

---

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Lugar de aplicación.....	2
1.2 Descripción de la Problemática .....	7
1.2.1 Variedad de producción.....	7
1.2.2 Variabilidad de personal.....	8
1.3 Objetivo General.....	9
1.4 Objetivos Específicos .....	9
1.5 Resultados Esperados .....	10
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN .....	11
2.1 Las 7 herramientas básicas de calidad .....	12
2.1.1 Diagrama de Causa - Efecto .....	12
2.1.2 Diagrama de flujo .....	12
2.1.3 Hojas de verificación .....	12
2.1.4 Diagrama de Pareto .....	12
2.1.5 Histogramas .....	12
2.1.6 Diagramas o gráficos de control.....	13
2.1.7 Diagramas de dispersión.....	13
2.2 Definición de Eficiencia .....	13
2.3 Definición de Data Envelopment Analysis.....	14
2.4 Clasificación de modelos DEA.....	15
2.4.1 Modelo BCC – Multiplicadores .....	17
2.4.2 Modelo BCC – Envolvente .....	17
2.4.3 Modelo BCC - Variables no discrecionales .....	19

---

2.4.4	Ventajas de la aplicación del modelo DEA .....	20
2.4.5	Desventajas de la aplicación del modelo DEA.....	20
2.5	Método Stepwise.....	21
2.6	Sistema Westinghouse .....	22
2.6.1	Definición de Habilidad.....	22
2.6.2	Definición de Esfuerzo .....	23
2.6.3	Definición de Condiciones .....	24
2.6.4	Definición de Consistencia.....	25
2.7	Diagramas lógicos y leguajes de programación.....	27
2.8	Evaluación económica .....	28
2.9	Metodología de solución.....	28
2.9.1	Levantamiento de datos .....	28
2.9.2	Análisis de información.....	28
2.9.3	Revisión bibliográfica .....	29
2.9.4	Plan de acción.....	29
2.9.5	Entrega de Resultados .....	29
CAPÍTULO 3 : DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		31
3.1	Evaluación del personal proceso.....	32
3.1.1	Diagrama causa-efecto .....	33
3.2	Evaluación del tiempo de producción.....	35
3.3	Evaluación de la producción.....	37
3.4	Alcances operacionales .....	39
3.5	Conclusiones .....	39
CAPÍTULO 4 : análisis de eficiencia .....		41
4.1	Introducción al Análisis de Eficiencia por línea .....	42

---

4.2	Determinación de Variables.....	43
4.3	Correlación de las variables.....	44
4.4	VARIABLES DE ENTRADA.....	46
4.4.1	Dotación del personal.....	46
4.4.2	Tiempo efectivo de trabajo.....	46
4.4.3	Kilogramos ingresados.....	47
4.5	VARIABLES DE SALIDA.....	47
4.5.1	Cantidad de Cajas producidas.....	47
4.5.2	Porcentaje de Exportación final.....	47
4.6	Factores a considerar en el Análisis de Eficiencia.....	48
4.7	Análisis de Eficiencia Línea 1.....	48
4.7.1	Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 1.....	48
4.7.2	Análisis de eficiencia variedad Fuji en línea 1.....	49
4.8	Análisis de Eficiencia Línea 2.....	50
4.8.1	Análisis de eficiencia variedad Pera en línea 2.....	50
4.8.2	Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 2.....	51
4.9	Metas de procesos ineficientes Línea 1.....	52
4.9.1	Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 1.....	53
4.9.2	Análisis de eficiencia variedad Fuji en línea 1.....	54
4.10	Metas de procesos ineficientes Línea 2.....	55
4.10.1	Análisis de eficiencia variedad Pera en línea 2.....	56
4.10.2	Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 2.....	56
CAPÍTULO 5 : Estudios de Tiempo y Calificación del Personal.....		58
5.1	Método de Calificación.....	59
5.2	Factores en la calificación de la mesa de selección.....	59

