

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1 Introducción	3
1.1 Descripción de la organización	3
1.2 Estructura organizacional	4
1.3 Lugar de aplicación.....	5
1.4 Descripción de los procesos.....	5
1.4.1 Transporte.....	5
1.4.2 Vaciado.....	8
1.4.3 Pre-calibre.....	8
1.4.4 Lavado y secado	8
1.4.5 Encerado y aplicación.....	8
1.4.6 Secado en horno	9
1.4.7 Selección.....	9
1.4.8 Calibraje fruta comercial	9
1.4.9 Calibraje y pesaje.....	9
1.4.10 Selección y embalaje	9
1.5 Planteamiento del problema.....	10
1.6 Objetivo general.....	12
1.7 Objetivos específicos	12
1.8 Resultados esperados	12
1.9 Alcance del proyecto	13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	14
2 Marco teórico	15
2.1 Diagrama de flujo	15
2.2 Distribución de planta (<i>Layout</i>)	16
2.3 Diagrama de Pareto.....	17
2.4 Análisis de datos	17
2.4.1 Variabilidad en el proceso productivo.....	17
2.4.2 Test de bondad.....	18
2.5 Medición del trabajo	20
2.5.1 Muestreo de trabajo	22

2.5.2	Estimación estructurada.....	25
2.5.3	Estudio de tiempos	25
2.5.4	Normas de tiempo predeterminadas	28
2.6	Muestreo estratificado.....	31
2.7	Rediseño de procesos.....	32
2.8	Qué es la simulación	33
2.8.1	¿Por qué simular?	33
2.8.2	Cuando simular.....	33
2.8.3	Problemas de la simulación	34
2.8.4	Áreas de aplicación de la simulación	34
2.8.5	Primeras simulaciones	35
2.8.6	Terminología de la simulación	35
2.8.7	Etapas de una simulación	38
2.9	Validación del modelo de simulación.....	41
2.9.1	Métodos de validación.....	41
2.10	Metodología.....	46
2.11	Carta Gantt.....	47
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA		49
3	Problemas detectados en packing.....	50
3.1	Tiempos muertos.....	50
3.1.1	Tiempos muertos de operación y proceso	52
3.1.2	Tiempos muertos por fallas mecánicas.....	53
3.1.3	Tiempos muertos asociados al personal	54
3.2	Ausentismo del personal	55
CAPÍTULO 4: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELO DE SIMULACIÓN		59
4	Recolección y procesamiento de los datos.....	60
4.1	Datos de entrada del modelo.....	60
4.2	Ingreso de bins por variedad	60
4.3	Ingreso de bins por productor	61
4.4	Distribución de probabilidad por ingreso de bins al sistema	63
4.5	Cantidad de trabajadoras en la línea	64
4.6	Minutos de pérdida	65

CAPITULO 5: ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES	66
5 Estudio de tiempos de los procesos.....	67
5.1 Tiempos de operación en el proceso de selección	67
5.1.1 Cálculo del tiempo operacional del proceso de selección	69
5.2 Tiempo de operación en el proceso de embalaje	70
5.2.1 Tiempos de operación en el proceso de embalaje tray pack.....	71
5.3 Tiempos muertos en el proceso	92
CAPITULO 6: PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS PARA EL MODELO	94
6 Parámetros complementarios para el modelo de simulación	95
6.1 Velocidad de la línea.....	95
6.2 Capacidad de los equipos.....	96
6.3 Cantidad de trabajadores en la línea por estación	97
6.4 Dimensiones de la línea	97
6.5 Calidad de la manzana	98
6.6 Clasificación de las manzanas	99
6.6.1 Pre-calibre.....	99
6.6.2 Desecho	99
6.6.3 Comercial	99
6.7 Características de no conformidad.....	101
CAPÍTULO 7: CONFECCIÓN DEL MODELO MEDIANTE SIMULACIÓN.....	103
7 Traducción del modelo mediante simulación.....	104
7.1 Software ARENA	104
7.1.1 Conceptos generales	104
7.2 Descripción del modelo	106
7.2.1 Vaciado.....	106
7.2.2 Pre-selección.....	108
7.2.3 Selección.....	109
7.2.4 Calibraje	110
7.2.5 Embalaje.....	110
7.3 Entidades del modelo.....	112
7.3.1 Manzanas de ingreso al sistema.....	112
7.3.2 Fruta calidad pre-calibre.....	113

