



INGENIERÍA
CIVIL INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD DE TALCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

PROYECTO DE TÍTULO

**PROPUESTAS DE MEJORA BASADA EN MODELOS
DEA PARA LA ASIGNACIÓN EFICIENTE DE MANO DE
OBRA EN UNA PLANTA DE EMBALAJE DE FRUTA
FRESCA**

AUTOR:

MARJORIE ANDREA GALINDO GÓMEZ

PROFESORA GUÍA:

MARCELA GONZÁLEZ ARAYA

CURICÓ – CHILE
AGOSTO DE 2018

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Curicó, 2019

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se detalla la aplicación de un proyecto de mejoramiento desarrollado en la frutícola Frutasol ubicado en la región del Maule. A través de este proyecto se busca solucionar y optimizar las líneas de producción que la planta posee, mediante análisis de eficiencias de los turnos de las familias más importantes del proceso total y de una evaluación del personal para su óptima asignación de puestos, obteniendo así aumentar su producción final de cajas producidas.

En primer lugar, se desarrolla una contextualización de la empresa, para determinar la producción y problemáticas principales, del mismo modo se destacan los objetivos que se obtendrían al resolver o realizar el proyecto. Este diagnóstico de la empresa ayuda a identificar datos como sus niveles de producción o la cantidad de personal que la empresa posee.

Después, se detalla en un marco teórico los aspectos relacionados directamente con las herramientas para la solución del problema, teniendo en cuenta los aspectos técnicos que posee el desarrollo del proyecto y la metodología de solución que se aplica, de la misma forma, se ilustran los resultados esperados luego del proyecto. Posteriormente, se detalla el diagnóstico que se le realiza a la empresa Frutasol, desde el punto de vista de los problemas del personal, la variabilidad de la producción y la cantidad de producción, todos estos son detallados en base a bitácoras de la empresa y discusiones con los trabajadores.

Luego de realizar el diagnóstico, se realiza una selección de variables para el modelo de análisis de eficiencia, DEA, que aplicará cierta cantidad de variables de entrada y variables de salida que serán cercanamente asesoradas por las necesidades propias de la empresa como análisis; de la misma forma se aplica una evaluación del personal en base a 4 diferentes variables de rendimiento. Una vez realizado estos dos pasos, se implementa el modelo DEA a través del *software* CPLEX OPL para encontrar los turnos eficientes y mostrar las metas de los turnos ineficientes. Por otro lado, con la evaluación del personal se logra determinar la asignación óptima de los puestos. Con todo esto, se realiza un prototipo computacional que apoya a la toma de decisiones integrando los resultados y la obtención de las metas.

Finalmente, se ha realizado un análisis del proyecto respecto a la factibilidad del mismo, lo que arroja un retorno de la inversión al año 2 y un VAN de \$47.957.677. Todo esto puede ser modificado con respecto al precio de la venta de las cajas producidas o los costos de producir las cajas.

Marjorie Andrea Galindo Gómez (mgalindo12@alumnos.otalca.cl)

Estudiante de Ingeniería Civil Industrial – Universidad de Talca

Agosto 2018

*Para mi mamá
y mi abuela.*

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo que me han otorgado por los largos años de estudio, en especial a mi mamá y a mi abuela, Leo, las cuales han sido mi soporte dentro y fuera del área universitario, sin ellas no hubiese llegado a esta instancia final.

Del mismo modo, se lo agradezco a mi abuelo que del cielo se encuentra apoyándome, sin lugar a dudas sus palabras con respecto al estudio son las que más me han quedado grabadas y sabiendo que una de sus últimas conversaciones fue apoyarme en mis decisiones y aconsejándome como el padre que fue por toda mi vida.

También, quiero agradecer a mis amigos de la universidad, en especial a Leslie y Matías, los cuales son los que más tiempo tuvimos dentro de la carrera y cultivamos una bonita amistad. Y también a todos los compañeros que conocí por todo estos años, que me ayudaron y aportaron con su grano de arena a la persona que soy hoy.

Por otra parte, le agradezco a CETLOG, en especial a Myriam Gaete, por darme la oportunidad de realizar la memoria en la empresa Frutasol y conocer personas que me dieron una grata bienvenida e hicieron que mi tiempo ahí no solo fuera de trabajo, en especial a Don Carlos Rojas, jefe de packing del cual aprendí mucho desde el punto de vista laboral y humano.

Y por último, y no menos importante, a mi profesora guía Marcela González quien me guío y me apoyó en el transcurso de la memoria, dando consejos de teórica y de aplicaciones del proyecto.

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.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza una introducción con temas como el lugar de desarrollo del proyecto, aspectos generales de la empresa. Además, se da a conocer la problemática como también los objetivos y resultados del proyecto.

1.1 Lugar de aplicación

El proyecto se lleva en conjunto con la empresa Frutasol. Esta frutícola se encuentra localizada en los Niches, distante a 11 km. al oriente de la ciudad de Curicó, en la VII Región de Chile.

Esta empresa es frutícola, es agrícola, exportadora y agroindustrial, lo cual destaca un servicio de producción, almacenaje en frío, embalaje y posterior exportación de los productos, teniendo en cuenta los estándares de calidad exigidos por los mercados. La empresa posee las certificaciones más exigentes de calidad, las cuales son GLOBALGAP y BRC, actualmente se encuentra realizando auditorias para optar por otras certificaciones.

La primera representa a un conjunto de normas internacionales sobre las buenas prácticas agrícolas, ganaderas y acuicultura (GAP). En cambio la segunda, *British Retail Consortium* (BRC, por sus siglas en inglés) permite expandir los mercados, aumentando las exportaciones, logrando de este modo, aumentar la mano de obra requerida, beneficiándose tanto la empresa como el trabajador, teniendo en cuenta siempre el cuidado del medio ambiente, la calidad y la seguridad, teniendo en cuenta la gestión de seguridad alimentaria.

Dentro de la misma empresa, se realizan auditorias para postular a nuevas normas o constantemente renovarlas, para así tener y poseer un mayor prestigio internacional.

Esta empresa surge como la necesidad de continuar la cadena de embalaje y frío, con nuevas tecnologías, para los agricultores de la zona.