---

5.3	Calificación Línea 1 .....	61
5.3.1	Mesa de Selección .....	62
5.3.2	Zona de <i>Traypack</i> .....	62
5.3.3	Zona de Tómbolas .....	63
5.4	Calificación Línea 2.....	63
5.4.1	Mesa de Selección .....	64
5.4.2	Zona de Tómbolas .....	65
CAPÍTULO 6 : Mejora de la producción .....		66
6.1	Asignación del personal.....	67
6.1.1	Mesa de selección.....	67
6.1.2	Tómbolas .....	68
6.1.3	<i>Traypack</i> .....	69
6.2	Implementación del prototipo .....	70
6.2.1	Charlas y capacitación de los encargados en las áreas de packing.....	70
6.2.2	Estudio de la fruta.....	70
6.2.3	Seleccionar el personal necesario .....	70
CAPÍTULO 7 : Desarrollo de prototipo de sistemas de apoyo .....		71
7.1	Propósito del prototipo.....	72
7.2	Especificaciones del sistema de apoyo .....	72
7.2.1	Diagrama de contexto.....	73
7.2.2	Esquema del sistema de apoyo .....	74
7.2.3	Proceso de elaboración de planificación .....	75
7.2.4	Requerimientos funcionales del sistema.....	76
7.2.5	Requerimientos no funcionales del sistema .....	77
7.3	Prototipo del sistema de apoyo .....	77

CAPÍTULO 8 : Evaluación económica del proyecto .....	83
8.1 Alcances de la evaluación.....	84
8.2 Ingresos .....	84
8.2.1 Ingreso por ventas.....	84
8.2.2 Ahorros de tiempo .....	85
8.3 Costos.....	86
8.4 Inversiones .....	87
8.4.1 <i>Software</i> IBM CPLEX.....	87
8.4.2 Implementación del prototipo.....	87
8.5 Tasa de impuesto .....	87
8.6 TREMA .....	88
8.7 Flujo de caja.....	88
8.8 Análisis de sensibilidad .....	89
8.8.1 Variación en ventas .....	90
8.8.2 Variación en compras .....	90
Conclusiones.....	92
Bibliografía.....	96
Anexos.....	97

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Clasificación de Manzanas y su almacenamiento .....	4
Ilustración 2: Lugares de exportación .....	4
Ilustración 3: Dimensionado de cajas para las manzanas.....	5
Ilustración 4: Organigrama de la empresa.....	6
Ilustración 5: Diagrama de causa-efecto .....	35

---

Ilustración 7: Distribución del personal de la mesa de selección .....	67
Ilustración 8: Diagrama de contexto del sistema.....	73
Ilustración 9: Sistema de Poyo del prototipo.....	74
Ilustración 10: Diagrama de procesos .....	76
Ilustración 11: Menú principal del prototipo .....	78
Ilustración 12: Menú principal del sistema .....	78
Ilustración 13: Instrucciones del uso del <i>solver</i> .....	79
Ilustración 14: Interfax para el ingreso de variables.....	79
Ilustración 15: Reporte de resultados de las metas de los procesos ineficientes .....	80
Ilustración 16: Menú de evaluación del personal .....	81
Ilustración 17: Pantalla de registro de las evaluaciones del personal.....	81
Ilustración 18: Resultados de las evaluaciones.....	82

## Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de familias con variedades .....	7
Tabla 2: Sistema de Calificación de Habilidades de Westinghouse.....	23
Tabla 3: Sistema de Calificación del Esfuerzo de Westinghouse .....	24
Tabla 4: Sistema de Calificación de Condiciones de Westinghouse.....	25
Tabla 5: Sistema de Calificación de Consistencia de Westinghouse .....	26
Tabla 6: Calificación de los Operarios .....	26
Tabla 7: Cantidad de personal de las líneas.....	33
Tabla 8: Diferencia de eficiencias <i>Step 1</i> en la familia Gala en la línea 1 .....	45
Tabla 9: Diferencias de eficiencias <i>Step 2</i> en la familia Gala en la línea 1 .....	45
Tabla 10: Eficiencias de la variedad Gala en línea 1 .....	49
Tabla 11: Datos Estadísticos del proceso en línea 1 con variedad Gala.....	49
Tabla 12: Eficiencias de la variedad Fuji en línea 1 .....	50
Tabla 13: Datos Estadísticos del proceso en línea 1 con variedad Fuji.....	50
Tabla 14: Eficiencias de la variedad Pera en línea 2 .....	51
Tabla 15: Datos Estadísticos del proceso en línea 2 con variedad Pera .....	51
Tabla 16: Eficiencias de la variedad Gala en línea 2.....	52

