 9).



**Figura 1.2.** Ejemplo de mapa del flujo de valor a lo largo de la cadena de valor (Instituto Andaluz del Lean, 2008)

En la Figura 1.2 se presenta un ejemplo de este tipo de mapa de flujo de valor. Los puestos o estaciones de trabajo se representan por rectángulos y, en la parte inferior de cada uno de ellos, se coloca información relevante del puesto como el tiempo de ciclo, tiempos de set up, etc. Se acostumbra indicar los tiempos de espera entre operaciones en una línea sobre los tiempos de proceso para facilitar su identificación. Los flujos de materiales se representan con flechas, con fondo blanco si el enfoque es pull y con fondo negro si es push. Los stocks se representan con triángulos, acompañados de su respectiva información (Cuatrecasas, 2006, p. 9).

#### 1.4.7.3 Agregar valor en el proceso mediante flujos continuos en la producción

Con el valor del producto especificado desde el punto de vista del cliente y el mapa del flujo de valor, se logra eliminar las mudas tipo II. Ahora es necesario agilizar el desarrollo de las actividades que generan valor y esto se logra con la incorporación de flujos continuos en los procesos productivos. Esto permite reducir los tiempos de espera, los procesos fluyen suavemente entre las etapas que agregan valor, desde las materias primas al cliente (Gutiérrez, 2010, p. 102; Pineda, 2014).

Womack y Jones (2003) señalan que existe un instinto arraigado en la colectividad,

contrario al pensamiento esbelto. La convicción de que al agrupar actividades de alguna forma, estas pueden desarrollarse más eficientemente y facilitar su administración, se opone a los principios de la producción esbelta. Las empresas tradicionalmente se organizan en departamentos o funciones, lo cual retrasa la producción debido a que, frecuentemente, el procesamiento por lotes requiere de tiempos de espera en reportes, inspecciones, autorizaciones, etc., a lo largo de las etapas de producción (pp. 21, 23, 24).

Los procesos funcionan mejor cuando los esfuerzos se enfocan en las necesidades del producto en lugar de organizarlos en grupos y crear departamentos. La producción esbelta propone un diseño de los procesos productivos en el cual las actividades fluyen sincronizada y secuencialmente, con lo cual la producción se desarrolla en flujo continuo. Al lograr alinear los pasos esenciales necesarios para desarrollar un trabajo en forma estable, con flujos continuos, sin desperdicios de movimientos, sin lotes ni colas, se consigue un verdadero cambio global: la forma de trabajar de la gente, las organizaciones, los objetivos perseguidos, la naturaleza de los negocios, la conexión entre las empresas y la sociedad, etc. (Ballesteros, 2008, p. 226; Gutiérrez, 2010, p. 102; Womack y Jones, 2003, pp. 22-24, 51, 52).

Womack y Jones (2003) mencionan tres alternativas para obtener flujos continuos. Enfocarse en los objetivos actuales, la especificación del diseño, los pedidos y el producto en sí mismo. Ignorar las bondades de los métodos convencionales de trabajo, departamentos y funciones, para remover todos los impedimentos a cualquier flujo continuo de producción e integrar a las empresas a corporaciones esbeltas. Reflexionar sobre las prácticas y herramientas tradicionales de trabajo en busca de alternativas que para eliminar o disminuir los reprocesos, desperdicios y cuellos de botellas. Adicionalmente sugieren el apoyo de las herramientas TPM, SMED, 5 S, controles visuales, jidoka y poka-yoke (pp. 52, 60, 61).

Una técnica adicional es lograr una adecuada distribución de las áreas de trabajo en el diseño de las instalaciones y el servicio al consumidor. Varias empresas concentran grandes instalaciones en lugares muy distantes a sus clientes por menores costos de la mano de obra o impuestos. Esto conlleva elevados costos de



logística y la posible obsolescencia de los productos que eventualmente deben venderse con descuentos significativos, etc. Estos problemas se evitan al manejar menores cantidades de materiales en pequeñas instalaciones, cercanas a los consumidores finales, sin perder la característica de la producción en flujo continuo. Esto implica la sustitución de grandes abastecimientos por pequeñas entregas continuas (Womack y Jones, 2003, pp. 63, 64).

#### **1.4.7.4 Organizar el proceso de tal forma que la producción sea halada por la demanda del cliente**

Se deben organizar los procesos para que estos produzcan únicamente cuando los clientes demanden los productos. Se deja así atrás el tradicional sistema de producción de empuje, push, en el cual cada proceso produce a su máxima capacidad y entrega productos a los siguientes procesos, y eventualmente a los consumidores finales, incluso si no los requieren. Bajo la dinámica de producción halada por la demanda del cliente, pull, cada proceso produce únicamente lo que el siguiente proceso requiere, el cliente determina lo que sucederá y hala la producción al comunicar a la empresa una demanda específica. Para esto es necesario que los procesos sean flexibles y adaptables a la demanda cambiante del cliente (Gutiérrez, 2010, pp. 104, 105; Womack y Jones, 2003, p. 67).

Para estos objetivos la manufactura esbelta se apoya en herramientas como JIT, kanban, SMED y TPM. El primer efecto visible de lograr la producción bajo el enfoque pull es la disminución de los tiempos de procesamiento desde las entregas de los proveedores, la transformación de materias primas, la entrega del producto final al consumidor, incluso los tiempos de diseño. El tiempo requerido para el desarrollo de productos puede reducirse a la mitad, el de procesamiento de órdenes en un 75 % y los tiempos de producción hasta en un 90 %. La habilidad de diseñar, programar y hacer exactamente lo que el cliente desea, sólo cuando lo requiere, significa que es posible abandonar los pronósticos de venta y simplemente hacer lo que los clientes en realidad solicitan (Womack y Jones, 2003, pp. 24, 70, 71).

Manejar órdenes en cantidades que minimizan costos y frecuencia de envío, involucra lotes de alto volumen. Los envíos por pedidos urgentes representan un alto costo a los almacenes por lo que se estimula a los distribuidores a ordenar, semanal o mensualmente, grandes cantidades de productos. Al despachar pedidos diarios y justo en las cantidades requeridas por los distribuidores, según sus ventas diarias en almacenes, se logra una economía ya que el incremento en costos de transporte se compensan con ahorros en costos de manejo de inventarios, la simplificación en procesos de carga y descarga y eliminación de envíos urgentes para cubrir un pedido urgente entrega (Womack y Jones, 2003, pp. 70, 73, 76).

Adicionalmente la entrega diaria evita desbalances sorpresivos en la producción, permite consolidar algunas las rutas envío y disponer un mayor surtido de productos en los almacenes, tanto de productos de alta rotación como los de baja demanda, durante todo el año. Esto fue visualizado por los ejecutivos de Toyota para dar su primer paso al éxito, la reducción del tamaño de sus contenedores y la reubicación de las partes de vehículos por tamaños y frecuencia de demanda. Las partes de mayor rotación fueron ubicadas cerca del área de despacho para reducir distancias y tiempos de entrega (Womack y Jones, 2003, pp. 76, 77).

#### **1.4.7.5 Buscar la perfección**

Es muy probable que la completa eliminación de mudas resulte ser imposible, la perfección se asemeja al infinito. En realidad no es posible lograr la perfección pero los esfuerzos para tratar de alcanzarla proveen inspiración y la dirección esencial para conseguir una mejora continua. Además permite a las empresas aliadas, tener una visión clara de cómo lograr un mejoramiento real (Sánchez et al, 2013, p. 17; Womack y Jones, 2003, pp. 90, 94).

El cambio en la demanda y necesidades de los clientes, hace necesario definir nuevamente el valor para mejorar u ofrecer nuevas prestaciones de los productos, el empleo recurrente del despliegue de la función de la calidad. Es imperativo ampliar el diálogo con los consumidores finales, crear vías de retroalimentación,

mantener contacto con el mercado para analizar a la competencia. De igual manera se deben plantear alternativas para acelerar el flujo y mejorar el sistema pull, esto expondrá mudas escondidas en el flujo de valor (Gutiérrez, 2010, p. 106; Sánchez et al, 2013, p. 18; Womack y Jones, 2003, pp. 25, 26, 54).

Mientras más se logre perfeccionar esta continuidad en los procesos, más impedimentos para su desarrollo serán revelados y removidos. Algunas veces la eliminación de mudas requiere nuevas tecnologías de procesamiento y diseños de productos que, generalmente, resultan ser sorprendentemente simples y de inmediata implementación. El mayor estímulo a la perfección es la transparencia y por esta razón las corporaciones esbeltas permiten a todos sus integrantes ver el interior de sus empresas y resulta más fácil reconocer mejores maneras de crear valor y kaizen es una de las principales herramientas de mejoramiento (Gutiérrez, 2010, p. 106; Sánchez et al, 2013, p. 18; Womack y Jones, 2003, pp. 26, 27).

Se debe distribuir la responsabilidad y autoridad entre los colaboradores de la empresa e incentivar su creatividad. Los empleados adecuadamente capacitados buscarán alternativas para mejorar sus procesos de trabajo. Si los colaboradores se sienten valorados e integrados en la solución de los problemas, serán mayores sus niveles de desempeño en el trabajo. Para integrar a las empresas en la mejora continua debe recurrirse al empleo de herramientas como las 5 S, kaizen, el ciclo de Deming y TQM para lo cual se requiere la participación activa de los empleados, especialmente en la creación de los estándares (Ballesteros, 2008, pp. 224, 227; Beal y Paulson, 20017, pp. 7, 8; Gutiérrez, 2010, p. 110; Pineda, 2014).

## **1.5 LAS 5 S**

Constituyen una metodología desarrollada en Japón, en la década de 1960, con un enfoque a la calidad, bajo los conceptos de mejora continua de Deming, para la organización de los lugares de trabajo. Permite mantenerlos funcionales, ordenados y limpios para obtener un ambiente laboral seguro y agradable. Las 5 S se refieren a 5 palabras japonesas, no exclusivas de su cultura ya que, de una u

otra forma, son de uso general en la vida cotidiana: seiri (clasificar), seiton (ordenar), seiso (limpieza), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplina) (Ballesteros, 2008, p. 227; González, 2007, p. 93; Gutiérrez, 2010, p. 110).

Las 5 S tienen como objetivo principal garantizar un funcionamiento más uniforme y eficiente de los colaboradores de una organización. Constituyen la base para la mejora continua por cuanto su aplicación permite eliminar mudas, disminuir pérdidas y defectos en la producción, aumentar la calidad de las operaciones, reducir los tiempos de respuesta, incrementar la seguridad industrial en beneficio de la empresa y los trabajadores, y aumentar la motivación de los empleados al generar una cultura organizacional y sentido de pertenencia a la organización (González, 2007, p. 96; Pineda, 2014).

### **1.5.1 SERI: CLASIFICAR**

Consiste en eliminar los elementos que no son utilizados para realizar las actividades productivas, administrativas o de servicio. Los expertos recomiendan el uso de etiquetas rojas para identificar los elementos que no son utilizados en las áreas de trabajo y que pueden ser eliminados, llevarlos a un lugar de almacenamiento provisional donde se separarán los elementos que pueden emplearse en otras operaciones y los que resultan evidentemente inútiles para su inmediata eliminación. La presencia de elementos innecesarios crea un ambiente laboral tenso, dificulta el control visual, dificulta las inspecciones de funcionamiento de la maquinaria. Por esto clasificar resulta la liberación de espacio útil que era ocupado por elementos innecesarios, reducción de tiempos de acceso a los elementos utilizados, mejora la seguridad laboral, etc. (Ballesteros, 2008, p. 227; González, 2007, p. 94; Gutiérrez, 2010, pp. 110, 111; Pineda, 2014).

### **1.5.2 SEITON: ORDENAR**

Puede sintetizarse con la frase, cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Hace referencia a la organización de los elementos clasificados como necesarios en las áreas de trabajo, para facilitar su ubicación, acceso y utilización. Entre las estrategias empleadas está la clara delimitación de las zonas de trabajo, uso de tablas con relieves de las herramientas, empleo de estantería modular, ubicar los elementos de mayor frecuencia de uso en zonas más cercanas, colocar los materiales más pesados en partes bajas y los más livianos en zonas superiores. Como resultado las áreas de trabajo adquieren una mejor estética y presentación, la visualización de los elementos e instalaciones resulta más fácil, con lo cual es posible implementar controles visuales que ayudan a las inspecciones de los equipos y su mantenimiento. Debido a esto se tiene un gran impacto en la responsabilidad y compromiso del trabajo que se desempeña en un ambiente de trabajo más agradable y seguro (Ballesteros, 2008, p. 228; González, 2007, p. 94; Gutiérrez, 2010, p. 111; Pineda, 2014).

### **1.5.3 SEISO: LIMPIEZA**

Resulta ser una herramienta de apoyo en el mantenimiento productivo total ya que permite la inspección de la maquinaria durante el proceso de limpieza. Requiere del establecimiento de procedimientos para evitar o reducir los niveles de suciedad y fuentes de contaminación, lo que permite obtener ambientes de trabajo más seguros e higiénicos para los empleados. La limpieza diaria aumenta la vida útil de los equipos debido a que facilita la identificación de problemas de escapes, fallos, averías u otras clases de defectos. Además se reducen los desperdicios de energía y materiales, se evitan pérdidas ocasionadas por la suciedad y contaminación de los empaques y productos (Ballesteros, 2008, p. 228; González, 2007, p. 95; Gutiérrez, 2010, p. 111; Pineda, 2014).

Adicionalmente la limpieza de las zonas de trabajo aumenta la seguridad en el trabajo ya que permite identificar rápidamente olores extraños debidos a fugas, de igual manera evidenciarlas visualmente, y que podrían desencadenar peligros como incendios, explosiones, derrames, exposición a agentes químicos, entre otros, y se facilita la clara demarcación de peligro, salidas de emergencia, áreas

restringidas y accesos. Debido a esto se considera que la limpieza es la mejor forma inspeccionar equipos y zonas de trabajo (Ballesteros, 2008, p. 228; González, 2007, p. 96; Gutiérrez, 2010, p. 111; Pineda, 2014).

#### **1.5.4 SEIKETSU: ESTANDARIZAR**

La estandarización permite manejar un lenguaje común entre todos los colaboradores, respecto a sus actividades e implementos de trabajo, y pretende mantener los estados de organización y limpieza alcanzados con la aplicación de las primeras 3 S. La mejor forma de conseguir estándares es involucrar a los colaboradores en esta tarea, ellos son capaces de desarrollar planes y programas, diseñar mecanismos y herramientas para su propio beneficio. Existen varias herramientas que ayudan a lograr la estandarización como la colocación de fotografías del área de trabajo en las cuales todos los empleados pueden ver cómo deben permanecer sus puestos en las condiciones establecidas como óptimas. También se debe recurrir a la implementación de normas que especifiquen las actividades que deben realizar los trabajadores y su frecuencia en sus estaciones de trabajo. Estas normas deben especificar los elementos requeridos para realizar la limpieza, las precauciones que se necesitan tomar para la seguridad del personal, el tiempo empleado, entre otros aspectos (Ballesteros, 2008, p. 228; González, 2007, p. 95; Pineda, 2014).

#### **1.5.5 SHITSUKE: DISCIPLINA**

Implica cumplir y respetar las normas y procedimientos establecidos por la organización para su desempeño normal. Permite pasar de las 5 S al mejoramiento continuo. Las visitas sorpresa, los controles periódicos, el autocontrol de los trabajadores y el respeto por sí mismo y por los demás, evitan que se dejen de seguir los procedimientos implantados, mejoran los ambientes de trabajo y permiten el pleno disfrute de los beneficios conseguidos con las 5 S (Ballesteros, 2008, p. 228; González, 2007, p. 95; Gutiérrez, 2010, p. 112; Pineda, 2014).

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS**

#### **2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

MB Mayflower Buffalos S.A. es una de las principales franquicias de comida rápida y restaurantes del Ecuador. Empezó su funcionamiento en 1975 con Mayflower, especialista en comida china. En el año 1997 nació Buffalos Grill, una cadena de restaurantes enfocada a la cocina a la parrilla. Arroz y Yapa se inauguró en el año 2011 como una opción por el gusto del arroz en la comida ecuatoriana y a finales del 2012 empezó el funcionamiento de los locales Chimichori, una variedad del choripan argentino (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015a, p. 4).

La participación actual del mercado de la marca Mayflower está entre el 7 % y 8 %, si se toma en cuenta el mercado global de restaurantes de comida rápida, pero al hablar exclusivamente de comida china, Mayflower ocupa el primer lugar en ventas. Actualmente el GRUPO MB posee 47 locales distribuidos de la siguiente manera: Quito con 18 locales de Mayflower, 9 de Buffalos, 3 de Chimichori y 2 de Arroz y Yapa; Guayaquil con 4 locales de Mayflower y 3 de Buffalos; Ambato con un local de Mayflower y uno de Buffalos; en Machala, Cuenca, Santo Domingo, Ibarra, Riobamba y Latacunga hay un local de Mayflower en cada ciudad (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015b).

La planta de producción de la empresa está ubicada en el km 5 ½ de la vía Sangolquí - Tambillo y su operación cuenta con un recurso humano de 70 trabajadores que dependen directamente de la empresa. En las instalaciones trabajan 12 operarios en el área de vegetales y 30 en cárnicos, el personal restante son empleados de las áreas de adquisiciones, sistemas, bodegas y logística (MB Mayflower Buffalos S.A., 2014).

El crecimiento en ventas de la empresa, en los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, ha sido el 3,16 %, 6,68 %, 9,86 %, 10,01 %, 17,35 %, 22,89 % y 28,42 %, respectivamente, y se tiene proyectado un aumento del 35 % para el 2015. Las instalaciones eran arrendadas y la producción se orientaba únicamente a cubrir la demanda de los clientes por lo que, a pesar del crecimiento en las ventas, se presentaron problemas en la producción (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015b).

Los costos por el pago de horas extras sobrepasaron el 48,34 % de los valores previstos en el año 2014. En el mismo periodo, los retrasos en la producción no permitieron cubrir la demanda de los clientes en un 7,55 % en los locales de Mayflower, un 6,52 % en los locales de Buffalos y un 3,66 % entre los locales de Arroz y Yapa y Chimichori (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015b).

A más de estos problemas de productividad, las instalaciones presentan un alto riesgo de contaminación cruzada debido a la manipulación de productos cárnicos después de su cocción, en la misma área de producción de productos crudos. Esto ha despertado la necesidad de MB Mayflower Buffalos S.A. en buscar alternativas para aumentar la productividad de su planta de producción y cumplir con los requerimientos para su normal funcionamiento.

## **2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

### **2.1.2.1 Procesamiento de vegetales**

La producción de vegetales es variable en el transcurso de la semana pero en promedio se procesan diariamente 2100 kg de vegetales para producir 1900 kg de productos. La recepción de vegetales se realiza todas las mañanas pero no son procesados el mismo día debido a que la cantidad de los diferentes tipos de mix de vegetales es variable. Los bodegueros entregan los vegetales requeridos en el día. La cebolla paiteña, col, pimienta y zanahoria se procesan en la máquina cortadora de vegetales mientras que la cebolla blanca, el nabo chino y la vainita se cortan manualmente. Para preservar los vegetales estos se hidratan en una solución de



ácido cítrico. En el caso de la cebolla blanca, cebolla paiteña, pimiento y vainita, también se fumigan con citrosand. Los productos obtenidos del procesamiento de vegetales se presentan en la Tabla 2.1, a partir de los cuales se preparan los mix agridulce, chaulafán, tallarín, sechuan y soya en los locales.

**Tabla 2.1.** Productos del procesamiento de vegetales

Vegetal	kg de producto obtenido por 100 kg de materia prima	Corte		
		Sesgo	Pluma	Cuadritos
Cebolla blanca	75,00	X	X	--
Cebolla paiteña	94,00	X	X	--
Col	85,00	--	X	--
Nabo chino	91,67	X	--	--
Pimiento	93,33	X	X	--
Vainita	99,00	X	--	X
Zanahoria	96,00	X	X	X

### 2.1.2.2 Procesamiento de cárnicos

Los días sábados y lunes se reciben en promedio 1050 kg de lomo de res y se procesan, respectivamente, los días lunes y jueves. El resto de productos se procesan el mismo día de la recepción. Los días lunes, jueves y sábados se procesan en promedio de 350 kg de costillar de cerdo. Los días lunes y jueves se llegan a procesar alrededor de 400 kg de lomo de cerdo. Los martes, miércoles y viernes 800 pollos con un peso promedio de 1,50 kg (20 pollos por gaveta).

Los filetes de lomo de res, corte chaufa de res y filetes de pollo no pasan por el proceso de horneado. Únicamente las chuletas y el corte chaufa de res no son condimentados. Los productos obtenidos del procesamiento de cárnicos se presentan en la Tabla 2.2, de los cuales los cortes chaufa de lomo de res y pollo corresponden a los retazos extras de la preparación de los filetes cuyos pesos son 50 g, 110 g, 150 g y 250 g  $\pm$  5 g.

**Tabla 2.2.** Productos del procesamiento de cárnicos

Cárnico	kg de producto obtenido por 100 kg de materia prima			
	Filetes	Corte chaufa	Chuletas	Presas
Lomo de res	72,00	18,00	--	--
Lomo de cerdo	--	64,00	--	--
Costillar de cerdo	--	--	93,75	--
Pollo	16,58	11,00	--	28,42

Existe una deficiente organización en la producción, principalmente en el área de cárnicos, como se observa en las Figuras AIV.6 a AIV.12, que ocasionan demoras en los flujos de materiales y está presente el peligro de contaminación cruzada al manipular productos cocinados en la misma sección de cárnicos crudos.

Debido a los problemas de productividad citados en sección 2.1.1 y la necesidad de certificar Buenas Prácticas de Manufactura para la obtención de la licencia de funcionamiento de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), la empresa compró las instalaciones en diciembre del 2014 con el fin de invertir en las adecuaciones necesarias para mejorar las condiciones de trabajo del personal y aumentar la productividad de la planta procesadora de alimentos.

Es por esto que se emplearán los métodos de la ingeniería industrial para evaluar la productividad actual de la planta procesadora de alimentos, identificar los procesos factibles de mejoramiento e implementar en ellos un sistema de producción esbelta que permitirá aumentar la productividad sin comprometer la calidad de los productos y el bienestar de los trabajadores.

## **2.2 LEVANTAMIENTO DEL LAYOUT INICIAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN**

Se elaboraron bosquejos con ayuda de instrumentos de dibujo básico mediante la observación y el reconocimiento general de las instalaciones con lo cual se identificaron los elementos estructurales y no estructurales de interés para trazar el

plano. Una vez obtenidos los bosquejos generales, se dibujó el layout de la planta en papel.

Para el dibujo con detalle de dimensiones, se tomaron las medidas desde los exteriores de la planta de producción y se continuó con las secciones internas. Estas medidas se registraron en el dibujo del layout de las instalaciones. La etapa de dibujo digital se realizó mediante el Programa de AUTOCAD. El layout resultante se presenta en la Figura Al.1.

### **2.3 DOCUMENTACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN**

Se realizaron seguimientos a los operarios desde la recepción de las materias primas, desde el cuarto frío 2 en el caso de vegetales y desde el área de recepción para cárnicos, hasta el área de producción donde son procesados y, finalmente hasta ser almacenados en el cuarto frío 2 (en el caso de los productos cárnicos que pasan a congelarse) y en el cuarto frío 3 (en el caso de vegetales que pasan a refrigeración).

Durante los seguimientos se registraron las actividades ejecutadas por los operarios en cada proceso productivo analizado en la planta mediante observación directa y la ayuda de filmaciones de las tareas realizadas en la producción para desglosar correctamente las actividades que ejecutan los operarios. Estas se presentan en el Anexo II.

También se registraron los trayectos y distancias recorridas por los operarios al transportar las materias primas a lo largo de la planta de producción. Estas distancias fueron registradas en impresiones del layout de las instalaciones, una impresión por cada uno de los productos de la planta de producción.

Sobre la base de los datos obtenidos se elaboraron los cursogramas sinópticos y los diagramas de recorrido de los procesos que se presentan en las secciones

3.1.1.2 y 3.1.1.3, y el Anexo IV, respectivamente.

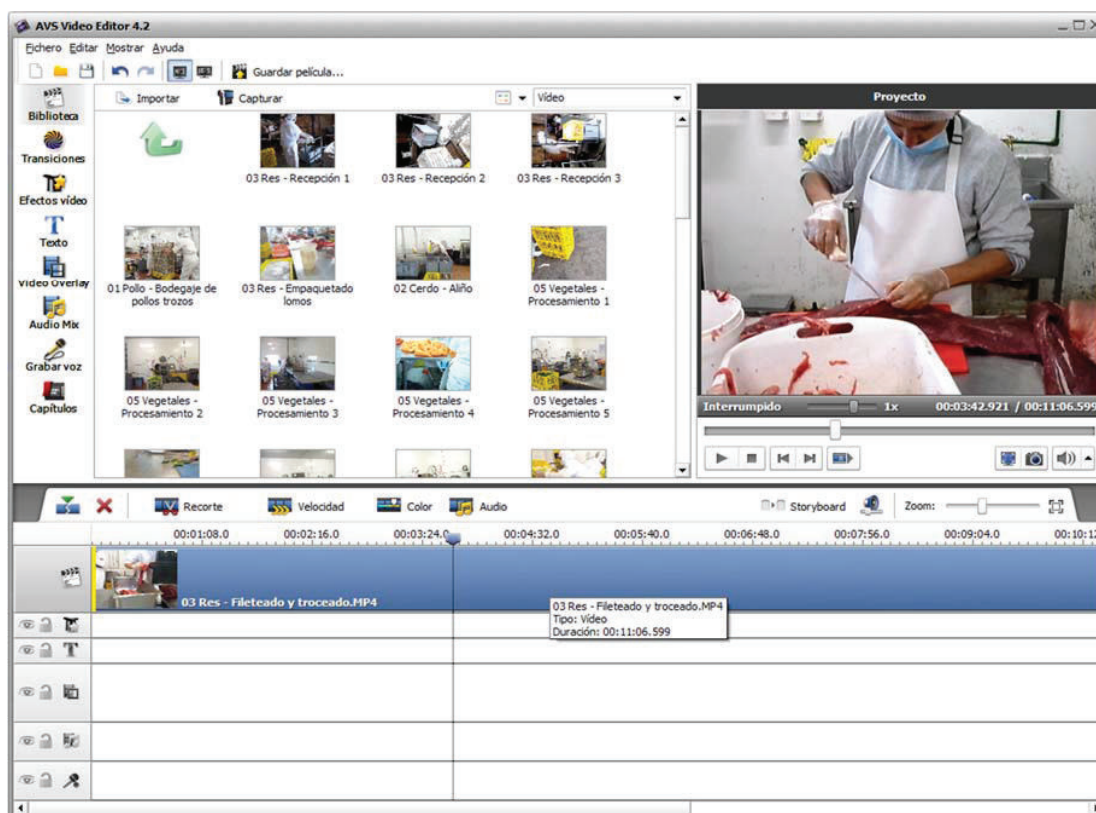
## **2.4 ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD**

Con base en la documentación obtenida, se realizó la medición del trabajo por cronometraje siguiendo la metodología descrita en la sección 1.3.1, con las siguientes particularidades:

- En este estudio se seleccionaron todos los procesos de producción de la planta procesadora de alimentos de MB Mayflower Buffalos S.A. debido a que no se tenía información inicial de ninguno de ellos.
- No se seleccionó un operario calificado único para la medición de tiempos debido a que los procesos se desarrollan con la participación de al menos dos operarios (en todos los procesos) y la producción diaria no es la misma (en el caso de vegetales).
- Únicamente los tiempos de los transportes fueron cronometrados directamente. Las mediciones de prueba y ejecución de la muestra inicial se realizaron con el software AVS Video Editor con la utilización de los primeros videos grabados en la planta de producción, mas no de la forma tradicional que hace uso del cronómetro digital de mano.
- Se procedió de la misma manera con las siguientes muestras, una vez que se segmentaron las tareas en las actividades que las conforman y se fijaron claramente los límites de cada uno de estos elementos menores de trabajo.

Para segmentar el trabajo en elementos menores y delimitarlos, se utilizaron los videos de las filmaciones realizadas en la planta de producción. La delimitación de las actividades que conforman las tareas realizadas por los operarios se realizó con la utilización del software AVS Video Editor debido a la posibilidad que brinda el programa de disminuir y acelerar los videos, así como la facilidad de obtener

lecturas de tiempo con 3 cifras decimales de segundo.



**Figura 2.1.** Ambiente de trabajo del software AVS Video Editor, empleado en la segmentación de las tareas y delimitación de elementos menores

En la Figura 2.1 se presenta el ambiente de trabajo de este programa mientras se segmenta la tarea de limpieza manual de lomos de res.

Con base en los datos de la Tabla 1.4, para el muestro inicial, se tomó un tamaño de muestra de cinco observaciones debido a que todos los tiempos de ciclo de los procesos son mayores a 30 min. Los transportes fueron cronometrados directamente mientras que los tiempos de las actividades fueron obtenidos a partir de los videos de los procesos con la utilización del software AVS Video Editor.

Para determinar el número mínimo de observaciones requerido en la medición de tiempos, se empleó la ecuación 1.1. En todos los casos resultó un número menor a la unidad por lo que no fue necesario hacer más mediciones para alcanzar un nivel de confianza del 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5$  % en este estudio. Estos

resultados, que justifican el número de observaciones efectuadas, se presentan en la Tabla AIII.1.

Sobre la base de los tiempos promedios resultantes de los cronometrajes, los diagramas de recorrido y los cursogramas sinópticos obtenidos, se trazaron los cursogramas analíticos y elaboraron los diagramas hombre - máquina, o diagramas de actividades múltiples, de cada proceso. Estos resultados se presentan en las secciones 3.1.1.2 y 3.1.1.3, y el Anexo V, respectivamente.

Con base en los suplementos y tolerancias del trabajo, presentados en la Tabla 2.3, se estimaron las tolerancias para los tiempos de ciclo observados (tiempos promedios resultantes de los cronometrajes). Para esto los supervisores de calidad y producción, y el jefe de producción, por separado, estimaron las tolerancias de los suplementos presentados en la Tabla 2.3 y se tomaron como tolerancias para los tiempos de ciclo de los procesos de producción de vegetales y de cárnicos, a los promedios de los valores registrados. Estos resultados se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2 de la sección 3.2.

Para la valoración del ritmo de trabajo se utilizó la norma británica Westinghouse, escala 0-100, de la Tabla 1.5. Con la ecuación 1.2 y la calificación del ritmo de trabajo, se calcularon los tiempos básicos de producción. Para calcular los tiempos estándar de producción se utilizó la ecuación 1.3 y los tiempos básicos calculados. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.3 de la sección 3.2.

Para calcular la productividad de la mano de obra se calcularon las el número de horas hombre trabajadas por el personal (9 personas trabajando de lunes a sábado, 8 h diarias) y los kilogramos de vegetales producidos en la semana, con base a los registros de producción de la empresa. En el caso de los procesos de cárnicos se calcularon el número de horas hombre trabajadas por los operarios y los kilogramos de cárnicos producidos en la semana, con base en los calendarios de turnos de trabajo del personal y la planificación de la producción, respectivamente. Estos resultados se presentan en las Tablas 3.4 y 3.7 de la sección 3.2.

**Tabla 2.3.** Suplementos y tolerancias para tiempos básicos de trabajo

Suplementos	Tolerancia a añadir (%)
<b>A. Suplementos constantes:</b>	
1. Suplemento personal	5
2. Suplemento por fatiga básica	4
<b>B. Suplementos variables:</b>	
1. Suplemento por estar de pie	2
2. Suplemento por posición anormal:	
a. un poco incómoda	0
b. incómoda (agachado)	2
c. muy incómoda (tendido, estirado)	7
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar) según el peso (lb / kg):	
5 / 2,3	0
10 / 4,5	1
15 / 6,8	2
20 / 9,1	3
25 / 11,3	4
30 / 13,6	5
35 / 15,9	7
40 / 18,1	9
45 / 20,4	11
50 / 22,7	13
60 / 27,2	17
70 / 31,8	22
4. Mala iluminación:	
a. un poco debajo de la recomendada	0
b. bastante menor que la recomendada	2
c. muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	0 - 10
6. Atención requerida:	
a. trabajo bastante fino	0
b. trabajo fino o preciso	2
c. trabajo muy fino y muy preciso	5
7. Nivel de ruido:	
a. continuo	0
b. intermitente - fuerte	2
c. intermitente - muy fuerte	5
d. de tono alto - fuerte	5
8. Estrés mental:	
a. proceso bastante complejo	1
b. atención compleja o amplia	4
c. muy compleja	8
9. Monotonía:	
a. nivel bajo	0
b. nivel medio	1
c. nivel alto	4

(Niebel y Freivalds, 2004, p. 437)

El Departamento de Marketing de MB Mayflower Buffalos S.A. ya tuvo especificado el valor de los productos desde el punto de vista del cliente final, primer principio de la implementación de un sistema de producción esbelta. Con base en las preguntas presentadas en la Tabla 1.6, se resumen los requerimientos de los clientes por los productos de la empresa en la Tabla 3.8 de la sección 3.2, con los cuales se identificaron los flujos de valor y mudas tipo II. La identificación de estas actividades se resume en las Tablas AVI.1 a AVI.4 y los índices en las Tablas 3.9 y 3.10 de la sección 3.1.2.

Sobre la base de la identificación de las actividades con valor añadido para el cliente, presentados en la Tabla AVI.1, y los tiempos de estas actividades registrados en los cursogramas analíticos de las Figuras 3.6 a 3.12 de la sección 3.1.2, se calcularon los tiempos de valor añadido en los procesos de producción de vegetales. Con base en estos resultados, los tiempos de ciclo presentados en los diagramas hombre - máquina de las Figuras AV.1 a AV.7 y la ecuación 1.6, se calcularon las eficiencias de ciclo de los procesos de producción de vegetales. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.9 de la sección 3.2.

Sobre la base de la identificación de las actividades con valor añadido para el cliente, presentados en la Tabla AVI.2 a AVI.4, y los diagramas hombre - máquina de las Figuras AV.8 a AV.14, se determinaron los tiempos de valor añadido en los procesos de producción de cárnicos. Con base en estos resultados, los mismos diagramas hombre - máquina y la ecuación 1.6, se calcularon las eficiencias de ciclo de los procesos de producción de cárnicos. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.10 de la sección 3.2.

## **2.5 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

Con los resultados obtenidos en las secciones 3.1 y 3.2 se identificaron los flujos de valor y los procesos susceptibles de mejoras mediante la eliminación de desperdicios. Las mudas tipo II encontradas se eliminaron o redujeron con la



redistribución de las secciones de la planta de producción (segundo principio de la implementación de un sistema de producción esbelta).

La adquisición de los nuevos equipos y la nueva distribución de la planta procesadora de alimentos, permitieron agregar valor al proceso al desarrollar las actividades generadoras de valor para el cliente en la producción a través de flujos continuos (tercer principio de la implementación de un sistema de producción esbelta). La discusión de la nueva distribución de las instalaciones se discute en la sección 3.3.3 y nuevos flujos y secuencias de los procesos se pueden observar en los diagramas de recorrido de las Figuras AVII.1 a AVII.6 y los diagramas hombre - máquina de las Figuras AVIII.1 a AVIII.6, respectivamente.

Con la redistribución de planta y sobre la base de las proyecciones de ventas del Departamento de Marketing de MB Mayflower Buffalos S.A., se logró coordinar con los proveedores la recepción de materias primas el mismo día de la producción y cambiar la planificación mensual de pedidos por una semanal. Se evitaron de esta forma los pedidos de último momento y se redujo el inventario de materias primas en cuartos fríos. De esta manera la producción se organizó según la demanda prevista de los clientes (cuarto principio en la implantación de un sistema de producción esbelta).

Para alcanzar un estado de excelencia de los cuatro principios aplicados del sistema de producción esbelta, quinto y último principio de la implantación de un sistema de producción esbelta, se aplicó la filosofía de las 5 S al seleccionar los elementos necesarios para desarrollar el trabajo, su ordenamiento y organización en la redistribución de la planta de producción.

La limpieza de los lugares de trabajo y equipos, así como los procesos de producción, fueron estandarizados y detallados por los supervisores de calidad y de producción en los respectivos documentos y registros que desarrollaron para la implementación y certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (tema fuera del alcance de este trabajo de tesis). La disciplina y compromiso de los colaboradores de la planta de producción se lograron al involucrarlos con la reasignación de

responsabilidades, para esto se designaron líderes de cada área de producción quienes quedaron a cargo de la supervisión de los miembros de sus equipos de trabajo, así como de dirigir y llevar a cabo las pausas activas implementadas.

## **2.6 EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE PLANTA LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

Se levantó el nuevo layout de la planta de producción, el cual se presenta en la Figura A1.2, a partir del archivo digital de la distribución inicial de las instalaciones. Las actividades desarrolladas y su secuencia no cambiaron debido a que las modificaciones no se dieron en el procesamiento de la materia prima sino en la distribución y equipamiento de la planta por lo que se elaboraron los diagramas de recorrido de los procesos en los cuales se implementaron las mejoras. Estos documentos se presentan en las Figuras AVII.1 a AVII.6.

Se realizó nuevamente la medición del trabajo por cronometraje a partir de una muestra inicial de 5 observaciones de misma manera que se mencionó en la sección 2.4 con la particularidad de que ya no fue necesario realizar nuevamente la segmentación y delimitación de elementos menores de las tareas, únicamente se realizó el cronometraje de estas actividades. En la Figura 2.2 se presenta una captura del ambiente de trabajo del software AVS Video Editor mientras se realiza el cronometraje de la tarea de fileteado de lomos de res.

Para la determinación del tamaño mínimo de muestra en la medición de tiempos, se empleó la ecuación 1.1. En todos los casos resultó un número menor a la unidad por lo que no fue necesario hacer más mediciones para alcanzar un nivel de confianza del 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5$  % en este estudio. Estos resultados, que justifican el número de observaciones efectuadas, se presentan en la Tabla AIII.1.

Con base en los tiempos promedios observados se levantaron los cursogramas

analíticos y diagramas hombre - máquina de los nuevos procesos. Estos documentos se presentan en la sección 3.1.4 y las Figuras AVIII.1 a AVIII.6, respectivamente.



**Figura 2.2.** Ambiente de trabajo del software AVS Video Editor, empleado en el cronometraje de actividades

Sobre la base de los nuevos documentos elaborados, las estimaciones de tolerancias, presentadas en las Tablas 3.1 y 3.2 de la sección 3.1.2, se determinaron los tiempos de ciclo de los procesos, los tiempos estándar de producción y la productividad de la mano de obra.

Con base en estos resultados y las actividades que agregan valor al producto para el cliente, señaladas en las Tablas AVI.1 a AVI.4, se determinaron los índices de eficiencia del ciclo de los procesos mejorados.

Estos resultados se presentan en la sección 3.1.5. Los valores obtenidos fueron comparados con los alcanzados en la situación original de la planta de producción y se presentan en la sección 3.2.

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para el presente estudio, debido a la variabilidad de las producciones, se utilizaron los valores promedios que reportó el ERP de MB Mayflower Buffalos S.A.

#### **3.1 SITUACIÓN INICIAL DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

##### **3.1.1 LAYOUT INICIAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN**

La distribución original de la planta de producción, en escala 1:410, se muestra en la Figura AI.1. Los cuartos fríos 2 y 4 son congeladores y los cuartos fríos 1 y 3 son refrigeradores.

##### **3.1.2 PROCESAMIENTO DE VEGETALES**

Con base en los datos de la Tabla 1.4, debido a que los tiempos de procesamiento de vegetales son mayores a 30 minutos, se realizó un muestreo inicial de cinco observaciones. Este número de observaciones resultó ser suficiente como tamaño de muestra debido a que al calcular, con base en la ecuación 1.1, el número de observaciones mínimo requerido para un nivel de confianza de 95,45 % y margen de error  $\pm 5$  %, resultó ser menor a 1 en todos los procesos de producción de vegetales.

Las actividades observadas y los tiempos registrados para cada proceso de producción de vegetales, se presentan en las Tablas AII.1 a AII.7 y la justificación del tamaño de las muestras requeridas para el estudio de tiempos se detalla en el Anexo III.

Sobre la base de las actividades registradas y el layout de la Figura AI.1, se elaboraron los cursogramas sinópticos y los diagramas de recorrido que se muestran en las Figuras 3.1 a 3.5 y AIV.1 a AIV.5, respectivamente.



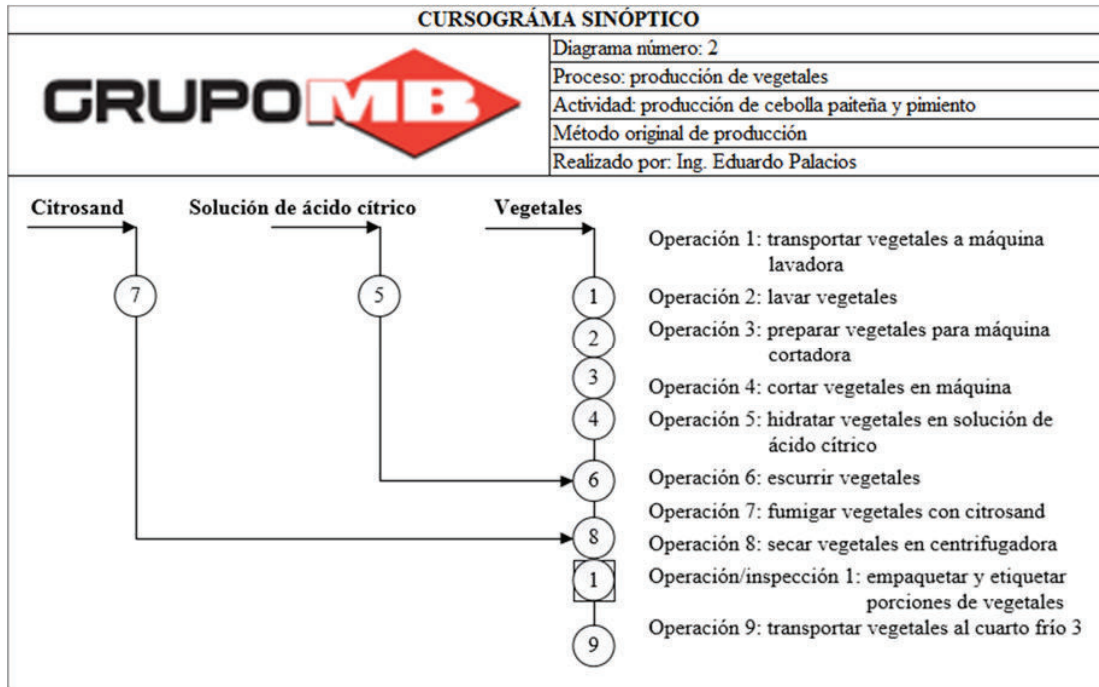
**Figura 3.1.** Cursograma sinóptico de la producción de cebolla blanca

En la Figura 3.1 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para el procesamiento de cebolla blanca. El corte de cebolla blanca se realiza de manera manual y se emplea ácido cítrico y citrosand para su preservación.

El diagrama de recorrido correspondiente a la producción de la cebolla blanca se presenta en la Figura AIV.1.

Los bodegueros entregan las gavetas con cebolla blanca para su procesamiento. Los vegetales son transportados por los operarios a la máquina lavadora donde permanecen cinco minutos antes de su preparación. La preparación consiste en retirar el bulbo y remanentes de las raíces de la cebolla blanca. A continuación se cortan los vegetales

El corte se realiza de manera manual. Los cortes de vegetales se fumigan con citrosand y pasan a ser secados en centrifugadora. Los vegetales procesados pasan a la mesa de pesaje donde se empaquetan en porciones de 500 g y se etiquetan. Finalmente las gavetas con las porciones de vegetales preparados se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 3 (refrigeración).



**Figura 3.2.** Cursograma sinóptico de la producción de cebolla paiteña y pimiento

En la Figura 3.2 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para el procesamiento de cebolla paiteña y pimiento. El corte de vegetales se realiza en máquina y se emplea ácido cítrico y citrosand para su preservación.

El diagrama de recorrido correspondiente a la producción de cebolla paiteña y pimiento se presenta en la Figura AIV.2.

Los bodegueros entregan las gavetas con los vegetales para su procesamiento. Los vegetales son transportados por los operarios a la máquina lavadora donde permanecen cinco minutos. La preparación consiste en retirar las cortezas de las cebollas paiteñas y, en el caso de los pimientos, las semillas y pedúnculos. Luego pasan a ser cortados en máquina y se dejan en solución de ácido cítrico por 5 minutos, se escurren y fumigan con citrosand.

Después los vegetales son secados en centrifugadora. Los vegetales procesados pasan a la mesa de pesaje donde se empaquetan en porciones de 500 g y se etiquetan. Finalmente las gavetas con las porciones de vegetales preparados se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 3 (refrigeración).





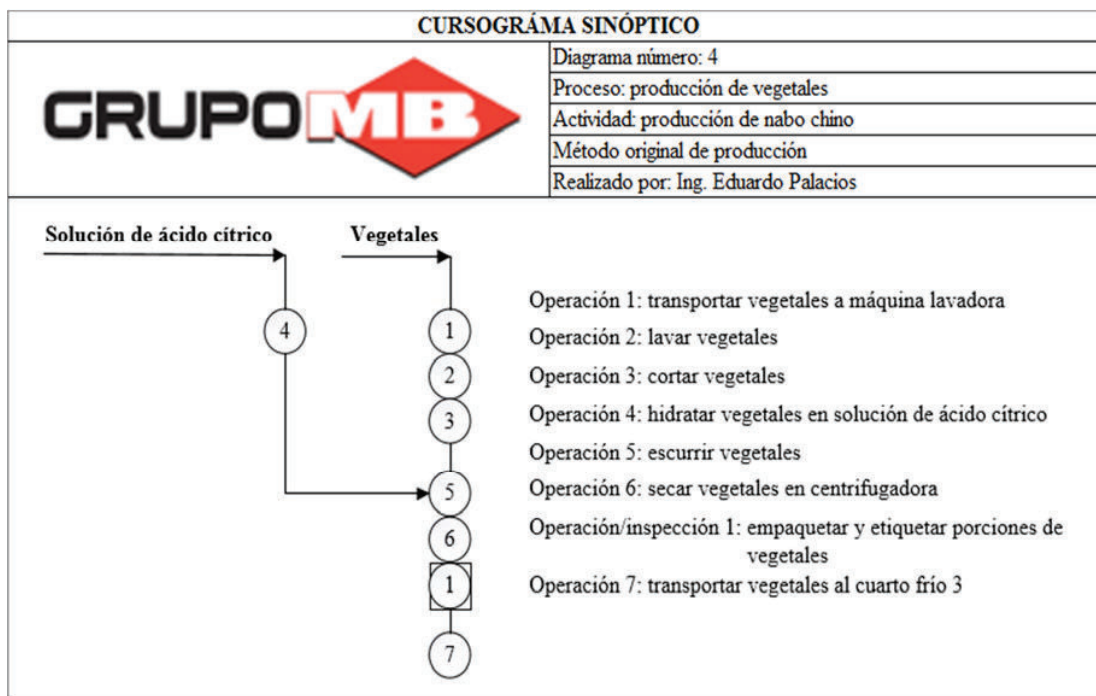
**Figura 3.3.** Cursograma sinóptico de la producción de col y zanahoria

En la Figura 3.3 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para el procesamiento de col y zanahoria. El corte de vegetales se realiza en máquina y se emplea ácido cítrico para su preservación.