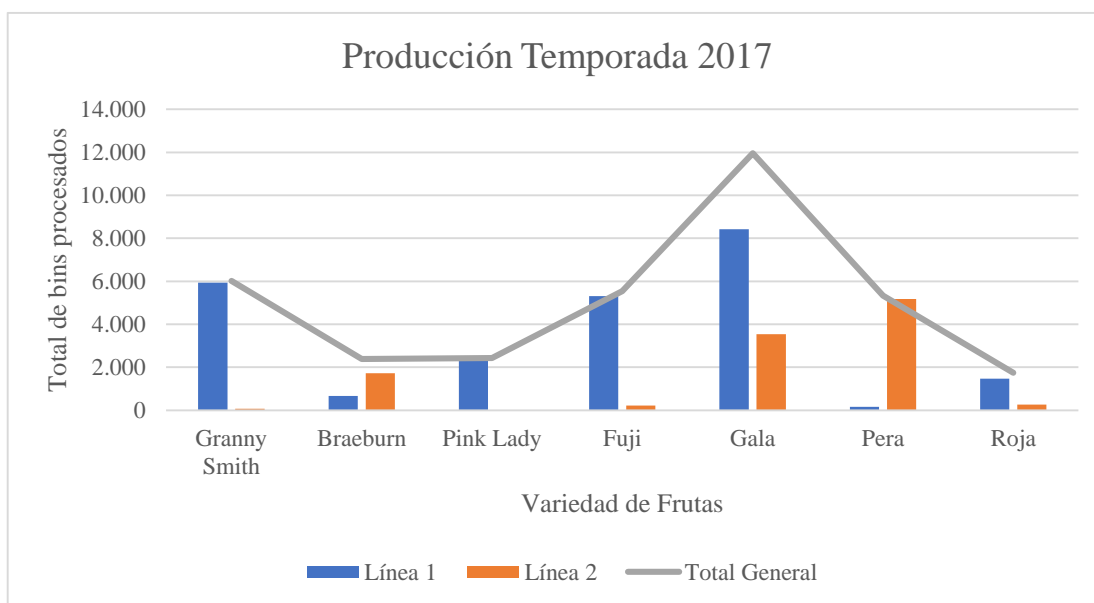
Frutasol posee una variedad de embalaje dependiendo de las frutas que esté procesando y las peticiones del país importador. Pero, las diversas frutas que procesa son las siguientes, teniendo en cuenta sus variedades:

- **Manzana:** Royal Gala, Red Chief, Jonagold, Granny Smith, Scarlet, Fuji, Braeburn, Pink Lady.
- **Peras:** R. Sensation, B. Bosc, S. Bartlett.
- **Kiwi:** Hayward
- **Uvas:** Ribier

La empresa frutícola, dentro de sus 44.000m² de superficie utilizada, posee dos líneas de proceso en donde tienen una capacidad de embalaje de 23 toneladas, las cuales son almacenadas en cámaras de Frío Convencional de hasta 11.500 bins y 7.000 pallets, como capacidad estática. Pero, posee 17 cámaras en total, contando las de atmósfera controlada.

Frutasol procesa 60.000 bins en promedio por temporada, alcanzando un volumen de exportación cercano a las 800.000 cajas, desde este mismo punto, se destaca que la empresa procesa en su mayoría manzanas, las cuales son categorizadas por variedad y calibre.

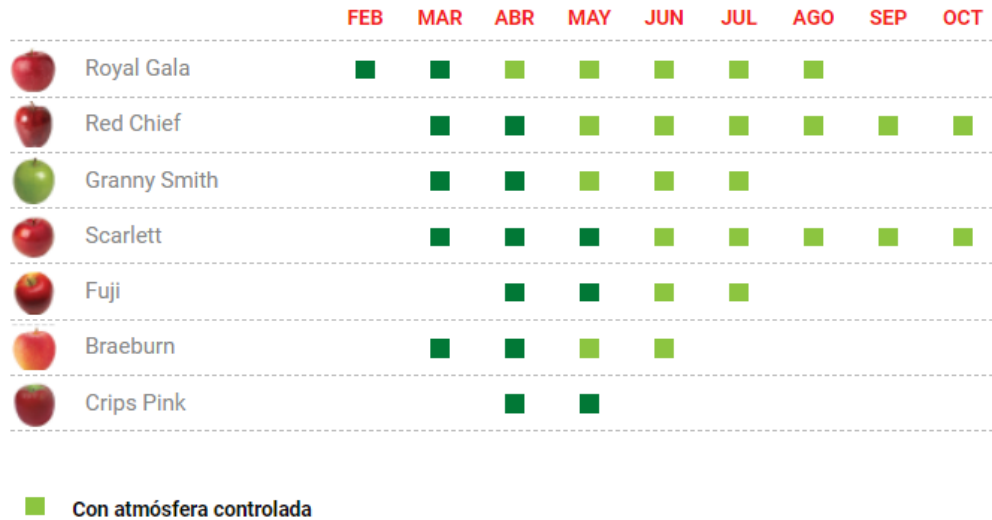
Gráfica 1: Total de bins procesados en Frutasol



Fuente: Elaboración en base a datos de (Frutasol, 2018)

El proyecto se centra en el sector de operaciones, teniendo en cuenta el área específica de estrategias de producción. Frutasol, dentro de los meses en que se desarrolla la memoria, se encuentra operando con manzanas, por lo tanto, toda la información relevante es tomada dentro de las operaciones que rodean a la producción de manzanas. De este modo, dependiendo de esa clasificación son almacenadas en diferentes cámaras

Ilustración 1: Clasificación de Manzanas y su almacenamiento



Fuente: (Frutasol, 2018)

Las diferentes variedades de manzanas (Ilustración 1), dependiendo de su calibre y su embalaje pueden ser enviadas a diferentes partes del mundo, los mercados en donde la empresa exporta son: Europa, Asia, Norteamérica, Sudamérica, Centroamérica y Medio Oriente.

Ilustración 2: Lugares de exportación



Fuente: (Frutasol, 2018)

Dentro de las variedades de manzanas, que es donde se concentra su mayor cantidad de exportación y trabajo anual, va a depender de manera directa de las peticiones del mercado hacia

donde se dirija la fruta, pero dentro de los estándares de la empresa, existen cuatro diferentes tipos de embalados, destacando las dimensiones de la caja, del pallet y cuantas cajas se logran ubicar dentro de un pallet.

Ilustración 3: Dimensionado de cajas para las manzanas

| | TIPO | LARGO | ANCHO | ALTO | PALLETS | CAJAS X PALLET |
|--------------------------|-----------|-------|-------|------|----------------------------|----------------|
| 13 kg. net. carton box | Tray pack | 600 | 400 | 153 | 1,0 x 1,2 | 60-65 |
| 18,2 kg. net. carton box | Tray pack | 500 | 334 | 280 | 1,0 x 1,17 | 49-56 |
| 19,2 kg. net. carton box | Tray pack | 510 | 315 | 295 | 1,2 x 1,26 | 48-56 |
| 21 kg. net. carton box | Tray pack | 510 | 315 | 320 | 1,14 x 1,14 1,02 x 1,26 | 48-56 |