Tabla 17: Datos Estadísticos del proceso en línea 2 con variedad Gala.....	52
Tabla 18: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Gala en la línea 1 .....	54
Tabla 19: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Fuji en la línea 1 .....	54
Tabla 20: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Pera en la línea 2 .....	56
Tabla 21: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Gala en la línea 2.....	57
Tabla 22: Tiempos de operación en preselección.....	60
Tabla 23: Calificación del personal de selección línea 1 .....	62
Tabla 24: Calificación del personal de <i>traypack</i> .....	63
Tabla 25: Calificación del personal de tómbolas de línea 1 .....	63
Tabla 26: Calificicación del personal de selección línea 2.....	64
Tabla 27: Calificación del personal de tómbolas de línea 2 .....	65
Tabla 28: Aumento estimado de producción anual .....	84
Tabla 29: Producción estimada de cajas.....	85
Tabla 30: Ingreso estimado por ventas .....	85
Tabla 31: Ahorro estimado del proyecto .....	86
Tabla 32: Costo estimado por producción .....	86
Tabla 33: Tasa de impuesto .....	88
Tabla 34: Indicadores de flujo de caja puro .....	89

## Índice de Gráficas

Gráfica 1: Total de bins procesados en Frutasol .....	3
Gráfica 2: Producción de la temporada 2017 .....	8
Gráfica 3: Promedio del personal mensual en la temporada .....	9
Gráfica 4: Rectas de los modelos BCC y CCR .....	16
Gráfica 5: Producción por familias de frutas.....	36
Gráfica 6: Diagrama de Pareto con respecto a la producción de la planta .....	36
Gráfica 7: Total de cajas producidas .....	37
Gráfica 8: Producción de cajas por persona por turno.....	38
Gráfica 9: Diagrama de Pareto de la producción de línea 1 .....	42
Gráfica 10: Diagrama de Pareto de la producción de la línea 2 .....	43

Gráfica 11: Comparación ejemplificativa de proceso ineficientes con eficiente .....	53
Gráfica 12: Comparación ejemplificativa de proceso ineficientes con eficiente .....	55
Gráfica 13: Evaluación promedio de las embaladros de la línea 1 .....	61
Gráfica 14: Evaluación promedio de las embaladros de la línea 2 .....	64
Gráfica 15: Variación del VAN con respecto al precio de cajas .....	90
Gráfica 16: Variación del VAN con respecto al costo de producción.....	91

## **Índice de Ecuaciones**

Ecuación 1: Ecuación de eficiencia .....	14
Ecuación 2: Ecuación de eficiencia ponderada .....	14
Ecuación 3: Estimar tiempos normal de operación .....	60



# Glosario

**Benchmarking:** Es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones reconocidas como las mejores prácticas, es decir, aquellos competidores más duros.

**DMU:** *Decision Making Unit* (Unidades de toma de decisiones).

**DEA:** *Data Envelopment Analysis* (Análisis del comportamiento de los datos).

**Input:** Variables de Entradas que emplea el sistema.

**Output:** Variables de Salidas que emplea el sistema.

**Modelo DEA BCC:** Modelo matemático que aplica lo básico de los modelos DEA con rendimientos variables de escala.

**Modelo DEA CCR:** Modelo matemático que aplica lo básico de los modelos DEA con comportamiento constantes de escala.

**Traypack:** Fabricación de empaques.