El diagrama de recorrido correspondiente a la producción de col y zanahoria se presenta en la Figura AIV.3.

Los bodegueros entregan las gavetas con los vegetales para su procesamiento. Los vegetales son transportados por los operarios a la máquina lavadora donde permanecen cinco minutos. La preparación consiste en retirar las hojas externas de las coles y pelan las zanahorias. Luego pasan a ser cortados en máquina y se dejan en solución de ácido cítrico por cinco minutos y se escurren.

Después los vegetales son secados en centrifugadora. Los vegetales procesados pasan a la mesa de pesaje donde se empaquetan en porciones de 500 g y se etiquetan. Finalmente las gavetas con las porciones de vegetales preparados se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 3 (refrigeración).



**Figura 3.4.** Cursograma sinóptico de la producción de nabo chino

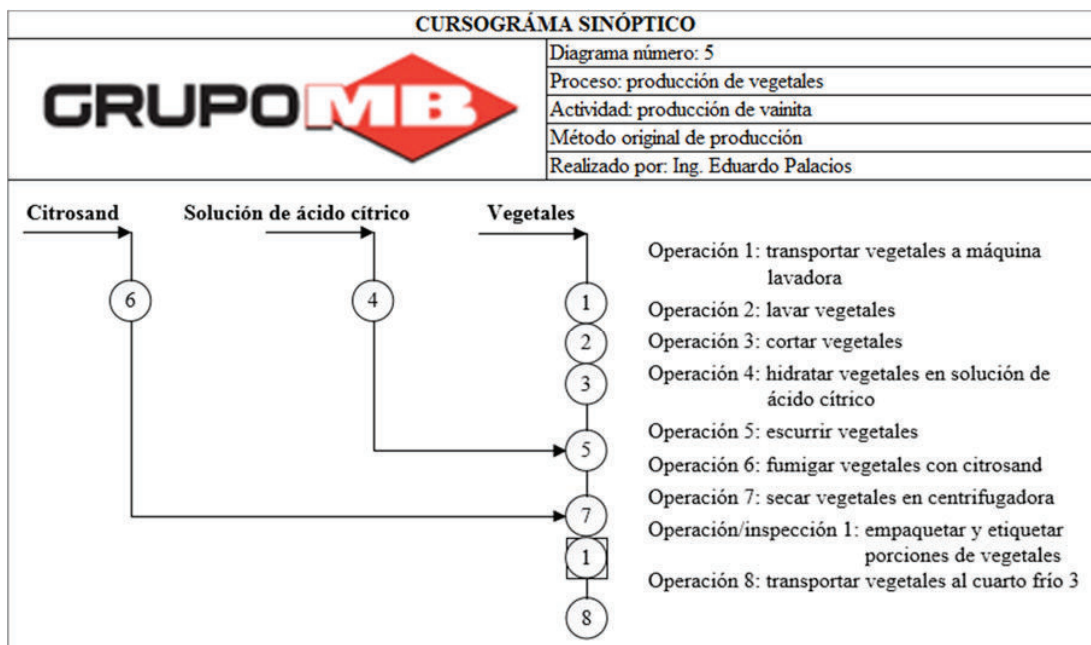
En la Figura 3.4 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para el procesamiento de nabo chino. El corte de vegetales se realiza de manera manual y se emplea ácido cítrico para su preservación.

El diagrama de recorrido correspondiente a la producción de nabo chino se presenta en la Figura AIV.4.

Los bodegueros entregan las gavetas con nabo chino para su procesamiento. Los vegetales son transportados por los operarios a la máquina lavadora donde permanecen cinco minutos antes de ser cortados manualmente.

Los cortes de vegetales se colocan en solución de ácido cítrico por 5 minutos y se escurren. Después los cortes de nabo chino son secados en centrifugadora. Los vegetales procesados pasan a la mesa de pesaje donde se empaquetan en porciones de 500 g y se etiquetan. Finalmente las gavetas con las porciones de vegetales preparados se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 3 (refrigeración).





**Figura 3.5.** Cursograma sinóptico de la producción de vainita

En la Figura 3.5 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para el procesamiento de la vainita. El corte de vegetales se realiza de manera manual y se emplea ácido cítrico y citrosand para su preservación.

El diagrama de recorrido correspondiente a la producción de vainita se presenta en la Figura AIV.5.

Los bodegueros entregan las gavetas con vainita para su procesamiento. Los vegetales son transportados a la máquina lavadora donde permanecen 5 minutos antes de ser cortados manualmente. Los cortes de vegetales se colocan en solución de ácido cítrico por 5 minutos, se escurren y fumigan con citrosand. Después son secados en centrifugadora y pasan a la mesa de pesaje donde se empaquetan en porciones de 500 g y se etiquetan. Finalmente las gavetas con las porciones de vegetales preparados se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 3.

Sobre la base de los tiempos promedios observados, presentados en las Tablas All.1 a All.7, y los cursogramas sinópticos mostrados en las Figuras 3.1 a 3.5, se obtuvieron los cursogramas analíticos presentados en las Figuras 3.6 a 3.12 y los diagramas hombre - máquina, o de actividades múltiples,

que se muestran en las Figuras AV.1 a AV.7.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL				
	Diagrama número: 1	ACTIVIDAD		RESUMEN				
		Operaciones ○	7	Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨	2					
Actividad: producción de cebolla blanca		Demoras □	6					
Método original de producción		Inspecciones □	1					
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0					
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 30 kg de producto		Tiempo (min)	23,45					
		Distancia (m)	93,76					
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones	
				○	⇨	□		▽
Transportar gavetas a la lavadora	40,00	46,88	0,72		●			5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,38			●		
Lavar vegetales en máquina			5,00	●				
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,97			●		
Preparar cebollas para su corte			1,32	●				
Colocar cebollas en mesa para cortar			0,17			●		Cada grupo de 10 kg. 3 en total
Cortar cebollas			2,97	●				
Fumigar vegetales con citrosand			1,56	●				Gaveta de producto
Colocar vegetales en centrifugadora			0,68			●		
Secar vegetales en centrifugadora			1,33	●				
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,20			●		Gaveta de producto por operario
Pesar porciones de vegetales			5,26				●	
Sellar porciones de vegetales			1,15	●				
Etiquetar porciones de vegetales			0,42	●				1 vez por ciclo
Colocar paquetes en gavetas			0,59			●		
Transportar gavetas a cuarto frio 3	30,00	46,88	0,74		●			

Figura 3.6. Cursograma analítico de la producción de cebolla blanca

En la Figura 3.6 se observa que en la producción de cebolla blanca se presentan 7 operaciones, 2 transportes, 6 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 40 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 23,45 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 30 kg de producto. En la discusión de los diagramas hombre - máquina se emplea U para hacer referencia a la utilización de los recursos analizados.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.1. Se observa un tiempo de ciclo de 31,71 min durante el cual un operario trabaja 24,70 min (U = 77,89 %), otro operario 20,28 min (U = 63,95 %), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min (U = 15,77 %) y se emplea una centrifugadora con un tiempo total de funcionamiento de 1,33 min (U = 4,19 %). En este caso se observa

simultaneidad en las operaciones de corte y fumigación.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 2	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○	Transporte ⇨	Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨		8						
Actividad: producción de cebolla paiteña		Demoras □		2						
Método original de producción		Inspecciones □		12						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 94 kg de producto		Tiempo (min)		0						
		Distancia (m)		37,84						
				93,76						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	▽			
Transportar gavetas a la lavadora	100,00	46,88	0,73		●					
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,35			●				5 gavetas por ciclo
Lavar vegetales en máquina			5,00	●						
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,85			●				
Preparar vegetales para su corte			0,73	●						Cada gaveta
Colocar disco de corte			0,54			●				1 vez por ciclo
Colocar gaveta recolectora			0,13			●				
Cortar vegetales en máquina			1,89	●						Cada gaveta de vegetales
Retirar vegetales cortados			0,37			●				preparados
Colocar vegetales en solución ácida			0,62			●				(3 en total)
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●						
Retirar disco de corte			0,65			●				1 vez por ciclo
Lavar máquina cortadora			1,07			●				
Ecurrir vegetales en gavetas			0,53			●				
Fumigar vegetales con citrosand			1,37	●						Cada gaveta de vegetales
Colocar vegetales en centrifugadora			0,62			●				procesados
Secar vegetales en centrifugadora			2,00	●						(3 en total)
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,16			●				
Pesar porciones de vegetales			10,90				●			
Sellar porciones de vegetales			2,42	●						Cada gaveta por operario;
Etiquetar porciones de vegetales			0,59	●						porciones de
Colocar paquetes en gavetas			0,63			●				500 g
Transportar gavetas a cuarto frío 3	94,00	46,88	0,69		●					

Figura 3.7. Cursograma analítico de la producción de cebolla paiteña

En la Figura 3.7 se observa que en la producción de cebolla paiteña se presentan 8 operaciones, 2 transportes, 12 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 100 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 37,84 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 94 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.2. Se observa un tiempo de ciclo de 36,99 min durante el cual un operario trabaja 17,84 min ( $U = 48,23 \%$ ), un grupo de 3 operarios 22,30 min ( $U = 60,29 \%$ ), la



lavadora de vegetales funciona 5,00 min (U = 13,52 %), la cortadora de vegetales 5,67 min (U = 15,33 %) y se emplean una centrifugadora con un tiempo total de funcionamiento de 6,00 min (U = 16,22 %). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de cebolla paiteña en las operaciones de preparación, corte, hidratación, fumigación, secado y pesaje.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL				
	Diagrama número: 3	ACTIVIDAD		RESUMEN				
		Operaciones ○	Transporte ⇨	Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨	2					
Actividad: producción de col		Demoras □	12					
Método original de producción		Inspecciones □	1					
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0					
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 42,50 kg de producto		Tiempo (min)	37,93					
		Distancia (m)	93,76					
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones	
				○	⇨	□		▽
Transportar gavetas a la lavadora	50,00	46,88	0,75		●			5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,33			●		
Lavar vegetales en máquina			5,00	●				
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,79			●		
Preparar vegetales para su corte			6,59	●				
Colocar disco de corte			0,72			●		3 veces por ciclo
Colocar gaveta recolectora			0,18			●		
Cortar vegetales en máquina			2,21	●				
Retirar vegetales cortados			0,29			●		1 vez por ciclo; porciones de 500 g
Colocar vegetales en solución ácida			1,08			●		
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●				
Retirar disco de corte			0,81			●		
Lavar máquina cortadora			1,25			●		
Ecurrir vegetales en gavetas			0,69			●		
Colocar vegetales en centrifugadora			0,64			●		
Secar vegetales en centrifugadora			0,58	●				
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,17			●		
Pesar porciones de vegetales			7,35			●		
Sellar porciones de vegetales			1,62	●				
Etiquetar porciones de vegetales			0,64	●				
Colocar paquetes en gavetas			0,52			●		
Transportar gavetas a cuarto frío 3	42,50	46,88	0,73		●			

Figura 3.8. Cursograma analítico de la producción de col

En la Figura 3.8 se observa que en la producción de col se presentan 7 operaciones, 2 transportes, 12 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 50 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 37,93 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 42,50 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.3. Se observa un tiempo de ciclo de 33,71 min durante el cual un operario trabaja 23,82 min ( $U = 70,66 \%$ ), otro operario 19,59 min ( $U = 58,11 \%$ ), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min ( $U = 14,83 \%$ ), la cortadora de vegetales 6,63 min ( $U = 19,67 \%$ ) y se emplean 2 centrifugadoras con un tiempo total de funcionamiento de 0,58 min cada una ( $U = 1,72 \%$ ). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de cebolla paiteña en las operaciones de preparación y corte.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 4	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨		6						
Actividad: producción de nabo chino		Demoras □		2						
Método original de producción		Inspecciones □		7						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 27,50 kg de producto		Tiempo (min)		0						
		Distancia (m)		22,88						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas a la lavadora	30,00	46,88	0,64		●					5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,32							
Lavar vegetales en máquina			5,00	●						
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,88							
Cortar vegetales			3,32	●						Cada gaveta
Colocar vegetales en solución ácida			0,69							Gaveta de producto terminado por operario; porciones de 500 g
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●						
Ecurrir vegetales en gavetas			0,48							
Colocar vegetales en centrifugadora			0,66							
Secar vegetales en centrifugadora			0,83	●						
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,19							
Pesar porciones de vegetales			2,40							
Sellar porciones de vegetales			0,61	●						
Etiquetar porciones de vegetales			0,52	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,68							
Transportar gavetas a cuarto frío 3	27,50	46,88	0,66		●					1 vez por ciclo

Figura 3.9. Cursograma analítico de la producción de nabo chino

En la Figura 3.9 se observa que en la producción de nabo chino se presentan 6 operaciones, 2 transportes, 7 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 30 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 22,88 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 27,50 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.4. Se observa un tiempo de ciclo de 36,16 min durante el cual un operario trabaja 6,37 min ( $U = 17,62 \%$ ), un grupo de 4 operarios 20,13 min ( $U = 55,67 \%$ ), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min ( $U = 3,83 \%$ ) y se emplean 2 centrifugadoras con un tiempo total de funcionamiento de 0,83 min cada una ( $U = 2,30 \%$ ). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de cebolla paitaña en las operaciones de corte e hidratación.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 5	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○	8	Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨	2							
Actividad: producción de pimienta		Demoras □	12							
Método original de producción		Inspecciones □	1							
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0							
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 70 kg de producto		Tiempo (min)	33,96							
		Distancia (m)	93,76							
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas a la lavadora	75,00	46,88	0,65		●					5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,34							
Lavar vegetales en máquina			5,00	●						
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,91							
Preparar vegetales para su corte			1,01	●						
Colocar disco de corte			0,51							1 vez por ciclo
Colocar gaveta recolectora			0,13							2 veces por ciclo
Cortar vegetales en máquina			1,02	●						
Retirar vegetales cortados			0,60							
Colocar vegetales en solución ácida			0,61							
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●						
Retirar disco de corte			0,72							1 vez por ciclo
Lavar máquina cortadora			1,16							2 veces por ciclo
Ecurrir vegetales en gavetas			0,61							
Fumigar vegetales con citrosand			1,43	●						
Colocar vegetales en centrifugadora			0,54							
Secar vegetales en centrifugadora			1,67	●						
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,16							1 vez por ciclo; porciones de 500 g
Pesar porciones de vegetales			8,19							
Sellar porciones de vegetales			1,76	●						
Etiquetar porciones de vegetales			0,63	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,61							
Transportar gavetas a cuarto frío 3	70,00	46,88	0,70		●					

Figura 3.10. Cursograma analítico de la producción de pimienta

En la Figura 3.10 se observa que en la producción de pimienta se presentan 8 operaciones, 2 transportes, 12 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para



el procesamiento de 75 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 33,96 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 70 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.5. Se observa un tiempo de ciclo de 30,09 min durante el cual un operario trabaja 12,94 min (40,32 %), un grupo de 3 operarios 16,91 min (52,70 %), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min (15,58 %), la cortadora de vegetales 2,04 min (6,36 %) y se emplean una centrifugadora con un tiempo total de funcionamiento de 3,34 min (10,41 %). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de cebolla paiteña en las operaciones de preparación, corte, hidratación, fumigación, secado y pesaje.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL				
	Diagrama número: 6	ACTIVIDAD		RESUMEN				
		Operaciones ○	7	Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨	2					
Actividad: producción de vainita		Demoras □	7					
Método original de producción		Inspecciones □	1					
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0					
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 29,70 kg de producto		Tiempo (min)	23,96					
		Distancia (m)	93,76					
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones	
				○	⇨	□		▽
Transportar gavetas a la lavadora	30,00	46,88	0,74		●			5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,39			●		
Lavar vegetales en máquina			5,00	●				Cada gaveta
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,55		●			
Cortar vegetales			0,72	●				1 vez por ciclo
Colocar vegetales en solución ácida			0,58			●		
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●				Tiempo por operario; porciones de 500 g
Ecurrir vegetales en gavetas			0,55			●		
Fumigar vegetales con citrosand			1,20	●				1 vez por ciclo
Colocar vegetales en centrifugadora			0,65			●		
Secar vegetales en centrifugadora			0,33	●				Tiempo por operario; porciones de 500 g
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,18			●		
Pesar porciones de vegetales			5,15				●	1 vez por ciclo
Sellar porciones de vegetales			1,16	●				
Etiquetar porciones de vegetales			0,56	●				1 vez por ciclo
Colocar paquetes en gavetas			0,56			●		
Transportar gavetas a cuarto frío 3	29,70	46,88	0,63		●			

Figura 3.11. Cursograma analítico de la producción de vainita

En la Figura 3.11 se observa que en la producción de vainita se presentan 7 operaciones, 2 transportes, 7 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para

el procesamiento de 30 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 23,96 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 29,70 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina, actividades múltiples, correspondiente de la producción de vainita se muestra en la Figura AV.6. Se observa un tiempo de ciclo de 26,83 min durante el cual un operario trabaja 13,29 min ( $U = 49,53 \%$ ), otro operario 14,82 min ( $U = 55,24 \%$ ), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min ( $U = 18,64 \%$ ) y se emplean 2 centrifugadoras con un tiempo total de funcionamiento de 0,33 min cada una ( $U = 1,23 \%$ ). Las actividades son secuenciales, sin simultaneidad.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 7	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○	7	Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de vegetales		Transporte ⇨	2							
Actividad: producción de zanahoria		Demoras □	12							
Método original de producción		Inspecciones □	1							
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0							
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 96 kg de producto		Tiempo (min)	33,08							
		Distancia (m)	93,76							
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas a la lavadora	100,00	46,88	0,79		●					5 gavetas por ciclo
Colocar gavetas en máquina lavadora			0,40				●			
Lavar vegetales en máquina			5,00	●						
Retirar gavetas de la máquina lavadora			0,93				●			Cada gaveta
Preparar vegetales para su corte			1,48	●						
Colocar disco de corte			0,63				●			1 vez por ciclo
Colocar gaveta recolectora			0,16				●			2 veces por ciclo
Cortar vegetales en máquina			1,65	●						
Retirar vegetales cortados			0,35				●			
Colocar vegetales en solución ácida			0,68				●			
Hidratar vegetales en solución ácida			5,00	●						1 vez por ciclo
Retirar disco de corte			0,68				●			
Lavar máquina cortadora			1,16				●			Cada gaveta de vegetales procesados (3 en total)
Ecurrir vegetales en gavetas			0,54				●			
Colocar vegetales en centrifugadora			0,47				●			
Secar vegetales en centrifugadora			0,83	●						Cada gaveta por persona; porciones de 500 g
Colocar vegetales en mesa para empacar			0,18				●			
Pesar porciones de vegetales			8,32					●		1 vez por ciclo
Sellar porciones de vegetales			1,82	●						
Etiquetar porciones de vegetales			0,60	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,59				●			
Transportar gavetas a cuarto frío 3	96,00	46,88	0,80		●					

Figura 3.12. Cursograma analítico de la producción de zanahoria



En la Figura 3.12 se observa que en la producción de zanahoria se presentan 7 operaciones, 2 transportes, 12 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 100 kg de vegetales (5 gavetas) fue de 33,08 min y la distancia recorrida por los operarios 93,76 m, y se obtuvieron 96 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina se muestra en la Figura AV.7. Se observa un tiempo de ciclo de 33,13 min durante el cual un operario trabaja 17,48 min (U = 52,76 %), un grupo de 3 operarios 18,73 min (U = 56,53 %), la lavadora de vegetales funciona 5,00 min (U = 15,09 %), la cortadora de vegetales 4,95 min (U = 14,94 %) y se emplea una centrifugadora con un tiempo total de funcionamiento de 2,49 min (U = 7,52 %).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de cebolla paiteña en las operaciones de preparación, corte, hidratación, fumigación, secado y pesaje.

### **3.1.3 PROCESAMIENTO DE CÁRNICOS**

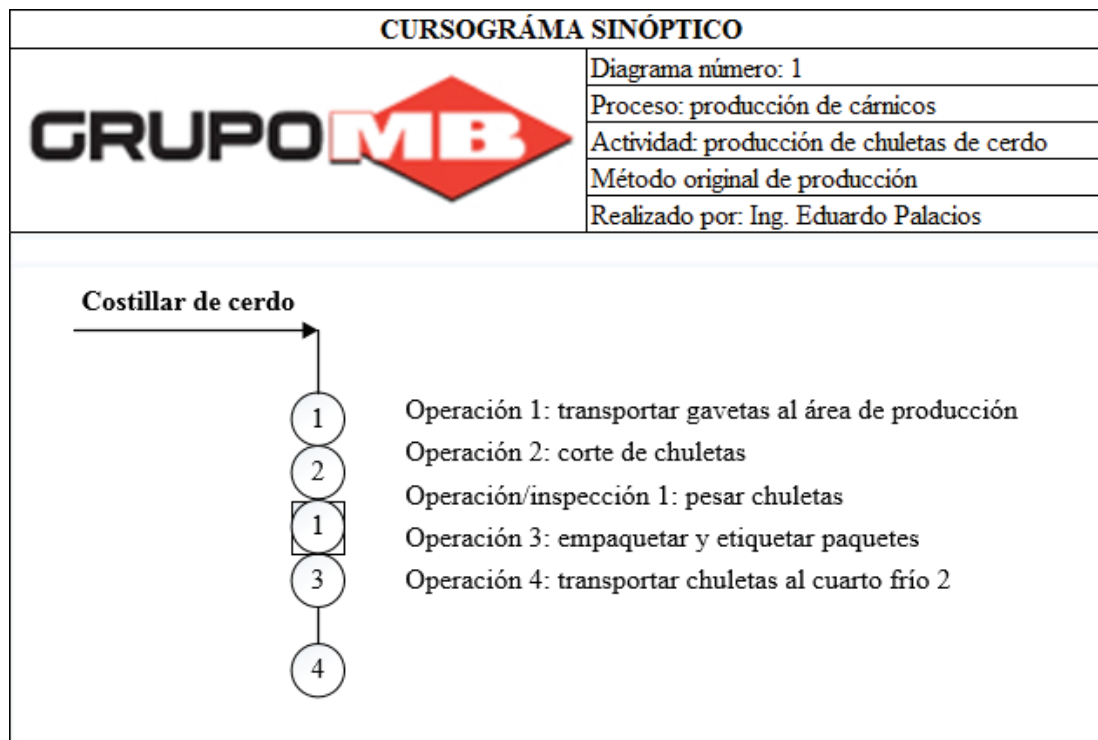
Con base en los datos de la Tabla 1.4, debido a que los tiempos de procesamiento de cárnicos son mayores a 30 minutos, se realizó un muestreo inicial de cinco observaciones.

Este número de observaciones resultó ser suficiente como tamaño de muestra debido a que al calcular, con base en la ecuación 1.1, el número de observaciones mínimo requerido para un nivel de confianza de 95,45 % y margen de error  $\pm 5$  %, resultó ser menor a 1 en todos los procesos de producción de cárnicos.

Las actividades observadas y los tiempos registrados se presentan en las Tablas All.8 a All.14 y la justificación del tamaño de las muestras requeridas para el estudio de tiempos se detalla en el Anexo III.

Sobre la base de las actividades registradas y el layout de la Figura Al.1, se

elaboraron los cursogramas sinópticos y los diagramas de recorrido que se muestran en las Figuras 3.13 a 3.19 y AIV.6 a AIV.12, respectivamente.



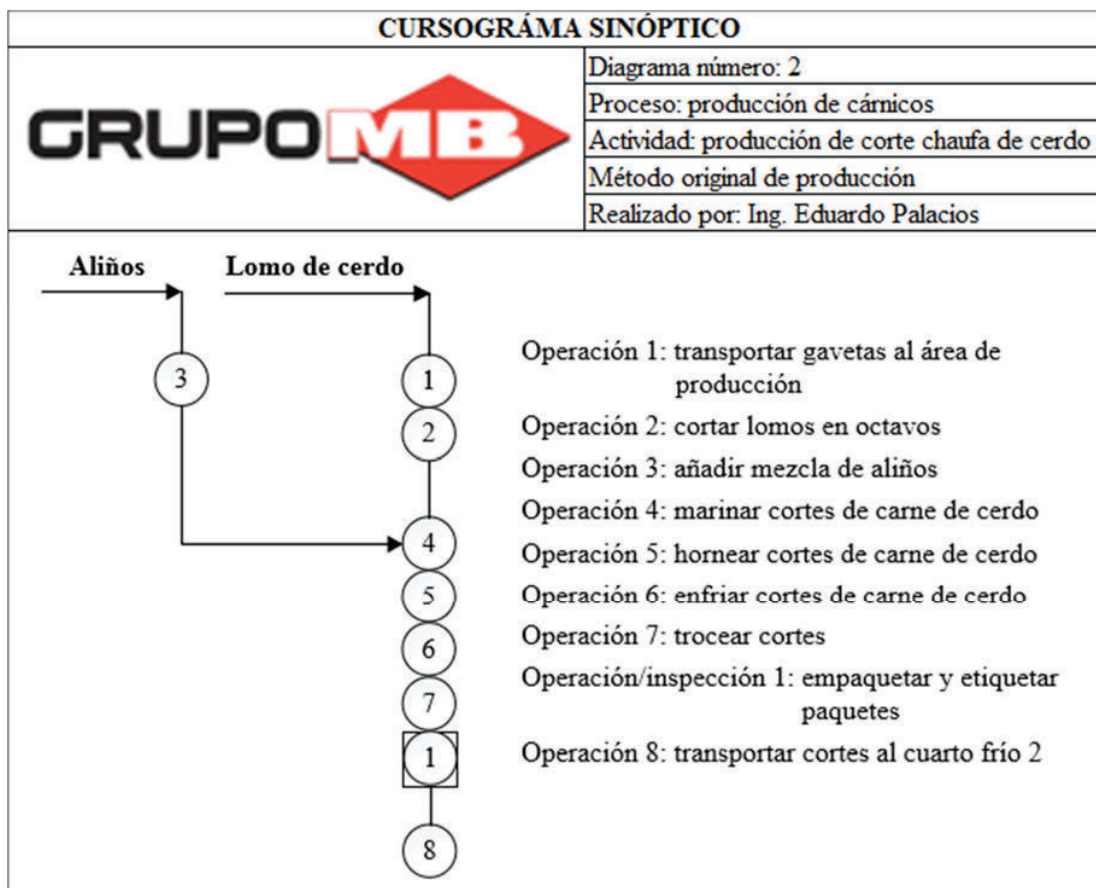
**Figura 3.13.** Cursograma sinóptico de la producción de chuletas de cerdo

En la Figura 3.13 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de chuletas de cerdo y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.6.

Los costillares de cerdo se procesan el mismo día en el que el proveedor las entrega. Los operarios transportan las gavetas con los costillares desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos.

Las chuletas son cortadas de los costillares con sierra eléctrica por un operario mientras que otro las pesa, empaqueta y etiqueta porciones de 5 chuletas (1,10 kg).

Los paquetes con chuletas son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).

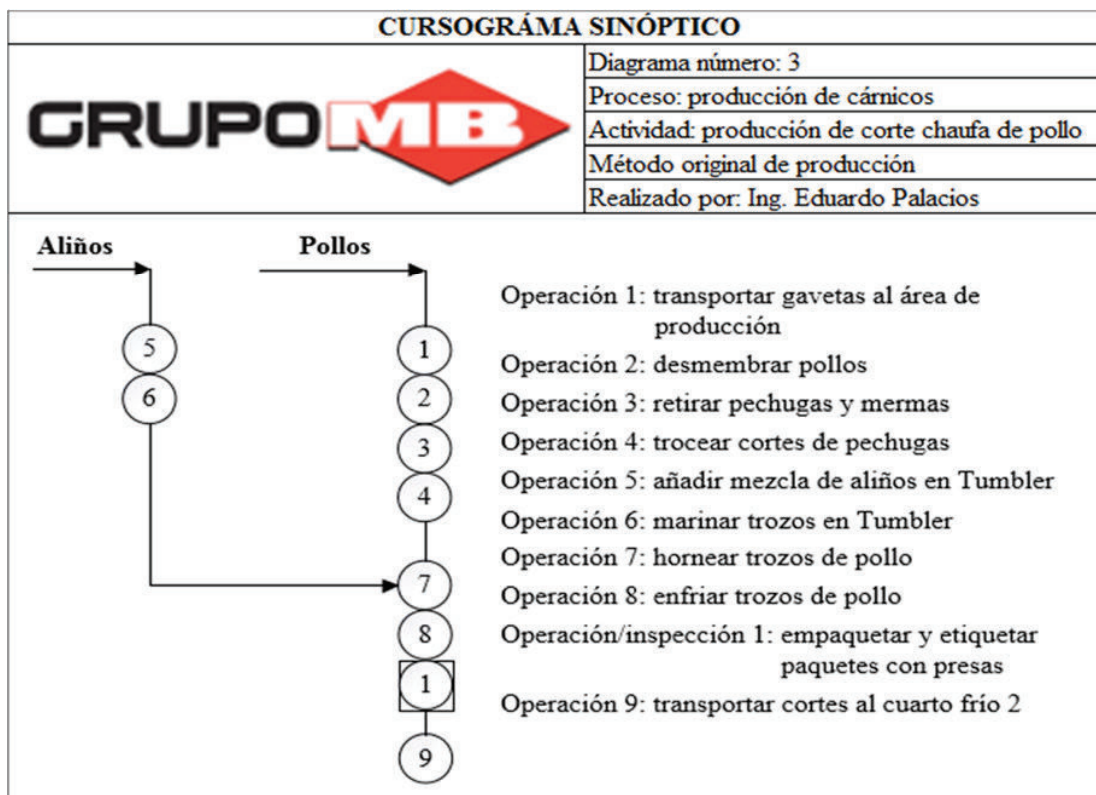


**Figura 3.14.** Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de cerdo

En la Figura 3.14 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de corte chaufa de cerdo y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.7. Las gavetas con lomos de cerdo se procesan el mismo día en el que el proveedor las entrega.

Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los lomos de cerdo son cortados en octavos, se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración).

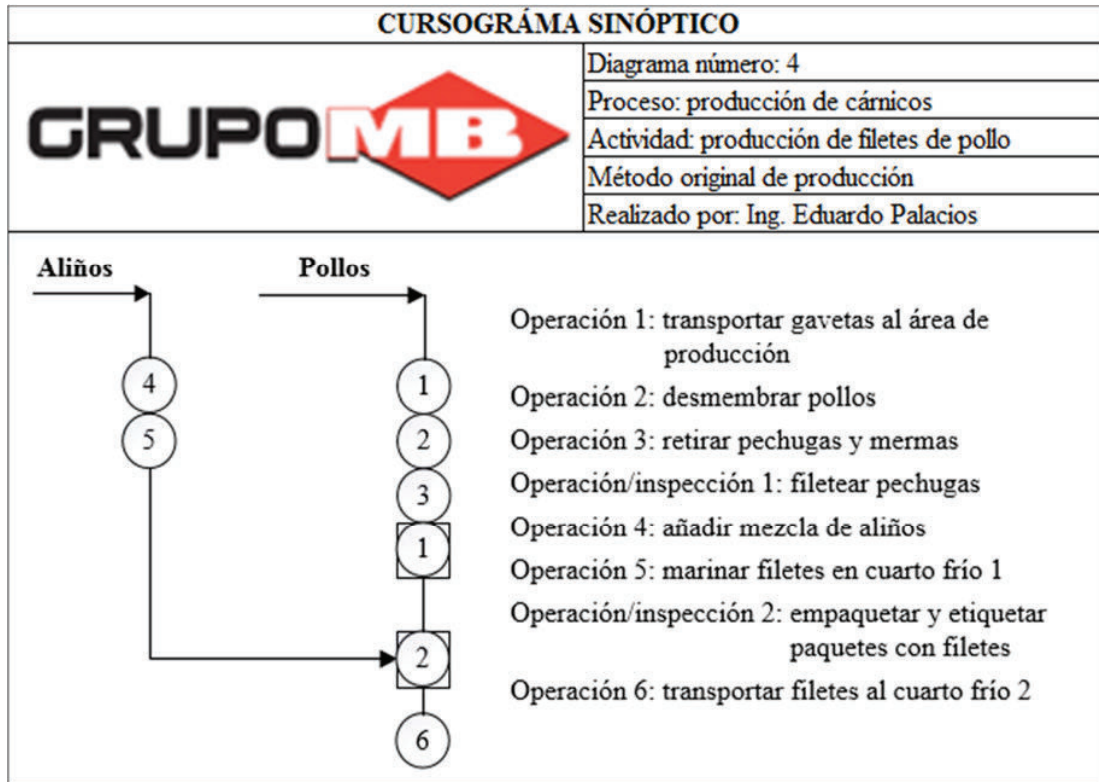
Al día siguiente los cortes son horneados durante 30 min. Luego de la cocción los cortes regresan al área de producción de cárnicos donde, luego de dejarlos enfriar, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg. Los paquetes con corte chaufa de cerdo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).



**Figura 3.15.** Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de pollo

En la Figura 3.15 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de corte chaufa de pollo y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.8. Las gavetas con pollos se procesan el mismo día en el que el proveedor las entrega. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. Los torsos son colocados en ganchos para retirar las pechugas y mermas.

Los cortes sobrantes pequeños de pechuga, que no pueden ser fileteados, son troceados. Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar 5 min en el equipo Tumbler (concentrador de aliños para cárnicos). Los cortes son horneados durante 17 min. Luego de la cocción los cortes regresan al área de producción de cárnicos donde, luego de dejarlos enfriar, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg. Los paquetes con corte chaufa de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).



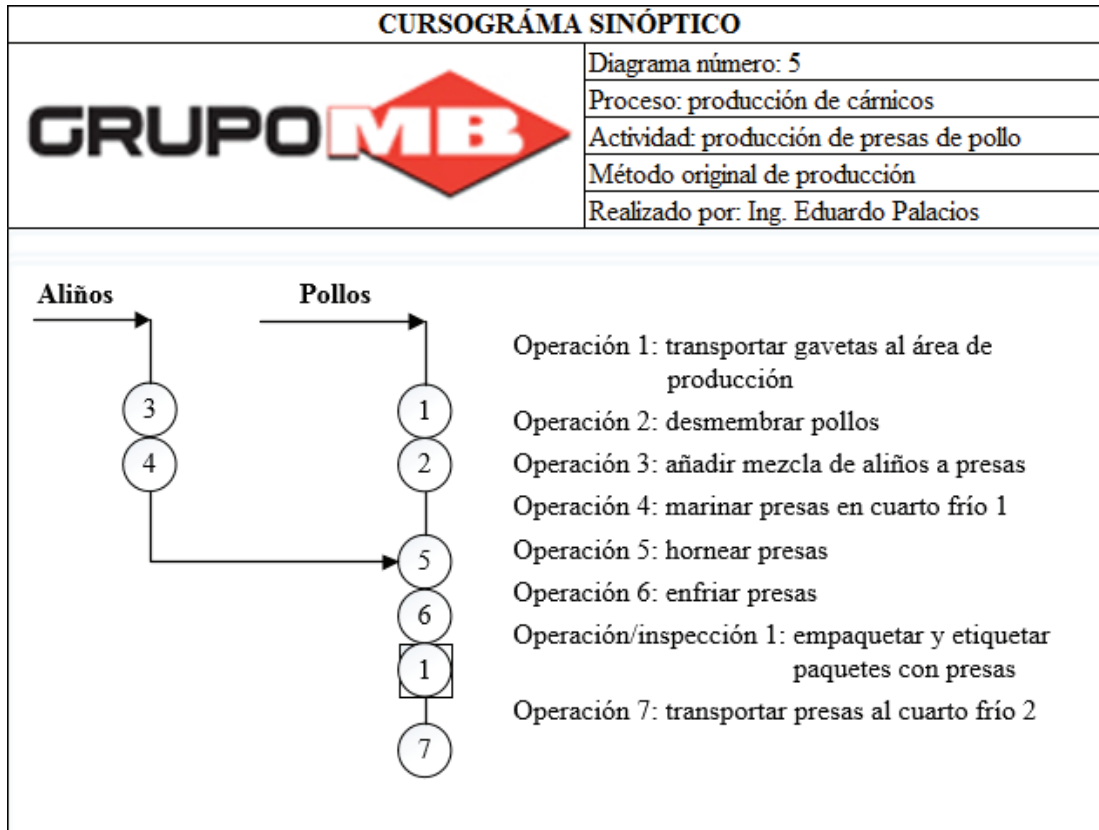
**Figura 3.16.** Cursograma sinóptico de la producción de filetes de pollo

En la Figura 3.16 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de filetes de pollo y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.9. Las gavetas con pollos se procesan el mismo día en el que el proveedor las entrega.

Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. Los torsos son colocados en ganchos para retirar las pechugas y mermas.

Las pechugas son fileteadas de acuerdo al peso requerido de los filetes. Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración). Al día siguiente los filetes de pollo son empaquetados y etiquetados en porciones de 5 unidades.

Los paquetes con filetes de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).



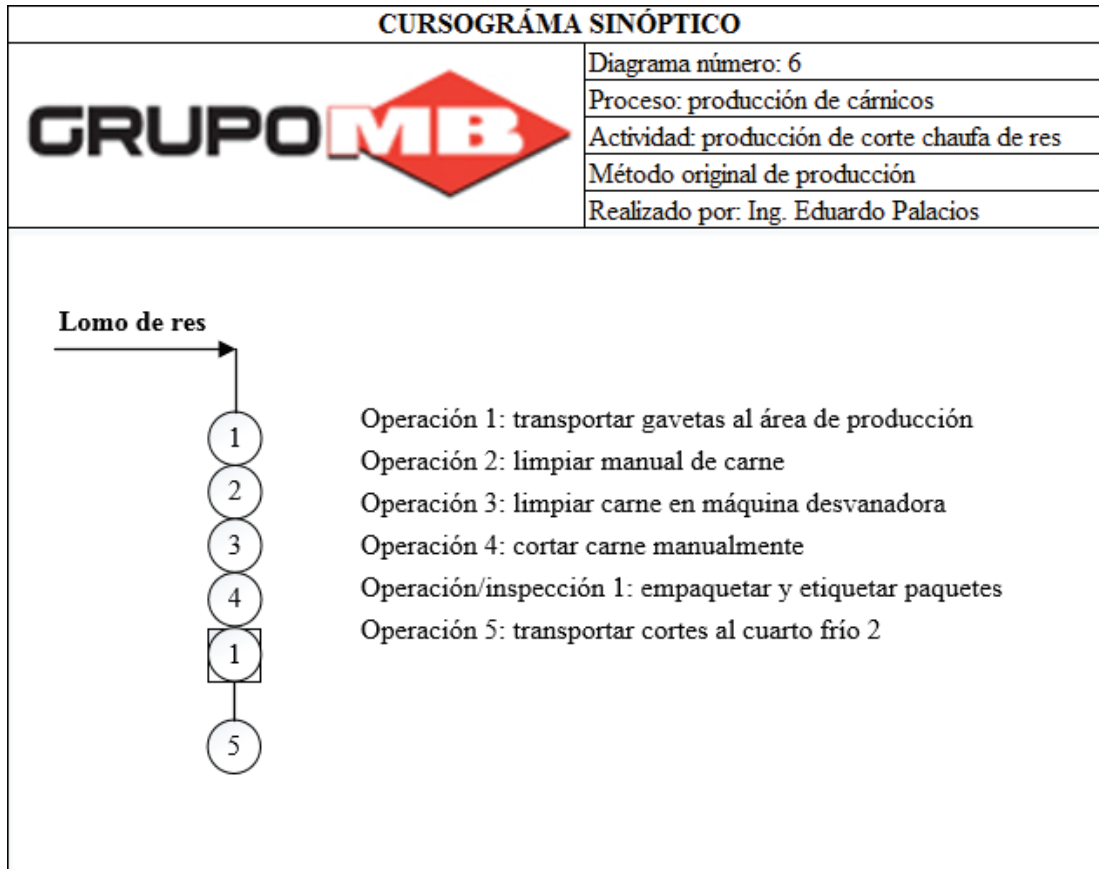
**Figura 3.17.** Cursograma sinóptico de la producción de presas de pollo

En la Figura 3.17 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de presas de pollo y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.10. Las gavetas con pollos se procesan el mismo día en el que el proveedor las entrega.

Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. A las presas se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración).

Al día siguiente las presas son horneadas durante 50 min. Luego de la cocción las presas regresan al área de producción de cárnicos donde, luego de dejarlas enfriar, son empaquetadas y etiquetadas en porciones de 5 presas.

Los paquetes con las presas de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).



**Figura 3.18.** Cursograma sinóptico de la producción de corte chaufa de res

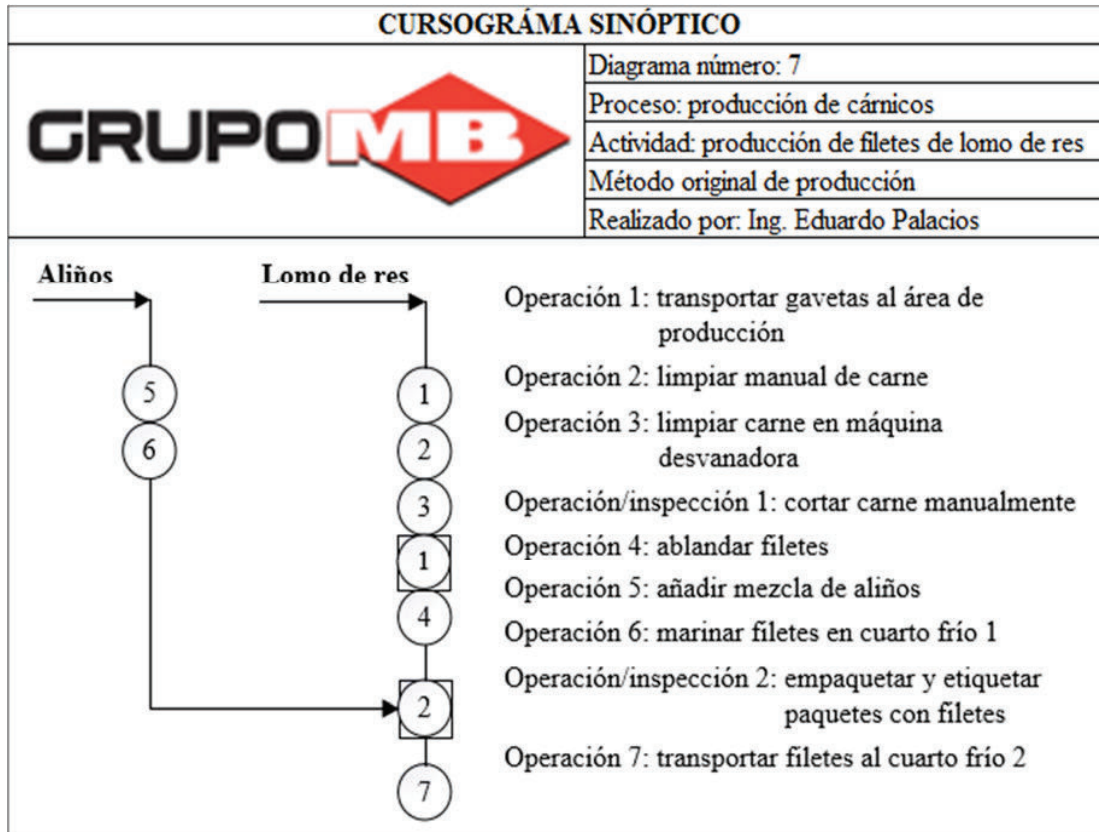
En la Figura 3.18 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de corte chaufa de res y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.11.

Los bodegueros entregan las gavetas con carne para su procesamiento. Los lomos pasan por una limpieza manual donde se retiran membranas y grasa residual superficial.

La merma remanente se retira por medio de una limpieza en máquina desvanadora. Los cortes sobrantes pequeños de lomo, que no pueden ser fileteados, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg.

Los paquetes con corte chaufa de res son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).





**Figura 3.19.** Cursograma sinóptico de la producción de filetes de lomo de res


En la Figura 3.19 se observa la secuencia de actividades desarrolladas para la producción de filetes de lomo de res y el correspondiente diagrama de recorrido se muestra en la Figura AIV.12. Los bodegueros entregan las gavetas con carne para su procesamiento. Los lomos pasan por una limpieza manual donde se retiran membranas y grasa residual superficial. La merma remanente se retira por medio de una limpieza en máquina desvanadora.

Los lomos son fileteados de acuerdo al peso requerido de los filetes y pasan por un ablandamiento, primero en máquina tenderizadora y después manualmente. Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración). Al día siguiente los filetes son empaquetados entre films plásticos y etiquetados en porciones de 7 unidades.

Los paquetes con filetes de lomo de res son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).



Sobre la base de los tiempos promedios observados, presentados en las Tablas AII.8 a AII.14, y los cursogramas sinópticos mostrados en las Figuras 3.13 a 3.19, se obtuvieron los cursogramas analíticos presentados en las Figuras 3.20 a 3.26 y los diagramas hombre - máquina, o de actividades múltiples, que se muestran en las Figuras AV.8 a AV.14.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL				
	Diagrama número: 1	ACTIVIDAD		RESUMEN				
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		4				
Actividad: producción de chuletas de cerdo		Demoras □		2				
Método original de producción		Inspecciones □		1				
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1				
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 165 kg de producto		Tiempo (min)		0				
		Distancia (m)		68,64				
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones	
				○	⇨	□		▽
Transportar gavetas al área de producción	176,10	20,80	0,32		●			5 gavetas por ciclo
Corte de chuletas en sierra eléctrica			28,44	●				Cada gaveta con
Pesar porciones de 5 chuletas			17,69			●		6 costillares de
Empaquetar porciones de chuletas			16,58	●				5,87 kg cada
Sellar porciones de chuletas			3,69	●				uno; cada
Etiquetar porciones de chuletas			0,53	●				chuleta tiene un
Colocar paquetes en gavetas			0,74		●			peso de 110 g
Transportar gavetas a cuarto frio 2	165,00	40,48	0,64		●			Hasta 5 gavetas


**Figura 3.20.** Cursograma analítico de la producción de chuletas de cerdo

En la Figura 3.20 se observa que en la producción de chuletas de cerdo se presentan 4 operaciones, 2 transportes, 1 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 176,10 kg de costillar de cerdo (10 gavetas) fue de 68,64 min y la distancia recorrida por los operarios 61,28 m, y se obtuvieron 165 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente de la producción de chuletas de cerdo, se muestra en la Figura AV.8.