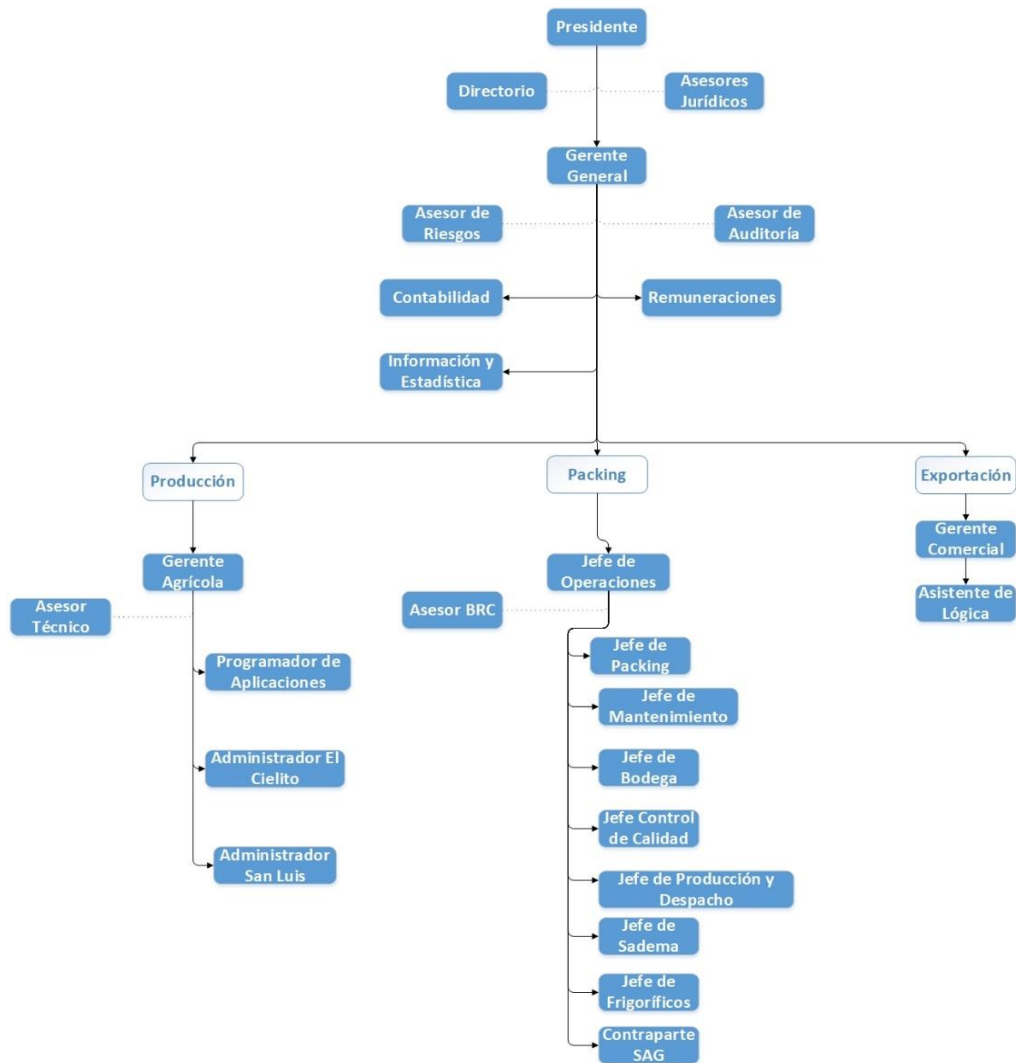
Fuente: (Frutasol, 2018)

La empresa, posee tres distintas áreas en donde su organigrama (Ilustración 4) se divide en distintos jefes de operaciones, gerente agrícola y gerente comercial, todo esto llevado a las áreas de Packing, producción y exportación, respectivamente.

Al nivel de administración, se encuentran diversos asesores por riesgos dentro de la empresa y auditorías, todo esto para adquirir nuevas normativas que ayudan a exportar a nuevos destinos que aporten beneficios a la empresa.

Hay que tener en cuenta que la mayor cantidad de gente trabajando en un área es la que se encuentra en el packing, alrededor de 180 trabajadores, que no solo trabajan en línea como operarias, sino que también como apoyos de bodega o jefes de cada área, siendo el jefe de packing quien tiene mayor cantidad a su cargo dentro de esta sección.

Ilustración 4: Organigrama de la empresa



Fuente: (Frutasol, 2018)

Cabe mencionar que, en el proyecto, se trabaja dentro del área de operaciones del packing, en conjunto con el jefe de packing, debido a que está es la parte de la empresa es en donde se toman los datos con respecto a los tiempos de trabajo de cada operario y el jefe de packing tiene conocimiento previo sobre los estándares de tiempos y de comportamientos de las operarias a evaluar.

1.2 Descripción de la Problemática

El proyecto toma como punto relevante el nivel variable de producción por la mala ubicación de su personal, por lo tanto se revisa un estudio sobre los niveles de producción tanto de turnos como de variedades, para así estimar si ambos son tan importantes.

1.2.1 Variedad de producción

La empresa Frutasol al desear tener una mejor planificación y comprensión del nivel de producción de las líneas, tanto como turnos como por familias de frutas, se debe de clasificar la cantidad de frutas por familias, siendo estas Braeburn, Cripss Pink, Fuji, Gala, Granny, Pera, Rojas (Tabla 1).

En cuanto a los turnos, son turnos normales desde las 8 de la mañana hasta las 6 de la tarde, sin horas extras ni turnos nocturnos, solo existen dos líneas de producción para esta temporada de 2016.

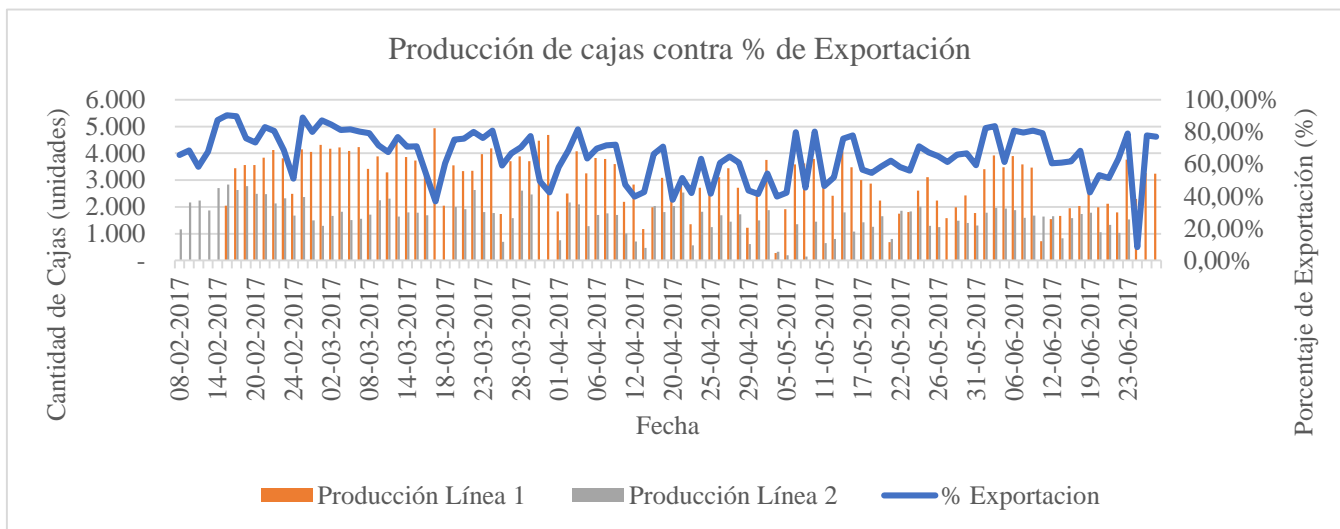
Tabla 1: Clasificación de familias con variedades

| Familia | Variedad |
|----------|------------------|
| Pera | Beurre Bosc |
| | Packham's |
| | Red Sensation |
| Braeburn | Braeburn |
| Galas | Brookfield |
| | Gala Premium |
| | Galaxy |
| | Imperial Gala |
| | Pacific Gala |
| | Royal Gala |
| | Ultra Royal Gala |
| Fuji | Fubrax |
| | Fuji fubrax |
| | Fuji raku raku |
| Granny | Granny Smith |
| Rojas | Red Chief |
| | Scarlett |
| | Top Red |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