7.3.3	Fruta calidad desecho	113
7.3.4	Fruta calidad comercial	114
7.3.5	Fruta calidad exportación	115
7.3.6	Bandeja de manzanas.....	115
7.3.7	Cajas embaladas	116
CAPÍTULO 8: VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN		117
8	Validación	118
8.1	Problemas de la validación	118
8.1.1	Cantidad de entidades	118
8.1.2	Capacidad computacional del equipo	118
8.1.3	Proceso estándar	119
8.1.4	Datos de entrada para el modelo.....	119
8.2	Número de réplicas	120
8.3	Validación del modelo variedad Gala.....	122
8.4	Validación del modelo variedad Fuji.....	124
8.5	Validación del modelo variedad Granny Smith.....	125
8.6	Validación del modelo variedad Cripps Pink	127
8.7	Validación del modelo variedad Rojas	128
8.8	Validación del modelo variedad Braeburn	130
CAPÍTULO 9: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS		133
9	Análisis de los resultados y realización de experimentos	134
9.1	Análisis de resultados	134
9.2	Realización de experimentos	136
9.2.1	Eliminar los cambios de variedades y de productor a través de un plan de producción y eliminación de las fallas del calibrador	136
9.2.2	Trabajar a la capacidad instalada en embalaje tray pack.....	138
9.2.3	Aumentar en cinco la cantidad de tray packs y trabajar a la capacidad de embalaje 141	
CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES DE LAS PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES		145
10	Análisis de las propuestas y recomendaciones	146
10.1	Análisis de las propuestas	146
10.2	Recomendaciones	146

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Periodo de cosecha variedad de manzanas.....	4
Ilustración 2: Organigrama FRUTASOL	6
Ilustración 3: Organigrama área de operaciones FRUTASOL.....	7
Ilustración 4: Diagrama proceso de packing de manzanas.....	11
Ilustración 5: Simbología diagrama de flujo	15
Ilustración 6: Variabilidad.....	18
Ilustración 7: Micromovimientos comunes en tablas MTM	29
Ilustración 8: Diagrama metodología de simulación.....	42
Ilustración 9: Carta Gantt parte I.....	47
Ilustración 10: Carta Gantt parte II.....	48
Ilustración 11: Carta Gantt parte III	48
Ilustración 12: Carta Gantt parte IV	48
Ilustración 13: Layout línea de producción área de packing	107
Ilustración 14: Inicio del proceso	108
Ilustración 15: Proceso de vaciado	108
Ilustración 16: Eliminación fruta pre-calibre.....	109
Ilustración 17: Eliminación fruta desecho y comercial	110
Ilustración 18: Proceso de calibrage.....	110
Ilustración 19: Embalaje tray pack	111
Ilustración 20: Embalaje tómbolas	111
Ilustración 21: Bin de ingreso al sistema.....	112
Ilustración 22: Bin vacío	112
Ilustración 23: Representación manzanas pre-calibre	113
Ilustración 24: Representación bins manzana pre-calibre	113
Ilustración 25: Representación manzanas de desecho	114
Ilustración 26: Representación bins manzana desecho.....	114
Ilustración 27: Representación manzana comercial	114
Ilustración 28: Representación bins manzana comercial.....	115
Ilustración 29: Representación manzana de exportación	115
Ilustración 30: Bandeja de manzanas	116

Ilustración 31: Caja de manzanas	116
--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Movimientos predeterminados	30
Tabla 2: Registro según variedad	61
Tabla 3: Registro según productor	62
Tabla 4: Datos para el cálculo del TMU para el proceso de selección.....	69
Tabla 5: Resumen resultados tiempos de operación proceso de selección.....	70
Tabla 6: Movimientos característicos de las tapadoras con sus respectivos tiempos en TMU	82
Tabla 7: Velocidades de la línea.....	96
Tabla 8: Capacidad de los equipos	96
Tabla 9: Número de trabajadores por proceso.....	97
Tabla 10: Dimensiones de la línea.....	98
Tabla 11: Kilogramos de la simulación.....	120
Tabla 12: Parámetros necesarios para el cálculo del número de réplicas.....	120
Tabla 13: Kilogramos simulados para las diferentes variedades.....	121
Tabla 14: Resumen de parámetros y número mínimo de réplicas para las variedades de manzanas	122
Tabla 15: Producción real aproximada v/s producción simulada por variedad.....	135
Tabla 16: Variación de la producción eliminando los tiempos de desperdicio de cambio variedad y fallas del calibrador.....	137
Tabla 18: Comparación kilos diarios de producción	140
Tabla 19: Comparación aumento de producción escenario real.....	140
Tabla 20: Producción inicial v/s producción propuesta de mejora.....	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fuentes de pérdida de tiempo temporada 2017	51
Gráfico 2: Fuentes de pérdida de tiempo temporada actual	52
Gráfico 3: Pérdida de tiempo de operación y procesos	53
Gráfico 4: Pérdida de tiempo por fallas mecánicas	54
Gráfico 5: Pérdida de tiempo asociados al personal.....	55
Gráfico 6: Diagrama de Pareto tiempos muertos.....	56
Gráfico 7: Asistencia personal área selección	57
Gráfico 8: Asistencia personal área de embalaje.....	57
Gráfico 9: Porcentaje de procesamiento por variedad.....	61
Gráfico 10: Porcentaje de procesamiento por productor	62
Gráfico 11: Distribución ingreso de bins a producción	64
Gráfico 12: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Gala	73
Gráfico 13: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Fuji	74
Gráfico 14: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Granny Smith	76
Gráfico 15: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Cripps Pink.....	77
Gráfico 16: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Roja	78
Gráfico 17: Distribución del tiempo de llenado de bandejas variedad Braeburn.....	80
Gráfico 18: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Gala.....	85
Gráfico 19: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Fuji.....	86
Gráfico 20: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Granny Smith.....	87
Gráfico 21: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Cripps Pink	89
Gráfico 22: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Roja.....	90
Gráfico 23: Distribución del tiempo de llenado de cajas en tómbolas variedad Braeburn ..	91
Gráfico 24: Distribución tiempos muertos inicio del proceso	92
Gráfico 25: Distribución tiempos muertos falla del calibrador	93
Gráfico 26: Distribución tiempos muertos personal de embalaje.....	93
Gráfico 27: Porcentaje efectivo de trabajo	134