Se observa un tiempo de ciclo de 174,64 min durante el cual un operario trabaja con la sierra eléctrica 163,94 min (U = 93,87 %), otro operario 174,11 min en la preparación de porciones y empacamiento (U = 99,70 %) y se emplea la sierra

eléctrica con un tiempo total de funcionamiento de 142,20 min ( $U = 81,42\%$ ). En este caso se observa simultaneidad en las actividades y se desarrolladas de manera continua a lo largo de la producción.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 2	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		9						
Actividad: producción de corte chaufa de cerdo		Demoras □		5						
Método original de producción		Inspecciones □		1						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		0						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 250 kg de producto		Tiempo (min)		1 546,31						
		Distancia (m)		108,00						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	▽			
Transportar gavetas al área de producción	402,00	30,72	0,47							10 gavetas por ciclo
Quitar empaque plástico			4,95							Cada gaveta con 12 lomos de 3,35 kg cada uno
Cortar lomos en octavos			6,57							
Colocar mezcla de aliños			0,53							
Transportar a cuarto frío 1	402,00	12,16	0,21							
Marinar cortes en cuarto frío 1			1 440,00							
Transportar a hornos	402,00	23,52	0,40							Cada 10 bandejas
Colocar cortes en bandejas			5,10							
Colocar bandejas en horno			5,44							10 bandejas por horno; 70 kg de lomo marinado crudo en porciones finales de corte chaufa de 1,1 kg
Setear horno			0,76							
Hornear			30,00							
Retirar bandejas del horno			1,36							
Transportar al área de producción	250,00	7,68	0,13							
Enfriar cortes			15,00							Hasta 5 gavetas
Trocear cortes			10,16							
Pesar porciones de trozos de carne			19,26							
Sellar porciones de trozos de carne			4,34							
Etiquetar porciones			0,44							
Colocar paquetes en gavetas			0,60							
Transportar gavetas a cuarto frío 2	250,00	33,92	0,58							

**Figura 3.21.** Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.21 se observa que en la producción de corte chaufa de cerdo se presentan 9 operaciones, 5 transportes, 5 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 402 kg de lomo de cerdo (10 gavetas) fue de 1 546,31 min y la distancia recorrida por los operarios 108,00 m, y se obtuvieron 250 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.9. Se observa un tiempo de ciclo de 1 678,97 min durante el cual un operario trabaja 204,24 min (U = 12,16 %), otro 200,76 min (U = 11,96 %), los cortes se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día (U = 85,77 %) y se emplean 3 hornos con un tiempo total de funcionamiento de 60 min cada uno (U = 3,57 %). La producción se completa en 2 días de trabajo, los trabajadores realizan las mismas tareas y se observa simultaneidad de actividades en el segundo día, en el cual se realiza el horneado de los cortes.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL					
	Diagrama número: 3	ACTIVIDAD		RESUMEN					
		Operaciones ○	10	Actual	Propuesto	Economía			
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨	6						
Actividad: producción de corte chaufa de pollo		Demoras □	8						
Método original de producción		Inspecciones □	1						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽	0						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 132 kg de producto		Tiempo (min)	104,24						
		Distancia (m)	81,12						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
Transportar gavetas al área de producción	1 200,00	22,08	0,36	○	⇨	□	▽		5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,72	○					Tiempo por gaveta, 40 en total y cada una con 20 pollos de 1,5 kg
Retirar piernas y muslos			9,78	○					
Transportar torsos a ganchos	382,29	4,96	0,09	○	⇨				
Retirar piel y pechugas de torsos			5,72	○					
Cortar pedazos de pollo en trozos			1,16	○					
Transportar trozos al área de aliños	183,33	8,00	0,13	○	⇨				6 veces por ciclo, hasta 34,50 kg de pollo a marinar por parada de Tumbler
Colocar trozos en Tumbler			0,90	○					
Colocar mezcla de aliños			0,38	○					
Setear el Tumbler			1,13	○					
Marinar trozos en Tumbler			5,00	○					
Colocar trozos gavetas			0,87	○					
Transportar a hornos	183,33	6,72	0,11	○	⇨				Hasta 5 gavetas
Colocar trozos en bandejas			8,67	○					
Colocar bandejas en horno			5,43	○					Cada parada de horno con 10 bandejas hasta 95 kg de pollo crudo
Setear horno			0,73	○					
Hornear			17,00	○					
Retirar bandejas del horno			1,38	○					
Transportar al área de producción	132,00	10,56	0,18	○	⇨				
Enfriar trozos			15,00	○					
Pesar porciones de trozos de pollo			15,30	○					Cada 5 bandejas de pollo en porciones de 1,1 kg
Sellar porciones de trozos de pollo			3,49	○					
Etiquetar porciones			0,64	○					
Colocar paquetes en gavetas			0,54	○					
Transportar gavetas a cuarto frío 2	132,00	28,80	0,52	○	⇨				Hasta 5 gavetas

Figura 3.22. Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta


En la Figura 3.22 se observa que en la producción de corte chaufa de pollo consta de 10 operaciones, 6 transportes, 8 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 200 kg de pollo (40 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 104,24 min y la distancia recorrida por los operarios 81,12 m, y se obtuvieron 132 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente de la producción de corte chaufa de pollo se muestra en la Figura AV.10.

Se observa un tiempo de ciclo de 475,80 min durante el cual un operario trabaja 353,29 min ( $U = 74,25\%$  en desmembramiento de pollos con sierra eléctrica, corte de trozos, adición de aliños, transporte de los trozos de pollo horneados al área de producción para su enfriamiento, manejo del horno y preparación y empaque de porciones), 2 operarios 409,29 min ( $U = 86,02\%$  en corte de alas y preparación y empaque de porciones), 6 operarios 228,89 min ( $U = 48,11\%$  en retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo) y otro 254,40 min ( $U = 53,47\%$  en desmembramiento de pollos con sierra eléctrica, manejo del horno y preparación y empaque de porciones).

Se emplea la sierra eléctrica durante 391,20 min, lo que corresponde una utilización del 82,22 % del tiempo de ciclo del proceso. En el equipo Tumbler se marinan los cortes de pollo, en cantidades de hasta 34,50 kg, durante 5 min en 6 paradas, lo que resulta en 30 min de funcionamiento del Tumbler en total ( $U = 6,31\%$ ) y se emplean 2 hornos con un tiempo total de funcionamiento de 17 min cada uno ( $U = 3,57\%$ ).

Finalmente, en el mismo diagrama hombre - máquina, se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo. Se empieza a retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo después de 169 min de iniciado el proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 4	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		9						
Actividad: producción de filetes de pollo		Demoras □		6						
Método original de producción		Inspecciones □		2						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		2						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 198,96 kg de producto		Tiempo (min)		1 500,39						
		Distancia (m)		90,72						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	▽			
Transportar gavetas al área de producción	1 200,00	22,08	0,36		●					5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,72	●						Tiempo por gaveta, 40 en total y cada una con 20 pollos de 1,5 kg
Retirar piernas y muslos			9,78	●						
Transportar torsos a ganchos	382,29	4,96	0,09	●						
Retirar piel y pechugas de torsos			5,72	●						
Retirar grasa sobrante			7,18	●						
Filetear pechugas			4,09	●						
Pesar filetes			1,76					●		
Colocar filetes en gavetas			0,59					●		
Transportar filetes a área de aliños	198,96	4,48	0,08		●					6 gavetas por ciclo
Colocar mezcla de aliños			0,40	●						
Transportar a cuarto frío 1	198,96	16,96	0,31		●					
Marinar filetes en cuarto frío 1			1 440,00	●						1 vez por ciclo
Transportar a mesa de empaque	198,96	14,72	0,26		●					Hasta 4 gavetas
Agrupar 5 unidades de filetes			10,52					●		Cada gaveta de producto
Poner paquetes en fundas			7,48	●						(300 filetes)
Etiquetar fundas			0,85	●						por operario
Colocar fundas en gavetas			0,68					●		
Transportar gavetas a cuarto frío 2	198,96	27,52	0,52		●					Hasta 4 gavetas

**Figura 3.23.** Cursograma analítico de la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.23 se observa que en la producción de filetes de pollo se presentan 9 operaciones, 6 transportes, 2 demoras y 2 inspecciones. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 200 kg de pollo (40 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 1 500,39 min y la distancia recorrida por los operarios 90,72 m, y se obtuvieron 198,96 kg de producto. El diagrama hombre - máquina correspondiente de la producción de filetes de pollo se muestra en la Figura AV.11.

Se observa un tiempo de ciclo de 1 963,37 min durante el cual un operario trabaja 176,04 min (U = 8,97 % en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica), 2 operarios 388,80 min (U = 19,80 % en el corte de alas), 6 operarios 228,89 min (U = 11,66 % en retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo), 2 operarios



348,13 min (U = 17,73 % en retirar grasa sobrante entre las pechugas de pollo y al empaque de los filetes), 6 operarios 234,00 min (U = 11,92 % en filetear y pesar los filetes de pollo) y otro 226,32 min (U = 11,53 % en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y adición de aliños).

Se emplea la sierra eléctrica durante 391,20 min (U = 19,92 %) y los cortes se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día (U = 73,34 %).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo. Luego de 169 min de iniciado el proceso, se empieza a retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo, después de 170 min la grasa sobrante de las pechugas y luego de 229 min empiezan a filetearse. De los 18 operarios que trabajan en el procesamiento de filetes de pollo, sólo 6 trabajan al día siguiente en el empaquetamiento de los filetes.

En la Figura 3.24 se observa que en la producción de presas de pollo se encuentran 8 operaciones, 6 transportes, 6 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 200 kg de pollo (40 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 1 583,56 min y la distancia recorrida por los operarios 116,80 m, y se obtuvieron 341,04 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente de la producción de presas de pollo se muestra en la Figura AV.12.

Se observa un tiempo de ciclo de 2 112,79 min durante el cual un operario trabaja 182,55 min (U = 8,64 % en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y adición de aliños), un grupo de 2 operarios 391,20 min (U = 18,52 % en el corte de alas y adición de aliños), un grupo de 3 operarios 229,21 min (U = 10,85 % en el manejo de hornos y empaque de presas en el segundo día de procesamiento), se emplea la sierra eléctrica durante 391,20 min (U = 18,52 %).



CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 5	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		8						
Actividad: producción de presas de pollo		Demoras □		6						
Método original de producción		Inspecciones □		1						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		0						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 341,04 kg de producto		Tiempo (min)		1 583,56						
		Distancia (m)		116,80						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	▽			
Transportar gavetas al área de producción	1 200,00	22,08	0,36		●					5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,72	●						Tiempo por gaveta
Retirar piernas y muslos			9,78	●						
Transportar presas a área de aliños	473,67	14,08	0,25		●					4 gavetas
Colocar mezcla de aliños			0,40	●						300 presas
Transportar a cuarto frío 1	473,67	16,96	0,32		●					4 gavetas
Marinar presas en cuarto frío 1			1 440,00	●						16 gavetas (4800 presas)
Transportar a hornos	473,67	23,36	0,42		●					
Colocar presas en bandejas			19,06			●				
Colocar bandejas en horno			0,59			●				Parada de 400 presas en 20 bandejas del horno; cada operario
Setear horno			0,77			●				
Hornear			50,00	●						
Retirar bandejas del horno			0,75			●				
Colocar presas en gavetas			3,58			●				
Transportar al área de producción	341,04	10,56	0,19		●					(3 en total) atiende un horno
Enfriar presas			15,00	●						
Colocar 5 presas en fundas			22,13			●				400 presas por gaveta de producto
Sellar fundas			8,52	●						
Etiquetar paquetes			0,65	●						(16 en total)
Colocar paquetes en gavetas			0,50			●				
Transportar gavetas a cuarto frío 2	341,04	29,76	0,57		●					4 gavetas

Figura 3.24. Cursograma analítico de la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Las presas de pollo se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día, lo que representa una utilización del 68,16 % del tiempo de ciclo. Se emplean 3 hornos durante cuatro ciclos de 50 min cada uno, lo que resulta en un tiempo total de funcionamiento de 200 min por horno ( $U = 9,47\%$ ).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo en el primer día en el cual trabajan 4 operarios. En el día siguiente 3 operarios manejan el resto del proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 6	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		5						
Actividad: producción de corte chaufa de res		Demoras □		3						
Método original de producción		Inspecciones □		1						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 189 kg de producto		Tiempo (min)		0						
		Distancia (m)		39,43						
				70,40						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 050,00	36,48	0,50		●					5 gavetas a la vez
Limpieza manual de carne			6,58	●						Tiempo por gaveta, 35 en total
Limpieza en máquina de carne			10,32	●						
Corte manual			5,24	●						
Transportar carne a mesa para empacar		6,40	0,19		●					Tiempo por gaveta de producto por persona, 7 gavetas en total
Pesar porciones de carne			12,24					●		
Sellar porciones de carne			2,82	●						
Etiquetar porciones de carne			0,44	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,71					●		
Transportar gavetas a cuarto frío 2	189,00	27,52	0,39		●					Hasta 5 gavetas


**Figura 3.25.** Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.25 se observa que en la producción de corte chaufa de res se presentan 5 operaciones, 3 transportes, 1 demora y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 050 kg de lomo de res (35 gavetas, cada una con 30,00 kg de carne) fue de 39,43 min y la distancia recorrida por los operarios 70,40 m, y se obtuvieron 189 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.13. Se observa un tiempo de ciclo de 395,20 min durante el cual un grupo de 5 operarios trabaja 230,30 min (U = 58,27 % en la limpieza manual de carne), un operario 257,83 min (U = 65,24 % en la limpieza de carne en la desvanadora y preparación y empaque de porciones), otro grupo de 6 operarios 183,40 min (U = 46,41 % en el corte manual de carne), otro operario 221,95 min (U = 56,16 % en la limpieza de carne en la desvanadora y preparación y empaque de porciones).

Se emplea la máquina desvanadora durante 361,20 min (U = 91,40 %). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de lomos de res. Luego de 184 min de iniciado el proceso, se empieza a cortar los lomos de res.



CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 7	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		9						
Actividad: producción de filetes de lomo de res		Demoras □		5						
Método original de producción		Inspecciones □		2						
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		2						
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 756 kg de producto		Tiempo (min)		0						
		Distancia (m)		1 515,06						
				101,28						
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 050,00	36,48	0,50		●					5 gavetas a la vez (150 kg)
Limpieza manual de carne			6,58	●						Cada gaveta
Limpieza en máquina de carne			10,32	●						
Corte manual			4,07	●						Alternadamente
Pesar filetes			1,17					●		cada gaveta
Tenderizar filetes			7,79	●						
Ablandamiento manual de carne			8,00	●						Tiempos para
Colocar filetes en gavetas			0,56					●		gavetas de 30,25
Transportar gavetas a área de aliños	756,00	7,84	0,12		●					kg cada una por
Colocar mezcla de aliños			0,52	●						persona; 25
Transportar a cuarto frío 1	756,00	16,96	0,25		●					gavetas en total
Marinar filetes en cuarto frío 1			1 440,00	●						1 vez por ciclo
Transportar a mesa de empaque	756,00	12,48	0,17		●					
Colocar filetes entre films plásticos			26,25					●		Cada gaveta de
Poner paquetes en fundas			7,15	●						producto por
Etiquetar fundas			0,65	●						persona; 25
Colocar fundas en gavetas			0,61					●		gavetas en total
Transportar gavetas a cuarto frío 2	756,00	27,52	0,37		●					Hasta 5 gavetas

**Figura 3.26.** Cursograma analítico de la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.26 se observa que en la producción de filetes de lomo de res se presentan 9 operaciones, 5 transportes, 2 demoras y 2 inspecciones. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 050 kg de lomo de res (35 gavetas, cada una con 30,00 kg de carne) fue de 1 515,06 min y la distancia recorrida por los operarios 101,28 m, y se obtuvieron 756 kg de producto.

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AV.14. El tiempo de ciclo es 2 003,76 min durante el cual 5 operarios trabajan 230,30 min ( $U = 11,49\%$  en la limpieza manual de carne), un operario 211,69 min ( $U = 10,56\%$  en la limpieza de carne en la desvanadora y añadir los aliños), otros 6 183,90 min ( $U = 9,18\%$  en cortar y pesar los filetes de lomo de res), otro 334,44 min ( $U = 16,69\%$  en tenderizar y empacar los filetes), otros 4 operarios 339,69 min

(U = 16,95 % en ablandar manualmente y empaçar los filetes) y otro 360,78 min (U = 18,01 % en la limpieza de carne en desvanadora y empaçar los filetes).

Se emplea la máquina desvanadora durante 361,20 min (18,03 %) y la tenderizadora 194,75 min (9,72 %). Los filetes se marinan en el cuarto frío 1 hasta el día siguiente (71,86 %). En este caso la producción se completa en 2 días de trabajo, en el segundo día trabajan en el proceso únicamente 6 empleados en el empaquetamiento de los filetes, y se observa simultaneidad de actividades durante las tareas previas a la marinación de la carne. Luego de 184 min de iniciado el proceso, se empieza a filetear los lomos de res, después de 185 min comienza el ablandamiento de los filetes en la tenderizadora y luego de 188 min manualmente.

### **3.2 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD INICIALES**

Los resultados presentados en la sección 3.1.1 siguieron las 7 primeras etapas de la medición del trabajo señaladas en la sección 1.3.1, pero se seleccionaron los procesos de producción completos y se observó a todo el personal asignado a la producción debido a que las tareas las ejecutan en conjunto.

Para determinar los tiempos básicos se realizó la valoración del ritmo de trabajo y desempeño del empleado, etapa 8, con base en la norma británica Westinghouse citada en la Tabla 1.5. Se asignó el valor del 75 % que corresponde a un obrero constante, debido a que los retrasos que se presentan en la producción no se ocasionan por voluntad de los trabajadores y estos realizan sus actividades con suficiente soltura.

Con base en los suplementos y tolerancias presentados en la Tabla 2.3, se estimaron las tolerancias para los tiempos de ciclo observados. Los evaluadores, del 1 al 3, fueron los supervisores de calidad y producción y el jefe de producción. Se tomó como tolerancias 41,33 % y 49,00 % para el procesamiento de vegetales y cárnicos, respectivamente, valores que corresponden a las medias de las calificaciones realizadas en cada caso.

**Tabla 3.1.** Suplementos y estimación de tolerancias para tiempos básicos en la producción de vegetales

Suplementos	Tolerancia (%)	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
<b>A. Suplementos constantes:</b>				
1. Suplemento personal	5	5	5	5
2. Suplemento por fatiga básica	4	2	3	3
<b>B. Suplementos variables:</b>				
1. Suplemento por estar de pie	2	2	2	2
2. Suplemento por posición anormal:				
a. un poco incómoda	0	0		0
b. incómoda (agachado)	2		2	
c. muy incómoda (tendido, estirado)	7			
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar) según el peso (lb / kg):				
5 / 2,3	0			
10 / 4,5	1			
15 / 6,8	2			
20 / 9,1	3			
25 / 11,3	4			
30 / 13,6	5			
35 / 15,9	7			
40 / 18,1	9			
45 / 20,4	11			
50 / 22,7	13			
60 / 27,2	17	17	17	17
70 / 31,8	22			
4. Mala iluminación:				
a. un poco debajo de la recomendada	0	0	0	0
b. bastante menor que la recomendada	2			
c. muy inadecuada	5			
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	0 - 10	5	8	8
6. Atención requerida:				
a. trabajo bastante fino	0	0		
b. trabajo fino o preciso	2		2	2
c. trabajo muy fino y muy preciso	5			
7. Nivel de ruido:				
a. continuo	0	0		0
b. intermitente - fuerte	2		2	
c. intermitente - muy fuerte	5			
d. de tono alto - fuerte	5			
8. Estrés mental:				
a. proceso bastante complejo	1	1		
b. atención compleja o amplia	4		4	4
c. muy compleja	8			
9. Monotonía:				
a. nivel bajo	0			
b. nivel medio	1	1		1
c. nivel alto.	4		4	
Tolerancias totales		33 %	49 %	42 %
<b>Tolerancia media</b>		<b>41,33 %</b>		

**Tabla 3.2.** Suplementos y estimación de tolerancias para tiempos básicos en la producción de cárnicos

Suplementos	Tolerancia (%)	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
<b>A. Suplementos constantes:</b>				
1. Suplemento personal	5	5	5	5
2. Suplemento por fatiga básica	4	2	3	3
<b>B. Suplementos variables:</b>				
1. Suplemento por estar de pie	2	2	2	2
2. Suplemento por posición anormal:				
a. un poco incómoda	0	0		0
b. incómoda (agachado)	2		2	
c. muy incómoda (tendido, estirado)	7			
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar) según el peso (lb / kg):				
5 / 2,3	0			
10 / 4,5	1			
15 / 6,8	2			
20 / 9,1	3			
25 / 11,3	4			
30 / 13,6	5			
35 / 15,9	7			
40 / 18,1	9			
45 / 20,4	11			
50 / 22,7	13			
60 / 27,2	17			
70 / 31,8	22	22	22	22
4. Mala iluminación:				
a. un poco debajo de la recomendada	0	0	0	0
b. bastante menor que la recomendada	2			
c. muy inadecuada	5			
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	0 - 10	5	8	8
6. Atención requerida:				
a. trabajo bastante fino	0			
b. trabajo fino o preciso	2	2		
c. trabajo muy fino y muy preciso	5		5	5
7. Nivel de ruido:				
a. continuo	0	0		0
b. intermitente - fuerte	2		2	
c. intermitente - muy fuerte	5			
d. de tono alto - fuerte	5			
8. Estrés mental:				
a. proceso bastante complejo	1	1		
b. atención compleja o amplia	4		4	4
c. muy compleja	8			
9. Monotonía:				
a. nivel bajo	0			
b. nivel medio	1	1		1
c. nivel alto	4		4	
Tolerancias totales		40 %	57 %	50 %
<b>Tolerancia media</b>		<b>49,00 %</b>		

Para calcular los tiempos estándar, etapa 10 de la medición del trabajo, primero se calcularon los tiempos básicos con la ecuación 1.2 y con dichos resultados se empleó la ecuación 1.3. Los valores reportados en la Tabla 3.3 como tiempo de ciclo corresponden a los tiempos observados en el cronometraje de actividades. Se utilizó una calificación del ritmo del trabajo del 75 % en el cálculo de tiempos básicos y tolerancias del 41,33 % y 49,00 % en los procesos de procesamiento de vegetales y cárnicos, respectivamente, para calcular los tiempos estándar.

**Tabla 3.3.** Tiempos de ciclo, básicos y estándar de los procesos de producción, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Proceso	Tiempo de ciclo (min)	Tiempo básico (min)	Tiempo estándar (min)
Producción de cebolla blanca	31,71	23,78	33,61
Producción de cebolla paiteña	36,99	27,74	39,21
Producción de col	33,71	25,28	35,73
Producción de nabo chino	36,16	27,12	38,33
Producción de pimiento	32,09	24,07	34,01
Producción de vainita	26,83	20,12	28,44
Producción de zanahoria	33,13	24,85	35,12
Producción de chuletas de cerdo	174,64	130,98	195,16
Producción de corte chaufa de cerdo	1 678,97	1 259,23	1 876,25
Producción de corte chaufa de pollo	475,80	356,85	531,71
Producción de filetes de pollo	1 963,37	1 472,53	2 194,07
Producción de presas de pollo	2 112,79	1 584,59	2 361,04
Producción de corte chaufa de res	395,20	296,40	441,64
Producción de filetes de lomo de res	2 003,76	1 502,82	2 239,20

En la producción de vegetales trabajan 12 empleados de lunes a sábado, 8 h diarias en turnos rotativos con dos días libres. Cada día trabajan 9 operarios por lo tanto en la semana se dispone de 432 horas hombre. En la Tabla 3.4 se detalla la producción de los 7 productos del procesamiento de vegetales. Se indica el número de ciclos promedios de producción en la semana, la materia prima empleada, por ciclo y total, así como la producción. La productividad de la mano de obra corresponde a la producción total semanal de vegetales (kg de producto) dividido por las 432 horas hombre empleadas y resultó 29,59 kg / hora hombre.

**Tabla 3.4.** Productividad del procesamiento de vegetales

Producto	Ciclos / semana	Materia prima (kg)		Producción (kg)	
		Por ciclo	Total	Por ciclo	Total
Cebolla blanca	41	40,00	1 640,00	30,00	1 230,00
Cebolla paitaña	31	100,00	3 100,00	94,00	2 914,00
Col	16	50,00	800,00	42,50	680,00
Nabo chino	52	30,00	1 560,00	27,50	1 430,00
Pimiento	23	75,00	1 725,00	70,00	1 610,00
Vainita	2	30,00	60,00	29,70	59,40
Zanahoria	39	100,00	3 900,00	96,00	3 744,00
Totales por semana (kg)		12 785,00		11 667,40	
<b>Productividad de la mano de obra (kg de producto / horas hombre trabajadas)</b>				<b>29,59</b>	

La producción de cárnicos cuenta con 30 empleados que trabajan de lunes a sábado, 8 h diarias, en turnos rotativos con dos días libres. En la Tabla 3.5 se detalla el número de empleados que labora cada día de la semana de acuerdo a la planificación de producción, la totalidad de operarios y de horas hombre trabajadas en la semana. Estos valores tienen concordancia con el número de empleados registrados en los diagramas de actividades múltiples del procesamiento de cárnicos presentados en las Figuras AV.8 a AV.14.

**Tabla 3.5.** Personal requerido semanalmente para el procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Etapa de producción	Operarios	Días de la semana					
		L	M	M	J	V	S
Procesamiento de cerdo		2			2		2
Procesamiento de pollos			18	18		18	
Procesamiento de lomos de res		18			18		
Horneado				3	3		3
Personal total diario		20	18	21	23	18	5
Personal total en la semana		105					
<b>Horas hombre trabajadas</b>		<b>840</b>					

El personal asignado, según la Tabla 3.5, trabaja con las siguientes particularidades, según puede constatarse en los tiempos muertos de los respectivos diagramas de actividades múltiples de las Figuras AV.8 a AV.14. Los

lunes y jueves los dos operarios que procesan las chuletas de cerdo, en la mañana también se encargan del procesamiento de los lomos de cerdo hasta la marinación mientras que los martes y viernes dos de los fileteadores de pollo completan la cocción de lomos de cerdo.

Los días miércoles los filetes de pollo son empacados por los mismos fileteadores del día anterior y los jueves por dos de los operarios asignados al procesamiento de lomos de res que están libres en la mañana. Los días sábados en la tarde los dos operarios que preparan las chuletas de cerdo, empacan los filetes de pollo del día anterior. En la mañana de los días martes y viernes, los fileteadores de pollo empacan los filetes de lomo de res.

En la Tabla 3.6 se detalla la cantidad de materia prima procesada por ciclo de producción y total para cada día de la semana, según la planificación de la producción.

**Tabla 3.6.** Materia prima empleada en el procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Insumo	Ciclos / día	Materia prima (kg)		Consumo semanal de materia prima (kg)						
		Por ciclo	Total	L	M	M	J	V	S	Total
Costillar de cerdo	2	176,10	352,20	352,20	--	--	352,20	--	352,20	1 056,60
Lomo de cerdo	1	402,00	402,00	402,00	--	--	402,00	--	--	804,00
Pollo	1	1 200,00	1 200,00	--	1 200,00	1 200,00	--	1 200,00	--	3 600,00
Lomo de res	1	1 050,00	1 050,00	1 050,00	--	--	1 050,00	--	--	2 100,00
Materia prima total por semana (kg)				1 804,20	1 200,00	1 200,00	1 804,20	1 200,00	352,20	7 560,60

En la Tabla 3.7 se detalla la producción de los 7 productos del procesamiento de cárnicos. Se indica la producción por ciclo y total para cada día de la semana, según la planificación de la producción. La productividad de la mano de obra corresponde a la producción total semanal de cárnicos (kg de producto) dividido por las 840 horas hombre empleadas y resultó 6,42 kg / hora hombre.

**Tabla 3.7.** Productividad del procesamiento de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Producto	Ciclos / día	Producción (kg)		Producción semanal (kg)						
		Por ciclo	Total	L	M	M	J	V	S	Total
Chuletas de cerdo	2	165,00	330,00	330,00	--	--	330,00	--	330,00	990,00
Corte chaufa de cerdo	1	250,00	250,00	--	250,00	--	--	250,00	--	500,00
Corte chaufa de pollo	1	132,00	132,00	--	132,00	132,00	--	132,00	--	396,00
Filetes de pollo	1	198,96	198,96	--	--	198,96	198,96	--	198,96	596,88
Presas de pollo	1	341,04	341,04	--	--	341,04	341,04	--	341,04	1 023,12
Corte chaufa de res	1	189,00	189,00	189,00	--	--	189,00	--	--	378,00
Filetes de res	1	756,00	756,00	--	756,00	--	--	756,00	--	1 512,00
Producción total por semana (kg)				519,00	1 138,00	672,00	1 059,00	1 138,00	870,00	5 396,00
<b>Productividad de la mano de obra</b> (kg de producto / horas hombre trabajadas)									<b>6,42</b>	

Para determinar la eficiencia del ciclo de los procesos originales de la planta de producción, fue necesario especificar el valor de cada producto desde el punto de vista del cliente final por lo cual se hace mención de la misión de MB Mayflower Buffalos S.A:

“Ofrecer una amplia gama de comida, con materia prima de la más alta calidad, aplicando procedimientos estandarizados que garanticen que nuestros clientes disfruten de una experiencia gastronómica total, bajo la premisa de la excelencia en la calidad de los alimentos y del servicio” (MB Mayflower Buffalos S.A., 2015a, p.3).

La existencia de la misión empresarial permitió tener desarrollada la primera etapa para la implementación de un sistema de producción esbelta, especificar el valor



de los productos desde el punto de vista del cliente final, por parte del Departamento de Marketing de la empresa. Con base en los datos de la Tabla 1.6, esta información se resume en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8.** Especificación del valor de los productos desde el punto de vista del cliente final

<p><b>1) ¿Qué es lo que realmente quiere el cliente?</b> Un alimento fresco, de agradable sabor y cantidad suficiente para saciar su apetito</p>
<p><b>2) ¿Cuáles son las necesidades del cliente respecto al producto?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentos naturales sin aditivos artificiales</li> <li>- Alimentos frescos</li> <li>- Inocuidad de los alimentos</li> <li>- Colores, olores y sabores agradables</li> <li>- Tamaños de los cortes de vegetales y cárnicos de fácil manipulación con los cubiertos</li> <li>- Porciones suficientes para satisfacer el apetito del cliente</li> <li>- Precios accesibles</li> </ul>
<p><b>3) ¿Por qué el cliente compra el producto?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precios accesibles</li> <li>- Calidad y variedad en los platos</li> <li>- Disponibilidad de los locales (47 a nivel nacional)</li> <li>- Disponibilidad de servicio a domicilio</li> <li>- Agilidad en servicio</li> </ul>
<p><b>4) ¿Se ha traducido adecuadamente al lenguaje de la organización lo que quiere el cliente?</b> Sí. Esto ha planteado la necesidad, por parte de la empresa, de mejorar sus instalaciones e implementar programas de capacitación para sus colaboradores</p>
<p><b>5) ¿Todo el mundo en la organización sabe lo que es valioso para el cliente y está alineado con esto?</b> Sí. Principalmente por parte de los responsables de las áreas de producción, marketing y administradores de locales. Todo personal que ingresa a la empresa, sin importar el área asignada, debe aprobar el curso de inducción respectivo.</p>
<p><b>6) ¿Se conoce con precisión cómo se agrega valor al producto a lo largo del proceso?</b> Sí. Sin embargo, debido a que las instalaciones eran arrendadas, recién en este año se empezó en hacer modificaciones en la planta para mejorar los procesos.</p>
<p><b>7) ¿Lo que se hace actualmente concuerda con lo que es valioso para el cliente?</b> Existen actividades que sí agregan valor al producto, otras no y otras sí lo hacen pero el cliente no las consideraría importantes por cuanto son actividades que la empresa debe realizar obligatoriamente para asegurar la calidad de los productos.</p>

En la Tabla 3.9 se detallan las eficiencias del ciclo de los procesos para las producciones de vegetales. Con base en los datos de la Tabla 1.7 se construyó la Tabla AVI.1 y sobre la base de los datos de esta última se identificaron al lavado, corte de vegetales y fumigación de vegetales como actividades que proporcionan tiempo de valor añadido desde el punto de vista del cliente.

Con base en los resultados de los cursogramas analíticos y diagramas de actividades múltiples de las Figuras 3.6 a 3.12 y AV.1 a AV.7, respectivamente, se obtuvieron los tiempos de estas actividades. Los valores de eficiencia del ciclo del proceso se calcularon con la ecuación 1.6 y se evidencia que los procesos de producción de vegetales se desarrollan bajo un sistema de producción esbelta al tener eficiencias del ciclo del proceso mayores al 25 %.

**Tabla 3.9.** Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de vegetales

Producto procesado	Actividades con valor añadido desde el punto de vista del cliente (min)			Tiempo de valor añadido (min)	Tiempo total de ciclo (min)	ECP
	Lavar vegetales en máquina	Cortar vegetales	Fumigar vegetales con citrosand			
Cebolla blanca	5,00	8,91	4,68	18,59	31,71	58,63 %
Cebolla paiteña	5,00	5,67	4,11	14,78	36,99	39,96 %
Col	5,00	6,63	--	11,63	33,71	34,50 %
Nabo chino	5,00	16,60	--	21,60	36,16	59,73 %
Pimiento	5,00	2,04	2,86	9,90	32,09	30,85 %
Vainita	5,00	3,60	1,20	9,80	26,83	36,53 %
Zanahoria	5,00	4,95	--	9,95	33,13	30,03 %

En la Tabla 3.10 se detallan las eficiencias del ciclo de los procesos para las producciones de cárnicos. Con base en los datos de la Tabla 1.7 se elaboraron las Tablas AVI.2 a AVI.4 y sobre la base de los datos de estas últimas se identificaron las actividades que proporcionan tiempo de valor añadido desde el punto de vista del cliente para los procesos de producción de cárnicos.

Con base en los resultados de los cursogramas analíticos y diagramas de actividades múltiples de las Figuras 3.20 a 3.26 y AV.8 a AV.14, respectivamente, se obtuvieron los tiempos de estas actividades.

Los valores de eficiencia del ciclo del proceso se calcularon con la ecuación 1.6. Todos los procesos poseen una ECP superior al 25 %, sin embargo estos deben tratarse independientemente de estos valores debido a que la mayor parte del tiempo de procesamiento corresponde a la marinación de las carnes en el cuarto

frío 1 y existen cruces y retrasos de materiales. Esto se discute más adelante en la sección 3.3.2.

**Tabla 3.10.** Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de cárnicos, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades con valor añadido desde el punto de vista del cliente	Chuletas de cerdo (min)	Corte chaufa de cerdo (min)	Corte chaufa de pollo (min)	Filetes de pollo (min)	Presas de pollo (min)	Corte chaufa de res (min)	Filetes de lomo de res (min)
Corte de chuletas en sierra eléctrica	142,20	--	--	--	--	--	--
Marinar cortes en cuarto frío 1	--	1 440,00	--	1 440,00	1 440,00	--	1 440,00
Hornear *	--	85,45	17,00	--	200,00	--	--
Trocear cortes *	--	30,48	--	--	--	--	--
Retirar piel y pechugas de torsos, cortar pedazos de pollo en trozos *	--	--	229,96	--	--	--	--
Retirar piel y pechugas de torsos, retirar grasa sobrante, filetear pechugas	--	--	--	294,05	--	--	--
Retirar alas, retirar piernas y muslos	--	--	--	--	391,20	--	--
Marinar en Tumbler *	--	--	5,00	--	--	--	--
Limpieza manual de carne, limpieza en máquina de carne, corte manual	--	--	--	--	--	367,44	--
Limpieza manual de carne, limpieza en máquina de carne, corte manual, tenderizar filetes, ablandamiento manual de carne	--	--	--	--	--	--	387,79
Tiempo de valor añadido (min)	142,20	1 555,93	251,96	1 734,05	2 031,20	367,44	1 827,79
Tiempo total de ciclo (min)	174,64	1 678,97	475,80	1 963,37	2 112,79	395,20	2 003,76
ECP	81,42 %	92,67 %	52,96 %	88,32 %	96,14 %	92,98 %	91,22 %

\* Estas actividades transcurren simultáneamente en los respectivos procesos de producción

### **3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

#### **3.3.1 ESPECIFICAR EL VALOR DE LOS PRODUCTOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CLIENTE FINAL**

El primer principio para la implementación de un sistema de producción esbelta fue desarrollado por parte del Departamento de Marketing de la empresa como se indicó en la sección 3.1.2 y se resumió en la Tabla 3.8, previo a la determinación de la eficiencia del ciclo del proceso para las producciones de vegetales y cárnicos.

#### **3.3.2 IDENTIFICAR EL FLUJO DE VALOR Y ELIMINAR EL DESPERDICIO**

Sobre la base de los resultados presentados en las Tablas 3.9 y 3.10, se verificó que todos los procesos de producción analizados se encuentran bajo un sistema de producción. En el caso del procesamiento de vegetales, los resultados presentados en las secciones 3.1.1.2 y 3.1.2 comprueban que estos mantienen flujos continuos de materiales y, de acuerdo a la Identificación del flujo de valor en estos procesos que se resume en la Tabla AVI.1, no son factibles de ser mejorados mediante la implementación de un sistema de producción esbelta.

Sin embargo en los procesos de producción de los productos cárnicos se presentan cruces en los flujos de materiales, como se observan en los diagramas de recorridos de las Figuras AIV.7 a AIV.12. También se verifica que, según los diagramas de actividades múltiples de las Figuras AV.10 a A.V14, existen retrasos en varias de las tareas realizadas durante el procesamiento de pollos y lomos de res.

Además, los procesos de producción de cárnicos, a excepción de las costillas de cerdo y los cortes chaufa de pollo y de res, requieren de un tiempo de marinado de 24 horas. Debido a esto los procesos de producción de cárnicos deben ser tratados independientemente del valor alcanzado en su eficiencia de ciclo del proceso, salvo el proceso de producción de chuletas de cerdo.

Las mudas tipo II identificadas en las Tablas AVI.2 a AVI.4 fueron transporte de materias primas y esperas en el procesamiento de cárnicos. Estas fueron factibles de eliminación con modificaciones realizadas en la distribución de la planta de producción. Esto permitió reducir el desperdicio encontrado en espacio, distancias recorridas, tiempo empleado en los transportes y esfuerzo físico del personal en su traslado.

Al comparar las Figuras AI.1 y AI.2 se verifica que la bodega 2 (que abastecía al área de secos y salsas) del layout inicial de la planta de producción se eliminó debido a que la bodega 1 se dividió en 2 ambientes en los que se ubicaron el área de secos y salsas junto a su nueva bodega 1, con lo cual el layout final de la planta de producción muestra únicamente dos bodegas en lugar de tres. Se implementó una nueva sección destinada al enfriamiento y empaque de productos cárnicos cocinados en el lugar que originalmente ocupaba el área de secos y salsas.

### **3.3.3 AGREGAR VALOR EN EL PROCESO MEDIANTE FLUJOS CONTINUOS EN LA PRODUCCIÓN**

Los flujos de materiales en el procesamiento de cárnicos, presentados en los diagramas de recorrido de las Figuras AIV.7 a AIV.12, muestran demoras debidas a los transportes necesarios en las etapas de marinación de los productos. También se evidencian cruces de materiales a lo largo del desarrollo de las actividades que conforman los procesos de producción.

Con la adquisición de las instalaciones de la planta de producción por parte de MB Mayflower Buffalos S.A., se realizaron las modificaciones en la planta de producción necesarias para eliminar los potenciales problemas de contaminación cruzada en el procesamiento de cárnicos que originalmente se presentaban y mejorar los procesos con flujos continuos y desarrollo de actividades simultaneas.

En la Figura AI.2 se verifica que se dismanteló el cuarto frío 1 y fue reubicado al fondo de la sección de cárnicos, junto al Tumbler, de tal forma que la marinación

de cárnicos quedó a continuación del procesamiento de productos cárnicos crudos, seguida por la cocina y la nueva sección implementada de enfriamiento y empaque de productos cárnicos cocinados, como se indicó en la sección 3.1.3.2.

Se separó el área de acceso a los cuartos fríos 2, 3 y 4 del área de procesamiento de productos para asegurar la inocuidad de los alimentos. En la zona de enfriamiento se instaló un compresor de marca COPELAND de 2 hp y 220 V. De esta forma se logró los flujos continuos de materiales en el procesamiento de cárnicos que se muestran el Anexo VII.

### **3.3.4 ORGANIZAR EL PROCESO DE TAL FORMA QUE LA PRODUCCIÓN SEA HALADA POR LA DEMANDA DEL CLIENTE**

El esquema de producción de corte chaufa y filetes a partir de lomos de res fue modificado de tal modo que estos productos se procesan el mismo día de la recepción de los lomos, debido al nuevo espacio disponible exclusivamente para el procesamiento de cárnicos crudos. De esta forma el Departamento de Compras realiza los requerimientos de lomos con una semana de anticipación, en lugar de hacer los pedidos al final del mes como se solía realizar, con base en las proyecciones de ventas que genera el Departamento de Marketing de la empresa.

### **3.3.5 BUSCAR LA PERFECCIÓN**

Para alcanzar un estado de excelencia de los cuatro principios incorporados del sistema de producción esbelta, quinta etapa de implementación, se aplicó la filosofía de las 5 S al seleccionar los elementos necesarios para trabajar, su ordenamiento y organización en la redistribución de la planta de producción.

La limpieza de los lugares de trabajo y equipos, así como los procesos de producción, fueron estandarizados y detallados por los supervisores de calidad y de producción en los respectivos documentos y registros que desarrollaron para la

implementación y certificación de Buenas Prácticas de Manufactura, necesaria para la obtención de la licencia de funcionamiento de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), tema fuera del alcance de este trabajo. La disciplina y compromiso de los colaboradores se logró al involucrarlos mediante la reasignación de responsabilidades.

Para esto se designaron líderes de cada área de producción que se encargan de la supervisión directa del personal de turno y los dirigen en las pausas activas de 10 minutos que se lograron implementar en la jornada de trabajo. Los líderes reportan directamente a los supervisores de producción y calidad. En el Anexo IX se presentan fotografías de la planta procesadora de alimentos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta.

### **3.4 EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

#### **3.4.1 LAYOUT FINAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN**

La distribución final de la planta de producción, en escala 1:410, se muestra en la Figura A1.2. Los cuartos fríos 2 y 4 son congeladores y los cuartos fríos 1 y 3 son refrigeradores.

#### **3.4.2 PROCESAMIENTO DE CÁRNICOS**

Debido a las modificaciones en la distribución de la planta procesadora de alimentos, presentadas en la sección 3.1.3.4, se evaluaron los procesos productivos de cárnicos después de la implementación del sistema de producción esbelta. El proceso de producción de chuletas de cerdo no presentó cambios por lo que no se lo volvió a evaluar. La medición de tiempos se realizó de la misma manera que se expuso en la sección 3.1.1. Los datos observados constan en las Tablas

All.15 a All.20 y la justificación del tamaño de las muestras requeridas para el estudio de tiempos se detalla en el Anexo III.

Los cursogramas sinópticos no cambian y corresponden a los presentados en las Figuras 3.14 a 3.19 de la sección 3.1.1, con la particularidad de que el enfriamiento de productos cocinados ya no se lo realiza en el área de procesamiento de cárnicos crudos sino en la nueva área asignada para su enfriamiento y empaque.

Sobre la base de estos cursogramas sinópticos y los tiempos promedios observados, Tablas All.15 a All.20, se obtuvieron los cursogramas analíticos mostrados en las Figuras 3.27 a 3.33 y los diagramas hombre - máquina, o de actividades múltiples, que se presentan en las Figuras AVIII.1 a AVIII.6.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL				
	Diagrama número: 8	ACTIVIDAD		RESUMEN				
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía		
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇄		9	9	0		
Actividad: producción de corte chaufa de cerdo		Demoras □		5	5	0		
Método nuevo de producción		Inspecciones □		1	1	0		
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		0	0	0		
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 250 kg de producto		Tiempo (min)		1 546,31	1 534,09	12,22		
		Distancia (m)		108,00	44,96	63,04		
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones	
				○	⇄	□		▽
Transportar gavetas al área de producción	402,00	29,44	0,45		●			10 gavetas por ciclo
Quitar empaque plástico			3,25	●				
Cortar lomos en octavos			4,40	●				
Colocar mezcla de aliños			0,33	●				
Marinar cortes en cuarto frío 1			1 440,00	●				Cada gaveta con 12 lomos de 3,35 kg cada uno
Transportar a hornos	402,00	8,00	0,14		●			
Colocar cortes en bandejas			5,07			●		Cada 10 bandejas
Colocar bandejas en horno			5,39			●		
Setear horno			0,76			●		
Hornear			30,00	●				
Retirar bandejas del horno			1,32			●		10 bandejas por horno; 70 kg de lomo marinado crudo en
Transportar al área de enfriamiento	250,00	5,92	0,10		●			porciones finales de corte chaufa de 1,1 kg
Enfriar cortes			8,00	●				
Trocear cortes			10,13	●				
Pesar porciones de trozos de carne			19,21			●		
Sellar porciones de trozos de carne			4,37	●				
Etiquetar porciones			0,52	●				
Colocar paquetes en gavetas			0,62			●		
Transportar gavetas a cuarto frío 2	250,00	1,60	0,03		●			Hasta 5 gavetas

Figura 3.27. Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta



En la Figura 3.27 se observa que en la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta, se presentan 9 operaciones, 4 transportes, 5 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 402 kg de lomo de cerdo (10 gavetas) fue de 1 534,09 min y la distancia recorrida por los operarios 44,96 m, y se obtuvieron 250 kg de producto.

A pesar que no aumentaron la cantidad de lomo de cerdo procesado y el producto final, se obtuvo una economía de 1 transporte, 12,22 min del tiempo registrado y 63,04 m en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar un trabajador más en el proceso.

El diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de cerdo correspondiente se muestra en la Figura AVII.1. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los lomos de cerdo son cortados en octavos, se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración).

Al día siguiente los cortes son horneados durante 30 min. Luego de la cocción los cortes son transportados al área de enfriamiento y empaque donde, luego de dejarlos enfriar, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg. Los paquetes con corte chaufa de cerdo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).

El diagrama hombre - máquina de la producción de corte chaufa de cerdo correspondiente se muestra en la Figura AVIII.1. Se observa un tiempo de ciclo de 1 608,65 min durante el cual tres operarios trabajan 134,04 min ( $U = 8,33 \%$ ), los cortes se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día ( $U = 89,52 \%$ ) y se emplean 3 hornos con un tiempo total de funcionamiento de 60 min cada uno ( $U = 3,73 \%$ ).