La empresa frutícola posee diversas proporciones de en cuanto a su nivel de producción, por lo tanto algunas de las variedades toman mayor relevancia que otras, dentro de la temporada 2017. Dentro de Frutasol, no se encuentra un sistema de medición de la eficiencia de turnos, ya que cada uno de estos posee diversas variables que no son medidas de forma consciente. Por ende, se emplean comparaciones por familias de frutas de acuerdo a la producción de la empresa.

Gráfica 2: Producción de la temporada 2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

En la Gráfica 2, se puede ver que la producción de ambas líneas es bastante variante en su producción, denotándose que en la línea de producción total de la temporada de manzana y peras, existió una variabilidad constante, incluyendo la cantidad de personal y la calidad de la fruta.

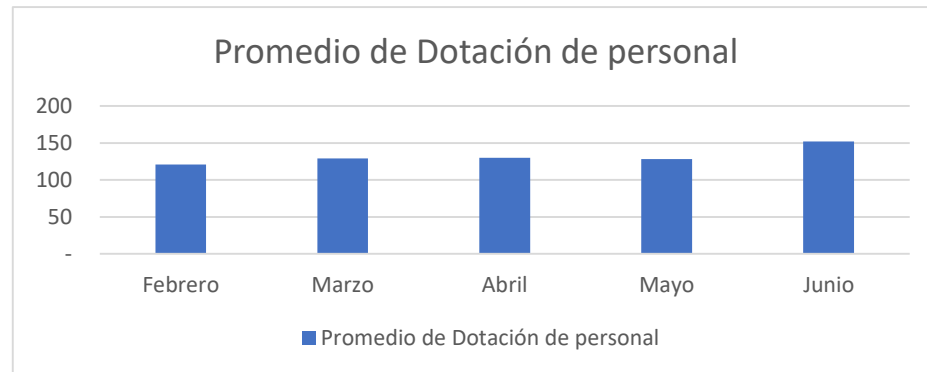
1.2.2 Variabilidad de personal

Es necesario destacar que de parte de la gerencia se quiere determinar si el rendimiento del personal es necesario a tomarlo en cuenta para la producción, por lo tanto comienza a ser una variable importante la cantidad de personal presente en las variables finales del proyecto.

Al poseer tanta variabilidad en la cantidad de producción, se realiza un muestreo de la variedad mensual que posee el personal, como se ilustra en la Gráfica 3 la cantidad de personal va en aumento para cumplir con la demanda requerida al final de la producción, sin contar que la

variabilidad diaria que existe también es influenciada por la cantidad de personal que rota de un puesto a otro.

Gráfica 3: Promedio del personal mensual en la temporada



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de (Frutasol, 2018)

Finalmente, se llega a la conclusión de que la forma de nivelar la producción y estimar una mejor disposición del personal es con respecto a la eficiencias de cada turno y de cada variedad de fruta, ayudando a que la empresa posea un ajuste en su producción, que hasta el día de hoy no posee dentro de sus actividades un método de medir la eficiencia de los turnos.

1.3 Objetivo General

Como objetivo general de la memoria se desea:

Desarrollar una propuesta de mejora para la planificación de producción, a través de herramientas de análisis de productividad de un packing, que permita balancear la distribución de mano de obra en las líneas productivas, incorporando metas para cada familia de frutas y turnos.

1.4 Objetivos Específicos

Para el desarrollo de la memoria se han establecido las siguientes acciones como objetivos específicos:

- Diagnosticar y analizar la situación de la empresa, con el fin de determinar los procesos en donde se requiera mayor enfoque por parte de lo requerido por Frutasol, a través de análisis de productividad.

- Definir las variables necesarias y relevantes para que ilustren la eficiencia de la producción, logrando así realizar un levantamiento de datos concreto.
- Medir las eficiencias y desempeño, con las variables relevantes, en el sistema productivo de las manzanas en el packing de manzanas de la empresa Frutasol, a través, de los modelos DEA existentes y evaluación del personal para realizar un análisis de los datos.
- Analizar los resultados obtenidos, con el fin presentar las propuestas a la empresa frutícola sobre la propuesta de toma de decisión con respecto a asignación de la mano de obra, para que la empresa logre definir su producción.
- Diseñar un prototipo computacional que permita a la empresa poseer la metodología que se emplea, para balancear la distribución del personal productivo y evaluar el impacto económico que éste tendrá en la empresa.

1.5 Resultados Esperados

Hacia la empresa, se le entregan tres tangibles resultados: un informe con resultados del proyecto en conjunto con un impacto económico, un prototipo y modelo matemático y, finalmente, una metodología de aplicación del proyecto.

Informe: El principal resultado es el informe entregado a la empresa, el cual contiene todos los resultados que se tienen al finalizar el proyecto, tanto metas como comparativas de las familias o turnos del proceso de la empresa. De esta manera, estimar la mano de obra eficiente para obtener el máximo de producción, teniendo en cuenta diversas variables.

Prototipo: Este resultado contempla dos partes tecnológicas del proyecto, la modelación del problema para encontrar las eficiencias, tanto en los turnos como en las familias y el prototipo de un sistema de evaluación del personal, que es entregado a la empresa como apoyo a la toma de decisiones futuras con respecto a la asignación de puestos de acuerdo al desempeño de este.

Metodología: Para esta última entrega, se establece un método de paso a paso para que la empresa logre realizar el procedimiento de medición de eficiencia y desempeño del personal de manera autónoma sin necesidad de una ayuda más conocedora de los sistemas, es decir, que posean este informe para que apliquen este elemento de forma continua a lo largo de las siguientes temporadas.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En este capítulo se describe el marco teórico utilizado para entregar solución a la problemática, como también aquellas herramientas utilizadas para el diagnóstico de la situación actual. Finalmente, se da a conocer la metodología de solución de forma detallada, siguiendo un orden cronológico.

2.1 Las 7 herramientas básicas de calidad

Son un conjunto fijo de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad. Se denominan básicas, ya que, son adecuadas para emplearlas con poca formación estadística. Estas herramientas, fueron recopiladas y divulgadas en Japón por Kaoru Ishikawa, profesor de ingeniería en la Universidad de Tokio.