Gráfico 28: Utilización de los principales recursos de la línea con propuesta de eliminación tiempos muertos de cambio de productor y fallas del calibrador	138
Gráfico 29: Porcentaje de la producción máxima que se puede alcanzar idealmente	139
Gráfico 30: Utilización de los principales recursos de la línea con propuesta de trabajar a la capacidad instalada de los tray pack.....	141
Gráfico 31: Ahorro mensual con la propuesta.....	143
Gráfico 32: Comparación del ahorro con la inversión	143
Gráfico 33: Utilización de los principales recursos de la línea con la propuesta de aumentar cinco tray packs	144

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula Chi-cuadrado	20
Ecuación 2: Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento.....	22
Ecuación 3: Cálculo del número de observaciones	23
Ecuación 4: Fórmula para estimar tamaño de la muestra.....	23
Ecuación 5: Fórmula para calcular el tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población	24
Ecuación 6: Fórmula para calcular el tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población utilizando la desviación estándar	24
Ecuación 7: Cálculo del tamaño de la muestra.....	27
Ecuación 8: Cálculo del rango.....	28
Ecuación 9: Media aritmética.....	28
Ecuación 10: Cociente rango/media	28
Ecuación 11: Cálculo de los elementos del estrato.....	31
Ecuación 12: Calculo de los elementos del estrato con variabilidad.....	32
Ecuación 13: Fórmula combinada	43
Ecuación 14: Calculo t-student.....	44
Ecuación 15: Condición de rechazo	44
Ecuación 16: Estadístico de prueba para varianzas diferentes	44
Ecuación 17: Grados de libertad.....	44

Ecuación 18: Tamaño de la muestra.....	45
Ecuación 19: Número de simulaciones	45
Ecuación 20: Tiempo de operación para fruta comercial	70
Ecuación 21: Tiempo de operación para fruta de desecho	70
Ecuación 22: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	72
Ecuación 23: Cálculo de la desviación estándar.....	72
Ecuación 24: Cálculo del tamaño de la muestra.....	72
Ecuación 25: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	73
Ecuación 26: Cálculo de la desviación estándar.....	73
Ecuación 27: Cálculo del tamaño de la muestra.....	74
Ecuación 28: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	75
Ecuación 29: Cálculo de la desviación estándar.....	75
Ecuación 30: Cálculo del tamaño de la muestra.....	75
Ecuación 31: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	76
Ecuación 32: Cálculo de la desviación estándar.....	76
Ecuación 33: Cálculo del tamaño de la muestra.....	77
Ecuación 34: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	77
Ecuación 35: Cálculo de la desviación estándar.....	78
Ecuación 36: Cálculo del tamaño de la muestra.....	78
Ecuación 37: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	79
Ecuación 38: Cálculo de la desviación estándar.....	79
Ecuación 39: Cálculo del tamaño de la muestra.....	79
Ecuación 40: Tiempo de operación para fruta comercial	81
Ecuación 41: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	81
Ecuación 42: Cálculo de la desviación estándar.....	81
Ecuación 43: Cálculo del tamaño de la muestra.....	83
Ecuación 44: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	84
Ecuación 45: Cálculo de la desviación estándar.....	84
Ecuación 46: Cálculo del tamaño de la muestra.....	84
Ecuación 47: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	85
Ecuación 48: Cálculo de la desviación estándar.....	85