La producción se completa en 2 días de trabajo, los trabajadores realizan las mismas tareas y se observa simultaneidad de actividades en el segundo día, en el cual se realiza el horneado de los cortes.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 9	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		10	10	0				
Actividad: producción de corte chaufa de pollo		Demoras □		6	5	1				
Método nuevo de producción		Inspecciones □		8	8	0				
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1	1	0				
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 198 kg de producto				0	0	0				
		Tiempo (min)		104,24	93,32	10,92				
		Distancia (m)		81,12	49,44	31,68				
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	▭	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 800,00	18,56	0,31		●					5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,70	●						Tiempo por gaveta, 60 en total y cada una con 20 pollos
Retirar piernas y muslos			9,75	●						
Retirar piel y pechugas de torsos			5,65	●						
Cortar pedazos de pollo en trozos			0,60	●						8 veces por ciclo, hasta 34,50 kg de pollo a marinar por parada de Tumbler
Transportar trozos al área de aliños	275,00	7,68	0,13		●					
Colocar trozos en Tumbler			0,87			●				
Colocar mezcla de aliños			0,36	●						Hasta 5 gavetas
Setear el Tumbler			1,07			●				
Marinar trozos en Tumbler			5,00	●						
Colocar trozos gavetas			0,91			●				Cada parada de horno con 10 bandejas hasta 95 kg de pollo crudo
Transportar a hornos	275,00	8,00	0,14		●					
Colocar trozos en bandejas			8,71			●				
Colocar bandejas en horno			5,67			●				Cada 5 bandejas de pollo en porciones de 1,1 kg
Setear horno			0,79			●				
Hornear			17,00	●						
Retirar bandejas del horno			1,39			●				Hasta 5 gavetas
Transportar al área de enfriamiento	198,00	5,92	0,10		●					
Enfriar trozos			5,00	●						
Pesar porciones de trozos de pollo			15,36			●				Hasta 5 gavetas
Sellar porciones de trozos de pollo			3,49	●						
Etiquetar porciones			0,61	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,52			●				Hasta 5 gavetas
Transportar gavetas a cuarto frío 2	198,00	9,28	0,18		●					

Figura 3.28. Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.28 se observa que en la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta, se presentan 10 operaciones, 5 transportes, 8 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 800 kg de pollo (60 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 93,32 min y la distancia recorrida por los operarios 49,44 m, y se obtuvieron 198 kg de producto.

Además de aumentar las cantidades de pollo procesado y del producto final, se obtuvo una economía de 1 transporte, 10,92 min del tiempo registrado y 31,68 m

en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar una nueva sierra eléctrica y dos trabajadores más para retirar las alas de los pollos.

El diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVII.2. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. Los torsos son colocados en ganchos para retirar las pechugas y mermas. Los cortes sobrantes pequeños de pechuga, que no pueden ser fileteados, son troceados.

Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar 5 min en el equipo Tumbler (concentrador de aliños para cárnicos). Los cortes son horneados durante 17 min. Luego de la cocción los cortes son transportados al área de enfriamiento y empaque donde, luego de dejarlos enfriar, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg. Los paquetes con corte chaufa de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).


El diagrama hombre - máquina de la producción de corte chaufa de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVIII.2.

Se observa un tiempo de ciclo de 442,18 min durante el cual un operario trabaja 323,77 min ( $U = 73,22\%$  en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica, adición de aliños y transporte de los trozos de pollo marinados hasta el horno), otro 338,01 min ( $U = 76,44\%$  en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y manejo del horno), 2 operarios 327,00 min ( $U = 73,95\%$  en el corte de alas y de pedazos de pollo), 2 operarios 351,48 min ( $U = 79,49\%$  de utilización en el corte de alas y preparación y empaque de porciones) y 6 operarios 339,00 min ( $U = 76,67\%$  en retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo).

Se emplean dos sierras eléctricas durante 292,50 min cada una ( $U = 66,15\%$ ), en el equipo Tumbler se marinan hasta 34,50 kg de cortes de pollo durante 5 min en

8 paradas (40 min en total, 9,05 %) y se emplea un horno con un tiempo total de funcionamiento de 51 min (U = 3,39 %).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo y solamente el corte de los remanentes de pechugas de pollo en trozos empieza después de 304 min de iniciado el proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 10	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		9	9	0				
Actividad: producción de filetes de pollo		Demoras □		6	4	2				
Método nuevo de producción		Inspecciones □		2	2	0				
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		2	2	0				
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 298,44 kg de producto		Tiempo (min)		0	0	0				
		Distancia (m)		1 500,39	1 499,22	1,17				
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 800,00	18,56	0,31		●					5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,70	●						Tiempo por gaveta, 60 en total y cada una con 20 pollos de 1,5 kg
Retirar piernas y muslos			9,75	●						
Retirar piel y pechugas de torsos			5,65	●						
Retirar grasa sobrante			7,09	●						
Filetear pechugas			3,98	●						
Pesar filetes			1,68				●			9 gavetas por ciclo
Colocar filetes en gavetas			0,58				●			
Transportar filetes a área de aliños	298,44	4,16	0,08		●					
Colocar mezcla de aliños			0,38	●						
Marinar filetes en cuarto frío 1			1 440,00	●						1 vez por ciclo
Transportar a mesa de empaque	298,44	2,88	0,06		●					Hasta 5 gavetas
Agrupar 5 unidades de filetes			10,40				●			Cada gaveta de producto (300 filetes) por operario
Poner paquetes en fundas			7,60	●						
Etiquetar fundas			0,87	●						
Colocar fundas en gavetas			0,64				●			
Transportar gavetas a cuarto frío 2	298,44	25,92	0,45		●					Hasta 5 gavetas

**Figura 3.29.** Cursograma analítico de la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.29 se observa que en la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta, se presentan 9 operaciones, 4 transportes, 2 demoras y 2 inspecciones. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 800 kg de pollo (60 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 1 499,22 min y la distancia recorrida por los operarios 51,52 m, y se obtuvieron 298,44 kg de producto.

Además de aumentar las cantidades de pollo procesado y del producto final, se obtuvo una economía de 2 transportes, 1,17 min del tiempo registrado y 39,20 m en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar una nueva sierra eléctrica y dos trabajadores más para retirar las alas de los pollos.

El diagrama de recorrido de la producción de filetes de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVII.3. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. Los torsos son colocados en ganchos para retirar las pechugas y mermas. Las pechugas son fileteadas de acuerdo al peso requerido de los filetes.

Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración). Al día siguiente los filetes de pollo son empaquetados y etiquetados en porciones de 5 unidades. Los paquetes con filetes de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación). El diagrama hombre - máquina de la producción de filetes de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVIII.3.


Se observa un tiempo de ciclo de 1 902,19 min durante el cual un operario trabaja 301,86 min ( $U = 15,87\%$  en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y la adición de aliños), otro 292,50 min ( $U = 15,38\%$  en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica), 4 operarios 291,00 min ( $U = 15,30\%$  en el corte de alas), 6 operarios 339,00 min ( $U = 17,82\%$  en retirar la piel y pechugas de los torsos de pollo), 2 operarios 425,40 min ( $U = 22,36\%$  en retirar grasa sobrante entre las pechugas de pollo) y 6 operarios 370,25 min ( $U = 19,46\%$  en filetear y pesar los filetes de pollo y al empaque de los filetes).

Se emplean dos sierras eléctricas durante 292,50 min cada una ( $U = 15,38\%$ ) y los cortes se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día ( $U = 75,70\%$ ).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo y solamente el fileteo de pechugas de pollo empieza



después de 92 min de iniciado el proceso. De los 20 operarios que trabajan en el procesamiento de filetes de pollo, sólo 6 trabajan al día siguiente en el empaquetamiento de los filetes.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL					
	Diagrama número: 11	ACTIVIDAD		RESUMEN					
				Actual	Propuesto	Economía			
		Operaciones	○	8	8	0			
Proceso: producción de cárnicos		Transporte	⇒	6	5	1			
Actividad: producción de presas de pollo		Demoras	□	6	5	1			
Método nuevo de producción		Inspecciones	□	1	1	0			
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes	▽	0	0	0			
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 511,56 kg de producto		Tiempo (min)		1 583,56	1 571,79	11,77			
		Distancia (m)		116,80	55,52	61,28			
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
Transportar gavetas al área de producción	1 800,00	18,56	0,31	○	⇒	□	□	▽	5 gavetas a la vez
Retirar alas			9,70	●					Tiempo por gaveta
Retirar piernas y muslos			9,75	●					
Transportar presas a área de aliños	710,50	13,76	0,24	○	⇒	□	□	▽	4 gavetas
Colocar mezcla de aliños			0,43	●					300 presas
Marinar presas en cuarto frío 1			1440,00	●					24 gavetas
Transportar a hornos	710,50	8,00	0,14	○	⇒	□	□	▽	(7200 presas)
Colocar presas en bandejas			19,21	●					Parada de 400 presas en 20 bandejas del
Colocar bandejas en horno			0,57	●					horno; cada
Setear horno			0,76	●					operario
Hornear			50,00	●					(3 en total)
Retirar bandejas del horno			0,69	●					atiende un horno
Transportar al área de enfriamiento	511,56	5,92	0,11	○	⇒	□	□	▽	400 presas por
Enfriar presas			8,00	●					gaveta de
Colocar 5 presas en fundas			21,95	●					producto
Sellar fundas			8,60	●					(18 en total)
Etiquetar paquetes			0,62	●					
Colocar paquetes en gavetas			0,55	●					
Transportar gavetas a cuarto frío 2	511,56	9,28	0,17	○	⇒	□	□	▽	3 gavetas

**Figura 3.30.** Cursograma analítico de la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.30 se observa que en la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta, presenta 8 operaciones, 5 transportes, 5 demoras y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 800 kg de pollo (60 gavetas, cada una con 20 pollos de 1,50 kg) fue de 1 571,79 min y la distancia recorrida por los operarios 55,52 m, y se obtuvieron 511,56 kg de producto.


Además de aumentar las cantidades de pollo procesado y del producto final, se obtuvo una economía de 1 transporte, 1 demora, 11,77 min del tiempo registrado y 61,28 m en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar una nueva sierra eléctrica y dos trabajadores más para retirar las alas de los pollos.

El diagrama de recorrido de la producción de presas de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVII.4. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los pollos son desmembrados. A las presas se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración).

Al día siguiente las presas son horneadas durante 50 min. Luego de la cocción las presas son transportados al área de enfriamiento y empaque donde, luego de dejarlas enfriar, son empaquetadas y etiquetadas en porciones de 5 presas. Los paquetes con las presas de pollo son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).

El diagrama hombre - máquina de la producción de presas de pollo correspondiente se muestra en la Figura AVIII.4. Se observa un tiempo de ciclo de 2 110,71 min durante el cual 2 operarios trabajan 298,38 min ( $U = 14,14 \%$  en el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y adición de aliños), 4 operarios 291,00 min ( $U = 13,79 \%$  en el corte de alas) y 3 operarios 320,22 min ( $U = 15,17 \%$  en el manejo de hornos y empaque de presas en el segundo día de procesamiento).

Se emplean dos sierras eléctricas durante 292,50 min cada una ( $U = 13,86 \%$ ), las presas de pollo se marinan en el cuarto frío 1 hasta el siguiente día ( $U = 68,22 \%$ ) y se emplean 3 hornos con un tiempo total de funcionamiento de 300 min cada uno ( $U = 14,21 \%$ ). En este caso se observa simultaneidad de actividades durante las tareas de procesamiento del pollo crudo en el primer día, con 6 operarios. En el día siguiente 3 operarios manejan el resto del proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 12	ACTIVIDAD		RESUMEN						
		Operaciones ○		Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Transporte ⇨		5	5	0				
Actividad: producción de corte chaufa de res		Demoras □		3	2	1				
Método nuevo de producción		Inspecciones □		1	1	0				
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Almacenajes ▽		1	1	0				
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 270 kg de producto		Tiempo (min)		0	0	0				
		Distancia (m)		39,43	37,76	1,67				
				70,40	42,08	28,32				
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇨	□	□	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 500,00	14,72	0,20		●					5 gavetas a la vez
Limpieza manual de carne			5,46	●						Tiempo por gaveta, 50 en total
Limpieza en máquina de carne			10,24	●						
Corte manual			5,28	●						Tiempo por gaveta de producto, 10 en total
Pesar porciones de carne			12,27				●			
Sellar porciones de carne			2,86	●						Hasta 5 gavetas
Etiquetar porciones de carne			0,46	●						
Colocar paquetes en gavetas			0,67					●		
Transportar gavetas a cuarto frío 2	270,00	27,36	0,32		●					

**Figura 3.31.** Cursograma analítico de la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.31 se observa que en la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta, se presentan 5 operaciones, 2 transportes, 1 demora y 1 inspección. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 500 kg de lomo de res (50 gavetas, cada una con 30,00 kg de carne) fue de 37,76 min y la distancia recorrida por los operarios 42,08 m, y se obtuvieron 270 kg de producto.

Además de aumentar las cantidades de lomo de res procesado y del producto final, se obtuvo una economía de 1 transporte, 1,67 min del tiempo registrado y 28,32 m en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar una nueva máquina desvanadora y un trabajador más para la limpieza manual de carne.

El diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de res correspondiente se muestra en la Figura AVII.5. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los lomos pasan por una limpieza manual donde se retiran membranas y grasa residual superficial. La merma remanente se retira por medio de una limpieza en máquina desvanadora.



Los cortes sobrantes pequeños de lomo, que no pueden ser fileteados, son troceados para ser empaquetados y etiquetados en porciones de 1,10 kg. Los paquetes con corte chaufa de res son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).

El diagrama hombre - máquina correspondiente se muestra en la Figura AVIII.5. Se observa un tiempo de ciclo de 300,68 min durante el cual 6 operarios trabajan 300,48 min ( $U = 99,93\%$  en la limpieza manual de carne y preparación y empaque de porciones), 2 operarios 258,00 min ( $U = 85,81\%$  en la limpieza de carne en la desvanadora), 6 operarios 264,00 min ( $U = 87,80\%$  en el corte manual de carne) y se emplean 2 desvanadoras durante 256,00 min cada una ( $85,14\%$ ).

En este caso se observa simultaneidad de actividades durante el procesamiento de lomos de res. Luego de 27 min de iniciado el proceso, se empieza a cortar los lomos de res, a diferencia del proceso que se tenía originalmente en el que esta actividad empezaba después de 184 min.


CURSOGRAMA ANALÍTICO				MATERIAL						
	Diagrama número: 13	ACTIVIDAD		RESUMEN						
				Actual	Propuesto	Economía				
Proceso: producción de cárnicos		Operaciones	○	9	9	0				
Actividad: producción de filetes de lomo de res		Transporte	⇒	5	4	1				
Método nuevo de producción		Demoras	□	2	2	0				
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Inspecciones	□	2	2	0				
Observaciones generales: tiempos promedios del muestreo; se obtienen 1080 kg de producto		Almacenajes	▽	0	0	0				
		Tiempo (min)		1 515,06	1 512,10	2,96				
		Distancia (m)		101,28	51,20	50,08				
Descripción	Cantidad (kg)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				○	⇒	□	□	▽		
Transportar gavetas al área de producción	1 500,00	14,72	0,20							5 gavetas a la vez
Limpieza manual de carne			5,46							Cada gaveta
Limpieza en máquina de carne			10,24							
Corte manual			4,12							Alternadamente
Pesar filetes			1,16							cada gaveta
Tenderizar filetes			7,68							
Ablandamiento manual de carne			7,89							Tiempos para
Colocar filetes en gavetas			0,29							gavetas de 30,25
Transportar gavetas a área de aliños	1 080,00	7,68	0,06							kg cada una; 36
Colocar mezcla de aliños			0,25							gavetas en total
Marinar filetes en cuarto frío 1			1 440,00							1 vez por ciclo
Transportar a mesa de empaque	1 080,00	2,88	0,04							
Colocar filetes entre films plásticos			26,17							Cada gaveta de
Poner paquetes en fundas			7,01							producto por
Etiquetar fundas			0,62							persona; 36
Colocar fundas en gavetas			0,58							gavetas en total
Transportar gavetas a cuarto frío 2	1 080,00	25,92	0,35							Hasta 5 gavetas

Figura 3.32. Cursograma analítico de la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta

En la Figura 3.32 se observa que en la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta, se presentan 9 operaciones, 4 transportes, 2 demoras y 2 inspecciones. El tiempo registrado para el procesamiento de 1 500 kg de lomo de res (50 gavetas, cada una con 30,00 kg de carne) fue de 1 512,10 min y la distancia recorrida por los operarios 51,20 m, y se obtuvieron 1 080 kg de producto.

Además de aumentar las cantidades de lomo de res procesado y del producto final, se obtuvo una economía de 1 transporte, 2,96 min del tiempo registrado y 50,08 m en los traslados recorridos por los operadores, debido a que el nuevo espacio disponible permitió incorporar una nueva máquina desvanadora y un trabajador más para la limpieza manual de carne.

El diagrama de recorrido de la producción de filetes de lomo de res correspondiente se muestra en la Figura AVII.6. Los operarios transportan las gavetas desde la recepción al área de procesamiento de cárnicos. Los lomos pasan por una limpieza manual donde se retiran membranas y grasa residual superficial. La merma remanente de los lomos de res se retira por medio de una limpieza en máquina desvanadora.

Los lomos son fileteados de acuerdo al peso requerido de los filetes y pasan por un ablandamiento, primero en máquina tenderizadora y después manualmente. Se les añade la mezcla de aliños correspondiente y se dejan marinar en el cuarto frío 1 (refrigeración). Al día siguiente los filetes son empaquetados entre films plásticos y etiquetados en porciones de 7 unidades. Los paquetes con filetes de lomo de res son colocados en gavetas y se entregan a los bodegueros en el cuarto frío 2 (congelación).

El diagrama hombre - máquina de la producción de filetes de lomo de res correspondiente se muestra en la Figura AVIII.6.

Se observa un tiempo de ciclo de 1 892,44 min durante el cual 6 operarios trabajan 273,00 min ( $U = 14,43\%$  en la limpieza manual de carne), 2 operarios 361,61 min

(U = 19,11 % en la limpieza de carne en máquina desvanadora y empacar los filetes), 6 operarios 458,05 min (U = 24,20 % en cortar y pesar los filetes de lomo de res, añadir los aliños y empacar los filetes), un operario 345,67 min (U = 18,27 % en empacar los filetes) y 4 operarios 318,81 min (U = 16,85 % en ablandar manualmente y empacar los filetes).

Se emplean las dos máquinas desvanadoras durante 256,00 min cada una (U = 13,53 %) y la tenderizadora 276,48 min (U = 14,61 %). Los filetes de lomo de res se marinan en el cuarto frío 1 hasta el día siguiente (U = 76,09 %), antes de pasar a su empacamiento.

En este caso la producción se completa en dos días de trabajo para completar el ciclo de producción. En el segundo día trabajan en el proceso únicamente 13 empleados en el empaquetamiento de los filetes y se observa simultaneidad de actividades durante las tareas previas a la marinación de los filetes de lomo de res.

Luego de 27 min de iniciado el proceso, se empieza a filetear los lomos de res, después de 28 min comienza el ablandamiento de los filetes en la tenderizadora y luego de 30 min manualmente, a diferencia del proceso que se tenía originalmente en el que estas actividades empezaban después de 184 min, 185 min y 188 min, respectivamente.

### **3.5 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

En la Tabla 3.11 los tiempos de ciclo corresponden a los tiempos observados en el cronometraje de actividades. La determinación de tiempos básicos y estándar se realizó bajo las mismas consideraciones citadas en la sección 3.1.2. Esto es, una valoración del ritmo de trabajo y desempeño del empleado del 75 % y una tolerancia

del 49 % para el procesamiento de cárnicos.

**Tabla 3.11.** Tiempos de ciclo, básicos y estándar de los procesos de producción de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Proceso	Tiempo de ciclo (min)	Tiempo básico (min)	Tiempo estándar (min)
Producción de corte chaufa de cerdo	1 608,65	1 206,49	1 797,67
Producción de corte chaufa de pollo	442,18	331,64	494,14
Producción de filetes de pollo	1 902,19	1 426,64	2 125,69
Producción de presas de pollo	2 110,71	1 583,03	2 358,72
Producción de corte chaufa de res	300,68	225,51	336,01
Producción de filetes de lomo de res	1 892,44	1 419,33	2 114,80

La producción de cárnicos cuenta con 30 empleados que trabajan de lunes a sábado, 8 h diarias, en turnos rotativos con dos días libres. En la Tabla 3.12 se detalla el número de empleados que labora cada día de la semana de acuerdo a la planificación de producción, la totalidad de operarios y de horas hombre trabajadas en la semana, después de la implementación del sistema de producción esbelta. Estos valores tienen concordancia con el número de empleados registrados en los diagramas de actividades múltiples del procesamiento de cárnicos presentados en las Figuras AVIII.1 a AVIII.6.

**Tabla 3.12.** Personal requerido semanalmente para el procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Etapa de producción	Operarios	Días de la semana					
		L	M	M	J	V	S
Procesamiento de cerdo		2				2	2
Procesamiento de pollos			20	20	20		
Procesamiento de lomos de res		19				19	3
Horneado				3	3	3	
Personal total diario		21	20	23	23	24	5
Personal total en la semana		116					
<b>Horas hombre trabajadas</b>		<b>928</b>					

El personal asignado, según la Tabla 3.12, trabaja con las siguientes particularidades, según puede constatarse en los tiempos muertos de los respectivos diagramas de actividades múltiples de las Figuras AVIII.1 a AVIII.6:

En la tarde de los días martes y miércoles tres operarios, uno de los 2 que realizan el desmembramiento de pollos con sierra eléctrica y dos de los 4 que retiran las alas, se encargan del procesamiento de los lomos de cerdo hasta la marinación mientras que en la mañana de los días miércoles y jueves, 3 de los fileteadores de pollo completan la cocción de lomos de cerdo.

Los días miércoles y jueves por la mañana, los filetes de pollo son empacados por los mismos fileteadores del día anterior y esta actividad la realizan, durante la mañana de los días viernes, los 6 operarios que hacen la limpieza manual de carne.

En la tarde de los días martes, los filetes de lomo de res son empacados por los 2 operarios que realizan el desmembramiento de pollo con sierra eléctrica (1 ciclo), 2 de los operarios que retiran alas de pollo (5 ciclos) y los 6 operarios que retiran la piel y pechugas de pollo (4 ciclos), mientras que los días sábados asisten 3 personas para esta actividad.

En la Tabla 3.13 se detalla la cantidad de materia prima procesada por ciclo y total para cada día de la semana, según la planificación de la producción después de haber implementado las modificaciones en la distribución de la planta de procesamiento de alimentos con el sistema de producción esbelta.

**Tabla 3.13.** Materia prima empleada en el procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Insumo	Ciclos / día	Materia prima (kg)		Consumo semanal de materia prima (kg)						
		Por ciclo	Total	L	M	M	J	V	S	Total
Costillar de cerdo	2	176,10	352,20	352,20	--	--	--	352,20	352,20	1 056,60
Lomo de cerdo	1	402,00	402,00	--	402,00	402,00	--	--	--	804,00
Pollo	1	1 800,00	1 800,00	--	1 800,00	1 800,00	1 800,00	--	--	5 400,00
Lomo de res	1	1 500,00	1 500,00	1 500,00	--	--	--	1500,00	--	3 000,00
Materia prima total por semana (kg)				1 852,20	2 202,00	2 202,00	1 800,00	1852,20	352,20	1 0260,60

En la Tabla 3.14 se detalla la producción de los 7 productos del procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta. Se indica la producción por ciclo y la productividad total para cada día de la semana, según la planificación de la producción que se realiza con base en la información de ventas en locales que proporciona el Departamento de Marketing. La productividad de la mano de obra corresponde a la producción total semanal de cárnicos (kg de producto) dividido por las 928 horas hombre empleadas y resultó 7,77 kg / hora hombre.

**Tabla 3.14.** Productividad del procesamiento de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Producto	Ciclos / día	Producción (kg)		Producción semanal (kg)						
		Por ciclo	Total	L	M	M	J	V	S	Total
Chuletas de cerdo	2	165,00	330,00	330,00	--	--	--	330,00	330,00	990,00
Corte chaufa de cerdo	1	250,00	250,00	--	--	250,00	250,00	--	--	500,00
Corte chaufa de pollo	1	198,00	198,00	--	198,00	198,00	198,00	--	--	594,00
Filetes de pollo	1	298,44	298,44	--	--	298,44	298,44	298,44	--	895,32
Presas de pollo	1	511,56	511,56	--	--	511,56	511,56	511,56	--	1 534,68
Corte chaufa de res	1	270,00	270,00	270,00	--	--	--	270,00	--	540,00
Filetes de res	1	1 080,00	1 080,00	--	1 080,00	--	--	--	1 080,00	2 160,00
Producción total por semana (kg)				600,00	1 278,00	1 258,00	1 258,00	1 410,00	1 410,00	7 214,00
<b>Productividad de la mano de obra</b> (kg de producto / horas hombre trabajadas)									7,77	

En la Tabla 3.15 se detallan las eficiencias del ciclo de los procesos para las producciones de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta. Con base en los datos de las Tablas AVI.2 a AVI.4, se identificaron las actividades que proporcionan tiempo de valor añadido desde el punto de vista del cliente para los procesos de producción de cárnicos.

Sobre la base de los resultados de los cursogramas analíticos y diagramas de actividades múltiples de las Figuras 3.27 a 3.32 y AVIII.1 a AVIII.6, respectivamente, se obtuvieron los tiempos de estas actividades. Los valores de eficiencia del ciclo del proceso se calcularon con la ecuación 1.6. Todos los procesos poseen una ECP superior al 25 % y resultaron mayores a los alcanzados antes de la implementación del sistema de producción esbelta.

**Tabla 3.15.** Actividades con valor añadido para el cliente y eficiencia del ciclo de los procesos de producción de cárnicos, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades con valor añadido desde el punto de vista del cliente	Corte chaufa de cerdo (min)	Corte chaufa de pollo (min)	Filetes de pollo (min)	Presas de pollo (min)	Corte chaufa de res (min)	Filetes de lomo de res (min)
Marinar cortes en cuarto frío 1	1 440,00	--	1 440,00	1 440,00	--	1 440,00
Hornear *	60,00	51,00	--	300,00	--	--
Trocear cortes *	10,13	--	--	--	--	--
Retirar piel y pechugas de torsos, cortar pedazos de pollo en trozos *	--	339,60	--	--	--	--
Retirar piel y pechugas de torsos, retirar grasa sobrante, filetear pechugas	--	--	431,06	--	--	--
Retirar alas, retirar piernas y muslos	--	--	--	309,60	--	--
Marinar en Tumbler *	--	9,81	--	--	--	--
Limpieza manual de carne, limpieza en máquina de carne, corte manual	--	--	--	--	292,44	--
Limpieza manual de carne, limpieza en máquina de carne, corte manual, tenderizar filetes, ablandamiento manual de carne	--	--	--	--	--	313,81
Tiempo de valor añadido (min)	1 510,13	400,41	1 871,06	2 049,60	292,44	1 753,81
Tiempo total de ciclo (min)	1 608,65	442,18	1 902,19	2 110,71	300,68	1 892,44
ECP	93,88 %	90,55 %	98,36 %	97,10 %	97,26 %	92,67 %

\* Estas actividades transcurren simultáneamente en los respectivos procesos de producción



### 3.6 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA

En la Tabla 3.16 se presentan los valores observados de los tiempos de ciclo de cada uno de los procesos productivos de cárnicos en los que se implementó el sistema de producción esbelta, antes y después de las mejoras realizadas. En todos los casos se observa una economía, la mayor en el caso de la producción de corte chaufa de res y menor para la producción de las presas de pollo.

Esto era de esperarse ya que, en el caso del corte chaufa de res, la nueva máquina desvanadora incrementó sustancialmente la utilización de la mano de obra, conforme se comprueba al comparar los diagramas de actividades múltiples de las Figuras AV.13 y AVIII.5. Esto también ocurre con la producción de filetes de lomo de res aunque es menor el efecto debido a que en este caso interviene la marinación de los filetes por un día.

En cuanto a las producciones de pollo, era lógico que la disminución en el tiempo de ciclo de la producción de presas de pollo sea menor ya que este proceso no presentaba retrasos en las actividades bajo el esquema original de producción. Sin embargo, es notable la reducción de tiempos ya que, a excepción del corte chaufa de cerdo, incluso se procesa más materia prima y se obtiene una mayor producción luego de la implementación del sistema de producción esbelta.

**Tabla 3.16.** Comparación de los tiempos de ciclo de los procesos productivos de cárnicos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta

Proceso	Tiempo de ciclo (min)		Economía	
	Situación inicial	Situación final	(min)	(%)
Producción de corte chaufa de cerdo	1 678,97	1 608,65	70,32	4,19
Producción de corte chaufa de pollo	475,80	442,18	33,62	7,07
Producción de filetes de pollo	1 963,37	1 902,19	61,18	3,12
Producción de presas de pollo	2 112,79	2 110,71	2,08	0,10
Producción de corte chaufa de res	395,20	300,68	94,52	23,92
Producción de filetes de lomo de res	2 003,76	1 892,44	111,32	5,56

En la Tabla 3.17 se presentan los valores de los indicadores de productividad de cada uno de los procesos productivos de cárnicos en los que se implementó el sistema de producción esbelta, antes y después de las mejoras realizadas. En todos los casos se observan incrementos.

La materia prima procesada, producción obtenida y productividad de la mano de obra aumentaron en un porcentaje mayor al 20 % debido al mejor aprovechamiento del espacio disponible en la plana y la redistribución de las áreas ya que permitió disminuir los trayectos requeridos para desarrollar las actividades de los procesos productivos e incrementar la mano de obra y su utilización.

Esto se comprueba al comparar los diagramas hombre - máquina de las Figuras AV.9 a AV.14 y de las Figuras AVIII.1 a AVIII.6, correspondientes a los procesos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta, respectivamente.

Esto se logró con la adquisición de los nuevos equipos y se mantuvo el mismo número de 30 empleados en el procesamiento de cárnicos, ya que el Departamento de Producción y el de Recursos Humanos realizaron una nueva distribución de los turnos de trabajo y días libres. De esta forma, tampoco se vieron afectadas las jornadas de trabajo ni su bienestar.

En cuanto a las eficiencias del ciclo del proceso, la producción de corte chaufa de pollo y de res fueron las que más se incrementaron. Esto es lógico debido a que la producción se completa en un día de producción, la adquisición de los nuevos equipos permitieron procesar más materia prima en un menor tiempo y con menos retrasos en el comienzo de las actividades.

Esto se comprueba al comprar los diagramas de actividades múltiples de las Figuras AV.10 y AV.13 con las Figuras AVIII.2 y AVIII.5, respectivamente. Los menores incrementos se obtuvieron en las producciones de corte chaufa de cerdo, debido a que se procesan y obtienen las mismas cantidades de materias primas y productos con la asignación de un empleado adicional, y de los productos que

requieren marinación de un día ya que este tiempo es mayor al que se utiliza en el procesamiento mismo de los productos cárnicos y, por ende, su afectación siempre será en bajos porcentajes incrementales.

**Tabla 3.17.** Comparación de los indicadores de productividad de los procesos productivos de cárnicos antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta

<b>Indicador de productividad</b>	<b>Situación inicial</b>	<b>Situación final</b>	<b>Incremento</b>
Materia prima procesada (kg)	7 560,60	1 0260,60	35,71 %
Producción obtenida (kg)	5 396,00	7 214,00	33,69 %
Horas hombre trabajadas	840,00	928,00	10,48 %
Productividad (kg de producto / horas hombre trabajadas)	6,42	7,77	21,01 %
ECP en producción de corte chaufa de cerdo (%)	92,67	93,88	1,30 %
ECP en producción de corte chaufa de pollo (%)	52,96	90,55	71,00 %
ECP en producción de filetes de pollo (%)	88,32	98,36	11,37 %
ECP en producción de presas de pollo (%)	96,14	97,10	1,01 %
ECP en producción de corte chaufa de res (%)	92,98	97,26	4,61 %
ECP en producción de filetes de lomo de res (%)	91,22	92,67	1,60 %

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Se logró estandarizar los procesos de producción mediante la documentación levantada en este trabajo de tesis.
- Se identificaron como mudas tipo II al transporte de materiales y esperas en el procesamiento de cárnicos. La distribución del espacio físico de la planta procesadora de alimentos fue la principal limitante en la productividad. Con la adquisición de las instalaciones, MB Mayflower Buffalos S.A. pudo implementar el sistema de producción esbelta en el procesamiento de productos cárnicos, mediante la redistribución de las áreas de producción de la planta y la adquisición de una máquina desvanadora y sierra eléctrica adicionales para el procesamiento de lomos de res y pollos, respectivamente, y un compresor de aire para la nueva sección de enfriamiento y empaque de productos cocidos. Con estas acciones se eliminaron y redujeron las mudas identificadas como prescindibles en estos procesos productivos.
- Bajo la nueva organización de los procesos de producción de corte chaufa de cerdo, corte chaufa de pollo, filetes de pollo, presas de pollo, corte chaufa de res y filetes de lomo de res, los tiempos de ciclo disminuyeron en un 4,19 %, 7,07 %, 3,12 %, 0,10 %, 23,92 % y 5,56 %, respectivamente. Esta mejora no requirió de la contratación de nuevo personal y únicamente se incurrieron en los gastos fijos de reubicación del cuarto frío 1, donde se realiza la marinación de las carnes, y la adquisición e instalación de los nuevos equipos. Para lograr la disminución de tiempos alcanzada, bastó la redistribución de los turnos de trabajo y días libres de los operarios de planta.
- La programación de la producción mediante el sistema halar obtenido, al planificar las producciones de acuerdo a las proyecciones de venta del Departamento de Marketing de MB Mayflower Buffalos S.A., aumentó la utilización de la mano de obra en los procesos productivos. Esto sin afectar las

condiciones de trabajo de los operarios debido a que incluso se implementaron pausas activas de 10 minutos en las mañanas y en las tardes para prevenir posibles lesiones osteomusculares a los trabajadores, adicional al hecho de que los recorridos para transportar los productos fueron reducidos. Estas actividades las dirigen los líderes de producción que fueron designados en cada área de trabajo.

- La implementación del sistema de producción esbelta permitió flujos continuos de materiales y aumentar la productividad de la mano de obra en el procesamiento de cárnicos en un 21,01 %, de 6,42 a 7,77 kg de producto obtenido por hora hombre trabajada semanalmente, con un aumento en las cantidades de materias primas procesadas y productos finales del 35,71 % y 33,69 %, respectivamente.
- Las eficiencias de los ciclos de los procesos de producción de corte chaufa de cerdo, corte chaufa de pollo, filetes de pollo, presas de pollo, corte chaufa de res y filetes de lomo de res aumentaron en un 1,30 %, 71,00 %, 11,37 %, 1,01 %, 4,61 % y 1,60 %, respectivamente.
- La productividad alcanzada ha permitido evitar producciones en jornadas extendidas de trabajo, salvo en fechas de alta demanda como en festividades de fin de año y otras de gran concurrencia de clientes en los locales.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Revisar la planificación de los turnos de trabajo del personal a fin de mejorar la distribución de operarios en cada jordana y evitar el manejo de cargas de 34 kg y/o mayores.
- Realizar una evaluación de posibles afectaciones osteomusculares, por parte de un Médico Ocupacional, al personal de planta debido a que manejan cargas con el peso máximo recomendado en el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo del Ministerio del Trabajo.
- Realizar un estudio ergonómico sobre movimientos repetitivos y manejo de cargas, principalmente al personal de los procesos de producción de cárnicos.
- Evaluar la factibilidad técnico - económica de la implementación de equipos Tumblers, de mayor capacidad o en mayor número, que permitan disminuir la marinación de carnes que se realiza actualmente durante un día completo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AENOR y Renault Consulting (2012). *Lean certification. Certificación de un sistema de gestión lean*. Madrid, España: Editorial AENOR.
2. Baca-Urbina, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca-Cruz, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, A., Rivera, I. y M. Obregón (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. (2da. ed.). México DF, México: Grupo Editorial Patria.
3. Ballesteros, P. (2008). *Algunas reflexiones para aplicar la Manufactura Esbelta en empresas colombianas*. *Scientia Et Technica*, 14 (38), 223-228.
4. Beal, D. y Paulson, J. (2007). *Principios de Manufactura Esbelta*. METALFORMING, NA (NA), 6 - 10.
5. Chacón, M. y Cordero, C. (2009). *Estudio de métodos*. Madrid, España: El Cid Editor.
6. Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. México D.F., México: Pearson Educación.
7. Cuatrecasas, L. (2006). *Metodología para la implementación del Lean Management en una empresa industrial independiente y de tamaño medio*. Recuperado de [http://www.institutolean.org/oldsite/articulos/0609\\_cuatrecasas.pdf](http://www.institutolean.org/oldsite/articulos/0609_cuatrecasas.pdf) (Junio, 2015).
8. Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C.. (2005). *Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos*. México, México: Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C..
9. Escalona, I. (2009). *Ingeniería de métodos: métodos y diseños del trabajo*. Madrid, España: El Cid Editor.



10. Fernández, I., González, A. y Puente, J. (1996). *Diseño y medición de trabajos*. Oviedo, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
11. Fundació per a la motivació dels recursos humans. (2008). *Lean Management*. Recuperado de [http://www.factorhumana.org/attachments\\_secure/article/8280/lean\\_cast.pdf](http://www.factorhumana.org/attachments_secure/article/8280/lean_cast.pdf) (Junio, 2015).
12. García, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. (2da. ed.). México D.F., México: McGraw-Hill.
13. George, M. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. Blacklick, United States of America: Editorial McGraw-Hill.
14. González, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. *Panorama Administrativo*, 1 (2), 85-112.
15. Guaraca, S. (2015). *Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices EDGAR S.A.* (Informe de tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
16. Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. (3ra. Ed). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana de Editores S.A.
17. Heizer, J. y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas*. (8va. Ed.). Madrid, España: Pearson Educación S.A.
18. Hodson, K. (1996). *Maynard Manual del ingeniero industrial: Tomo I* (4ta. ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana de Editores S.A.
19. Instituto Andaluz del Lean. (2008). *Principios y Conceptos Lean*. Recuperado de <http://ialean.org/platform/mod/wiki/view.php?id=110&page=Identificar+el+flujo+de+valor> (Julio, 2015).

20. Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. (4ta. ed.). Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del trabajo.
21. Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadena de valor*. (8va. ed.). México DF, México: Pearson Educación.
22. Lefcovich, M. (2009). *El pensamiento magro*. Madrid, España: El Cid Editor.
23. MB Mayflower Buffalos S.A. (2014). *Documento: Organigrama*. Quito, Ecuador: S/E.
24. MB Mayflower Buffalos S.A. (2015a). *Nido de Águila: Retrospectiva del GRUPO MB*. Quito, Ecuador: S/E.
25. MB Mayflower Buffalos S.A. (2015b). *Documento: Registro de operaciones*. Quito, Ecuador: S/E.
26. Niebel, W. y Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (11va. ed.). México DF, México: McGraw-Hill.
27. Nieves, F. (2006). *La filosofía Kaizen*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/canales7/ger/la-filosofia-kaizen.htm> (Marzo, 2015).
28. Peralta, J., Alarcón, E. y Rocha, M. (2014). *Estudio del trabajo: una nueva visión*. (1ra. ed.). México DF, México: Grupo Editorial Patria.
29. Pineda, K. (2014). *Manufactura esbelta. Manual y herramientas de aplicación*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/manufactura-esbelta-manu-al-y-herramientas-de-aplicacion/> (Junio, 2015).
30. Sánchez, L., Blanco, B. y Pérez, C. (2013). Lean Management. Un estudio bibliométrico. *Tiempo de Gestión*, 1 (15), 9-28.
31. Spiegel, M. y Stephens, L. (2002). *Estadística*. (3ra ed.). México DF, México: McGraw-Hill.

32. Sullivan, W., Wicks, E. y Luxhoj, J. (2004). *Ingeniería económica de DeGarmo*. (12da. ed.). México D.F., México: Prentice Hall.
33. Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York, United States of America: Editorial Free Press.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**LAYOUTS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ANTES Y DESPUÉS**  
**DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN**  
**ESBELTA**

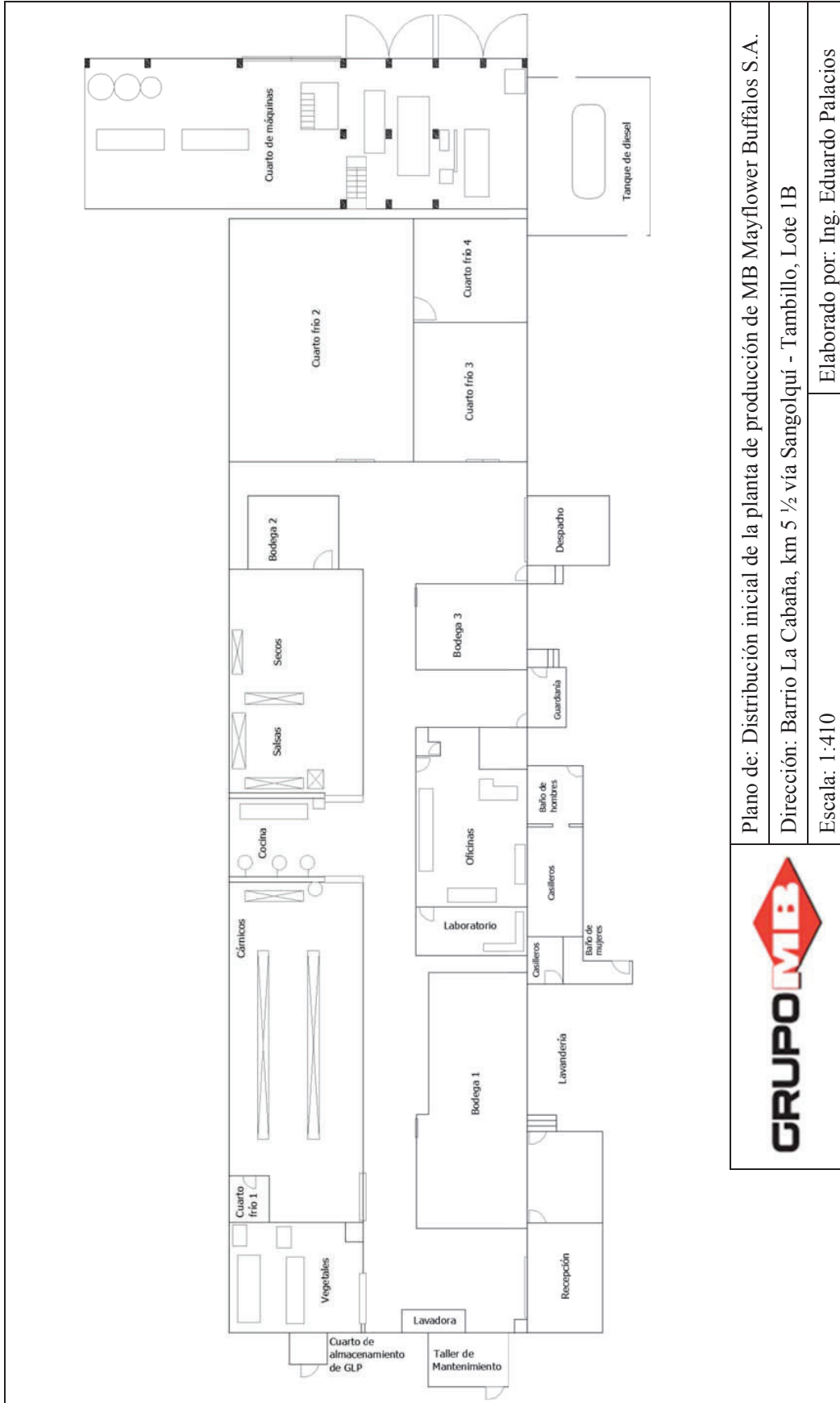
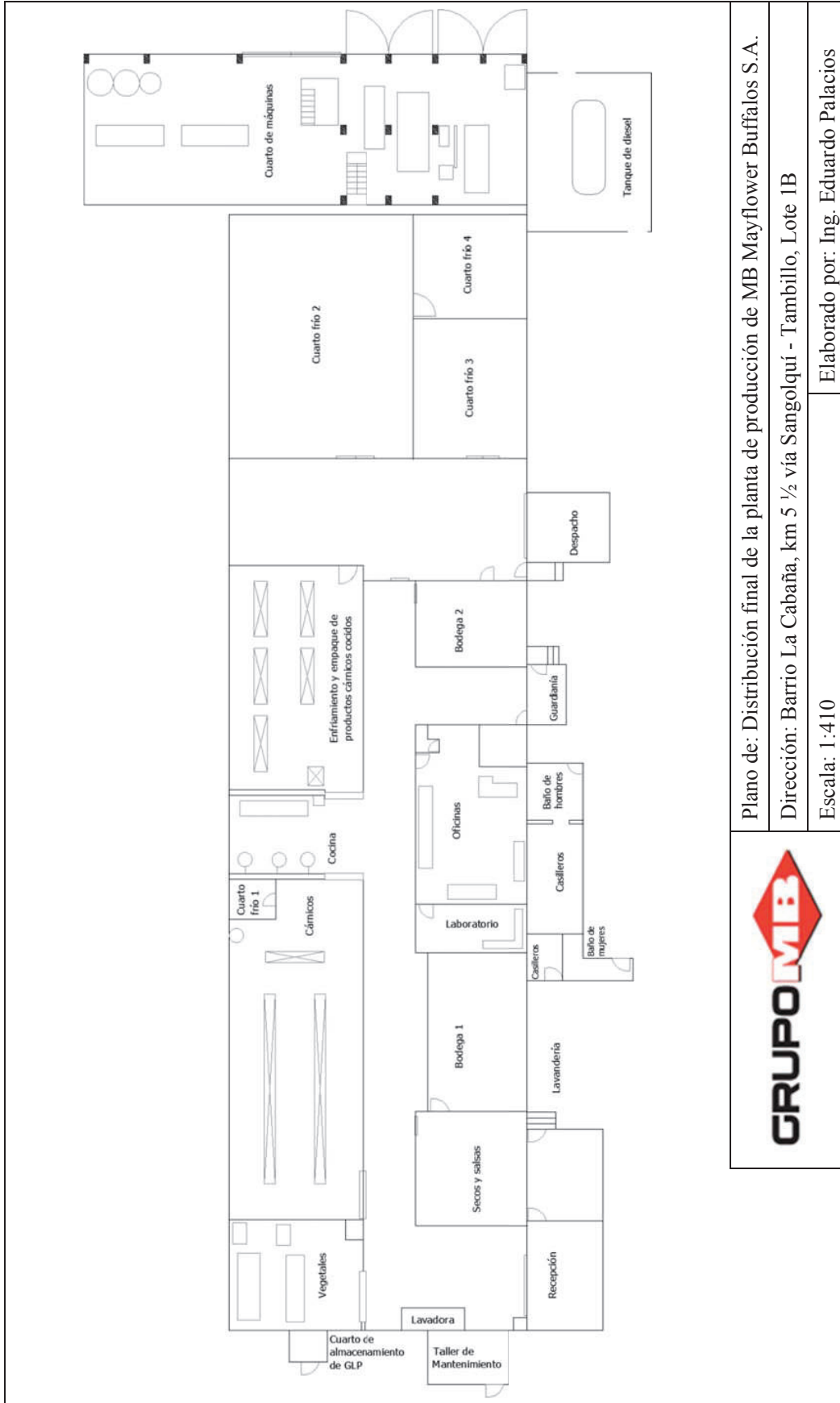


Figura AI.1. Layout inicial de la planta de producción, escala 1:410




	Plano de: Distribución final de la planta de producción de MIB Mayflower Buffalos S.A.	
	Dirección: Barrio La Cabaña, km 5 ½ via Sangoquí - Tambillo, Lote 1B	
	Escala: 1:410	Elaborado por: Ing. Eduardo Palacios