2.1.1 Diagrama de Causa - Efecto

También conocido como el diagrama del pez. Identifica las causas posibles de un efecto o problema y clasifica las ideas en categorías útiles. El enunciado del problema se coloca en la cabeza de la espina de pescado, este mecanismo consiste en considerar el problema y preguntarse “por qué”, hasta que se llegue a identificar la causa raíz

2.1.2 Diagrama de flujo

Este muestra la secuencia de pasos y las posibilidades de ramificaciones que existen en un proceso, mostrando las actividades, los puntos de decisión, las ramificaciones, rutas paralelas y el orden de proceso para entender y estimar el costo de la calidad de un proceso.

2.1.3 Hojas de verificación

Conocidos como hojas de control, se emplean como lista de comprobación a la hora de recoger datos. Estos se emplean para organizar los hechos de manera que se facilite la recopilación de datos útiles sobre un posible problema de calidad.

2.1.4 Diagrama de Pareto

Estos diagramas son una forma particular que se emplean para identificar las pocas fuentes claves que son responsables de la mayor parte de los efectos de los problemas. Estos se agrupan de mayor a menor en razón a la frecuencia que se presentan. En donde el 20% de las causas produce el 80% de los problemas.

2.1.5 Histogramas

Es una forma especial de diagramas de barras y se emplean para describir la tendencia central, dispersión y forma de distribución estadística de los datos. A diferencia del diagrama de control, no se tiene en cuenta la influencia de tiempo.

2.1.6 Diagramas o gráficos de control

Se emplean para determinar si un proceso es estable o tiene un comportamiento predecible. Posee límites superior e inferior, que se basan en los requisitos establecidos previamente, reflejando los valores máximos y mínimos permitidos. Estos diagramas se emplean para identificar los puntos en que se aplicarán medidas correctivas para prevenir un desempeño anormal.

2.1.7 Diagramas de dispersión

Pretende explicar u cambio de la variable dependiente Y en relación con un cambio observado en la variable independiente X. La dirección de la correlación puede ser proporcional o bien puede darse un patrón de correlación, a través de una línea de regresión.

2.2 Definición de Eficiencia

Existen diversas definiciones de eficiencia, todo de acuerdo al tema o área que se emplea, desde el modo administrativo y de producción, varios expertos, como Koontz y Weihrich, definen eficiencia como el logro de los fines con el mínimo de recursos, es decir, aseguran que la eficiencia consiste en el logro de aquellas metas que se ha propuesto una empresa utilizando para ello la menor cantidad posible de recursos. Por otro lado, Robbins y Coulter lo especifican como la capacidad de obtener los mayores resultados con la mínima inversión definiéndolo como “hacer bien las cosas”, dicen que es obtener resultados de una magnitud importante invirtiendo la mínima cantidad posible en ella.

Uno de principales estudiosos de los modelos de eficiencia en producción o comercio, es Farrell, el cual define tres tipos de eficiencia, en donde, la primera, será la tomada en cuenta para el desarrollo de este proyecto (Farrell, 1957):

- Eficiencia Técnica o Productiva (ET): Es alcanzada por una organización que emplea la menor cantidad de insumos para alcanzar un nivel dado de producción (orientación). La lograda al producir lo máximo posible a partir de unos *inputs* dados.
- Eficiencia de Asignación o de Precio (EA): Cuando la firma utiliza la mejor combinación de insumos teniendo como referencia los precios de los mismos en el mercado. La obtiene aquella unidad productiva que utilizará una combinación de *inputs* que, con el mínimo coste, alcanzará un *output* determinado a unos precios establecidos.

- Eficiencia Económica o Global: Combinación óptima de insumos al mínimo costo posible. El tipo de eficiencia que presenta una asignación en caso de ser eficiente desde el punto de vista técnico y asignativo, estableciendo que sería igual al producto de ambas medidas de eficiencia ($EE = ET \times EA$).

2.3 Definición de Data Envelopment Analysis

El modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*) es un método de evaluación para las DMU's o unidades de toma de decisiones (por sus siglas en inglés, *Decision Making Unit*). Dicho método fue introducido por (A CHARNES, 1962) y permite obtener la eficiencia relativa, cuya ventaja supone utilizar variables de distinto orden de magnitud. Unidades de referencia que son utilizadas como *benchmark* para las unidades ineficientes. Y una frontera de eficiencia que entrega las mejores DMU's de acuerdo a su comportamiento en cada una de las variables.

El DEA realiza n optimizaciones para n DMU's y permite acercarse lo más posible a cada una de ellas, generando así la frontera de eficiencia. El DEA es una metodología no paramétrica que utiliza un "enfoque orientado a los datos" para evaluar el rendimiento de DMU's que se consideran responsables de convertir los insumos en productos.

Se define eficiencia a través de la ecuación:

Ecuación 1: Ecuación de eficiencia

$$\text{Eficiencia unidad } j - \text{ésima} = \frac{\text{Suma de los outputs de la unidad } j - \text{ésima}}{\text{Suma de os inputs de la unidad } j - \text{ésima}}$$

El principal problema que posee la ecuación es la homogeneidad de los datos, ya que pueden existir mayor cantidad de salidas que de entradas, o viceversa. Por lo tanto, se introduce a la ecuación un sistema de ponderación, tanto en el numerador como en el divisor, para que ésta se normalice. Consiguiendo así la siguiente ecuación

Ecuación 2: Ecuación de eficiencia ponderada

$$\text{Eficiencia unidad } j - \text{ésima} = \frac{\text{Suma ponderada de los outputs de la unidad } j - \text{ésima}}{\text{Suma ponderada de os inputs de la unidad } j - \text{ésima}}$$

Una expresión de forma matemática de las eficiencias de las DMU se puede representar por la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de la DMU}_j = \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} = \theta_j$$

En donde:

s = número de outputs

m = número de inputs

θ_j = eficiencia relativa de la DMU j – ésima

v_i = El peso asociado a la entrada; $i = 1, 2, \dots, m$

u_r = El peso asociado a la salida r ; $r = 1, \dots, s$

x_{ij} = Cantidad de input i – ésimo consumido por la DMU j – ésima

y_{rj} = Cantidad de output r – ésimo producido por la DMU j – ésima

2.4 Clasificación de modelos DEA

Desde que Charnes, Cooper y Rhodes, en el año 1978, propusieron el primer modelo de eficiencia para unidades de DMU que tengan entradas y salidas comunes, se han realizado variaciones para caracterizar la eficiencia en relación a la dirección del cambio y la lo económico que exista en las variables consideradas.

En la Gráfica 4 se ilustra un ejemplo del uso de DEA, en ambos modelos (CCR y BCC). Para este caso en particular, solo se emplea una única entrada x y una única salida y .