Ecuación 49: Cálculo del tamaño de la muestra.....	86
Ecuación 50: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	86
Ecuación 51: Cálculo de la desviación estándar.....	87
Ecuación 52: Cálculo del tamaño de la muestra.....	87
Ecuación 53: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	88
Ecuación 54: Cálculo de la desviación estándar.....	88
Ecuación 55: Cálculo del tamaño de la muestra.....	88
Ecuación 56: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	89
Ecuación 57: Cálculo de la desviación estándar.....	89
Ecuación 58: Cálculo del tamaño de la muestra.....	90
Ecuación 59: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar	90
Ecuación 60: Cálculo de la desviación estándar.....	91
Ecuación 61: Cálculo del tamaño de la muestra.....	91
Ecuación 62: Fórmula para el cálculo de la muestra	100
Ecuación 63: Cantidad de minutos a medir para el cálculo de manzanas	100
Ecuación 64: Cantidad de manzanas diarias de embalaje a comercial.....	101
Ecuación 65: Porcentaje de fruta que se elimina de la línea en el proceso de embalaje	101
Ecuación 66: Porcentaje de fruta que se elimina de la línea en el proceso de selección....	101
Ecuación 67: Número de réplicas.....	121
Ecuación 68: Cálculo de grados de libertad	122
Ecuación 69: Cálculo del t de comparación	123
Ecuación 70: Cálculo de grados de libertad	124
Ecuación 71: Cálculo del t de comparación	125
Ecuación 72: Cálculo de grados de libertad	126
Ecuación 73: Cálculo del t de comparación	126
Ecuación 74: Cálculo de grados de libertad	127
Ecuación 75: Cálculo del t de comparación	128
Ecuación 76: Cálculo de grados de libertad	129
Ecuación 77: Cálculo del t de comparación	130
Ecuación 78: Cálculo de grados de libertad	131
Ecuación 79: Cálculo del t de comparación	131

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla para el cálculo del número de observaciones.....	151
Anexo 2: Tabla micromovimiento alcanzar.....	152
Anexo 3: Tabla micromovimiento coger.....	152
Anexo 4: Tabla micromovimiento mover	153
Anexo 5: Tabla micromovimiento soltar.....	153
Anexo 6: Tabla micromovimiento movimientos oculares	154
Anexo 7: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Gala	154
Anexo 8: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Fuji	154
Anexo 9: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Granny Smith.....	155
Anexo 10: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Cripps Pink.....	155
Anexo 11: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Rojas	155
Anexo 12: Muestreo preliminar llenado de bandejas variedad Braeburn	155
Anexo 13: Muestreo preliminar llenado de cajas con bandejas y tapado de cajas	156
Anexo 14: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Gala	156
Anexo 15: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Fuji.....	156
Anexo 16: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Granny Smith	156
Anexo 17: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Cripps Pink.....	157
Anexo 18: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Roja	157
Anexo 19: Muestreo preliminar llenado de cajas en tómbolas variedad Braeburn	157
Anexo 20: Manzanas por minuto para determinar la cantidad de fruta comercial del proceso de embalaje.....	157
Anexo 21: Distribución de entrada de bins temporada 2017	158
Anexo 22: Distribución de entrada de bins temporada 2018 (parte de la temporada)	158
Anexo 23: Tabla t-student parte I.....	159
Anexo 24: Tabla t-student parte II	160
Anexo 25: Identificador del gasto para determinar la conveniencia de la propuesta	161
Anexo 26: Tabla indicadora del ahorro para el cálculo del retorno de la inversión	162

GLOSARIO

Packing: Corresponde al proceso de empaque, embalaje y envase, los cuales se originan desde el momento en que el producto posee propiedades físicas, comportamientos químicos y biológicos que deben considerarse para la decisión de presentación frente al consumidor y consecuentemente en su introducción en cadenas de abastecimiento logísticas y de distribución.

Pallet: es una estructura horizontal rígida, confeccionada principalmente de madera, utilizados para apilar objetos, lo cual permite el fácil transporte de la carga a través de grúas hidráulicas.

Paletizaje: es la acción de disponer mercancía sobre un *pallet* para su almacenaje o distribución.

Software: conjunto de programas o rutina que permiten a la computadora realizar determinadas actividades.

Tómbola: corresponde a una estructura metálica circular que se ubica al final de una cinta transportadora en el proceso de embalaje, en la cual cae la manzana para que posteriormente sea tomada y embalada por el personal.

Tray pack: se le denomina tray pack a un tipo de bandeja, pero en procesos de embalaje de fruta corresponde al proceso de llenado de bandejas con frutas, para que posteriormente al final de la línea dichas bandejas sean depositadas en cajas.