Figura A1.2. Layout final de la planta de producción, escala 1:410



**ANEXO II**

**DATOS DE TIEMPOS OBSERVADOS EN LOS PROCESOS**

**PRODUCTIVOS ESTUDIADOS**

**Tabla AII.1.** Actividades y tiempos observados en la producción de cebolla blanca

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	42,36	42,67	42,34	44,52	45,57	0,72
Colocar gavetas en máquina lavadora	23,49	27,66	19,47	20,28	23,77	0,38
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	56,51	54,76	59,83	61,46	58,45	0,97
Preparar cebollas para su corte	80,56	80,97	83,03	74,31	75,68	1,32
Colocar cebollas en mesa para cortar	10,55	9,62	10,57	11,55	9,69	0,17
Cortar cebollas	186,88	162,04	196,96	177,44	167,98	2,97
Fumigar vegetales con citrosand	89,03	82,48	103,11	95,36	98,92	1,56
Colocar vegetales en centrifugadora	40,86	44,08	41,45	32,72	44,62	0,68
Secar vegetales en centrifugadora	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	1,33
Colocar vegetales en mesa para empacar	10,98	11,96	13,01	11,26	11,51	0,20
Pesar porciones de vegetales	310,21	329,32	307,32	317,44	312,49	5,26
Sellar porciones de vegetales	68,53	67,31	72,23	69,42	66,65	1,15
Etiquetar porciones de vegetales	24,55	22,57	27,30	23,83	26,91	0,42
Colocar paquetes en gavetas	34,11	34,48	37,08	39,41	31,50	0,59
Transportar gavetas a cuarto frío 3	44,07	42,33	45,78	43,86	44,53	0,74
<b>Totales</b>	<b>1 402,69</b>	<b>1 392,25</b>	<b>1 439,48</b>	<b>1 402,86</b>	<b>1 398,27</b>	<b>23,45</b>

**Tabla AII.2.** Actividades y tiempos observados en la producción de cebolla paitaña

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	42,67	43,30	45,90	45,27	41,26	0,73
Colocar gavetas en máquina lavadora	19,58	23,26	18,81	22,63	20,99	0,35
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	53,69	46,79	47,38	50,18	56,60	0,85
Preparar vegetales para su corte	43,76	46,77	46,24	37,00	45,24	0,73
Colocar disco de corte	32,88	30,68	34,96	33,88	29,41	0,54
Colocar gaveta recolectora	8,22	7,67	8,74	8,47	7,35	0,13
Cortar vegetales en máquina	117,34	124,59	128,94	99,98	96,85	1,89
Retirar vegetales cortados	21,48	22,97	23,15	21,20	21,13	0,37
Colocar vegetales en solución ácida	37,24	33,56	38,91	39,07	37,41	0,62
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar disco de corte	39,28	32,59	41,87	43,21	36,89	0,65
Lavar máquina cortadora	64,55	72,09	68,30	65,01	52,44	1,07
Ecurrir vegetales en gavetas	31,30	29,00	34,87	29,41	33,27	0,53
Fumigar vegetales con citrosand	79,42	91,93	70,43	85,01	83,63	1,37
Colocar vegetales en centrifugadora	37,43	40,25	33,04	40,08	35,39	0,62
Secar vegetales en centrifugadora	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	2,00
Colocar vegetales en mesa para empacar	10,01	10,53	9,36	9,26	9,90	0,16
Pesar porciones de vegetales	689,83	619,03	675,76	666,47	618,21	10,90
Sellar porciones de vegetales	153,35	148,09	157,56	129,55	137,96	2,42
Etiquetar porciones de vegetales	34,11	36,67	36,38	32,07	36,59	0,59
Colocar paquetes en gavetas	35,87	32,03	43,03	40,16	37,66	0,63
Transportar gavetas a cuarto frío 3	40,37	43,41	40,64	40,80	43,26	0,69
<b>Totales</b>	<b>2 312,38</b>	<b>2 255,21</b>	<b>2 324,27</b>	<b>2 258,71</b>	<b>2 201,44</b>	<b>37,84</b>

**Tabla AII.3.** Actividades y tiempos observados en la producción de col

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	43,61	44,02	45,61	48,51	44,07	0,75
Colocar gavetas en máquina lavadora	19,76	18,14	17,98	20,33	21,59	0,33
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	46,35	44,69	41,85	54,22	49,78	0,79
Preparar vegetales para su corte	376,56	402,97	373,03	419,31	404,68	6,59
Colocar disco de corte	39,62	43,44	47,17	42,62	43,29	0,72
Colocar gaveta recolectora	9,90	10,86	11,79	10,66	10,82	0,18
Cortar vegetales en máquina	129,31	131,11	116,35	141,24	144,44	2,21
Retirar vegetales cortados	16,56	15,38	18,17	17,85	18,95	0,29
Colocar vegetales en solución ácida	60,22	67,00	66,51	63,56	65,32	1,08
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar disco de corte	48,28	42,84	55,72	43,21	52,14	0,81
Lavar máquina cortadora	73,72	80,41	65,77	79,46	76,36	1,25
Ecurrir vegetales en gavetas	41,18	46,19	38,40	42,68	38,16	0,69
Colocar vegetales en centrifugadora	36,90	39,98	40,16	33,06	42,32	0,64
Secar vegetales en centrifugadora	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	0,58
Colocar vegetales en mesa para empacar	10,26	9,60	9,24	11,16	10,10	0,17
Pesar porciones de vegetales	424,33	466,70	418,39	433,35	462,91	7,35
Sellar porciones de vegetales	115,95	85,84	97,99	100,42	85,22	1,62
Etiquetar porciones de vegetales	37,13	40,84	36,61	37,92	40,50	0,64
Colocar paquetes en gavetas	34,00	27,85	37,42	29,14	27,72	0,52
Transportar gavetas a cuarto frío 3	39,57	44,15	45,11	47,95	41,49	0,73
<b>Totales</b>	<b>2 238,21</b>	<b>2 297,01</b>	<b>2 218,27</b>	<b>2 311,65</b>	<b>2 314,86</b>	<b>37,93</b>

**Tabla AII.4.** Actividades y tiempos observados en la producción de nabo chino

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	36,27	39,56	36,97	39,86	38,86	0,64
Colocar gavetas en máquina lavadora	20,45	16,54	20,64	17,72	19,17	0,32
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	50,99	45,49	60,94	57,40	50,47	0,88
Cortar vegetales	184,71	204,09	208,83	203,92	193,29	3,32
Colocar vegetales en solución ácida	39,33	41,99	41,95	41,62	41,60	0,69
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Ecurrir vegetales en gavetas	32,01	28,31	27,21	29,41	26,92	0,48
Colocar vegetales en centrifugadora	39,43	32,24	40,96	39,78	44,24	0,66
Secar vegetales en centrifugadora	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	0,83
Colocar vegetales en mesa para empacar	10,78	11,67	11,53	11,20	12,80	0,19
Pesar porciones de vegetales	146,43	134,63	144,62	153,25	139,92	2,40
Sellar porciones de vegetales	35,77	33,19	40,18	36,75	37,65	0,61
Etiquetar porciones de vegetales	31,07	35,86	31,93	28,46	30,02	0,52
Colocar paquetes en gavetas	36,07	44,86	38,93	45,46	40,02	0,68
Transportar gavetas a cuarto frío 3	38,07	43,28	41,46	32,00	41,72	0,66
<b>Totales</b>	<b>1 351,38</b>	<b>1 361,71</b>	<b>1 396,15</b>	<b>1 386,83</b>	<b>1 366,68</b>	<b>22,88</b>

**Tabla AII.5.** Actividades y tiempos observados en la producción de pimiento

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	39,50	36,35	42,34	39,06	36,40	0,65
Colocar gavetas en máquina lavadora	20,01	21,53	19,59	17,88	21,62	0,34
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	57,35	60,23	52,52	46,49	55,02	0,91
Preparar vegetales para su corte	58,06	64,20	57,32	63,11	61,75	1,01
Colocar disco de corte	30,05	30,25	27,42	32,19	32,75	0,51
Colocar gaveta recolectora	7,61	7,56	6,86	8,05	8,09	0,13
Cortar vegetales en máquina	60,12	55,68	65,81	65,80	58,85	1,02
Retirar vegetales cortados	34,94	41,13	37,35	27,97	37,36	0,60
Colocar vegetales en solución ácida	34,80	41,10	40,28	35,38	31,99	0,61
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar disco de corte	41,15	44,20	44,97	45,23	41,44	0,72
Lavar máquina cortadora	66,52	73,02	71,16	65,13	72,83	1,16
Ecurrir vegetales en gavetas	35,04	34,24	37,89	38,42	38,64	0,61
Fumigar vegetales con citrosand	89,03	80,28	84,29	98,64	75,86	1,43
Colocar vegetales en centrifugadora	33,95	30,47	31,40	31,30	36,02	0,54
Secar vegetales en centrifugadora	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,67
Colocar vegetales en mesa para empacar	9,30	9,77	10,06	8,04	10,18	0,16
Pesar porciones de vegetales	503,17	474,48	499,04	484,84	495,62	8,19
Sellar porciones de vegetales	106,33	111,58	111,34	100,66	99,28	1,76
Etiquetar porciones de vegetales	35,72	38,54	38,42	38,05	38,38	0,63
Colocar paquetes en gavetas	37,38	37,61	34,77	38,48	33,39	0,61
Transportar gavetas a cuarto frío 3	42,86	46,88	35,58	39,52	46,57	0,70
<b>Totales</b>	<b>2 042,89</b>	<b>2 039,10</b>	<b>2 048,41</b>	<b>2 024,24</b>	<b>2 032,04</b>	<b>33,96</b>

**Tabla AII.6.** Actividades y tiempos observados en la producción de vainita

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	43,61	41,07	46,51	47,12	43,15	0,74
Colocar gavetas en máquina lavadora	21,43	23,60	21,75	24,07	25,50	0,39
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	32,49	32,02	35,60	30,48	34,94	0,55
Cortar vegetales	43,86	48,89	44,53	40,93	38,18	0,72
Colocar vegetales en solución ácida	34,80	34,96	41,75	32,73	30,42	0,58
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Ecurrir vegetales en gavetas	31,35	34,24	32,60	32,67	33,54	0,55
Fumigar vegetales con citosand	79,75	70,09	71,24	73,57	65,77	1,20
Colocar vegetales en centrifugadora	38,82	42,44	35,96	34,92	42,80	0,65
Secar vegetales en centrifugadora	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	0,33
Colocar vegetales en mesa para empaçar	10,48	11,40	12,11	8,65	11,53	0,18
Pesar porciones de vegetales	325,48	313,77	307,02	285,47	312,94	5,15
Sellar porciones de vegetales	66,78	69,47	76,18	62,65	73,45	1,16
Etiquetar porciones de vegetales	35,96	37,41	31,33	31,58	32,01	0,56
Colocar paquetes en gavetas	34,97	31,63	36,00	29,54	36,40	0,56
Transportar gavetas a cuarto frío 3	37,46	41,88	32,31	34,23	42,31	0,63
<b>Totales</b>	<b>1 457,24</b>	<b>1 452,87</b>	<b>1 444,89</b>	<b>1 388,61</b>	<b>1 442,94</b>	<b>23,96</b>

**Tabla AII.7.** Actividades y tiempos observados en la producción de zanahoria

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas a la lavadora	45,03	50,00	48,76	49,35	42,96	0,79
Colocar gavetas en máquina lavadora	22,18	24,27	23,80	25,33	24,77	0,40
Lavar vegetales en máquina	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar gavetas de la máquina lavadora	53,46	61,00	55,59	49,24	58,52	0,93
Preparar vegetales para su corte	82,46	93,44	88,26	91,27	90,06	1,48
Colocar disco de corte	36,25	39,42	39,94	36,89	37,16	0,63
Colocar gaveta recolectora	9,06	9,86	9,99	9,22	9,29	0,16
Cortar vegetales en máquina	91,98	99,07	101,50	99,36	103,82	1,65
Retirar vegetales cortados	21,76	18,45	22,26	20,63	21,32	0,35
Colocar vegetales en solución ácida	41,57	47,86	41,94	35,59	38,37	0,68
Hidratar vegetales en solución ácida	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Retirar disco de corte	41,12	41,49	44,55	36,58	40,10	0,68
Lavar máquina cortadora	65,63	70,98	76,47	71,10	65,17	1,16
Ecurrir vegetales en gavetas	33,34	31,10	30,47	29,54	38,90	0,54
Colocar vegetales en centrifugadora	30,47	24,92	27,92	30,50	27,38	0,47
Secar vegetales en centrifugadora	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	0,83
Colocar vegetales en mesa para empacar	10,58	11,99	11,30	11,36	9,48	0,18
Pesar porciones de vegetales	489,53	496,23	516,70	504,54	488,61	8,32
Sellar porciones de vegetales	113,30	105,45	109,34	99,74	118,03	1,82
Etiquetar porciones de vegetales	34,08	36,86	37,34	35,40	36,63	0,60
Colocar paquetes en gavetas	32,50	37,44	36,30	34,69	35,63	0,59
Transportar gavetas a cuarto frío 3	49,77	49,36	43,83	46,83	49,67	0,80
<b>Totales</b>	<b>1 954,07</b>	<b>1 999,19</b>	<b>2 016,26</b>	<b>1 967,16</b>	<b>1 985,87</b>	<b>33,08</b>

**Tabla AII.8.** Actividades y tiempos observados en la producción de chuletas de cerdo

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción	20,10	22,52	18,71	17,79	17,27	0,32
Corte de chuletas en sierra eléctrica	1 703,50	1 714,35	1 697,20	1 683,10	1 733,08	28,44
Pesar porciones de 5 chuletas	1 076,53	1 062,17	1 079,29	1 054,13	1 034,92	17,69
Empaquetar porciones de chuletas	971,67	1 017,68	1 002,75	986,96	995,45	16,58
Sellar porciones de chuletas	225,10	206,75	233,58	229,19	213,87	3,69
Etiquetar porciones de chuletas	30,51	35,29	28,28	34,62	30,25	0,53
Colocar paquetes en gavetas	40,37	46,89	47,79	43,43	43,46	0,74
Transportar gavetas a cuarto frío 2	38,13	45,44	33,71	40,56	34,42	0,64
<b>Totales</b>	<b>4 105,91</b>	<b>4 151,09</b>	<b>4 141,31</b>	<b>4 089,78</b>	<b>4 102,72</b>	<b>68,64</b>

**Tabla AII.9.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción	30,31	30,92	24,47	28,95	27,48	0,47
Quitar empaque plástico	294,34	280,20	312,56	301,68	297,52	4,95
Cortar lomos en octavos	409,28	382,72	391,56	375,20	411,33	6,57
Colocar mezcla de aliños	32,68	36,10	28,63	35,65	26,22	0,53
Transportar a cuarto frío 1	12,16	13,11	12,73	13,19	12,99	0,21
Marinar cortes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a hornos	23,42	19,42	27,84	25,36	24,30	0,40
Colocar cortes en bandejas	314,69	296,04	310,71	297,99	311,85	5,10
Colocar bandejas en horno	324,55	312,55	357,40	347,28	290,67	5,44
Setear horno	41,83	44,45	45,61	48,20	47,72	0,76
Hornear	1800,00	1800,00	1800,00	1800,00	1800,00	30,00
Retirar bandejas del horno	84,02	93,08	78,84	76,39	75,26	1,36
Transportar al área de producción	7,79	7,67	7,13	8,46	7,05	0,13
Enfriar cortes	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	15,00
Trocear cortes	607,89	593,42	612,74	600,15	634,11	10,16
Pesar porciones de trozos de carne	1 149,60	1 200,37	1 121,68	1 167,06	1 137,83	19,26
Sellar porciones de trozos de carne	269,36	286,42	243,55	231,82	272,27	4,34
Etiquetar porciones	26,41	30,47	28,31	23,11	23,80	0,44
Colocar paquetes en gavetas	36,18	32,05	39,23	33,11	39,79	0,60
Transportar gavetas a cuarto frío 2	33,86	36,94	37,05	30,03	35,69	0,58
<b>Totales</b>	<b>92 798,37</b>	<b>92 795,93</b>	<b>92 780,04</b>	<b>92 743,63</b>	<b>92 775,88</b>	<b>1 546,31</b>



**Tabla AII.10.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	22,01	23,65	20,39	20,30	20,85	0,36
Retirar alas *	562,55	588,91	586,79	578,82	601,86	9,72
Retirar piernas y muslos *	592,70	618,67	585,72	565,26	569,44	9,78
Transportar torsos a ganchos ♦	5,28	5,49	4,81	6,06	5,66	0,09
Retirar piel y pechugas de torsos ♦	362,76	328,62	354,49	333,46	327,37	5,72
Cortar pedazos de pollo en trozos	63,44	70,31	76,10	64,06	74,31	1,16
Transportar trozos al área de aliños	8,14	7,47	8,55	8,63	7,54	0,13
Colocar trozos en Tumbler	51,24	55,91	54,87	54,53	53,94	0,90
Colocar mezcla de aliños	22,20	22,64	20,65	25,95	23,74	0,38
Setear el Tumbler	64,61	71,65	61,25	68,12	74,60	1,13
Marinar trozos en Tumbler	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Colocar trozos gavetas	53,53	50,19	50,69	50,17	55,48	0,87
Transportar a hornos	6,83	6,91	7,82	6,95	5,96	0,11
Colocar trozos en bandejas	535,30	501,87	506,93	501,66	554,79	8,67
Colocar bandejas en horno	336,11	306,05	355,16	318,50	312,30	5,43
Setear horno	42,59	41,42	45,43	51,08	37,96	0,73
Hornear	1 020,00	1 020,00	1 020,00	1 020,00	1 020,00	17,00
Retirar bandejas del horno	85,05	83,30	82,40	81,25	82,35	1,38
Transportar al área de producción	10,51	12,34	11,29	10,94	9,07	0,18
Enfriar trozos	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	15,00
Pesar porciones de trozos de pollo	957,16	929,22	891,02	904,42	908,22	15,30
Sellar porciones de trozos de pollo	215,87	213,11	199,61	209,81	207,41	3,49
Etiquetar porciones	36,96	36,27	42,45	37,06	38,83	0,64
Colocar paquetes en gavetas	30,24	27,28	34,91	33,43	36,09	0,54
Transportar gavetas a cuarto frio 2	30,36	33,00	32,34	28,82	32,71	0,52
<b>Totales</b>	<b>6 315,44</b>	<b>6 254,28</b>	<b>6 253,67</b>	<b>6 179,28</b>	<b>6 260,48</b>	<b>104,24</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.10, AII.11 y AII.12

♦: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.10 y AII.11

**Tabla AII.11.** Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	22,31	25,29	20,66	21,07	20,82	0,36
Retirar alas *	563,79	592,76	561,74	600,26	592,73	9,72
Retirar piernas y muslos *	587,21	592,28	581,28	571,29	605,72	9,78
Transportar torsos a ganchos ♦	6,03	5,91	5,69	5,88	5,41	0,09
Retirar piel y pechugas de torsos ♦	329,50	338,00	352,35	332,67	371,48	5,72
Retirar grasa sobrante	440,08	453,55	426,89	417,08	416,52	7,18
Filetear pechugas	233,67	251,19	247,94	258,40	236,63	4,09
Pesar filetes	100,15	107,65	106,26	111,17	101,41	1,76
Colocar filetes en gavetas	35,19	32,51	35,79	37,58	35,35	0,59
Transportar filetes a área de aliños	4,59	4,46	4,91	5,20	6,30	0,08
Colocar mezcla de aliños	22,20	23,59	26,44	23,35	24,56	0,40
Transportar a cuarto frío 1	18,56	20,00	17,31	21,44	17,11	0,31
Marinar filetes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a mesa de empaque	15,73	16,41	16,90	15,45	14,52	0,26
Agrupar 5 unidades de filetes	639,71	645,93	656,89	599,59	613,52	10,52
Poner paquetes en fundas	456,73	443,60	422,14	451,91	469,59	7,48
Etiquetar fundas	50,41	51,99	51,82	53,13	48,27	0,85
Colocar fundas en gavetas	37,60	39,48	42,60	43,50	39,91	0,68
Transportar gavetas a cuarto frío 2	28,58	30,01	29,53	33,04	33,37	0,52
<b>Totales</b>	<b>89 992,04</b>	<b>90 074,61</b>	<b>90 007,14</b>	<b>90 002,01</b>	<b>90 053,22</b>	<b>1 500,39</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.10, AII.11 y AII.12

♦: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.10 y AII.11

**Tabla AII.12.** Actividades y tiempos observados en la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	21,56	19,61	20,37	22,91	20,34	0,36
Retirar alas *	566,07	601,46	584,49	571,61	595,53	9,72
Retirar piernas y muslos *	568,54	587,16	601,65	595,43	577,64	9,78
Transportar presas a área de aliños	14,22	15,03	16,88	14,19	14,71	0,25
Colocar mezcla de aliños	23,44	24,78	23,02	22,23	28,00	0,40
Transportar a cuarto frío 1	18,27	18,88	19,40	19,51	18,98	0,32
Marinar presas en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a hornos	23,96	25,77	23,69	25,83	25,78	0,42
Colocar presas en bandejas	1 101,00	1 124,40	1 150,02	1 169,70	1 173,60	19,06
Colocar bandejas en horno	33,66	38,57	32,36	38,33	34,55	0,59
Setear horno	45,58	48,14	48,48	41,71	46,38	0,77
Hornear	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	50,00
Retirar bandejas del horno	42,80	47,68	47,67	45,11	40,26	0,75
Colocar presas en gavetas	218,00	209,60	212,60	221,00	211,40	3,58
Transportar al área de producción	11,17	12,14	11,75	12,86	9,00	0,19
Enfriar presas	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	15,00
Colocar 5 presas en fundas	1 321,60	1 341,44	1 251,04	1 370,72	1 355,44	22,13
Sellar fundas	533,80	499,60	501,60	508,80	511,60	8,52
Etiquetar paquetes	36,96	43,61	32,03	41,34	41,94	0,65
Colocar paquetes en gavetas	30,24	32,39	28,15	31,88	28,39	0,50
Transportar gavetas a cuarto frío 2	30,69	36,20	32,24	36,50	35,52	0,57
<b>Totales</b>	<b>94 941,56</b>	<b>95 026,46</b>	<b>94 937,44</b>	<b>95 089,66</b>	<b>95 069,06</b>	<b>1 583,56</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.10, AII.11 y AII.12

**Tabla AII.13.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	29,50	26,92	31,81	27,67	31,67	0,50
Limpieza manual de carne *	379,71	396,72	380,50	412,33	394,97	6,58
Limpieza en máquina de carne *	637,71	597,11	604,26	626,11	640,97	10,32
Corte manual	302,12	327,11	317,23	313,90	312,42	5,24
Transportar carne a mesa para empacar	10,87	11,71	11,24	11,61	11,56	0,19
Pesar porciones de carne	757,09	741,23	697,03	702,15	775,95	12,24
Sellar porciones de carne	174,70	151,73	196,48	164,79	158,63	2,82
Etiquetar porciones de carne	25,70	27,05	28,29	27,61	23,70	0,44
Colocar paquetes en gavetas	41,05	39,55	45,61	43,04	44,25	0,71
Transportar gavetas a cuarto frio 2	23,32	24,65	23,86	22,14	23,06	0,39
<b>Totales</b>	<b>2 381,77</b>	<b>2 343,78</b>	<b>2 336,31</b>	<b>2 351,35</b>	<b>2 417,18</b>	<b>39,43</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.13 y AII.14

**Tabla AII.14.** Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	29,02	30,96	31,54	30,56	27,35	0,50
Limpieza manual de carne *	413,91	396,10	379,32	405,04	386,86	6,58
Limpieza en máquina de carne *	597,52	634,59	605,67	613,14	634,75	10,32
Corte manual	246,84	241,86	251,84	243,54	237,68	4,07
Pesar filetes	68,71	67,97	72,21	72,64	70,42	1,17
Tenderizar filetes	458,24	471,84	469,52	475,76	461,22	7,79
Ablandamiento manual de carne	488,05	472,56	485,92	470,05	483,71	8,00
Colocar filetes en gavetas	32,93	34,19	35,26	34,07	32,41	0,56
Transportar gavetas a área de aliños	7,12	7,28	7,37	7,19	7,70	0,12
Colocar mezcla de aliños	29,76	29,97	31,36	32,47	31,35	0,52
Transportar a cuarto frío 1	14,92	15,65	15,31	14,14	13,87	0,25
Marinar filetes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a mesa de empaque	9,99	9,82	10,27	10,90	10,38	0,17
Colocar filetes entre films plásticos	1 545,19	1 572,74	1 596,30	1 566,47	1 593,25	26,25
Poner paquetes en fundas	440,80	420,32	439,64	412,35	430,44	7,15
Etiquetar fundas	40,49	37,30	34,13	41,27	40,63	0,65
Colocar fundas en gavetas	35,83	36,67	40,04	37,99	33,59	0,61
Transportar gavetas a cuarto frío 2	21,89	23,36	22,07	22,49	19,91	0,37
<b>Totales</b>	<b>90 881,21</b>	<b>90 903,18</b>	<b>90 927,77</b>	<b>90 890,07</b>	<b>90 915,52</b>	<b>1 515,06</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.13 y AII.14

**Tabla AII.15.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción	29,04	29,63	23,45	27,75	26,34	0,45
Quitar empaque plástico	189,88	194,30	200,11	186,03	204,87	3,25
Cortar lomos en octavos	262,56	270,28	256,60	277,60	252,40	4,40
Colocar mezcla de aliños	20,68	19,95	18,63	21,65	18,22	0,33
Marinar cortes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a hornos	7,97	6,91	9,07	8,62	8,27	0,14
Colocar cortes en bandejas	302,94	297,16	306,67	300,84	314,51	5,07
Colocar bandejas en horno	324,55	332,47	328,40	317,28	315,67	5,39
Setear horno	41,83	44,45	45,61	48,20	47,72	0,76
Hornear	1 800,00	1 800,00	1 800,00	1 800,00	1 800,00	30,00
Retirar bandejas del horno	84,02	78,08	80,84	76,39	75,26	1,32
Transportar al área de enfriamiento	6,01	5,92	5,50	6,02	5,63	0,10
Enfriar cortes	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	8,00
Trocear cortes	616,48	599,85	597,91	620,94	605,21	10,13
Pesar porciones de trozos de carne	1 159,63	1 143,37	1 139,68	1 132,06	1 187,83	19,21
Sellar porciones de trozos de carne	289,36	260,42	243,55	261,82	257,20	4,37
Etiquetar porciones	29,41	31,47	28,31	33,11	32,80	0,52
Colocar paquetes en gavetas	36,18	38,95	39,23	33,43	39,09	0,62
Transportar gavetas a cuarto frío 2	1,60	1,74	1,75	1,32	1,78	0,03
<b>Totales</b>	<b>92 082,14</b>	<b>92 034,95</b>	<b>92 005,31</b>	<b>92 033,06</b>	<b>92 072,80</b>	<b>1 534,09</b>

**Tabla AII.16.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	19,45	20,66	17,31	18,20	17,85	0,31
Retirar alas *	590,29	572,65	575,67	589,03	577,39	9,70
Retirar piernas y muslos *	600,56	561,54	586,33	593,59	579,43	9,75
Retirar piel y pechugas de torsos ♦	319,68	340,74	349,40	321,71	342,80	5,65
Cortar pedazos de pollo en trozos	34,30	38,42	35,03	39,85	32,86	0,60
Transportar trozos al área de aliños	7,87	7,68	7,35	6,86	7,83	0,13
Colocar trozos en Tumbler	54,22	49,94	52,25	48,67	56,63	0,87
Colocar mezcla de aliños	19,29	23,66	20,47	24,48	21,41	0,36
Setear el Tumbler	65,85	59,98	61,92	63,71	68,46	1,07
Marinar trozos en Tumbler	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Colocar trozos gavetas	56,35	51,78	52,19	53,00	60,27	0,91
Transportar a hornos	9,02	8,64	7,58	8,91	7,34	0,14
Colocar trozos en bandejas	503,53	517,81	541,93	510,04	539,01	8,71
Colocar bandejas en horno	351,41	334,51	317,98	339,38	358,49	5,67
Setear horno	50,96	45,64	45,24	49,11	45,93	0,79
Hornear	1 020,00	1 020,00	1 020,00	1 020,00	1 020,00	17,00
Retirar bandejas del horno	82,85	84,60	90,60	77,88	79,97	1,39
Transportar al área de enfriamiento	6,36	5,82	6,21	6,28	5,89	0,10
Enfriar trozos	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	5,00
Pesar porciones de trozos de pollo	916,38	918,65	935,24	909,08	927,51	15,36
Sellar porciones de trozos de pollo	202,08	215,54	199,90	223,35	206,32	3,49
Etiquetar porciones	32,33	36,63	39,10	40,31	34,47	0,61
Colocar paquetes en gavetas	32,28	32,10	28,61	32,39	31,97	0,52
Transportar gavetas a cuarto frio 2	10,55	10,71	11,03	11,38	10,75	0,18
<b>Totales</b>	<b>5 585,61</b>	<b>5 557,70</b>	<b>5 601,34</b>	<b>5 587,21</b>	<b>5 632,58</b>	<b>93,32</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.16, AII.17 y AII.18

♦: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.16 y AII.17

**Tabla AII.17.** Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	21,15	17,73	17,79	21,27	18,59	0,31
Retirar alas *	588,25	576,66	580,89	568,42	600,17	9,70
Retirar piernas y muslos *	598,06	587,23	570,41	584,14	590,63	9,75
Retirar piel y pechugas de torsos ♦	367,83	330,17	350,17	329,65	339,33	5,65
Retirar grasa sobrante	427,72	415,79	448,18	398,54	435,35	7,09
Filetear pechugas	236,18	240,12	229,74	242,10	247,26	3,98
Pesar filetes	98,91	105,17	94,22	100,33	106,40	1,68
Colocar filetes en gavetas	37,02	29,87	37,45	35,12	33,51	0,58
Transportar filetes a área de aliños	4,93	5,08	4,48	4,41	5,10	0,08
Colocar mezcla de aliños	23,79	21,07	22,47	23,28	23,64	0,38
Marinar filetes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a mesa de empaque	3,65	3,19	3,31	3,58	3,26	0,06
Agrupar 5 unidades de filetes	625,43	609,85	619,76	629,86	634,59	10,40
Poner paquetes en fundas	462,33	459,30	447,45	466,01	445,30	7,60
Etiquetar fundas	48,48	53,87	49,96	54,23	53,38	0,87
Colocar fundas en gavetas	39,36	32,42	37,82	41,43	40,27	0,64
Transportar gavetas a cuarto frío 2	28,31	28,78	28,78	25,29	24,57	0,45
<b>Totales</b>	<b>90 011,40</b>	<b>89 916,30</b>	<b>89 942,88</b>	<b>89 927,66</b>	<b>90 001,35</b>	<b>1 499,22</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.16, AII.17 y AII.18

♦: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.16 y AII.17



**Tabla AII.18.** Actividades y tiempos observados en la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	16,93	17,35	20,40	21,55	17,04	0,31
Retirar alas *	588,91	600,28	572,14	566,25	580,16	9,70
Retirar piernas y muslos *	596,57	579,87	589,34	573,34	587,73	9,75
Transportar presas a área de aliños	15,63	14,62	14,60	11,58	14,54	0,24
Colocar mezcla de aliños	27,66	25,27	24,96	24,38	25,27	0,43
Marinar presas en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a hornos	7,68	8,44	9,70	8,46	7,75	0,14
Colocar presas en bandejas	1 159,20	1 154,00	1 131,12	1 150,96	1 169,15	19,21
Colocar bandejas en horno	37,83	37,70	28,94	31,92	35,54	0,57
Setear horno	42,93	39,32	49,03	47,87	47,92	0,76
Hornear	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	50,00
Retirar bandejas del horno	43,78	38,52	39,72	42,89	41,17	0,69
Transportar al área de enfriamiento	6,01	6,73	5,73	6,43	6,63	0,11
Enfriar presas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	8,00
Colocar 5 presas en fundas	1 318,26	1 302,15	1 318,24	1 316,73	1 328,84	21,95
Sellar fundas	516,41	519,03	508,94	524,57	511,22	8,60
Etiquetar paquetes	32,55	40,26	35,09	38,01	39,29	0,62
Colocar paquetes en gavetas	31,98	35,83	32,13	32,86	31,75	0,55
Transportar gavetas a cuarto frío 2	10,20	10,10	10,65	8,85	10,98	0,17
<b>Totales</b>	<b>94 332,53</b>	<b>94 309,47</b>	<b>94 270,73</b>	<b>94 286,65</b>	<b>94 334,98</b>	<b>1 571,79</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.16, AII.17 y AII.18

**Tabla AII.19.** Actividades y tiempos observados en la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	11,50	13,75	11,73	12,57	11,16	0,20
Limpieza manual de carne *	319,78	343,09	308,68	334,95	328,15	5,46
Limpieza en máquina de carne *	635,64	590,70	652,30	599,03	587,37	10,24
Corte manual	335,29	299,51	315,16	307,68	325,54	5,28
Pesar porciones de carne	741,46	723,13	751,93	731,52	734,16	12,27
Sellar porciones de carne	189,31	170,20	166,27	159,80	171,41	2,86
Etiquetar porciones de carne	27,45	26,75	27,17	28,44	28,01	0,46
Colocar paquetes en gavetas	40,96	38,71	42,08	40,84	38,41	0,67
Transportar gavetas a cuarto frio 2	21,44	24,73	24,33	19,88	6,00	0,32
<b>Totales</b>	<b>2 322,83</b>	<b>2 230,57</b>	<b>2 299,65</b>	<b>2 234,71</b>	<b>2 230,21</b>	<b>37,76</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.19 y AII.20

**Tabla AII.20.** Actividades y tiempos observados en la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta

Actividades	Tiempos observados (s)					Promedio (min)
	1	2	3	4	5	
Transportar gavetas al área de producción *	12,81	12,93	12,97	10,52	11,82	0,20
Limpieza manual de carne *	309,79	329,85	342,37	332,27	324,56	5,46
Limpieza en máquina de carne *	613,23	609,93	626,25	613,72	618,11	10,24
Corte manual	238,91	236,04	251,14	238,08	271,96	4,12
Pesar filetes	67,23	69,01	67,78	72,02	71,49	1,16
Tenderizar filetes	458,32	472,56	448,35	456,04	468,14	7,68
Ablandamiento manual de carne	483,88	465,81	498,65	462,70	454,99	7,89
Colocar filetes en gavetas	15,31	17,37	18,95	16,29	18,13	0,29
Transportar gavetas a área de aliños	3,58	2,89	3,45	3,38	3,49	0,06
Colocar mezcla de aliños	15,88	12,22	15,30	14,04	17,13	0,25
Marinar filetes en cuarto frío 1	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	86 400,00	1 440,00
Transportar a mesa de empaque	2,73	2,71	2,44	2,68	2,47	0,04
Colocar filetes entre films plásticos	1 583,03	1 562,38	1 575,45	1 569,80	1 559,29	26,17
Poner paquetes en fundas	420,25	434,87	415,60	423,71	409,28	7,01
Etiquetar fundas	37,55	35,14	40,71	32,04	41,53	0,62
Colocar fundas en gavetas	36,83	30,32	33,99	35,97	35,67	0,58
Transportar gavetas a cuarto frío 2	19,56	21,86	21,81	22,55	17,83	0,35
<b>Totales</b>	<b>90 718,89</b>	<b>90 715,89</b>	<b>90 775,21</b>	<b>90 705,81</b>	<b>90 725,89</b>	<b>1 512,10</b>

\*: El tiempo promedio es la media aritmética de los datos correspondientes de las Tablas AII.19 y AII.20

## ANEXO III

### JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS MUESTRAS Y EJEMPLOS DE LOS CÁLCULOS DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

#### JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Con base en los datos de la Tabla 1.4 de la sección 1.3.1.6, al ser los tiempos de ciclo mayores a 25 minutos, se iniciaron los muestreos con 5 observaciones. La ecuación 1.1 de la misma sección, para determinar el tamaño de muestra requerido con un nivel de confianza de 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5$  %:

$$N = \left[ \frac{40 \times \sqrt{TMI \times \sum TO^2 - (\sum TO)^2}}{\sum TO} \right]^2$$

Donde N es el número de observaciones requeridas, TMI = 5 es el tamaño de muestra inicial y TO es el tiempo total registrado en el ciclo de trabajo analizado, permitió comprobar que el tamaño de muestra seleccionado fue suficiente.

En la Tabla AIII.1 se presentan los tiempos totales observados en cada uno de los ciclos de trabajo registrados, donde  $n_i$  es la muestra número  $i$  considerada. Sobre la base de los datos de las Tablas All.1 a All.20, se calcularon los tamaños de las muestras requeridos. Debido a que los resultados presentados en esta tesis están en minutos, se convirtieron los tiempos totales registrados en las Tablas All.1 a All.20 de segundos a minutos.

**Tabla AIII.1.** Resumen de tiempos totales observados en los ciclos de trabajo registrados y determinación del tamaño de las muestras

Producción	n1		n2		n3		n4		n5		N × 10 <sup>3</sup>
	TO (min)	TO <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	TO (min)	TO <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	TO (min)	TO <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	TO (min)	TO <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	TO (min)	TO <sup>2</sup> (min <sup>2</sup> )	
Cebolla blanca	23,3782	546,54	23,2042	538,43	23,9913	575,58	23,381	546,67	23,3045	543,10	223,74
Cebolla paitaña	38,5397	1 485,31	37,5868	1 412,77	38,7378	1 500,62	37,6452	1 417,16	36,6907	1 346,21	607,58
Col	37,30	1 391,55	38,28	1 465,63	36,97	1 366,87	38,53	1 484,37	38,58	1 488,49	493,16
Nabo chino	22,523	507,29	22,6952	515,07	23,2692	541,45	23,1138	534,25	22,778	518,84	231,18
Paitaña	34,0482	1 159,28	33,985	1 154,98	34,1402	1 165,55	33,7373	1 138,21	33,8673	1 147,00	27,46
Vaimita	24,2873	589,87	24,2145	586,34	24,0815	579,92	23,1435	535,62	24,049	578,35	480,21
Zanahoria	32,5678	1 060,66	33,3198	1 110,21	33,6043	1 129,25	32,786	1 074,92	33,0978	1 095,47	199,32
Chuletas de cerdo	68,43	4 682,92	69,18	4 786,54	69,02	4 764,01	68,16	4 646,19	68,38	4 675,64	53,10
Corte chaufa de cerdo	1 546,64	2 392 093,74	1 546,60	2 391 967,95	1 546,33	2 391 148,84	1 545,73	2 389 272,47	1 546,26	2 390 934,42	0,07
Corte chaufa de pollo	105,26	11 079,11	104,24	10 865,56	104,23	10 863,44	102,99	10 606,53	104,34	10 887,11	76,86
Filetes de pollo	1 499,87	2 249 602,02	1 501,24	2 253 732,05	1 500,12	2 250 357,01	1 500,03	2 250 100,50	1 500,89	2 252 661,79	0,20
Presas de pollo	1 582,36	2 503 861,06	1 583,77	2 508 341,14	1 582,29	2 503 643,75	1 584,83	2 511 678,73	1 584,48	2 510 590,60	0,71
Corte chaufa de res	39,70	1 575,79	39,06	1 525,92	38,94	1 516,21	39,19	1 535,79	40,29	1 622,99	254,81
Filetes de lomo de res	1 514,69	2 294 276,20	1 515,05	2 295 385,59	1 515,46	2 296 627,60	1 514,83	2 294 723,56	1 515,26	2 296 008,83	0,05
Corte chaufa de cerdo *	1 534,70	2 355 311,25	1 533,92	2 352 897,78	1 533,42	2 351 382,52	1 533,88	2 352 801,15	1 534,55	2 354 833,47	0,15
Corte chaufa de pollo *	93,09	8 666,40	92,63	8 580,01	93,36	8 715,28	93,12	8 671,37	93,88	8 812,77	30,39
Filetes de pollo *	1 500,19	2 250 570,04	1 498,61	2 245 816,95	1 499,05	2 247 144,91	1 498,79	2 246 384,45	1 500,02	2 250 067,50	0,30
Presas de pollo *	1 572,21	2 471 840,62	1 571,82	2 470 632,26	1 571,18	2 468 602,93	1 571,44	2 469 436,77	1 572,25	2 471 969,01	0,11
Corte chaufa de res *	38,71	1 498,76	37,18	1 382,07	38,33	1 469,00	37,25	1 387,20	37,17	1 381,62	490,15
Filetes de lomo de res *	1 511,98	2 286 088,06	1 511,93	2 285 936,86	1 512,92	2 288 927,43	1 511,76	2 285 428,88	1 512,10	2 286 440,87	0,11

\*: Procesos después de la implementación del sistema de producción esbelta

## EJEMPLOS DE CÁLCULO DE INDICADORES

Los ejemplos de cálculos presentados son para la producción de cebolla paiteña. El tiempo observado, tiempo de ciclo indicado en el diagrama de actividades múltiples de la Figura AV.2, fue de 36,99 min. La calificación del ritmo de trabajo fue de 75 % y la tolerancia para el procesamiento de vegetales 41,33 %.