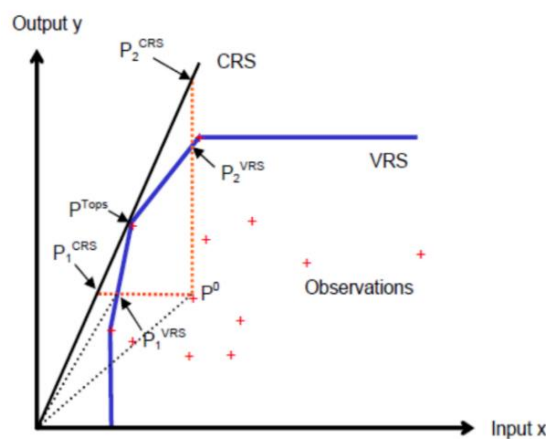
El modelo constante de escala o CCR (CRS por sus siglas en inglés de *constant returns to scale*) representa una frontera de pendiente positiva, que toma como referencia a la DMU eficiente y traza una recta que va al infinito.

Para el caso de la frontera del modelo BCC (o VRS por sus siglas en inglés de *variable returns to scale*), esta se representa por los puntos P_1^{VRS} , P^{Tops} y P_2^{VRS} .

La gráfica presenta distintos rendimientos de escala, entre los puntos P_1^{VRS} y P^{Tops} se presenta un rendimiento de escala creciente, es decir, que un aumento en la entrada causa un aumento proporcional en la salida. El punto P^{Tops} es eficiente tanto técnicamente como de escala, ya que se encuentra en ambas fronteras (CRS y VRS). Es por esto que los puntos P_1^{VRS} y P_2^{VRS} son técnicamente eficientes, pero ineficientes de escala.

El segmento compuesto desde el punto P^{Tops} y P_2^{VRS} presenta rendimiento decreciente de escala, es decir, que un aumento de entradas produce un aumento no proporcional en las salidas.

Gráfica 4: Rectas de los modelos BCC y CCR



Fuente: (A. CHARNES, 1978)

Como se observa, los modelos básicos de DEA se clasifican en dos clases: Los modelos constantes de escala (CCR) y los modelos que asumen rendimientos de escala variable (BCC), para este caso en específico se emplea el modelo BCC con orientación a las salidas.

Banker, en el año 1984, modificó el modelo CCR y supuso que los rendimientos de escala no eran constantes, sino que variables. Existen situaciones donde factores como competencia imperfecta impiden que una unidad opere con rendimientos de escala constante. Es por eso, que aumentos proporcionales en los inputs pueden no resultar en aumentos proporcionales en los outputs. Banker, Charnes y Cooper, propusieron una extensión en los modelos CCR para abordar estos casos.

2.4.1 Modelo BCC – Multiplicadores

Para el caso de este tipo de modelo, en diferencia a la de constante, solo se emplea una adición a las restricciones, la cual permite que una unidad eficiente sea comparada solamente con unidades productivas de similar tamaño, o sea, deben poseer la misma escala semejante.

La formulación para el modelo de los multiplicadores con orientación a las salidas es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0$$

Sujeto a:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v_0 \leq 0; \quad j = 1, \dots, n.$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m.$$

v_0 no restringida

La función objetivo muestra la eficiencia de la DMU, siendo esta si la función objetivo es igual a uno. Del mismo modo, si $v_0 > 0$ implica que para todas las soluciones óptimas hay rendimientos decrecientes de escala, $v_0 = 0$ muestra que para la solución óptima hay rendimientos constantes de escala y, por último, $v_0 < 0$ se realizan operaciones con rendimientos crecientes de escala.

2.4.2 Modelo BCC – Envolvente

El modelo dual o envolvente orientado a las salidas, se muestra de la siguiente forma:

Donde:

ϕ_0 : Escalar que mide equiproporción del nivel de salida que puede ser producido con las entradas.

x_{ij} : Cantidad observada del *input* i ($i=1, \dots, m$), en la j -ésima DMU ($j=1, \dots, n$).

λ_j : Intensidad o peso de la j -ésima DMU como referencia para la DMU evaluada (DMU₀).

y_{rj} : Cantidad observada del *output* r ($r=1, \dots, s$), de la j -ésima DMU ($j=1, \dots, n$).

x_{i0} : Cantidad observada del *input* i ($i=1, \dots, m$), de la DMU evaluada (DMU₀).

y_{r0} : Corresponde al *output* r de la DMU evaluada (DMU₀).

s_i^+ : Holgura asociada al *input* i , ($i=1, \dots, m$),

s_r^- : Holgura del *output* r , ($r=1, \dots, s$),

$$\text{Max } \phi_0$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^+ \leq x_{i0}; \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^- \geq \phi_0 y_{r0}; \quad r = 1, \dots, s.$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n$$

ϕ_0 no restringida

La interpretación para este modelo indica el máximo nivel de salida que es posible empleando una cantidad constante de entradas. Indicando que la unidad evaluada es eficiente si $\phi_0 = 1$ y las variables de holgura (λ_j) son iguales a cero o nulas.

Para todos los casos en que no se obtiene la solución óptima, el cual es 1 o 100% (dependiendo del *software*), la medida de eficiencia técnica es dada por:

$$\text{Eficiencia técnica} = \frac{1}{\text{Función objetivo}}$$

Por ejemplo, en el caso de la envolvente con orientación a las salidas del modelo BCC, la eficiencia técnica es:

$$\text{Eficiencia técnica} = \frac{1}{\phi_0}$$

Este resultado indica en cuanto los niveles de salida de la DMU deben ser aumentados equiproporcionalmente de acuerdo a sus niveles de entrada.

2.4.3 Modelo BCC - Variables no discrecionales

Este modelo toma en cuenta a entradas o salidas que no pueden ser modificadas a discreción por el gerente o tomador de decisiones. Para este caso, al igual que todas, se emplea el modelo orientado a las salidas, por lo tanto, la formulación representada por Banker y Morey, es la siguiente:

$$\text{Max } \phi + \varepsilon \left(\sum_{r \in D} s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}; \quad i = 1, \dots, m.$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi y_{r0}; \quad r \in D.$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}; \quad r \in ND.$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1;$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0; \quad \forall j, i, r$$

ϕ_0 no restringida

A diferencia de la otra formulación se emplea una diferente nomenclatura para el conjunto D, las cuales son las variables no discrecionales.

2.4.4 Ventajas de la aplicación del modelo DEA

Los modelos DEA no requieren la necesidad de trabajar con entradas y salidas unitarios, es decir que las unidades de medida de cada una de estas variables pueden ser independientes de la otra. De la misma manera estas variables son no paramétricas, es decir, que no requieren una especificación funcional para la frontera de eficiencia. Esta frontera, ayuda a la medida adecuada de implementación de cada recurso que la empresa encuentre estimado modificar, es decir, que este estudio puede dar indicaciones acerca de la mejor asignación de los recursos posibles para incrementar las eficiencias de las DMUs ineficientes.