### CÁLCULO DEL TIEMPO BÁSICO

Para el cálculo del tiempo básico se empleó la ecuación 1.2 de la sección 1.3.1.8:

$$T_b = \text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Calificación del ritmo}}{\text{Ritmo estándar}} = 36,99 \text{ min} \times \frac{75 \%}{100 \%} = 27,74 \text{ min}$$

### CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR

El tiempo estándar se calcula con la ecuación 1.3 de la sección 1.3.1.9:

$$T_s = T_b \times (1 + \text{tolerancia}) = 27,74 \text{ min} \times (1 + 0,4133) = 39,21 \text{ min}$$

### CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL CICLO DEL PROCESO

El tiempo de las actividades que dan valor añadido, actividades por las cuales el cliente está dispuesto a pagar un valor adicional, está dado por el lavado y corte de vegetales y fumigación con citrosand, según la Tabla AVI.1. Este tiempo asciende a 14,78 min, como se presentó en la Tabla 3.9 de la sección 3.2. Para calcular la eficiencia del ciclo del proceso se utilizó la ecuación 1.6 de la sección 1.4.5.1:

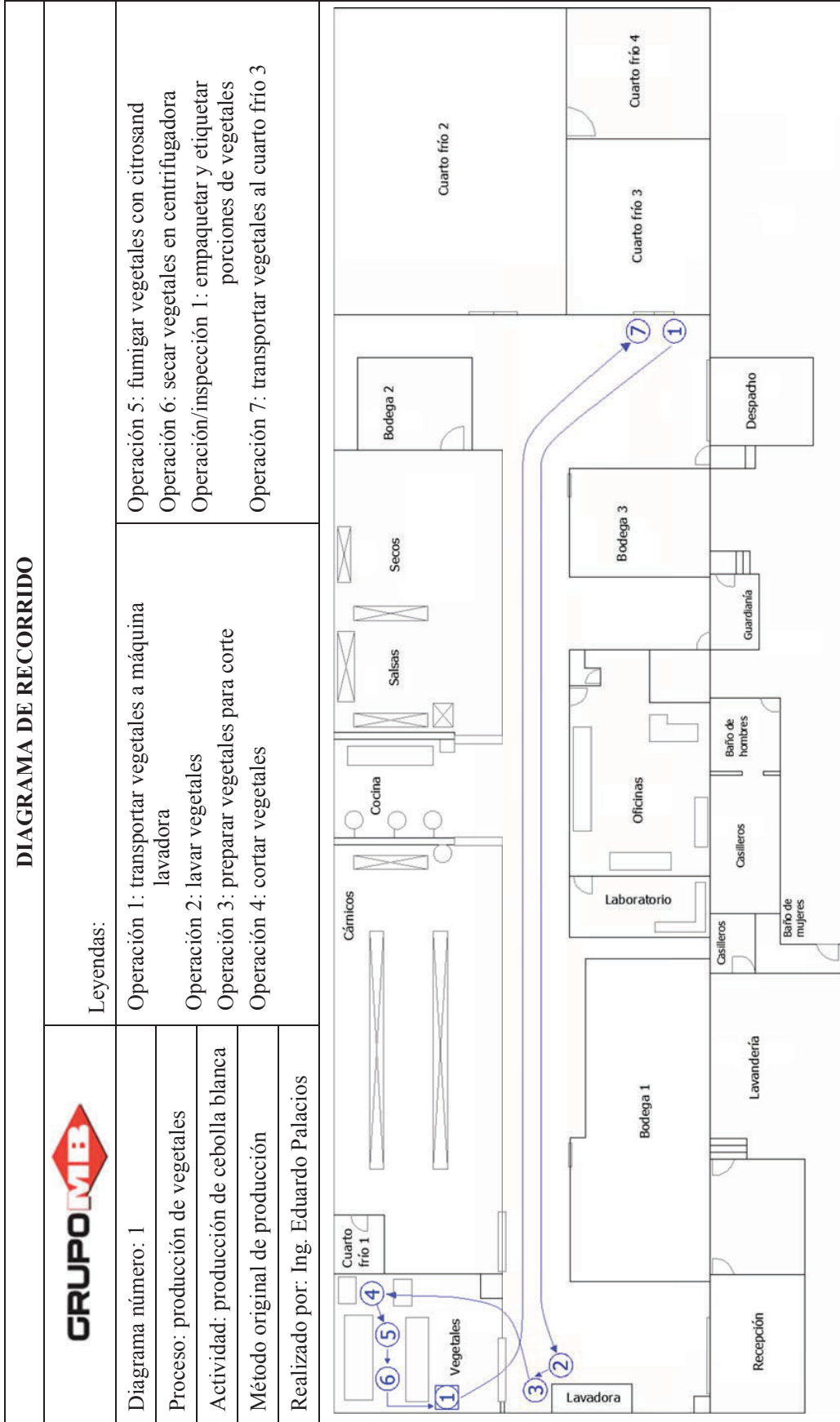
$$ECP = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo total del ciclo del proceso}} = \frac{14,78 \text{ min}}{36,99 \text{ min}} = 39,96 \%$$

**ANEXO IV**

**DIAGRAMAS DE RECORRIDO DE LOS PROCESOS**

**PRODUCTIVOS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

**DE PRODUCCIÓN ESBELTA**



**Figura AIV.1.** Diagrama de recorrido de la producción de cebolla blanca



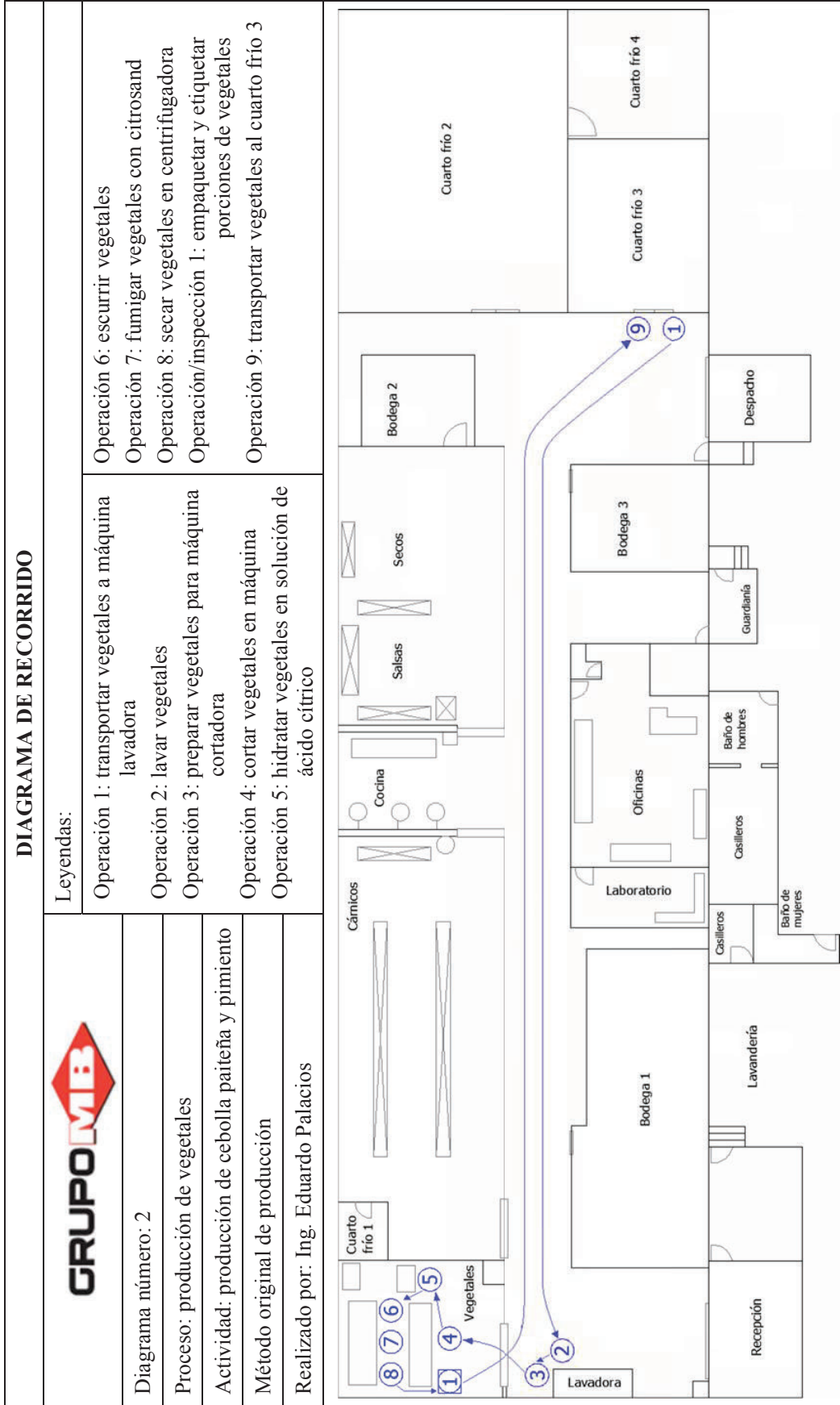


Figura AIV.2. Diagrama de recorrido de la producción de cebolla paitaña y pimiento

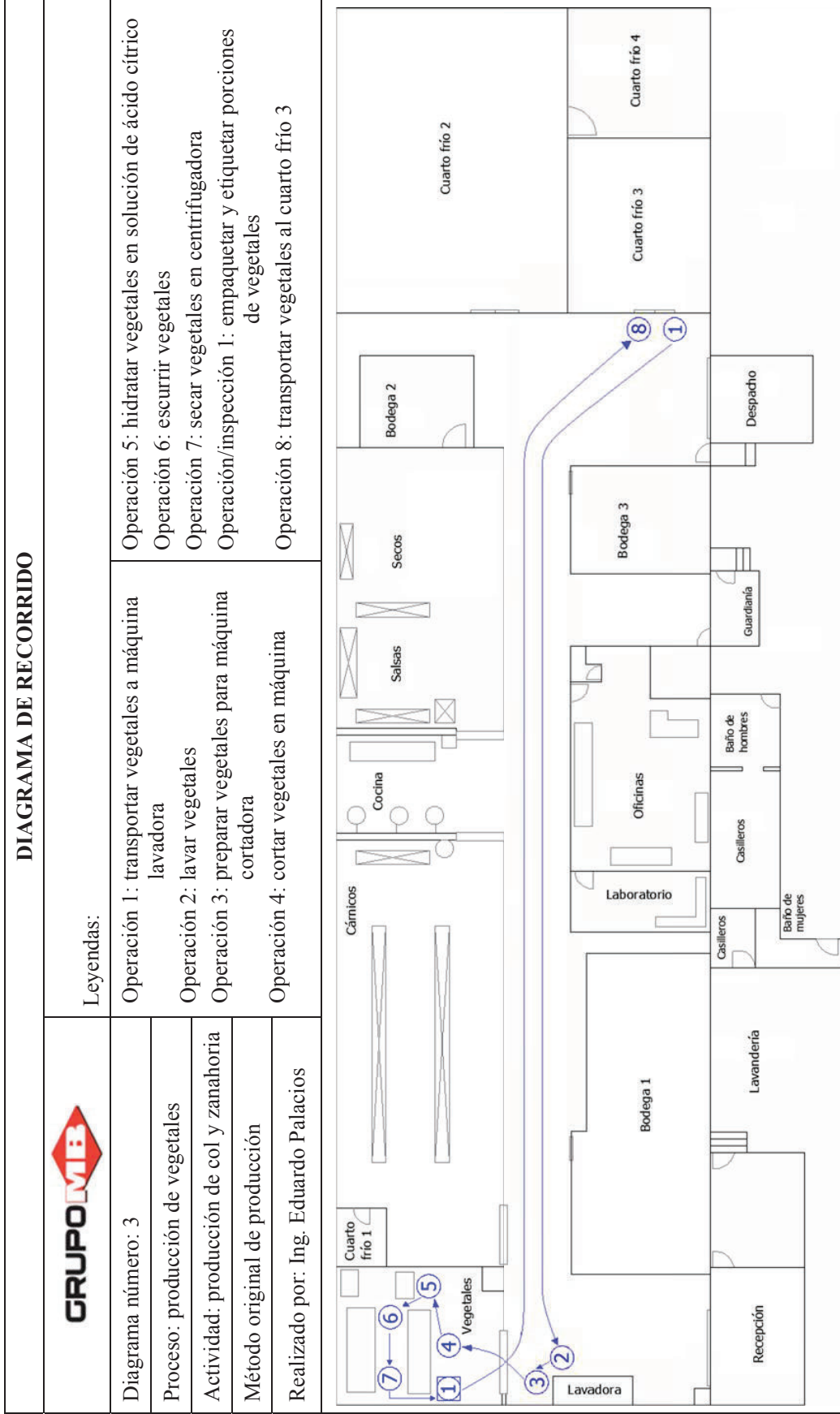
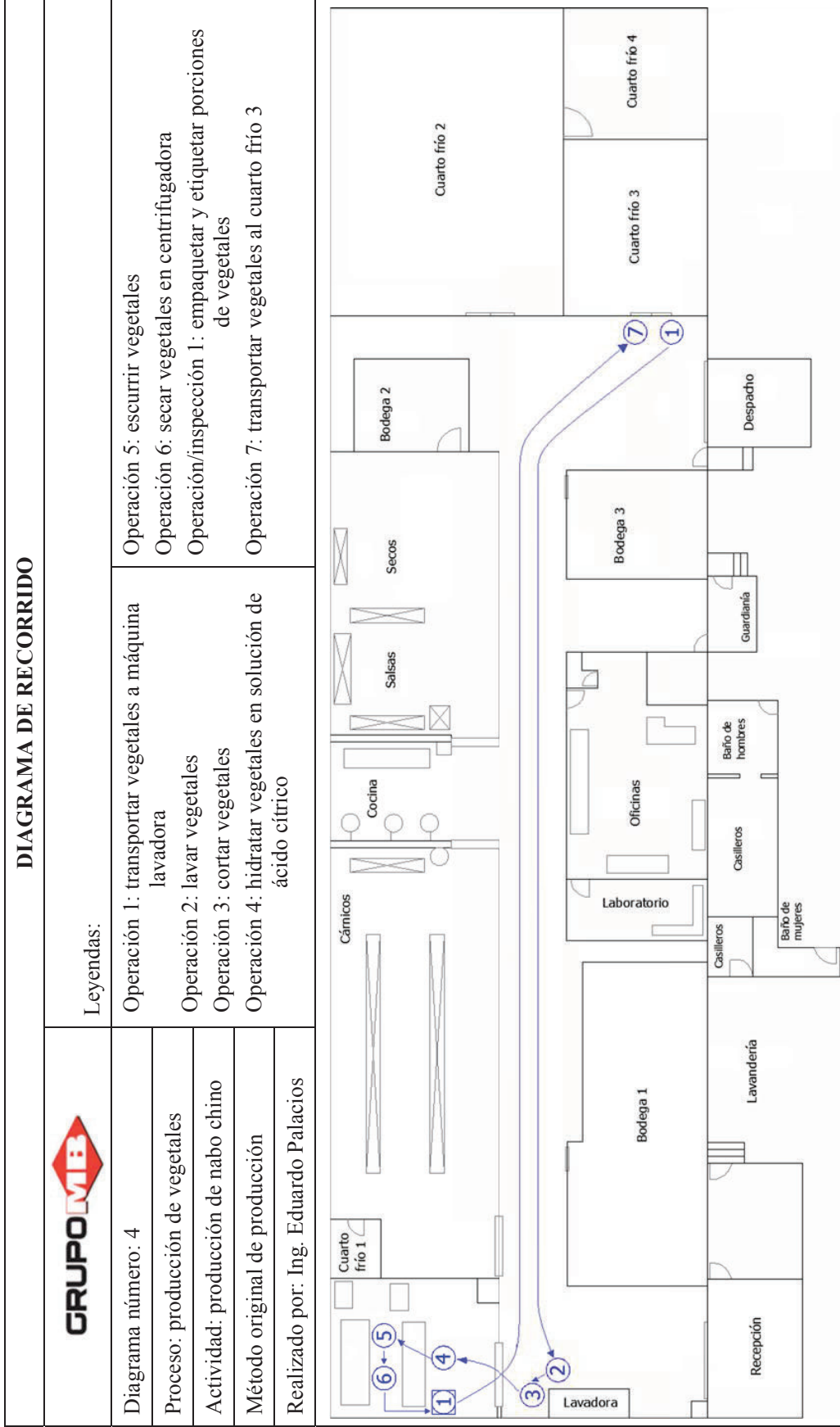


Figura AIV.3. Diagrama de recorrido de la producción de col y zanahoria



**Figura AIV.4.** Diagrama de recorrido de la producción de nabo chino

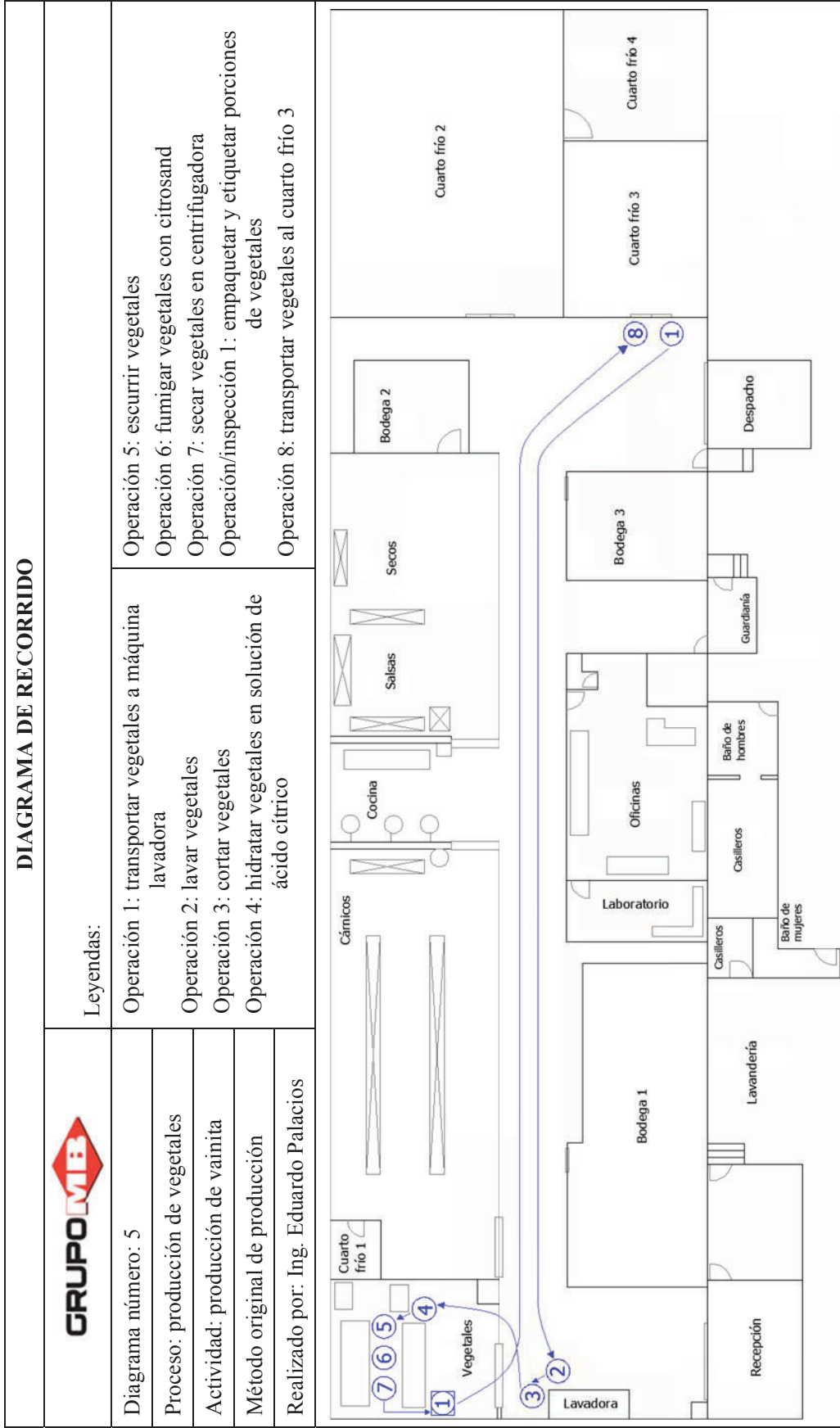
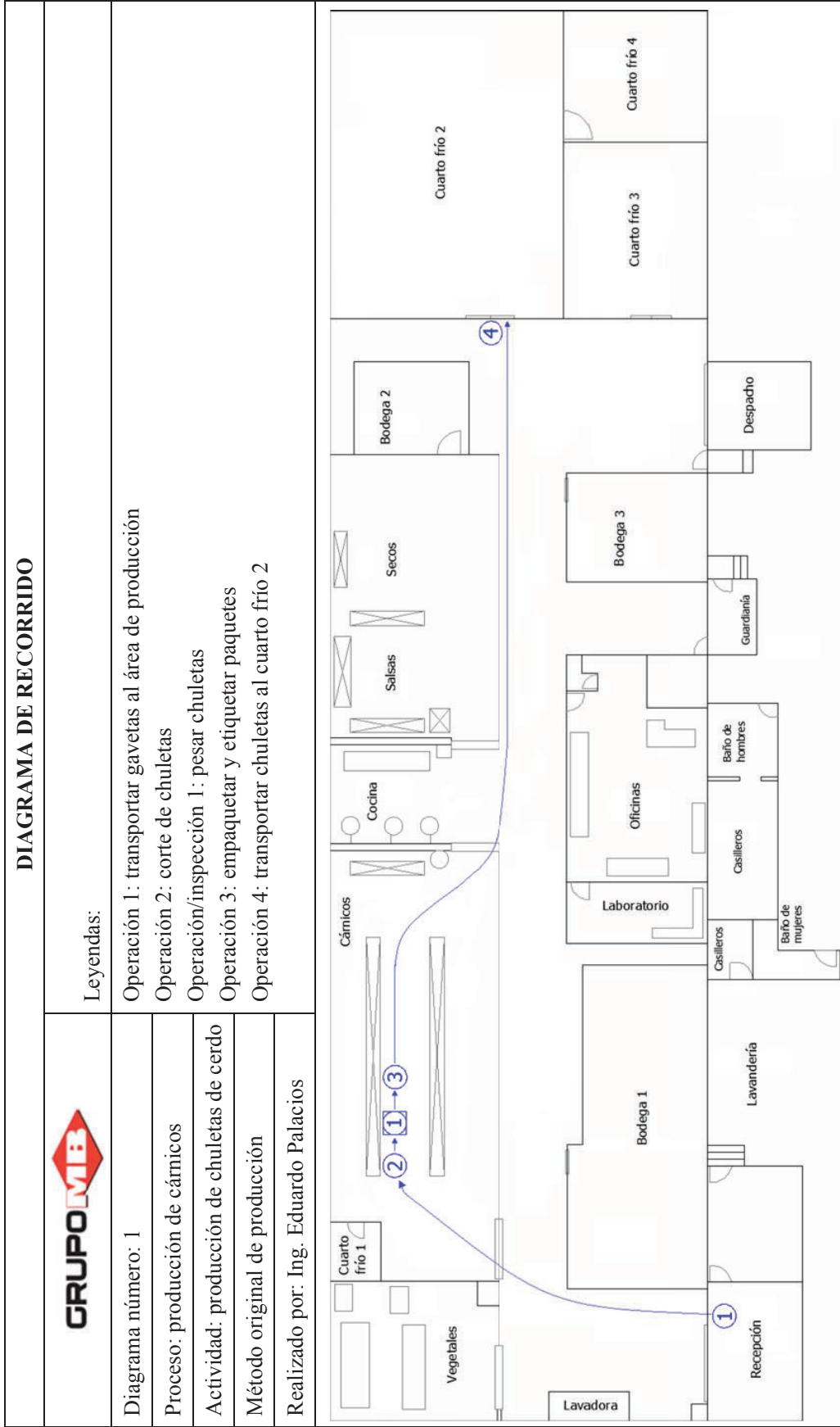


Figura AIV.5. Diagrama de recorrido de la producción de vainita



**Figura AIV.6.** Diagrama de recorrido de la producción de chuletas de cerdo

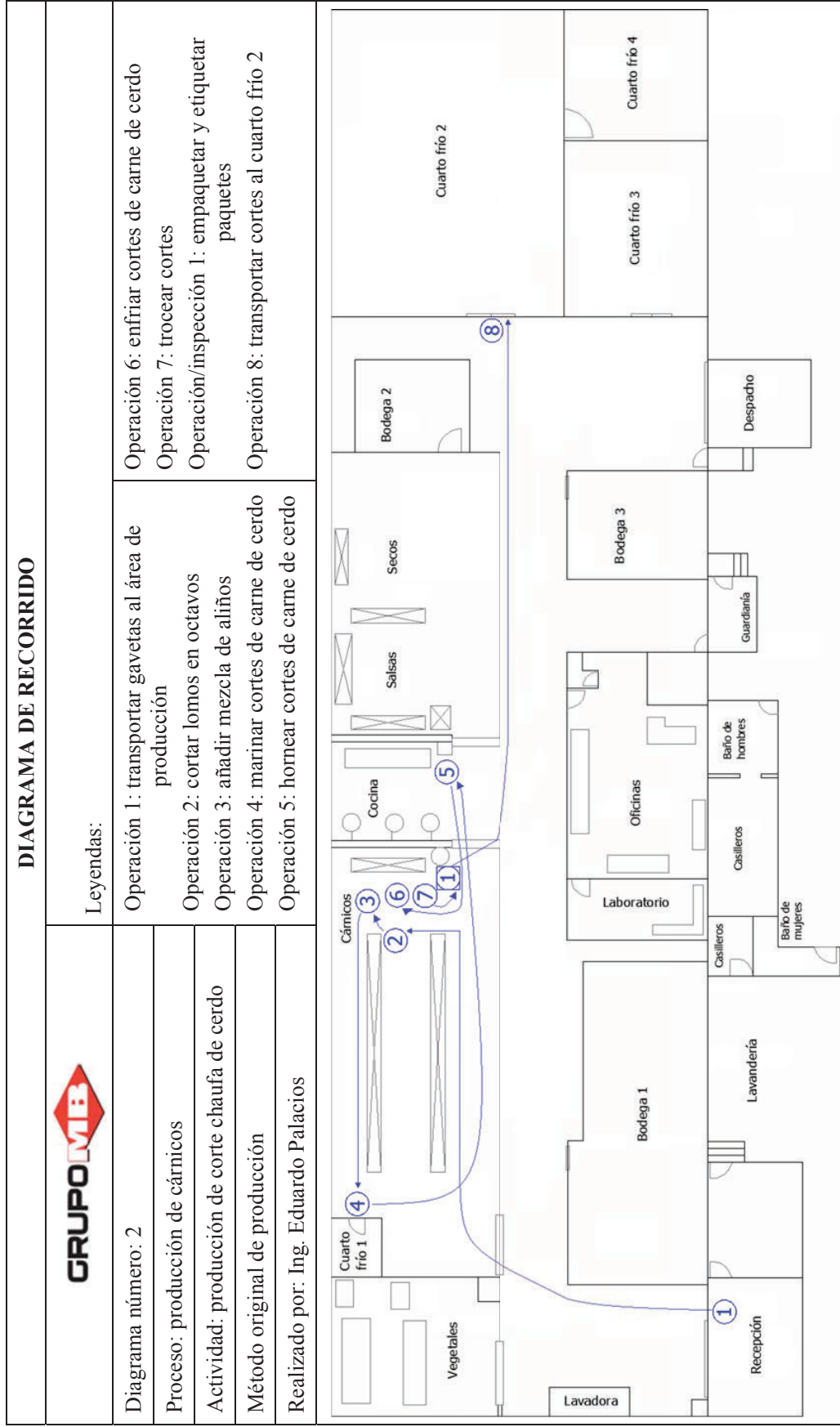


Figura AIV.7. Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

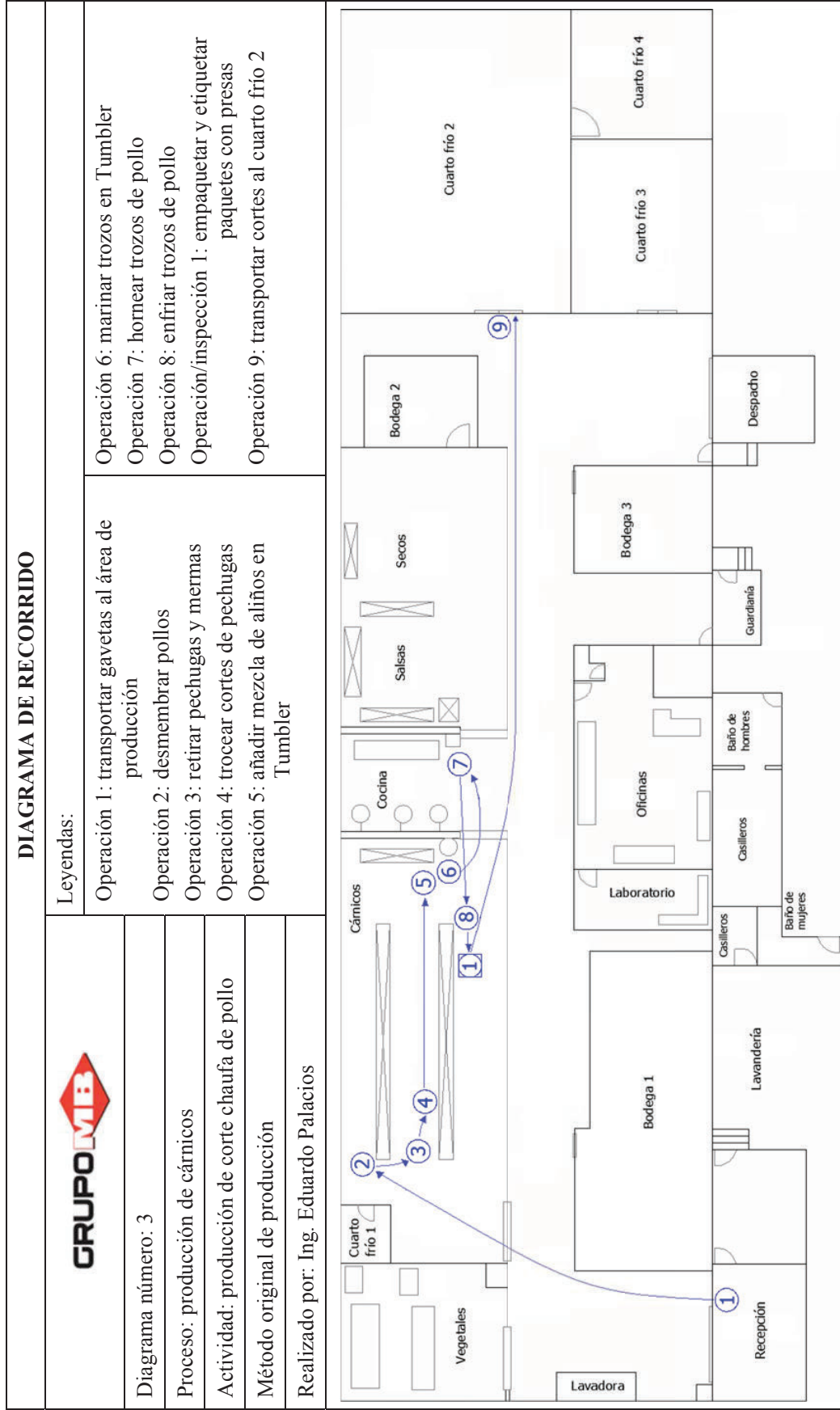
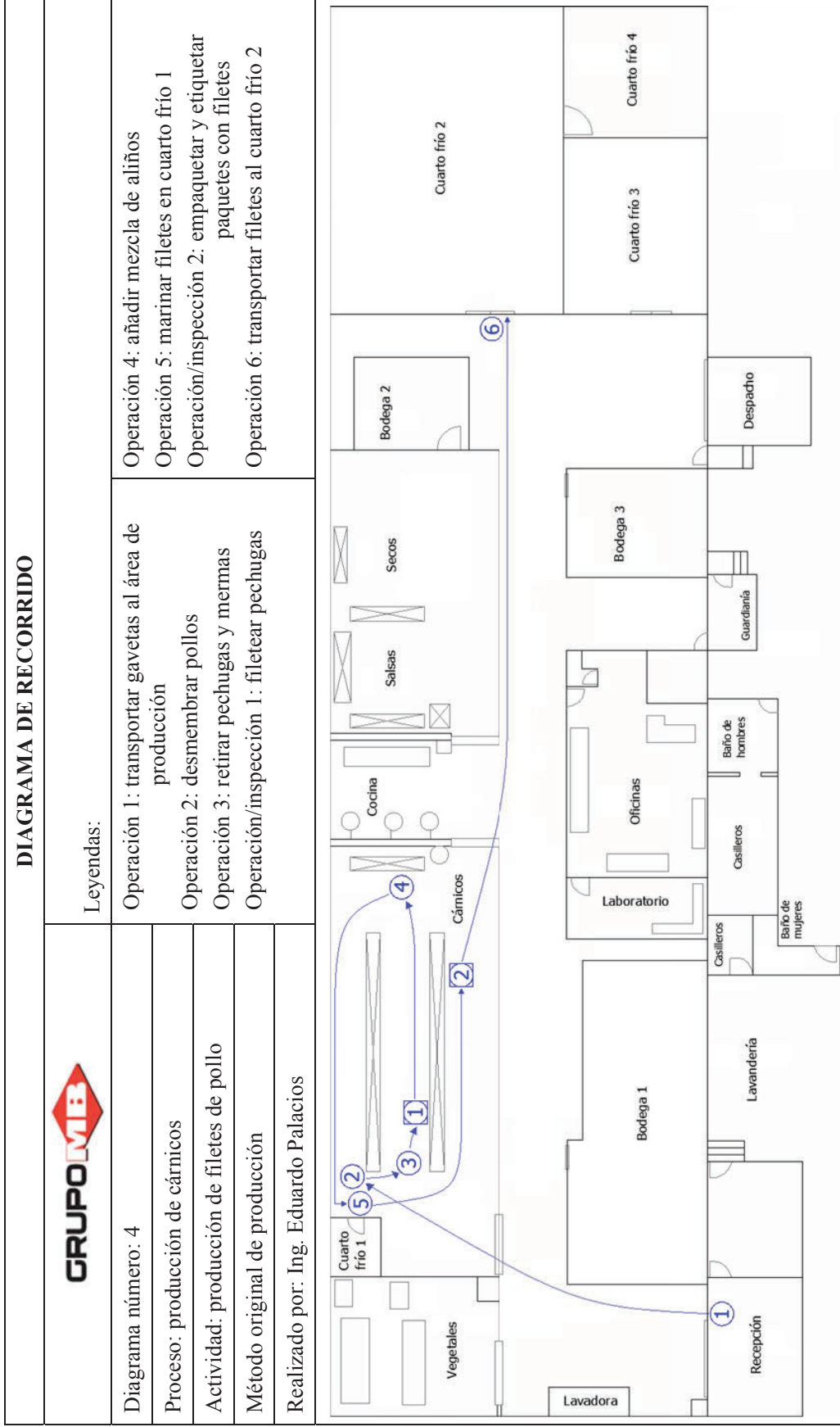


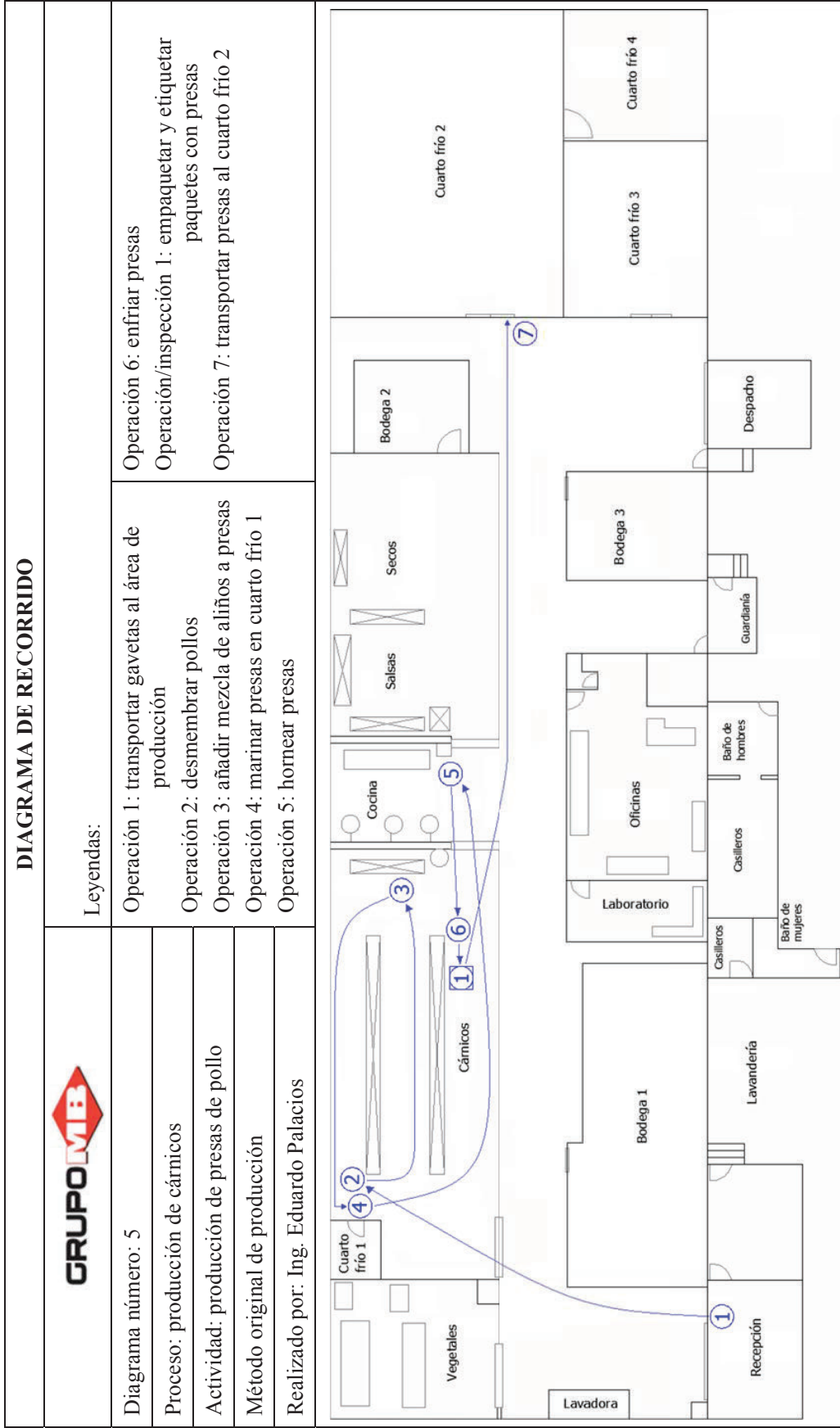
Figura AIV.8. Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta



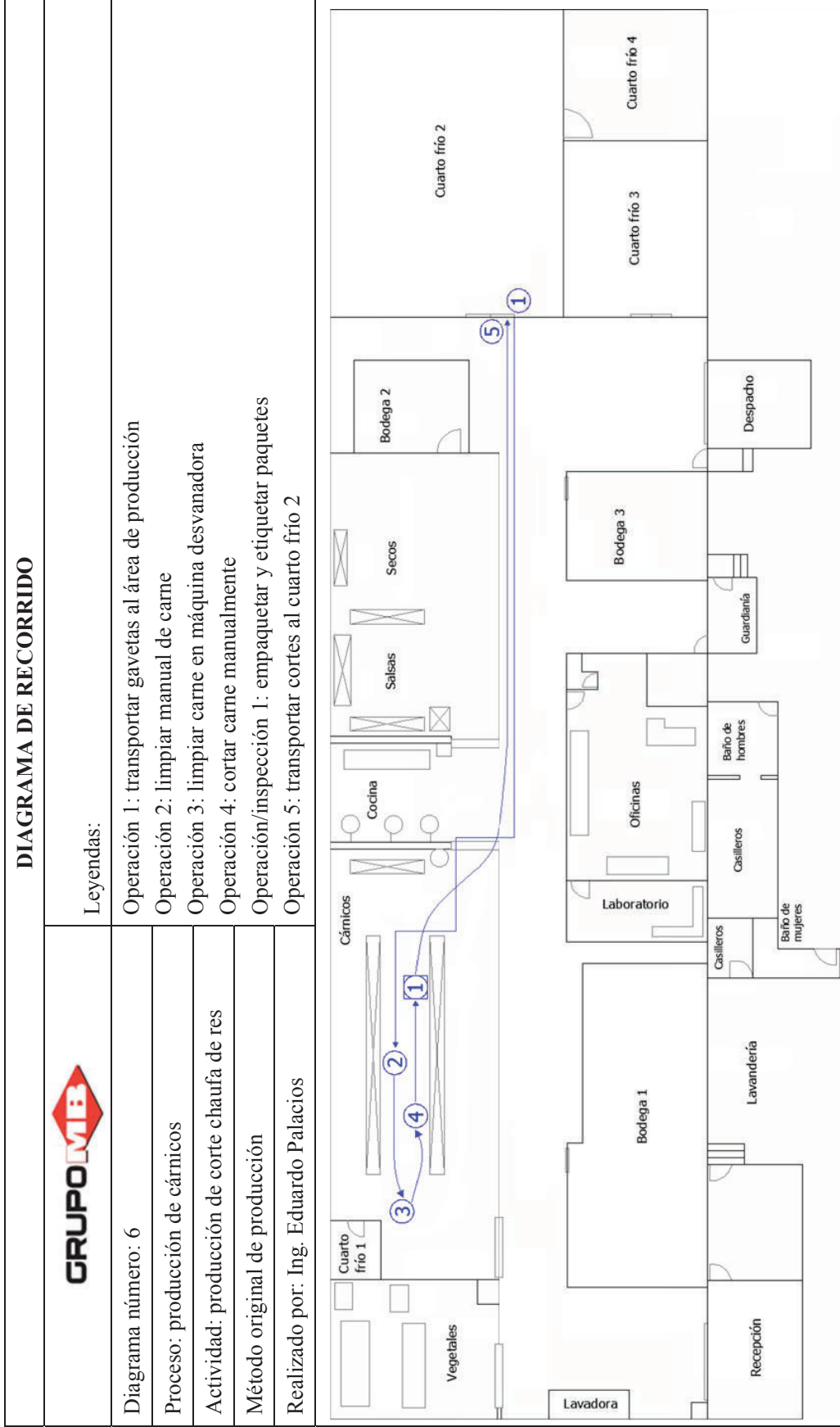


**Figura AIV.9.** Diagrama de recorrido de la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

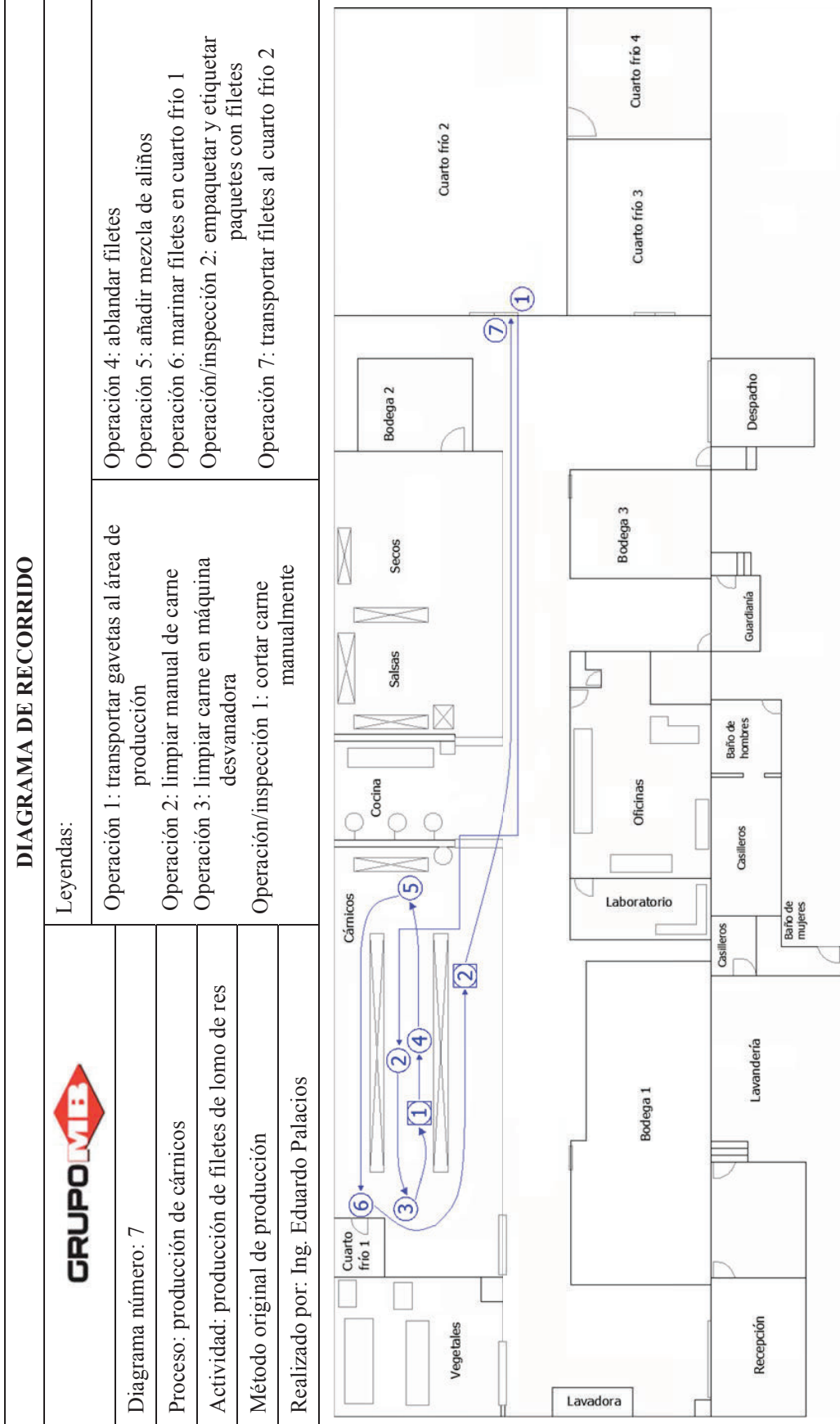




**Figura AIV.10.** Diagrama de recorrido de la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AIV.11.** Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AIV.12.** Diagrama de recorrido de la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

**ANEXO V**

**DIAGRAMAS HOMBRE - MÁQUINA, O DE ACTIVIDADES**  
**MÚLTIPLES, ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**  
**DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES						
<b>GRUPO LMB</b>	Diagrama número: 1	Elementos analizados		Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización
		Operario 1	Operario 2	24,70	7,01	77,89%
Proceso: producción de vegetales		Lavadora de vegetales		5,00	26,71	15,77%
Proceso: producción de cebolla blanca		Centrifugadora		1,33	30,38	4,19%
Método original de producción		Observaciones: valores promedios del muestreo		Tiempo de ciclo (min)		31,71
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios						
Tiempo (min)	Operario 1	Operario 2	Lavadora de vegetales	Centrifugadora	Tiempo (min)	
1	Transportar gavetas a la lavadora				1	
2	Colocar gavetas en máquina lavadora				2	
3					3	
4			Lavar vegetales		4	
5					5	
6					6	
7	Retirar gavetas de la máquina lavadora				7	
8	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			8	
9	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			9	
10	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			10	
11	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			11	
12	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			12	
13	Preparar cebollas para su corte	Preparar cebollas para su corte			13	
14	Colocar cebollas en mesa para cortar	Colocar cebollas en mesa para cortar			14	
15					15	
16	Cortar cebollas	Cortar cebollas			16	
17					17	
18	Cortar cebollas	Fumigar vegetales con citrosand			18	
19					19	
20					20	
21	Fumigar vegetales con citrosand	Fumigar vegetales con citrosand			21	
22		Colocar vegetales en centrifugadora			22	
23				Secar vegetales	23	
24	Colocar vegetales en mesa para empacar				24	
25					25	
26	Pesar porciones de vegetales	Pesar porciones de vegetales			26	
27					27	
28					28	
29					29	
30	Sellar porciones de vegetales	Sellar porciones de vegetales			30	
31	Etiquetar porciones de vegetales	Etiquetar porciones de vegetales			31	
32	Colocar paquetes en gavetas	Colocar paquetes en gavetas			32	
33	Transportar gavetas a cuarto frío 3				33	

Figura AV.1. Diagrama de actividades múltiples para la producción de cebolla blanca

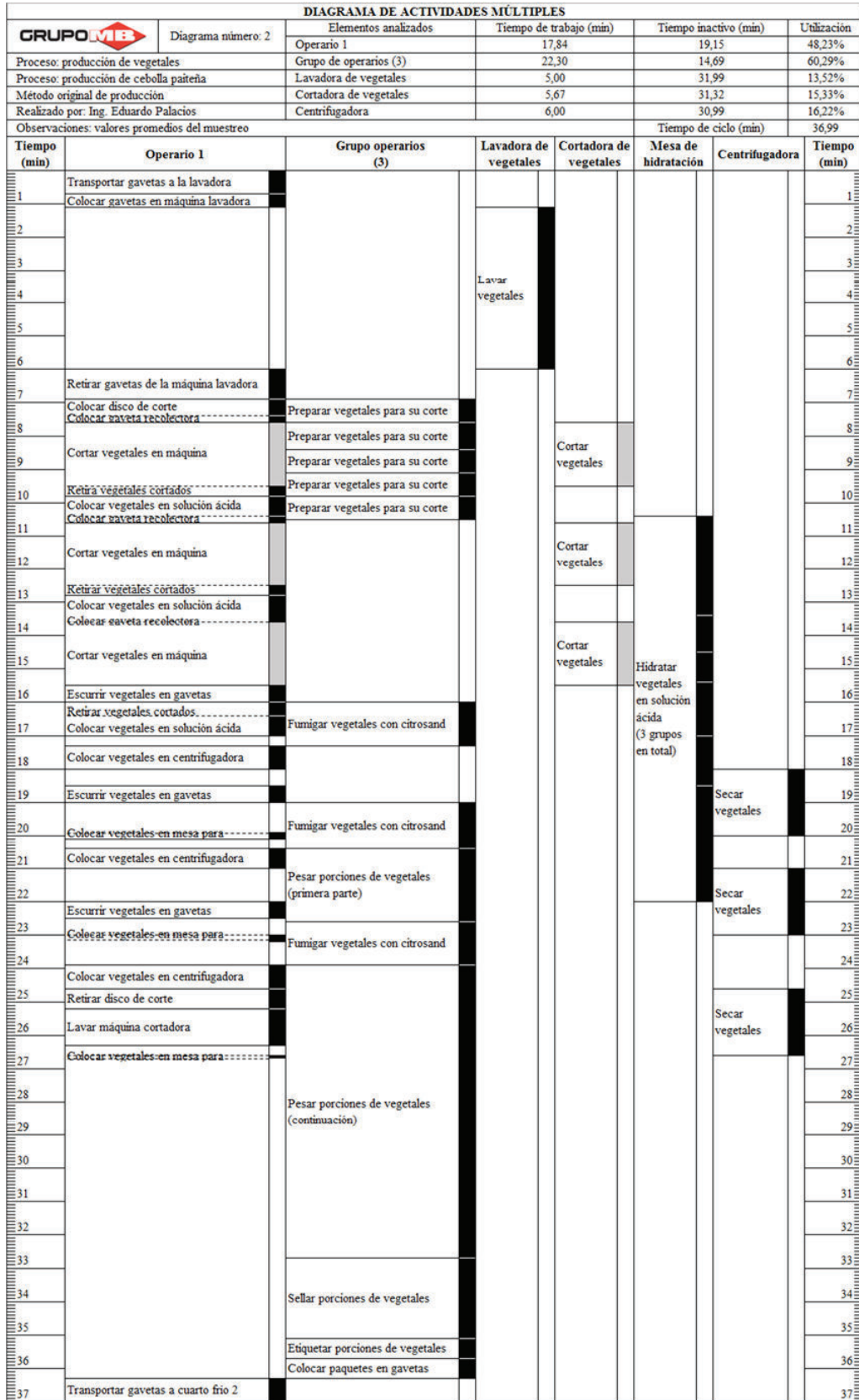


Figura AV.2. Diagrama de actividades múltiples para la producción de cebolla paiteña