Esta es una gran ventaja cuando se trata de estudios con varias variables dentro de un proceso, que a pesar de que sean multiproducto o multifactores, no poseen límites para su evaluación.

Del mismo modo, a pesar de encontrar diversas variables de los diversos DMU, entrega solo un valor de eficiencia para cada una de estas unidades, comparándose mutuamente con otras unidades similares. Esto ayuda a identificar las unidades que son globalmente eficientes y las que no son, para así tener una guía a seguir en caso de encontrarse en un escenario igual o, por otro lado, si es que se requiere realizar una auditoría para observar la superioridad operativa y emularla. También puede ser tomado como guía para una posible nueva implementación operacional en cualquier planta de similares condiciones.

Todo esto, en resumen, ayuda a obtener una posible visión general sobre los aspectos administrativos y operacionales de alguna organización.

2.4.5 Desventajas de la aplicación del modelo DEA

Del mismo modo, existen limitaciones del modelo al momento de implementarla, es por esto que hay que tener en cuenta que el modelo es sensible al número de variables incluidas. A medida que el tamaño de la muestra aumenta, la capacidad del modelo para discriminarlas disminuye, es decir

que es muy probable que no se encuentren variables 100% eficientes, sino que muy cercano, lo cual no lo hace perfectamente eficientes, sino en algunas variables.

Del mismo modo, las unidades de decisión deben ser homogéneas, para así evitar que la ineficiencia de algunas de estas sea debido a la no uniformidad de la escala. Por otra parte, para que este modelo sea confiable, es necesario poseer un amplio número de unidades de decisión, de manera tal que las unidades evaluadas sean mayor que la cantidad de entradas y salidas en el análisis. Es señalado que la cantidad de unidades deben ser mayor o igual que el triple de los factores (entradas más salidas).

2.5 Método Stepwise

Para seleccionar cualquier tipo de variable, se debe estandarizar de tal forma que cada una de las variables tenga la misma cantidad de DMU. Para el método que se aplica en las variables es a través de la correlación de estas y de ciertos pasos para discernir de algunas variables presentadas y entregadas por la empresa. Sin lugar a dudas lo que se debe tener en cuenta es la aplicación del modelo para así determinar las variables que se deben seleccionar, para este caso las variables de entradas serán las seleccionadas.

Este método de selección de variables fue creado por (Janet Wagner, 2006), en donde ellos establecen cierta cantidad de pasos para así incluir las que poseer mayor impacto dentro del modelo DEA. Los pasos son los siguientes:

a) Paso 1:

- Correr el modelo con todas las variables
- Almacenar las eficiencias obtenidas de cada DMU (en este caso en E^*)

b) Paso 2:

- Correr el modelo DEA con todas las variables, agregando una variable de entrada y luego una de salida cada vez que se corra, para cada una de estas veces se debe de almacenar los datos de eficiencia (para cada caso se aplica E_i)
- Calcular la diferencia entre la eficiencia total obtenida y la de agregar cada variable ($E^* - E_i$)

-Calcular la diferencia promedio en eficiencias

-Elegir una entrada o salida que salga del modelo al seleccionar la menor diferencia promedio de las eficiencias. Al menos una entrada o una salida debe estar en el análisis, sino el modelo no puede ser accionado

- c) Paso n+1: Repetir cada paso hasta que el modelo tenga una entrada o una salida
- d) Detención: El método concluye cuando el modelo ha sido reducido a una entrada y una salida

2.6 Sistema Westinghouse

Es importante poder medir el desempeño de las personas que trabajan en cada puesto de trabajo, para esto existen múltiples métodos, el poder elegir el adecuado, es de vital importancia.

Para medir el desempeño de los empleados en la planta se utilizará el método de Westinghouse. Este sistema fue creado por la Westinghouse Electric Corporation. Considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: Habilidad, esfuerzo, condiciones, y consistencia (S. M. Lowry, 1940). A continuación se describen estos factores.

2.6.1 Definición de Habilidad

Se define habilidad como el “nivel de competencia para seguir un método dado”, y la relaciona con la experiencia demostrada mediante la coordinación adecuada de la mente y las manos. La habilidad de un operario es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes, como coordinación natural y ritmo. La práctica desarrolla y contribuye a la habilidad, pero no compensa por completo las deficiencias en la aptitud natural.

La habilidad de una persona puede cambiar con el tiempo, en algunos casos puede mejorar debido a la práctica, pero en otros esta puede deteriorarse, ya sea por factores psicológicos y fisiológicos.

El sistema de calificación Westinghouse enumera seis grados o clases de habilidad:

- Superior

- Excelente
- Bueno
- Promedio
- Aceptable
- Malo

El analista junto con el encargado de los operarios que se está evaluando, deben poder calificar de forma imparcial y tomando en cuenta el desempeño normal del operario.

En la Tabla 2, se muestra 3 columnas, la última de ellas corresponde a la calificación del operario en base a los 6 grados de habilidad mencionados anteriormente. La primera columna se debe llevar a su valoración porcentual, por ejemplo el 0,15 se puede interpretar con un 15% de valoración superior y un -22% de valoración inferior.

Tabla 2: Sistema de Calificación de Habilidades de Westinghouse

| | | |
|-------|----|-----------|
| 0,15 | A1 | Superior |
| 0,13 | A2 | Superior |
| 0,11 | B1 | Excelente |
| 0,08 | B2 | Excelente |
| 0,06 | C1 | Bueno |
| 0,03 | C2 | Bueno |
| 0 | D | Promedio |
| -0,05 | E1 | Aceptable |
| -0,1 | E2 | Aceptable |
| -0,16 | F1 | Malo |
| -0,22 | F2 | Malo |

Fuente: (S. M. Lowry, 1940).

2.6.2 Definición de Esfuerzo

El esfuerzo se define como “demostración de la voluntad para trabajar con efectividad”. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad, y el operario puede controlarla en un grado alto.

El esfuerzo se clasifica en 6 tipos:

- Excesivo
- Excelente
- Bueno
- Promedio
- Aceptable
- Malo

La Tabla 3 muestra las clases de esfuerzo y su valoración, los resultados de la primera columna son la valoración numérica del esfuerzo, por ejemplo para la primera fila de la tabla 3.2 cuando el nivel de esfuerzo es efectivo, esto tiene una valoración numérica de 0.13, y se puede interpretar como un 13% de esfuerzo. De la misma forma para un nivel del esfuerzo malo, se tiene una valoración de -0.17, lo cual representa un -17% de esfuerzo.

Tabla 3: Sistema de Calificación del Esfuerzo de Westinghouse

| | | |
|-------|----|-----------|
| 0,13 | A1 | Excesivo |
| 0,12 | A2 | Excesivo |
| 0,1 | B1 | Excelente |
| 0,08 | B2 | Excelente |
| 0,05 | C1 | Bueno |
| 0,02 | C2 | Bueno |
| 0 | D | Promedio |
| -0,04 | E1 | Aceptable |
| -0,18 | E2 | Aceptable |
| -0,12 | F1 | Malo |
| -0,17 | F2 | Malo |

Fuente: (S. M. Lowry, 1940)

2.6.3 Definición de Condiciones

Un punto importante a considerar para clasificar el desempeño de los operarios, son las condiciones en que se encuentran, cuando hablamos de condiciones nos referimos a lo que afecta directamente al operario, no a la operación en sí, dentro de los elementos que afectan las condiciones de trabajo podemos encontrar, temperatura, ventilación, luz y ruido.