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES							
<b>GRUPO VIB</b>	Diagrama número: 3	Elementos analizados	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización		
		Operario 1	23,82	9,89	70,66%		
Proceso: producción de vegetales	Operario 2	19,59	14,12	58,11%			
Proceso: producción de col	Lavadora de vegetales	5,00	28,71	14,83%			
Método original de producción	Cortadora de vegetales	6,63	27,08	19,67%			
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios	Centrifugadoras (2)	0,58	33,13	1,72%			
Observaciones: valores promedios del muestreo			Tiempo de ciclo (min)	33,71			
Tiempo (min)	Operario 1	Operario 2	Lavadora de vegetales	Cortadora de vegetales	Mesa de hidratación	Centrifugadoras (2)	Tiempo (min)
1	Transportar gavetas a la lavadora						1
2	Colocar gavetas en máquina lavadora						2
3							3
4			Lavar vegetales				4
5							5
6							6
7	Retirar gavetas de la máquina lavadora						7
8	Colocar disco de corte						8
9	Colocar gaveta recolectora						9
10	Cortar vegetales en máquina			Cortar vegetales			10
11		Preparar vegetales para su corte					11
12	Cortar vegetales en máquina			Cortar vegetales			12
13							13
14	Cortar vegetales en máquina			Cortar vegetales			14
15		Retirar vegetales cortados					15
16	Retirar disco de corte	Colocar vegetales en solución ácida					16
17	Lavar máquina cortadora						17
18					Hidratación en ácido cítrico		18
19							19
20							20
21	Ecurrir vegetales en gavetas	Ecurrir vegetales en gavetas					21
22	Colocar vegetales en centrifugadora	Colocar vegetales en centrifugadora					22
23	Colocar vegetales en mesa para empacar	Colocar vegetales en mesa para empacar				Secar vegetales	23
24							24
25							25
26							26
27	Pesar porciones de vegetales	Pesar porciones de vegetales					27
28							28
29							29
30							30
31	Sellar porciones de vegetales	Sellar porciones de vegetales					31
32	Etiquetar porciones de vegetales	Etiquetar porciones de vegetales					32
33	Colocar paquetes en gavetas	Colocar paquetes en gavetas					33
34	Transportar gavetas a cuarto frío 3						34

Figura AV.3. Diagrama de actividades múltiples para la producción de col



DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES						
<b>GRUPO UNITE</b>	Diagrama número: 4	Elementos analizados	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización	
		Operario 1	6,37	29,79	17,62%	
Proceso: producción de vegetales		Grupo de operarios (4)	20,13	16,03	55,67%	
Proceso: producción de nabo chino		Lavadora de vegetales	5,00	31,16	13,83%	
Método original de producción		Centrifugadoras (2)	0,83	35,33	2,30%	
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Observaciones: valores promedios del muestreo		Tiempo de ciclo (min)	36,16	
Tiempo (min)	Operario 1	Grupo operarios (4)	Lavadora de vegetales	Mesa de hidratación	Centrifugadoras (2)	Tiempo (min)
1	Transportar gavetas a la lavadora Colocar gavetas en máquina lavadora					1
2						2
3						3
4			Lavar vegetales			4
5						5
6						6
7	Retirar gavetas de la máquina lavadora					7
8						8
9		Cortar vegetales				9
10						10
11						11
12		Cortar vegetales				12
13						13
14	Colocar vegetales en solución ácida					14
15		Cortar vegetales				15
16						16
17				Hidratar vegetales en solución ácida		17
18		Cortar vegetales				18
19						19
20	Ecurrir vegetales en gavetas					20
21						21
22		Cortar vegetales				22
23						23
24	Colocar vegetales en solución ácida					24
25						25
26				Hidratar vegetales en solución ácida		26
27						27
28						28
29						29
30	Ecurrir vegetales en gavetas Colocar vegetales en centrifugadora					30
31	Colocar vegetales en mesa para empacar . . . .				Secar vegetales	31
32						32
33		Pesar porciones de vegetales				33
34		Sellar porciones de vegetales				34
35		Etiquetar porciones de vegetales				35
36	Colocar paquetes en gavetas Transportar a cuarto frío 3					36
37						37

Figura AV.4. Diagrama de actividades múltiples para la producción de nabo chino



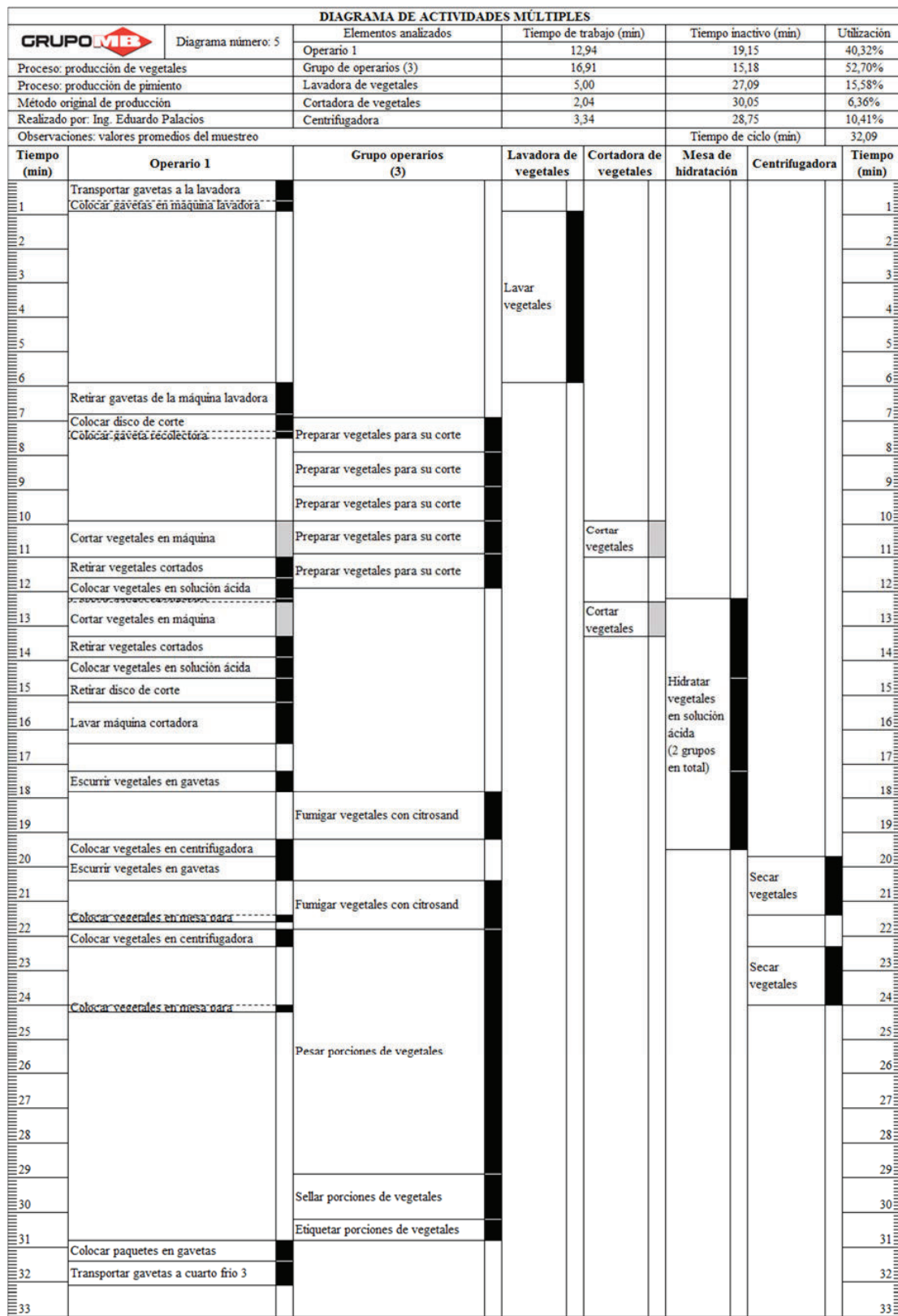


Figura AV.5. Diagrama de actividades múltiples para la producción de pimiento

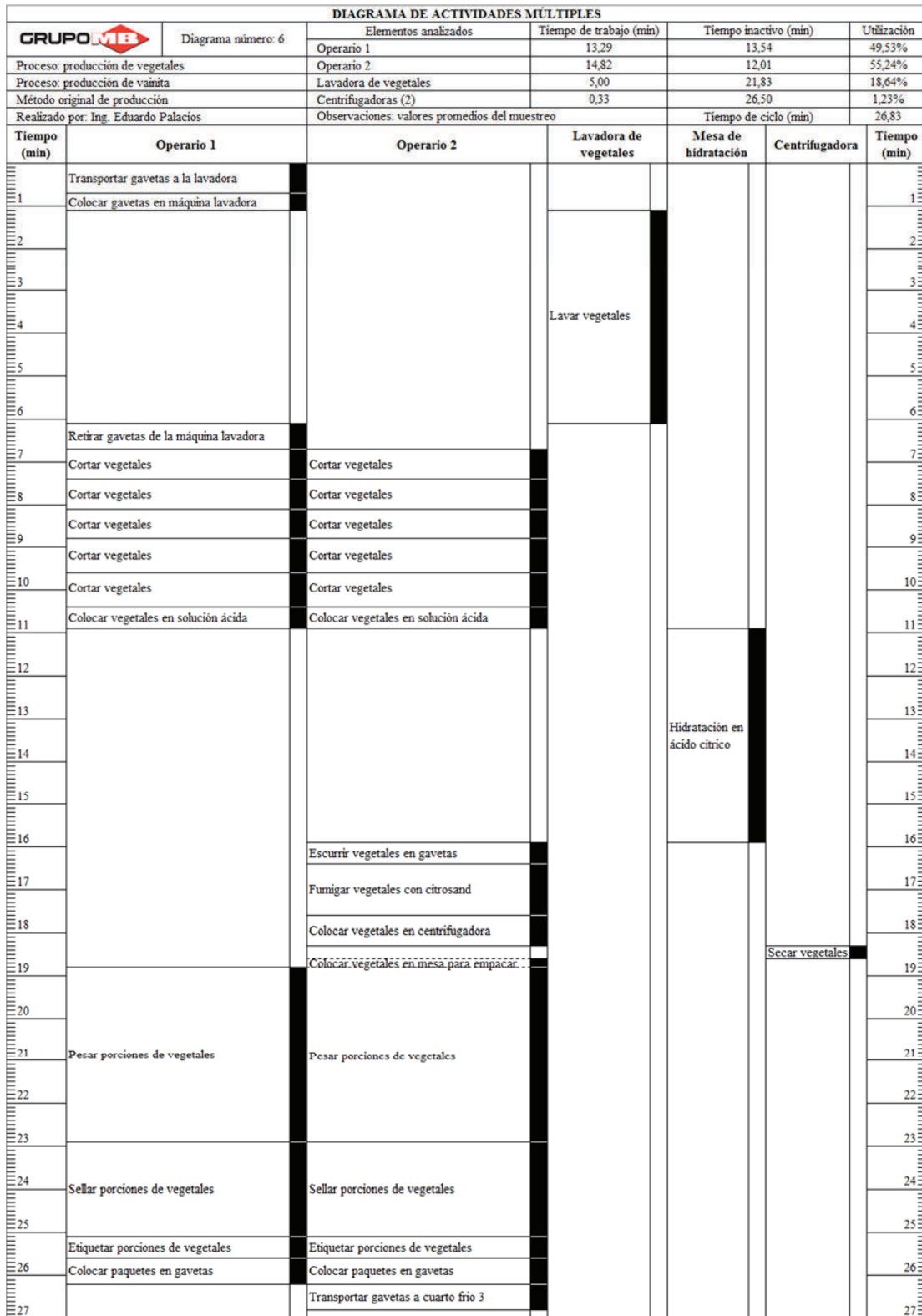


Figura AV.6. Diagrama de actividades múltiples para la producción de vainita

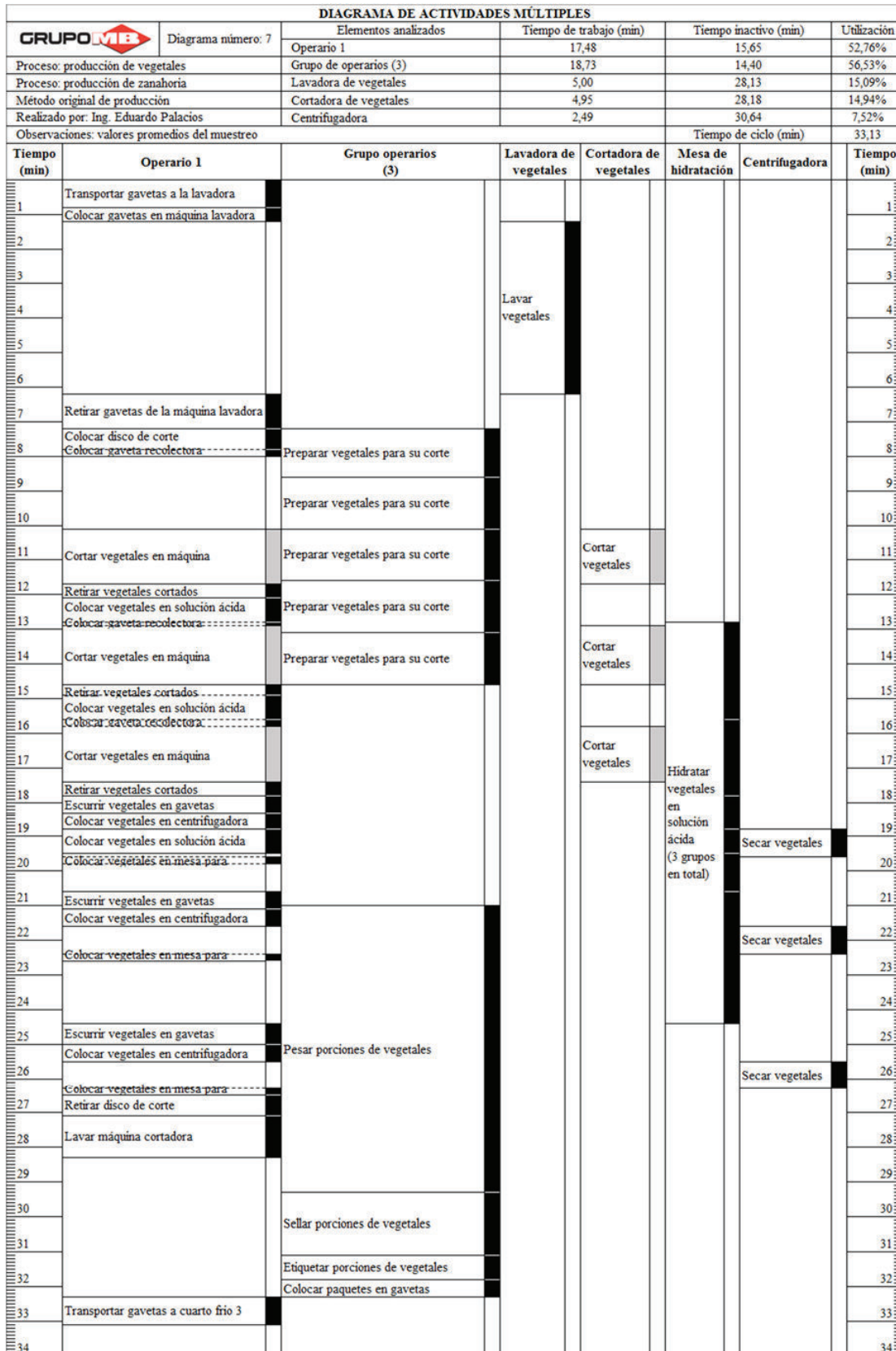


Figura AV.7. Diagrama de actividades múltiples para la producción de zanahoria

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES					
<b>GRUPO VIE</b>	Diagrama número: 1	Elementos analizados	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización
		Operario 1	163,94	10,70	93,87%
Proceso: producción de cárnicos		Operario 2	174,11	0,53	99,70%
Proceso: producción de chuletas de cerdo		Sierra eléctrica	142,20	32,44	81,42%
Método original de producción		Observaciones: valores promedios del muestreo		Tiempo de ciclo (min)	174,64
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios					

Tiempo (min)	Operario 1	Operario 2	Sierra eléctrica	Tiempo (min)
5				5
10				10
15	Cortar chuletas	Pesar porciones de 5 chuletas	Cortar chuletas	15
20				20
25				25
30		Pesar porciones de 5 chuletas		30
35				35
40				40
45	Cortar chuletas	Pesar porciones de 5 chuletas	Cortar chuletas	45
50				50
55				55
60				60
65		Pesar porciones de 5 chuletas		65
70				70
75	Cortar chuletas		Cortar chuletas	75
80		Pesar porciones de 5 chuletas		80
85				85
90				90
95				95
100	Cortar chuletas	Empaquetar porciones de chuletas	Cortar chuletas	100
105				105
110				110
115		Empaquetar porciones de chuletas		115
120				120
125				125
130	Cortar chuletas	Empaquetar porciones de chuletas	Cortar chuletas	130
135				135
140				140
145				145
150		Empaquetar porciones de chuletas		150
155	Sellar porciones			155
160	Sellar porciones			160
165	Sellar porciones	Empaquetar porciones de chuletas		165
170	Sellar porciones			170
175	Empaquetar porciones de chuletas (3 ciclos)	Empaquetar porciones de chuletas (2 ciclos)		175

Figura AV.8. Diagrama de actividades múltiples para la producción de chuletas de cerdo



DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES							
GRUPO VIER		Diagrama número: 2	Elementos analizados	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización	
Proceso: producción de cárnicos			Operario 1	204,24	1 474,73	12,16%	
Proceso: producción de corte chaufa de cerdo			Operario 2	200,76	1 478,21	11,96%	
Método original de producción			Cuarto frío 1	1 440,00	238,97	85,77%	
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios			Hornos (3)	60,00	1 618,97	3,57%	
			Observaciones: valores promedios del muestreo		Tiempo de ciclo (min)		1 678,97
Tiempo (min)	Operario 1	Operario 2	Cuarto frío 1	Hornos (2)	Horno	Área de enfriamiento	Tiempo (min)
5	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					5
10	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					10
15	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					15
20	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					20
25	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					25
30	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					30
35	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					35
40	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					40
45	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					45
50	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					50
55	Quitar empaque plástico	Quitar empaque plástico					55
60	Cortar lomos en octavos	Cortar lomos en octavos					60
60	Coloca mezcla de años (5 veces)	Coloca mezcla de años (5 veces)					60
+ 24 h			Marinar cortes				+ 24 h
5	Colocar cortes en bandejas	Colocar cortes en bandejas					5
10	Colocar bandejas en horno	Colocar bandejas en horno					10
15		Colocar cortes en bandejas					15
20		Colocar bandejas en horno					20
25				Horrear			25
30							30
35							35
40					Horrear		40
45	Retirar bandejas del horno	Retirar bandejas del horno					45
50	Colocar cortes en bandejas	Colocar cortes en bandejas					50
55	Colocar bandejas en horno	Colocar bandejas en horno				Enfriar (30 bandejas 15 min cada grupo de 10)	55
60	Retirar bandejas del horno	Retirar bandejas del horno					60
65	Trocear cortes	Colocar bandejas en horno					65
70				Horrear			70
75	Trocear cortes	Trocear cortes					75
80					Horrear		80
85							85
90	Pesar porciones	Retirar bandejas del horno (2 veces)					90
95							95
100	Sellar porciones	Retirar bandejas del horno				Enfriar (30 bandejas 15 min cada grupo de 10)	100
105							105
110		Trocear cortes					110
115	Pesar porciones						115
120		Trocear cortes					120
125	Sellar porciones						125
130		Trocear cortes					130
135	Pesar porciones						135
140							140
145	Pesar porciones	Pesar porciones					145
150	Sellar porciones						150
155		Sellar porciones					155
160	Pesar porciones						160
165		Pesar porciones					165
170	Sellar porciones						170
175	Pesar porciones	Sellar porciones					175
180							180

Figura AV.9. Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de cerdo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

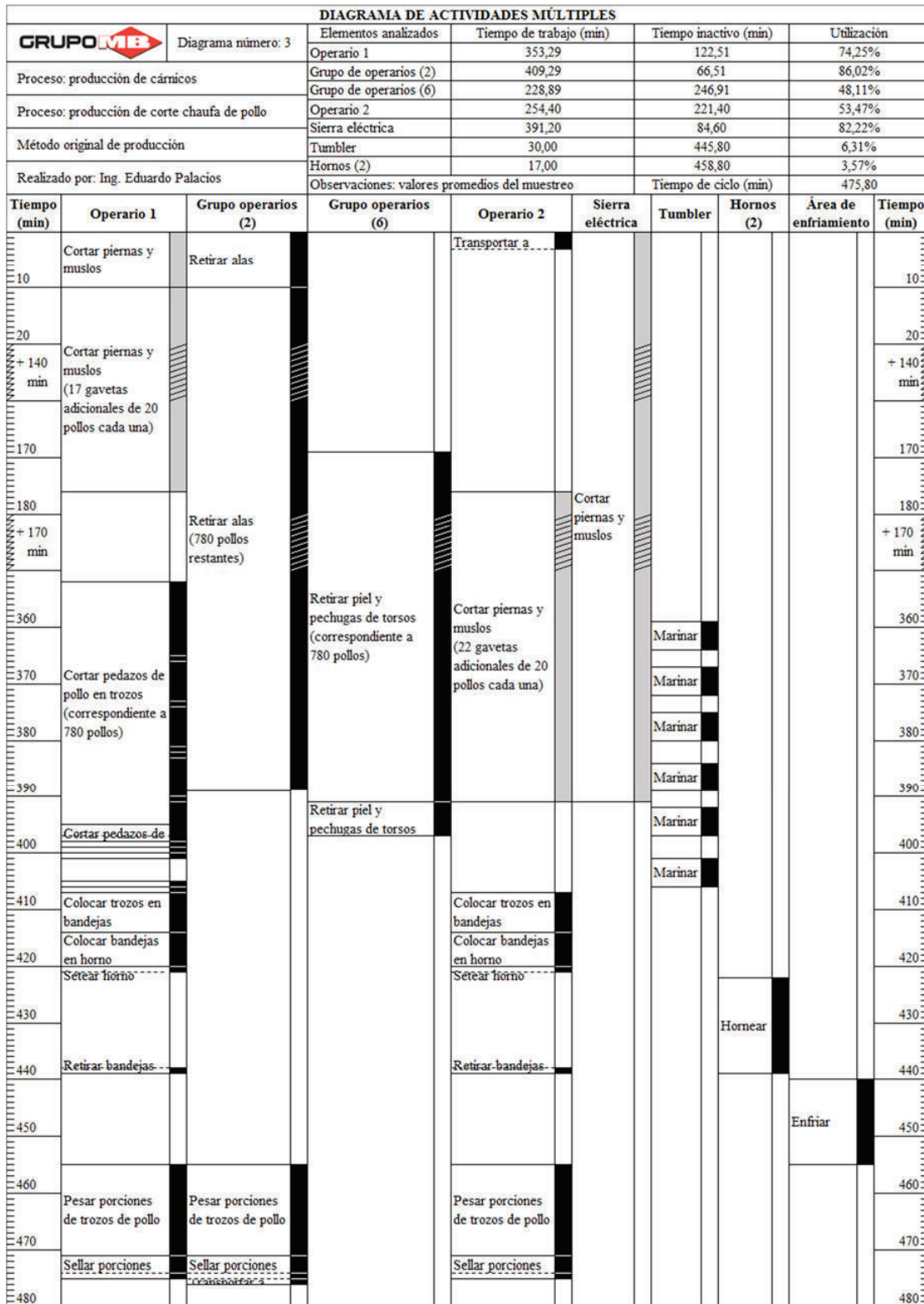
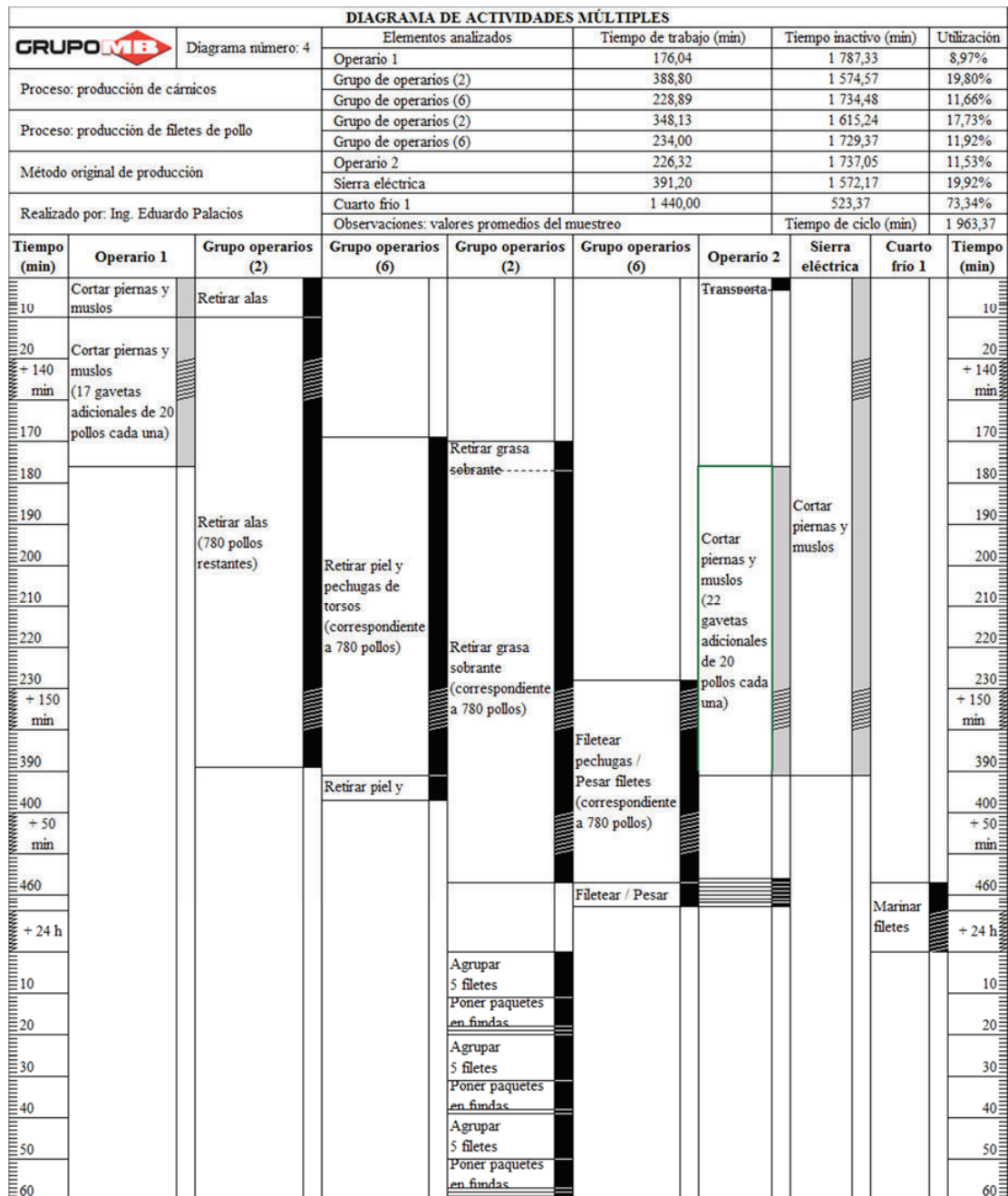


Figura AV.10. Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AV.11.** Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

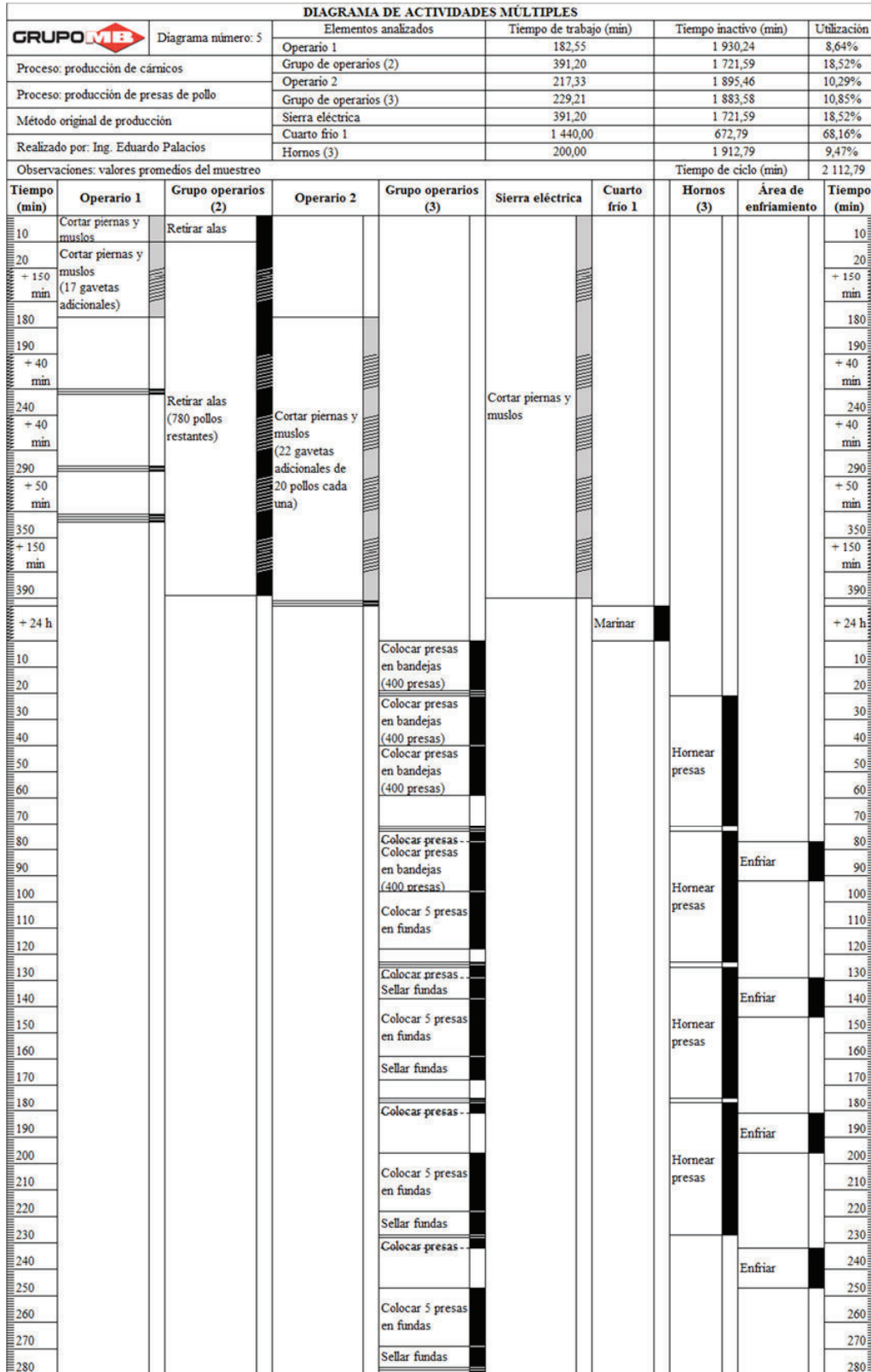


Figura AV.12. Diagrama de actividades múltiples para la producción de presas de pollo, antes de la implementación del sistema de producción esbelta



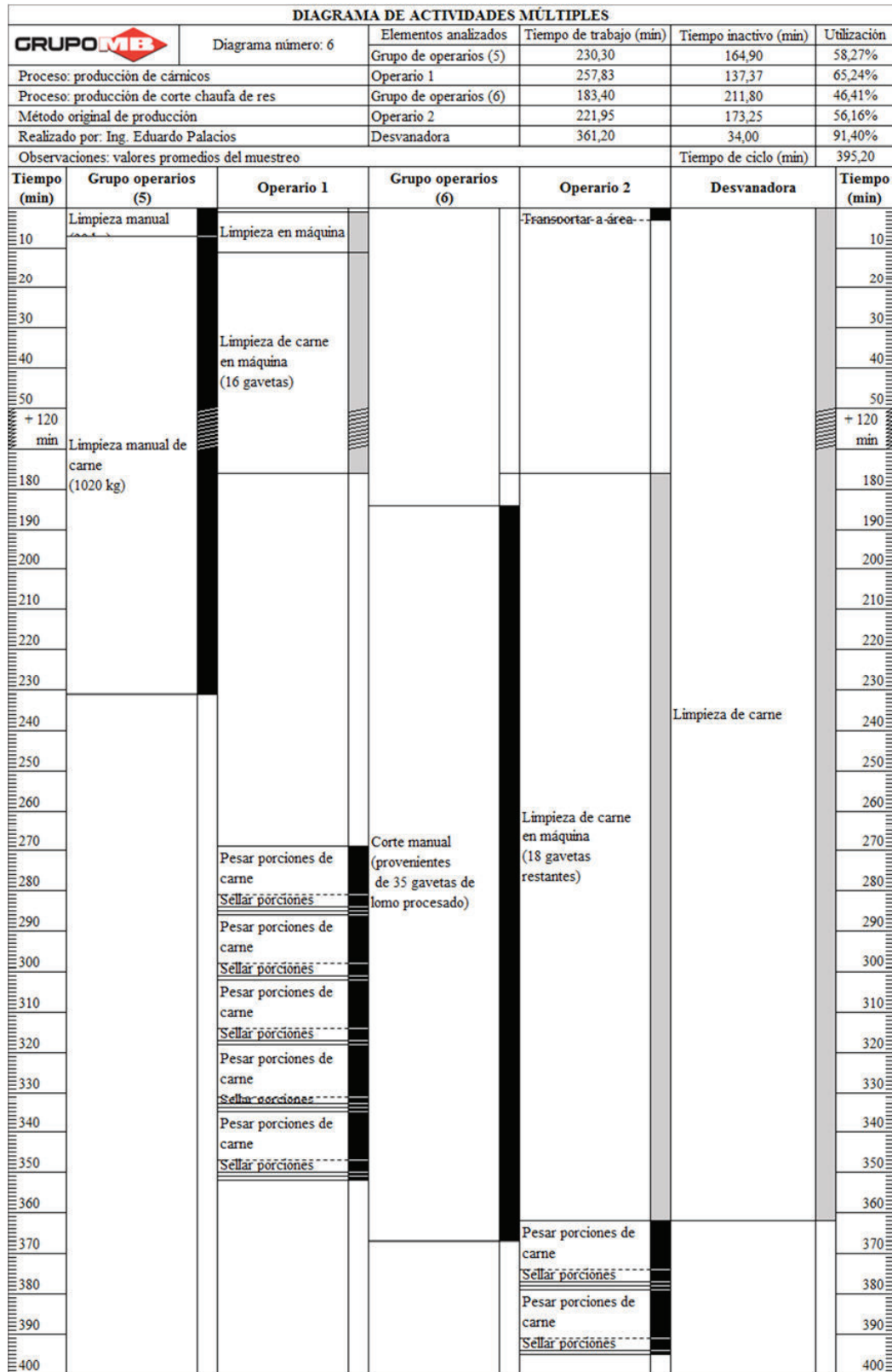


Figura AV.13. Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

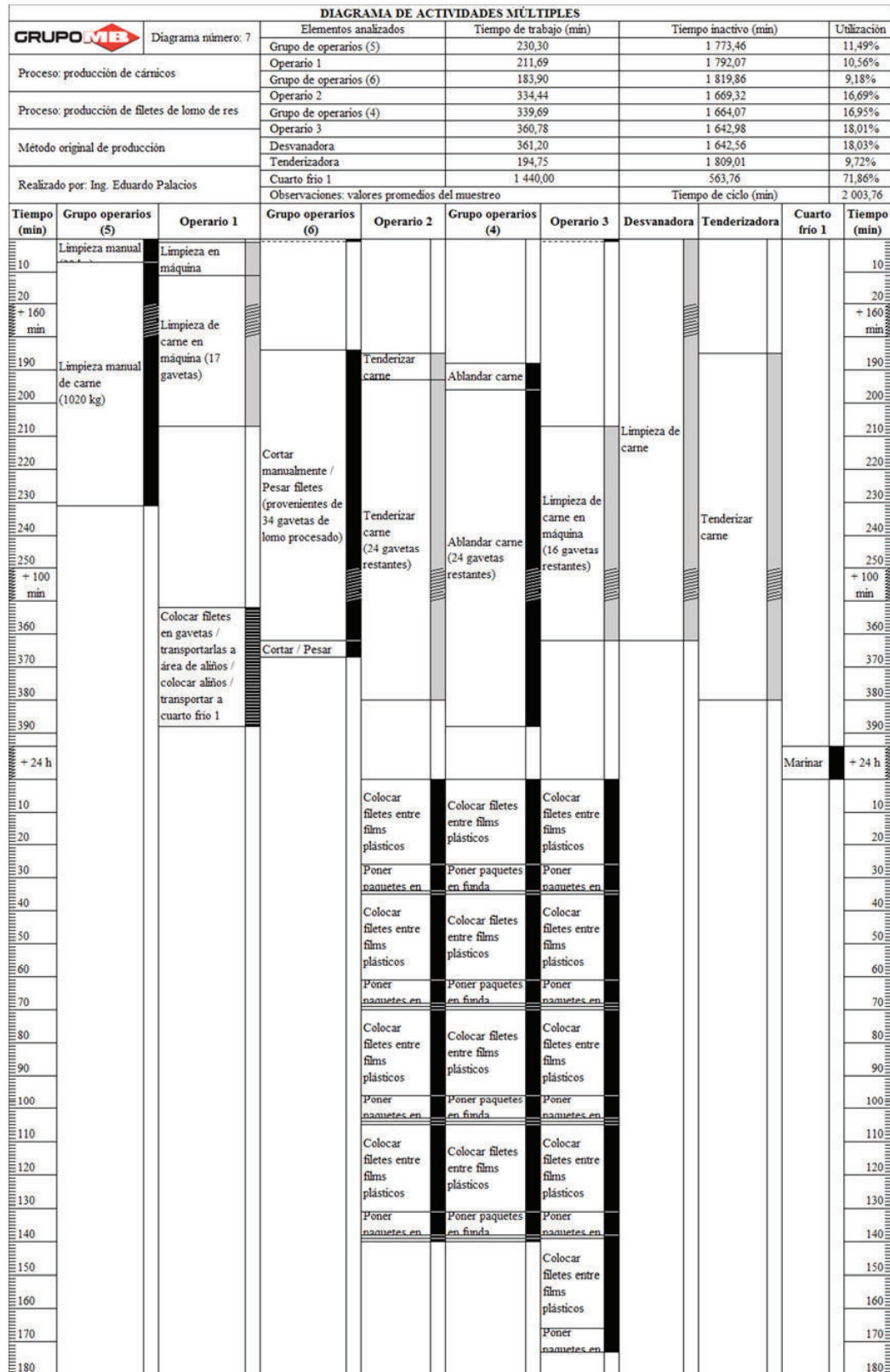


Figura AV.14. Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de lomo de res, antes de la implementación del sistema de producción esbelta

**ANEXO VI**  
**IDENTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS DE VALOR DE LOS**  
**PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

Tabla A.VI.1. Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de vegetales

ACTIVIDADES	CREAN O GENERAN VALOR AL PRODUCTO							NO CREAN VALOR PERO SON INEVITABLES (MUDA TIPO I)							NO CREAN VALOR SEGÚN EL CLIENTE, PUEDEN Y DEBEN SER ELIMINADAS (MUDA TIPO II)																				
	¿Entrega algo al producto?							¿El cliente estaría dispuesto a pagar más por el producto por realizar esta tarea?							¿Es requerida por Ley o alguna norma obligatoria?							¿Proporciona información financiera importante?							¿El proceso se viene abajo si esta tarea se elimina?						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Transportar gavetas a la lavadora	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colocar gavetas en máquina lavadora	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lavar vegetales en máquina	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Retirar gavetas de la máquina lavadora	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Preparar vegetales para su corte	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cortar vegetales (manual)	--	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	--	Sí	--	Sí	--	Sí
Colocar cebollas en mesa para cortar	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--		
Colocar disco de corte	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Cortar cebollas (manual)	Sí	--	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--		
Colocar gaveta recolectora	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Colocar vegetales en máquina	--	Sí	--	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	Sí	--	--	--	--	--		
Retirar vegetales cortados	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Colocar vegetales en solución ácida	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Hidratar vegetales en solución ácida	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		
Retirar disco de corte	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Lavar máquina cortadora	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Ecurrir vegetales en gavetas	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--	--	x	--	--	--	--	--		
Fumigar vegetales con citrosand	Sí	Sí	--	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	--	Sí	Sí	--
Colocar vegetales en centrifugadora	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Secar vegetales en centrifugadora	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		
Colocar vegetales en mesa para empacar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Pesar porciones de vegetales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		
Sellar porciones de vegetales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		
Etiquetar porciones de vegetales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		
Colocar paquetes en gavetas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Transportar gavetas a cuarto frío 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: Cebolla blanca, cebolla paitaña, col, nabo chino, pimiento, vainita, zamahoria

x: Respuesta negativa

--: Actividad no desarrollada para el producto analizado

**Tabla AVI.2. Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de cerdo**

ACTIVIDADES	CREAN O GENERAN VALOR AL PRODUCTO				NO CREAN VALOR PERO SON INEVITABLES (MUDA TIPO I)				NO CREAN VALOR SEGÚN EL CLIENTE, PUEDEN Y DEBEN SER ELIMINADAS (MUDA TIPO II)					
	¿Entrega algo al producto?		¿Genera una ventaja competitiva?		¿El cliente estaría dispuesto a pagar más por el producto por realizar esta tarea?		¿Es requerida por Ley o alguna norma obligatoria?		¿Reduce el riesgo financiero para la empresa?		¿Proporciona información financiera importante?		¿El proceso se viene abajo si esta tarea se elimina?	
	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá	Chuletas	Corte chaufá
Transportar gavetas al área de producción	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Corte de chuletas en sierra eléctrica	Sí	--	Sí	--	Sí	--	x	--	x	--	--	Sí	--	--
Pesar porciones de 5 chuletas	Sí	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	Sí	--	--
Empaquetar porciones de chuletas	Sí	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	Sí	--	--
Quitar empaque plástico	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Cortar lomos en octavos	--	Sí	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Colocar mezcla de aliños	--	Sí	--	Sí	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Transportar a cuarto frío 1	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	Sí
Marinar cortes en cuarto frío 1	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	x	--	--	--	x
Transportar a hornos	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Colocar cortes en bandejas	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Colocar bandejas en horno	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Setear horno	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Hornear	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	x	--	x	--	--	--	x
Retirar bandejas del horno	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Transportar al área de producción	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Enfriar cortes	--	Sí	--	x	--	x	--	Sí	--	x	--	--	--	x
Trocear cortes	--	Sí	--	Sí	--	Sí	--	x	--	x	--	--	--	x
Pesar porciones de trozos de carne	--	Sí	--	x	--	x	--	x	--	x	--	--	--	x
Sellar porciones	Sí	Sí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Sí	Sí	x
Etiquetar porciones	Sí	Sí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Sí	Sí	x
Colocar paquetes en gavetas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Sí	Sí	x
Transportar gavetas a cuarto frío 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Sí	Sí	x

x: Respuesta negativa

--: Actividad no desarrollada para el producto analizado

**Tabla AVI.3.** Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de pollo

ACTIVIDADES	CREAN O GENERAN VALOR AL PRODUCTO									NO CREAN VALOR PERO SON INEVITABLES (MUDA TIPO I)									NO CREAN VALOR SEGÚN EL CLIENTE, PUEDEN Y DEBEN SER ELIMINADAS (MUDA TIPO II)							
	¿Entrega algo al producto?			¿Genera una ventaja competitiva?			¿El cliente estaría dispuesto a pagar más por el producto por realizar esta tarea?			¿Es requerida por Ley o alguna norma obligatoria?			¿Reduce el riesgo financiero para la empresa?			¿Proporciona información financiera importante?			¿El proceso se viene abajo si esta tarea se elimina?			1	2	3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Transportar gavetas al área de producción	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Retirar alas	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Retirar piernas y muslos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Transportar torsos a ganchos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Retirar piel y pechugas de torsos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cortar pedazos de pollo en trozos	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar trozos en Tumbler	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Retirar grasa sobrante	--	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Filetear pechugas	--	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pesar filetes	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar filetes en gavetas	--	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Transportar a área de aliños	--	x	x	--	x	x	--	x	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar mezcla de aliños	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Setear el Tumbler	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Marinar trozos en Tumbler	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar trozos gavetas	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Transportar a cuarto frío 1	--	x	x	--	x	x	--	x	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Marinar en cuarto frío 1	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Transportar a hornos	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar trozos en bandejas	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar bandejas en horno	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Setear horno	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Hornear	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Retirar bandejas del horno	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Transportar al área de producción	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Enfriar trozos	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Pesar porciones de trozos de pollo	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sellar porciones de trozos de pollo	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Transportar a mesa de empaque	--	x	--	--	x	--	--	x	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Agrupar 5 unidades de filetes	--	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Poner paquetes en fundas	--	Sí	--	--	Sí	--	--	Sí	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Colocar 5 presas en fundas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sellar fundas	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Etiquetar porciones	Sí	Sí	Sí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colocar paquetes en gavetas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Transportar gavetas a cuarto frío 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

1, 2, 3: Corte chaufá de pollo, filetes de pollo, presas de pollo

x: Respuesta negativa

--: Actividad no desarrollada para el producto analizado

**Tabla AVI.4. Identificación del flujo de valor en los procesos de producción de cárnicos, productos de res**

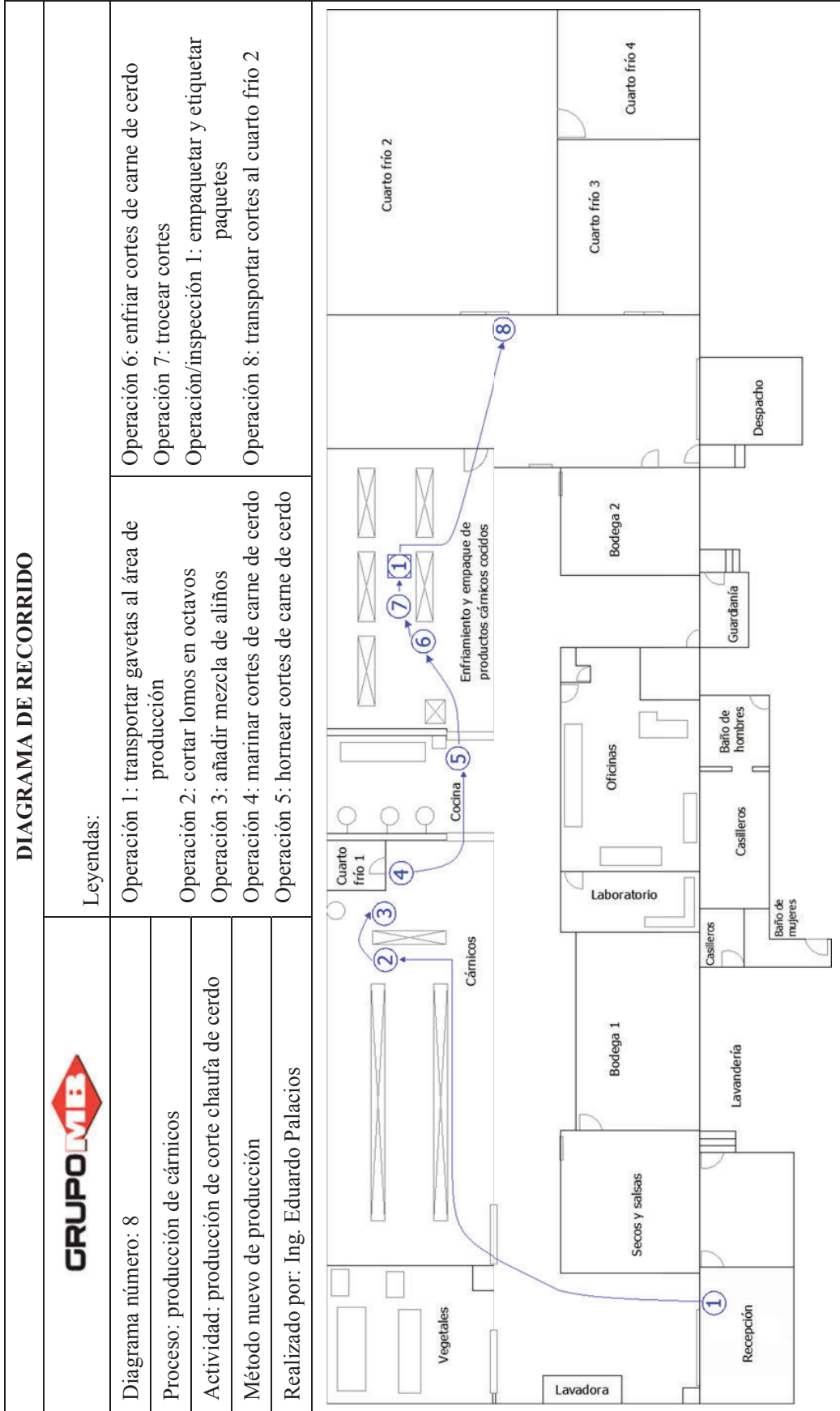
ACTIVIDADES	CREAN O GENERAN VALOR AL PRODUCTO				NO CREAN VALOR PERO SON INEVITABLES (MUDA TIPO I)				NO CREAN VALOR SEGÚN EL CLIENTE, PUEDEN Y DEBEN SER ELIMINADAS (MUDA TIPO II)					
	¿Entrega algo al producto?		¿Genera una ventaja competitiva?		¿El cliente estaría dispuesto a pagar más por el producto por realizar esta tarea?		¿Es requerida por Ley o alguna norma obligatoria?		¿Reduce el riesgo financiero para la empresa?		¿Proporciona información financiera importante?		¿El proceso se viene abajo si esta tarea se elimina?	
	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes	Corte chaufa	Filetes
Transportar gavetas al área de producción	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza manual de carne	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Limpieza en máquina de carne	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Corte manual	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Colocar cortes en mesa para empaquetar	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--
Pesar porciones de carne	Si	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--
Sellar porciones de carne	Si	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--
Pesar filetes	--	Si	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Tenderizar filetes	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si
Ablandamiento manual de carne	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si
Colocar filetes en gavetas	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Transportar gavetas a área de aliños	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Colocar mezcla de aliños	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si
Transportar a cuarto frío 1	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Marinar filetes en cuarto frío 1	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si	--	Si
Transportar a mesa de empaque	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Colocar filetes entre films plásticos	--	Si	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Poner paquetes en fundas	--	Si	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x	--	x
Etiquetar porciones de carne	Si	Si	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Colocar paquetes en gavetas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Transportar gavetas a cuarto frío 2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

x: Respuesta negativa  
 --: Actividad no desarrollada para el producto analizado

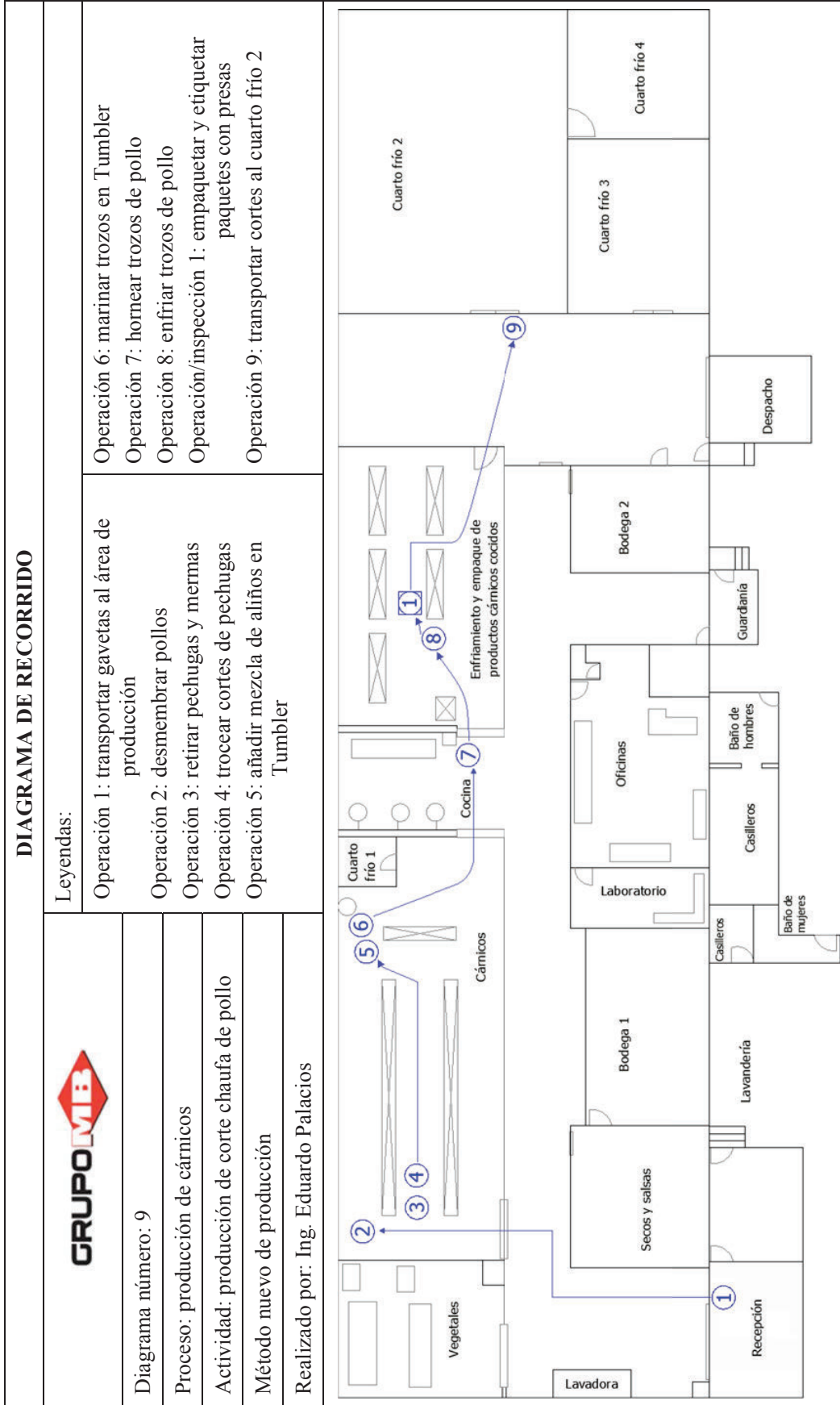
**ANEXO VII**

**DIAGRAMAS DE RECORRIDO DE LOS PROCESOS  
PRODUCTIVOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL  
SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**

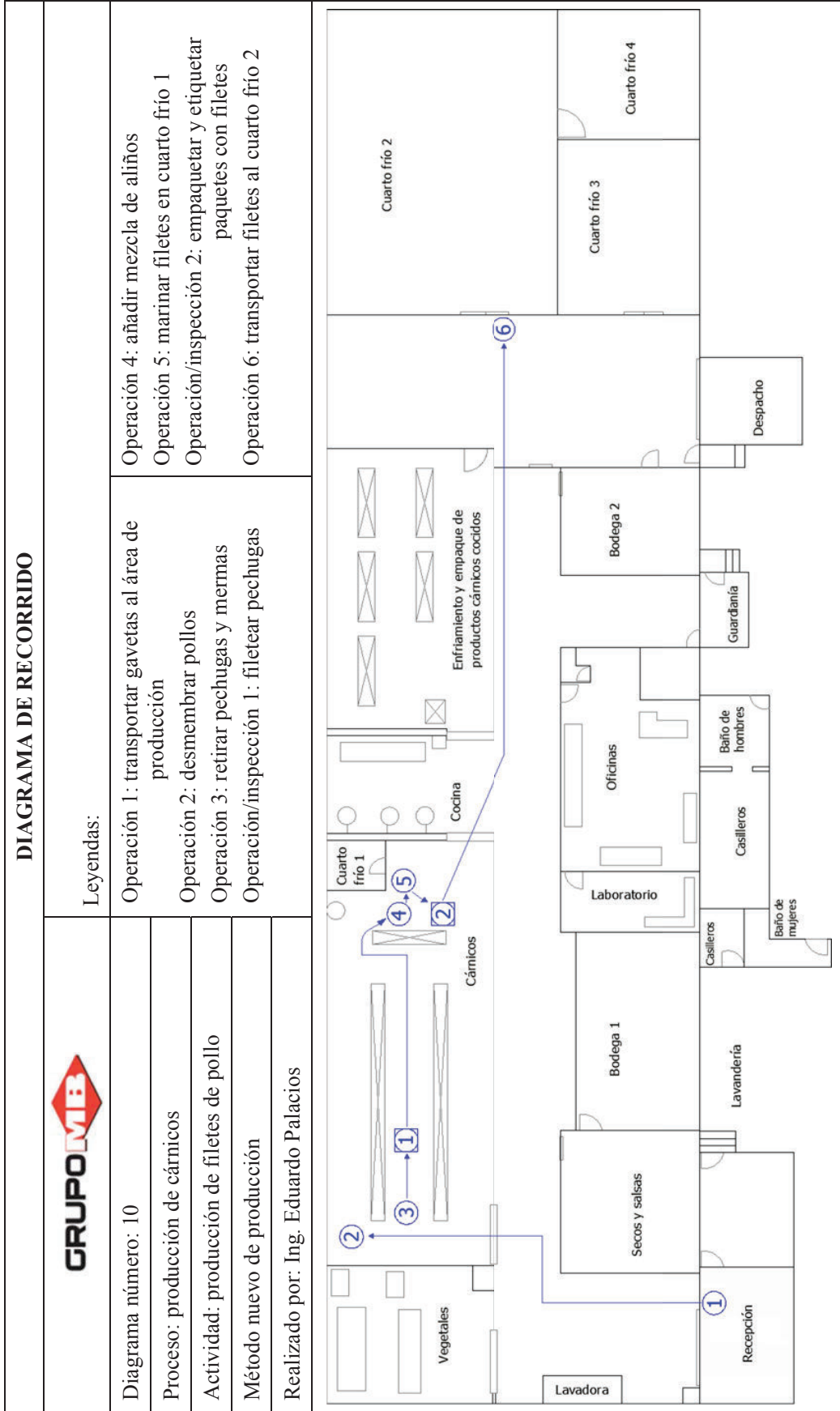




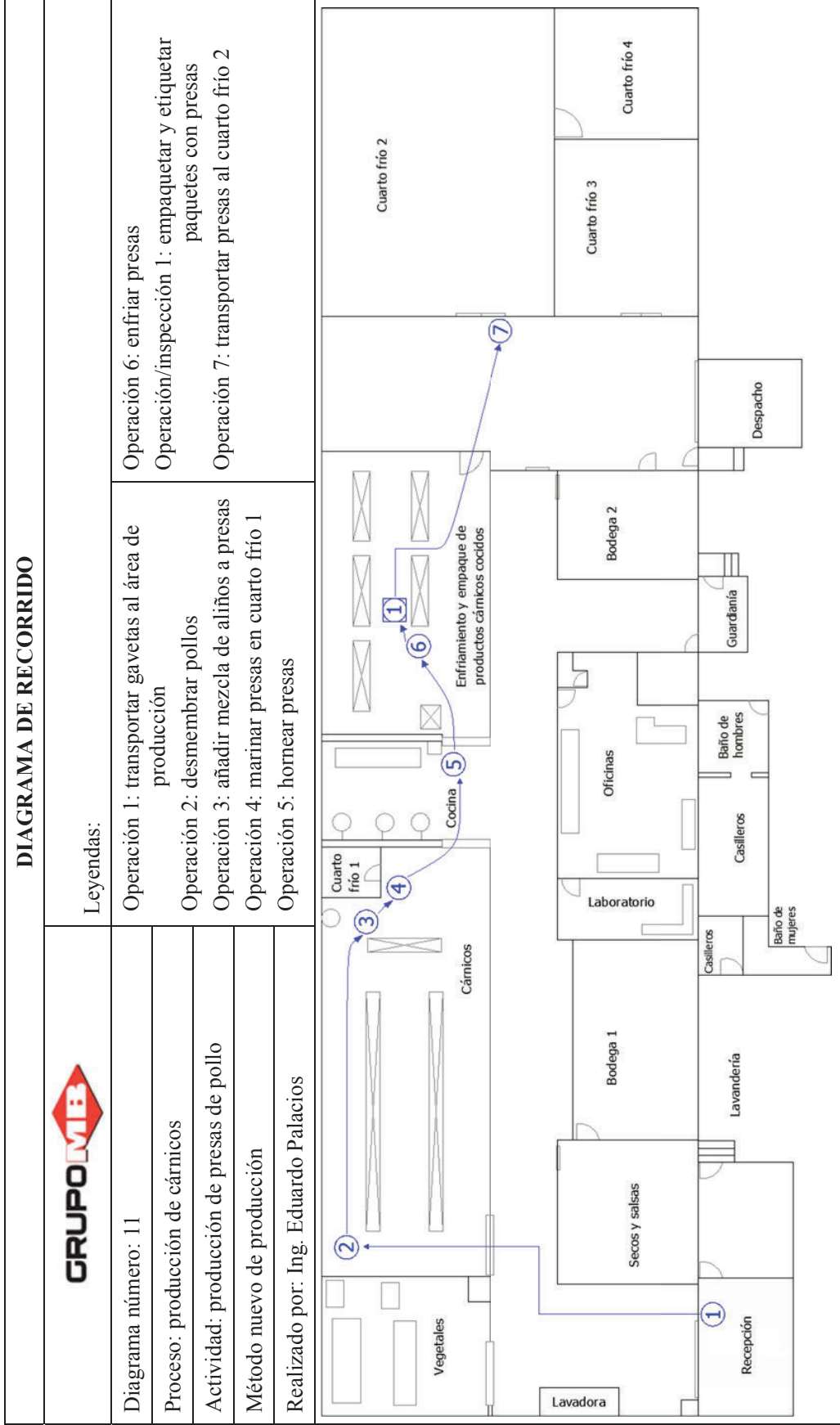
**Figura AVII.1.** Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de cerdo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta



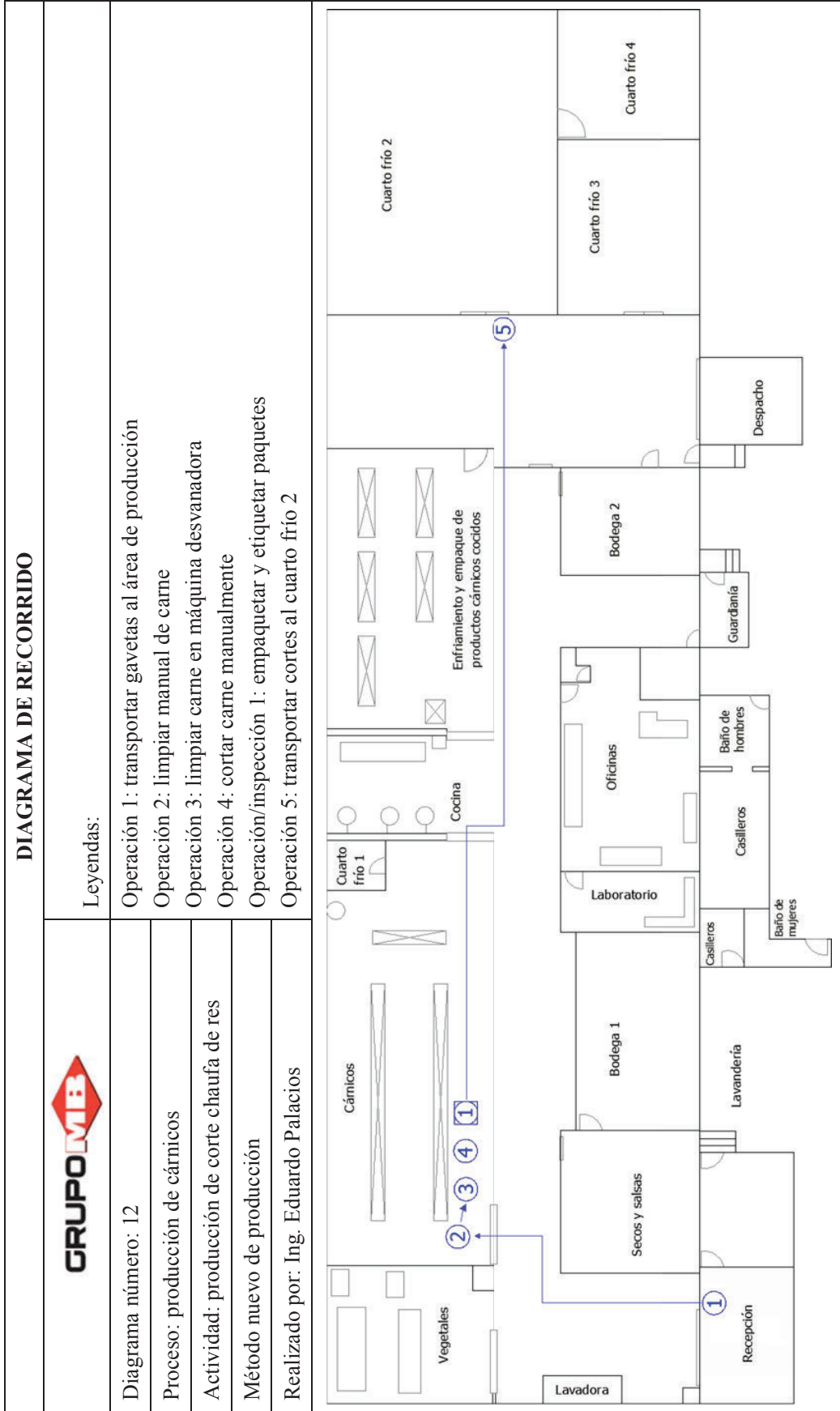
**Figura AVII.2.** Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta



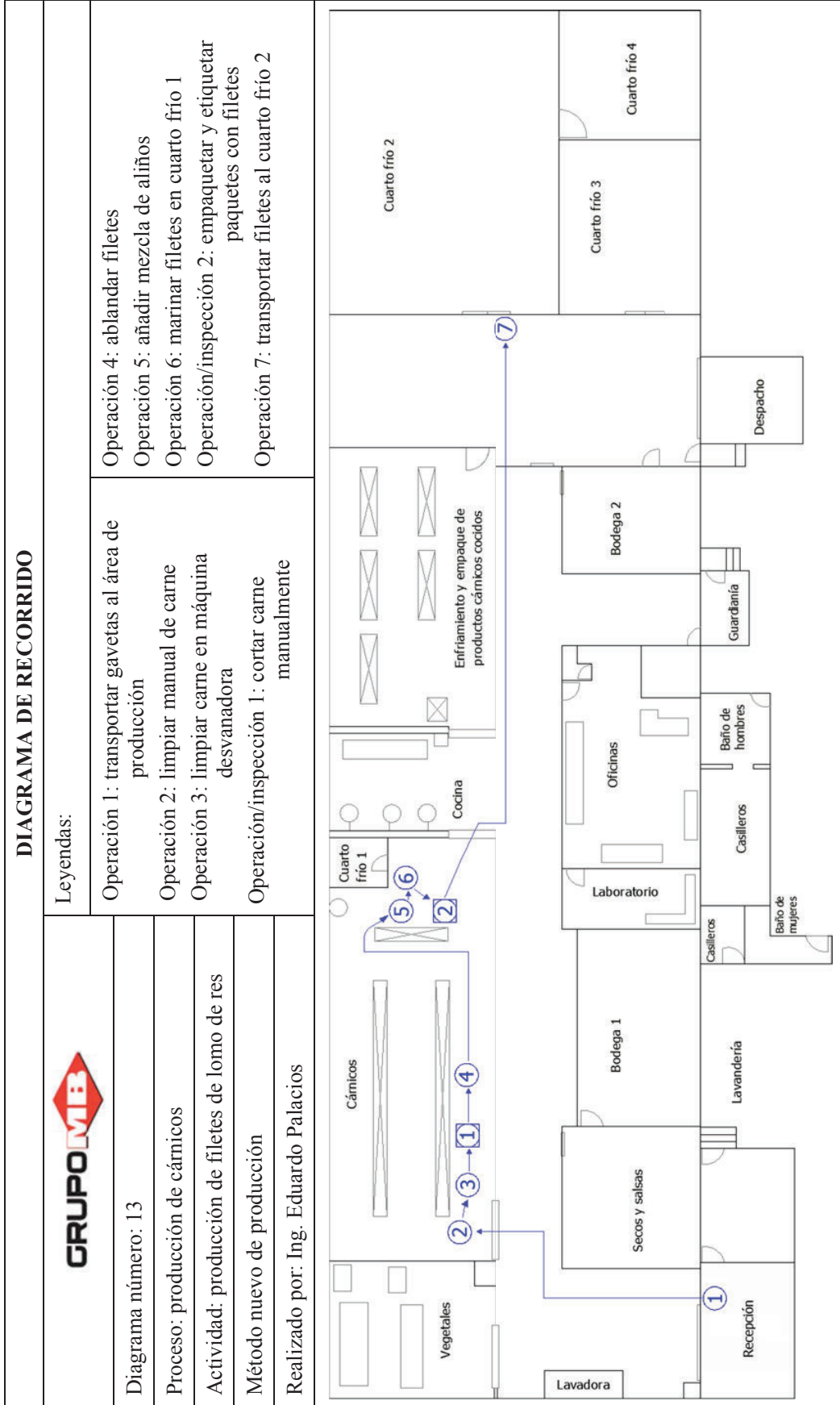
**Figura AVII.3.** Diagrama de recorrido de la producción de filetes de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AVII.4.** Diagrama de recorrido de la producción de presas de pollo, luego de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AVII.5.** Diagrama de recorrido de la producción de corte chaufa de res, luego de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AVII.6.** Diagrama de recorrido de la producción de filetes de lomo de res, luego de la implementación del sistema de producción esbelta

**ANEXO VIII**

**DIAGRAMAS HOMBRE - MÁQUINA, O DE ACTIVIDADES**

**MÚLTIPLES, DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DESPUÉS DE LA**

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**



DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES						
<b>GRUPO VIB</b>		Diagrama número: 8	Elementos analizados	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo inactivo (min)	Utilización
Proceso: producción de cárnicos		Grupo de operarios (3)		134,04	1 474,61	8,33%
Proceso: producción de corte chaufa de cerdo		Cuarto frío 1		1 440,00	168,65	89,52%
Método nuevo de producción		Hornos (3)		60,00	1 548,65	3,73%
Realizado por: Ing. Eduardo Palacios		Observaciones: valores promedios del muestreo		Tiempo de ciclo (min)		1 608,65
Tiempo (min)	Grupo de operarios (3)	Cuarto frío 1	Hornos (3)	Área de enfriamiento	Tiempo (min)	
5	Quitar empaque plástico				5	
10	Cortar lomos en octavos				10	
15	Quitar empaque plástico				15	
20	Cortar lomos en octavos				20	
25	Quitar empaque plástico				25	
30	Cortar lomos en octavos				30	
35	Quitar empaque plástico				35	
40	Cortar lomos en octavos				40	
	Colocar mezcla de alíños (5 veces)					
+ 24 h		Marinar cortes			+ 24 h	
5	Colocar cortes en bandejas				5	
10	Colocar bandejas en horno				10	
15					15	
25					25	
30			Hornear		30	
35					35	
40					40	
45	Retirar bandejas del horno				45	
50	Colocar cortes en bandejas			Enfriar	50	
55					55	
60	Trocear cortes				60	
65					65	
70			Hornear		70	
75	Pesar porciones				75	
80					80	
85	Retirar bandejas del horno				85	
90	Sellar porciones de trozos de carne			Enfriar	90	
95					95	
100	Trocear cortes				100	
105					105	
110					110	
115	Pesar porciones				115	
120					120	
125	Sellar porciones de trozos de carne				125	
130					130	

Figura AVIII.1. Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de cerdo, después de la implementación del sistema de producción esbelta



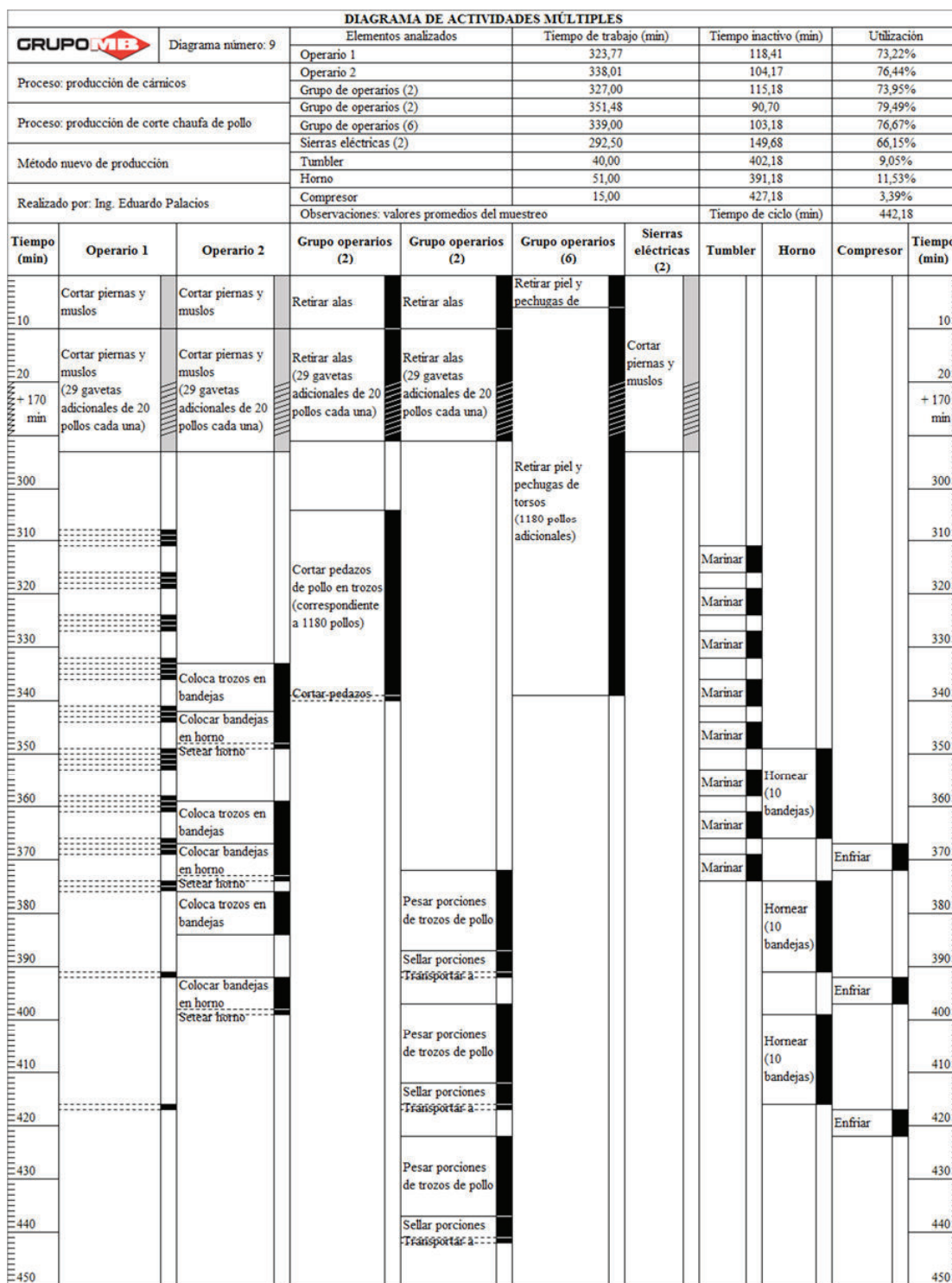


Figura AVIII.2. Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

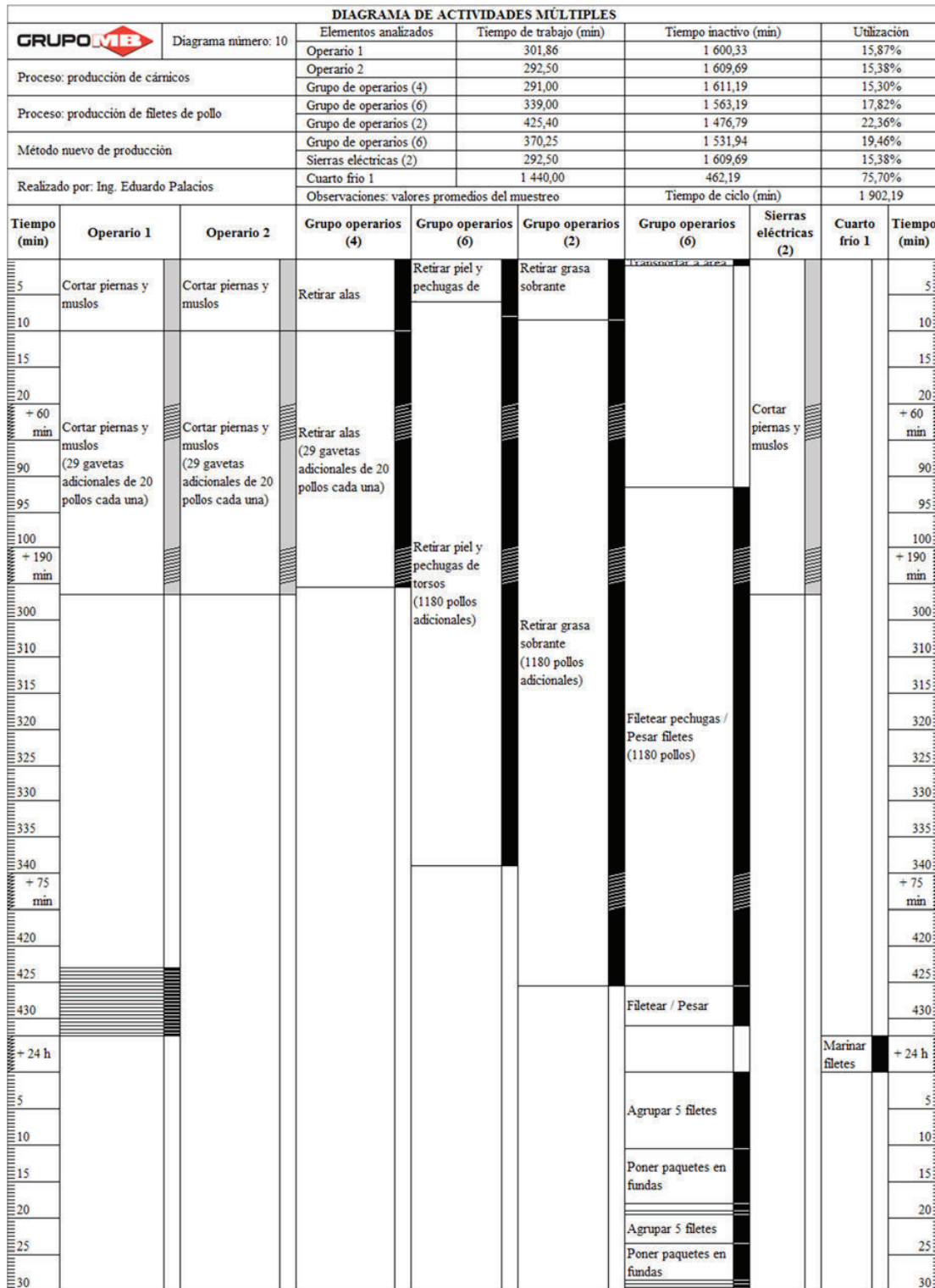


Figura AVIII.3. Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta

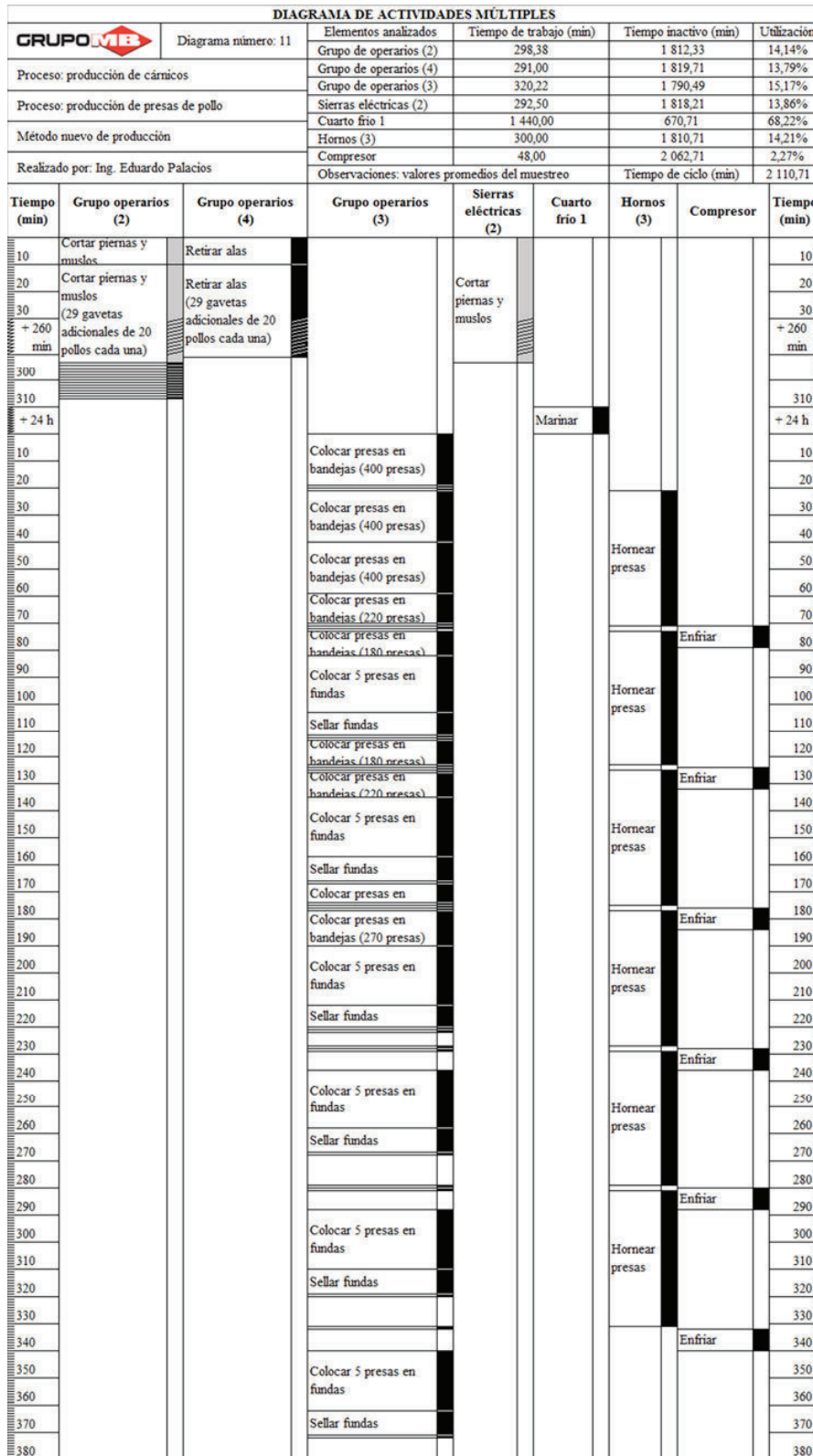
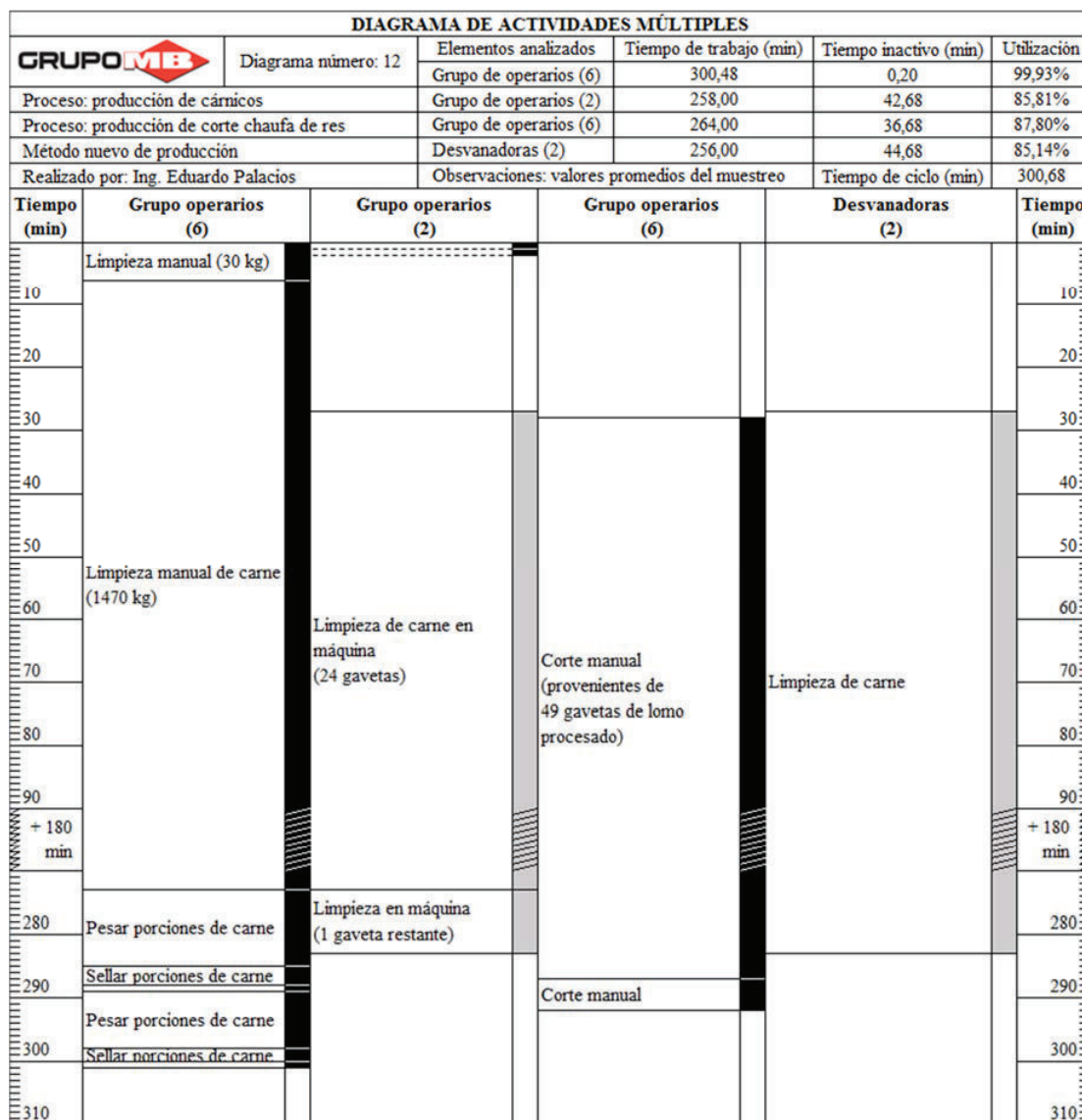


Figura AVIII.4. Diagrama de actividades múltiples para la producción de presas de pollo, después de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AVIII.5.** Diagrama de actividades múltiples para la producción de corte chaufa de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta



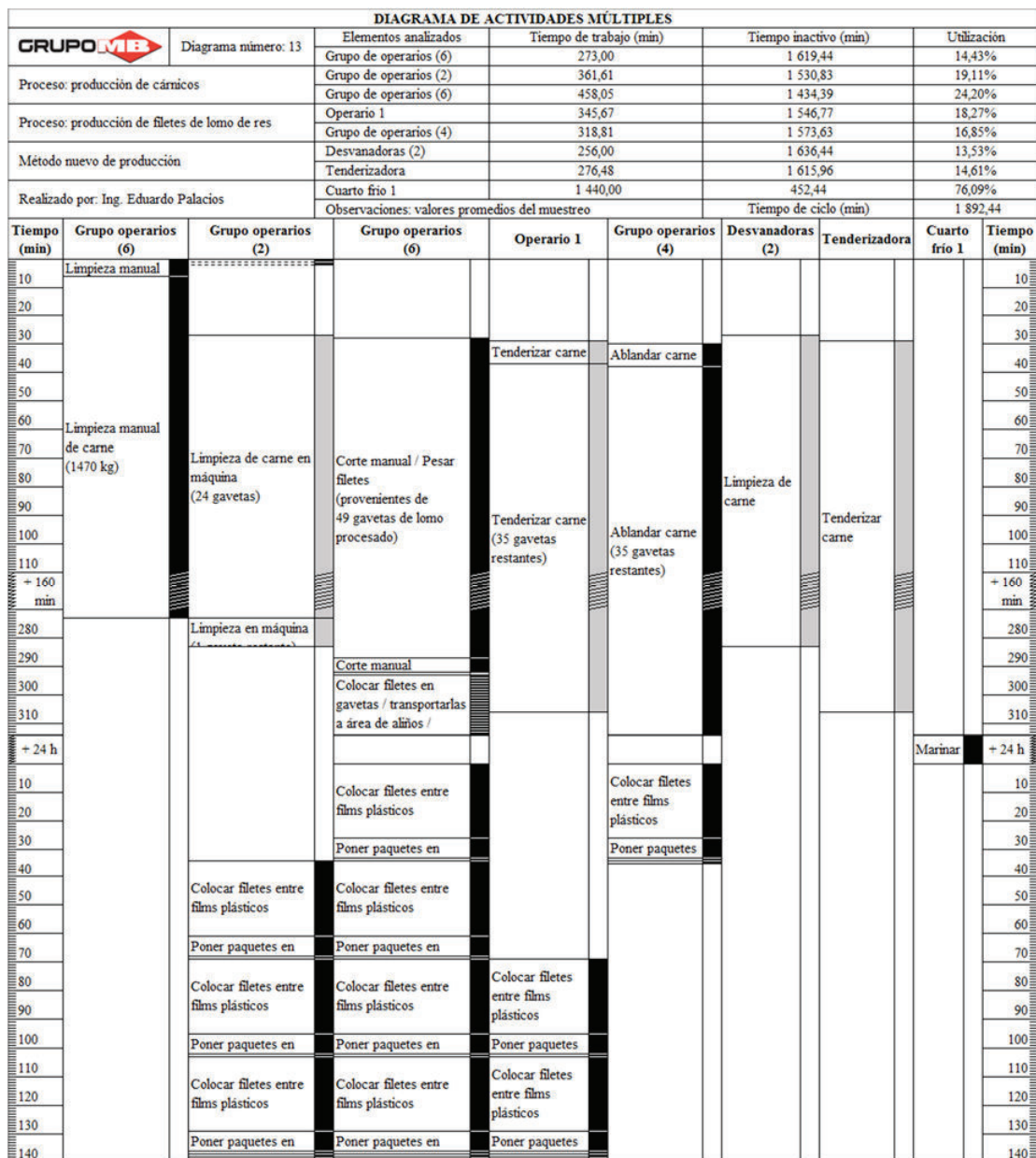


Figura AVIII.6. Diagrama de actividades múltiples para la producción de filetes de lomo de res, después de la implementación del sistema de producción esbelta

**ANEXO IX**

**FOTOGRAFÍAS DE LOS PROCESOS ANTES Y DESPUÉS DE LA  
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA**



**Figura AIX.1.** Fotografías del procesamiento de vegetales antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AIX.2.** Fotografías del procesamiento de cárnicos antes de la implementación del sistema de producción esbelta





**Figura AIX.3.** Fotografías del procesamiento de cárnicos después de la implementación del sistema de producción esbelta





**Figura AIX.4.** Fotografías de las bodegas antes y después de la implementación del sistema de producción esbelta



**Figura AIX.5.** Fotografía de las pausas activas implementadas bajo la guía de los líderes de cada área

**ANEXO X**

**AUTORIZACIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE  
TRABAJO DE TESIS POR PARTE DE LOS DIRECTIVOS DE LA  
EMPRESA MAYFLOWER BUFFALOS S.A.**

Quito, 29 de mayo de 2015

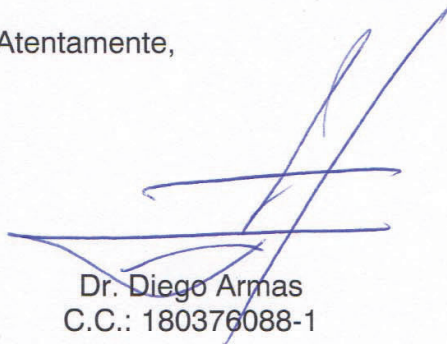
Señor Ingeniero  
Ernesto de la Torre, PhD  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
Presente:

Dr. Diego Fernando Armas Medina, Representante Legal de MB Mayflower Buffalos S.A., me permito informar que el Ing. Eduardo Javier Palacios Jiménez, portador de la cédula de ciudadanía 171742494-7, está autorizado a desarrollar su trabajo de tesis en la empresa y que se centra en mejorar la productividad de la planta Productora de Alimentos PRODUAL mediante la implementación de un sistema de producción esbelta.

Para esto puede hacer uso de la información de la empresa, necesaria para efectuar su investigación, y presentar su trabajo de tesis en la Escuela Politécnica Nacional.

Por la atención brindada a la presente le anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,



Dr. Diego Armas  
C.C.: 180376088-1

 **GRUPO MB**  
Mayflower Buffalos S.A.



Quito, 29 de mayo de 2015

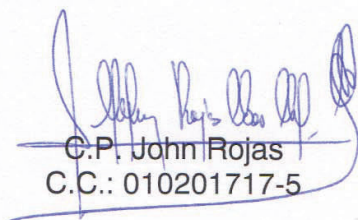
Señor Ingeniero  
Ernesto de la Torre, PhD  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
Presente:

C.P. John Felipe Rojas Torres, Controlador Nacional de MB Mayflower Buffalos S.A., me permito informar que el Ing. Eduardo Javier Palacios Jiménez, portador de la cédula de ciudadanía 171742494-7, está autorizado a desarrollar su trabajo de tesis en la empresa y que se centra en mejorar la productividad de la planta Productora de Alimentos PRODUAL mediante la implementación de un sistema de producción esbelta.

Para esto puede hacer uso de la información de la empresa, necesaria para efectuar su investigación, y presentar su trabajo de tesis en la Escuela Politécnica Nacional.

Por la atención brindada a la presente le anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,



C.P. John Rojas  
C.C.: 010201717-5

 **GRUPO MB**  
Mayflower Buffalos S A

Quito, 19 de junio de 2015

Señor Ingeniero  
Ernesto de la Torre, PhD  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
Presente:

Ing. Mauricio Germán Arrata Maldonado, Gerente General de MB Mayflower Buffalos S.A., me permito informar que el Ing. Eduardo Javier Palacios Jiménez, portador de la cédula de ciudadanía 171742494-7, está autorizado a desarrollar su trabajo de tesis en la empresa y que se centra en mejorar la productividad de la planta Productora de Alimentos PRODUAL mediante la implementación de un sistema de producción esbelta.

Para esto puede hacer uso de la información de la empresa, necesaria para efectuar su investigación, y presentar su trabajo de tesis en la Escuela Politécnica Nacional.

Por la atención brindada a la presente le anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,



Ing. Mauricio Arrata  
C.C.: 170646297-3