Normalmente cuando se pide a los operarios clasificar las condiciones de trabajo, se utilizan dos divisiones, condiciones buenas, malas. El método Westinghouse distingue seis tipos:

- Ideal
- Excelente
- Bueno
- Promedio
- Aceptable
- Malo

La Tabla 4 muestra la valoración de las condiciones de acuerdo a los parámetros anteriores y se les asigna un valor numérico. Cuando las condiciones en que se encuentra el operario son las ideales se asigna un valor de 0.06 y el valor porcentual de este es de 6%, del mismo modo cuando las condiciones de trabajo son malas se asigna una valoración de -7%.

Tabla 4: Sistema de Calificación de Condiciones de Westinghouse

| | | |
|-------|---|-----------|
| 0,06 | A | Ideal |
| 0,04 | B | Excelente |
| 0,02 | C | Bueno |
| 0 | D | Promedio |
| -0,03 | E | Aceptable |
| -0,07 | F | Malo |

Fuente: (S. M. Lowry, 1940).

2.6.4 Definición de Consistencia

El último factor que toma en cuenta el sistema Westinghouse, es la consistencia, cuando se toma los tiempos a una serie de ciclos del trabajo, se tiene cierta dispersión en los valores, esto es debido a múltiples factores, ya sean, materiales más duros, herramientas con condiciones cambiantes, etc.

Las seis clases de consistencia son:

- Perfecta
- Excelente

- Buena
- Promedio
- Aceptable
- Mala

La Tabla 5 muestra las clasificaciones de consistencia antes mencionadas y los valores asociados a estas.

Tabla 5: Sistema de Calificación de Consistencia de Westinghouse

| | | |
|-------|---|-----------|
| 0,04 | A | Perfecta |
| 0,03 | B | Excelente |
| 0,01 | C | Buena |
| 0 | D | Promedio |
| -0,02 | E | Aceptable |
| -0,04 | F | Mala |

Fuente: (S. M. Lowry, 1940)

El problema que surge al momento de clasificar la consistencia, es que algunos operarios tienen conocimientos de los estudios de tiempo para medir consistencia, y al momento de ser evaluados llevan una cuenta del tiempo que se demoran en cada ciclo de estudio, esto provoca que el estudio no sea fidedigno y que los tiempos y la calificación no sea la correcta.

Una vez terminada la evaluación de los cuatro factores para determinar el desempeño de los operarios en cada puesto de trabajo se obtiene el puntaje final, que representa la calificación de este. La Tabla 6 muestra la clasificación de un operario con la valoración numérica, una vez asignados los valores a cada factor se suman y por último se obtiene el “Factor de desempeño”, este es superior a uno lo cual significa que el individuo evaluado está por sobre el promedio.

Tabla 6: Calificación de los Operarios

| | | |
|---------------------|----|-------|
| Habilidad | C2 | 0,03 |
| Esfuerzo | C1 | 0,05 |
| Condiciones | D | 0 |
| Consistencia | E | -0,02 |
| Suma | | 0,06 |
| Factor de Desempeño | | 1,06 |

Fuente: Elaboración propia

2.7 Diagramas lógicos y leguajes de programación

Para el desarrollo del prototipo, se requiere de diagramas lógicos que documenten la forma o el método en que los datos se mueven a través de éste, de tal forma que se logre comunicar de forma comprensible y ordenada, lo que se debe de incluir son las entradas, el procesamientos y las salidas de los datos que conforman este *software*. Por lo cual, es necesario el poseer una secuencia de la información y que sea generada para la ayuda del usuario que se dedicará a la toma de decisiones en base al diagrama lógico.

Del mismo modo, el desarrollo de este software representa un lenguaje de programación que realiza determinados procesos descritos en diagramas lógicos. El prototipo es elaborado en *Visual Basic*, lo que permite trabajar en Microsoft Excel, logrando de ese modo una familiaridad al usuario final de la plataforma. Para lograr esto, se emplean diversas etapas de sistemas de apoyo:

- Diseño diagrama de contexto: Este muestra el flujo de forma más general que representa el sistema, ilustrando el contexto macro de aquellas entidades que afectan a la planificación de la empresa.
- Diseño de diagrama de nivel superior: Tiene como objetivo mostrar el análisis del funcionamiento y relaciones de cada área en la organización, determinando los módulos que se encuentren presentes en el sistema de apoyo.
- Determinar requerimientos funcionales: Estos son los responsables de definir el comportamiento interno del *software*, los cuales enmarcan las necesidades del usuario que le permiten obtener la información para la toma de decisiones.
- Determinar requerimientos no funcionales: A diferencia de los anteriores, estos se relacionan directamente con las características que debe de poseer el sistema, por lo que no afectan en gran medida el objetivo del *software*.
- Programación: Etapa del diseño del sistema de apoyo, a través de la programación y lenguaje de VBA, creando un prototipo.
- Retroalimentación: Etapa final en donde el usuario final emplea el prototipo y se recogen los comentarios para el diseño del *software* final.

2.8 Evaluación económica

Para evaluar el impacto que este proyecto tendrá en la empresa cuando se aplique, se realiza una evaluación económica, la cual estará orientada en la adquisición y la nueva inversión del prototipo, en conjunto con los posibles escenarios de rentabilidad de aplicación del proyecto. Esta evaluación se desarrolla mediante la realización de un flujo de caja, cálculo típico de indicadores económicos y un análisis de sensibilidad ante los diversos escenarios a evaluar.

Para la realización de la evaluación económica, se determinan los siguientes apartados:

- Inversión, Costos e ingresos
- TREMA: tasa de rendimiento mínima aceptable para proyectos
- Horizonte y alcance de planificación
- Flujo de caja puro e indicadores
- Análisis de sensibilidad de los datos

2.9 Metodología de solución

Después de realizar una explicación de todos los conocimientos relevantes que se emplean en el proceso, se establece una metodología a seguir, detallando las herramientas y operaciones que se ven necesarios para entregar la solución a la empresa frutícola.

2.9.1 Levantamiento de datos

Se recopila información de los datos más relevantes en los procesos, teniendo en cuenta bitácoras de las empresas y muestreo de datos, cada una de estos se analizan para tener en claro las que son relevantes para obtener la solución al problema.

2.9.2 Análisis de información

Se revisa toda la información adquirida en el paso anterior para un análisis más detallado, teniendo en cuenta herramientas o reuniones que logren orientar a la selección adecuada de la clasificación de estos datos.

2.9.3 Revisión bibliográfica

En este punto se realiza una revisión sobre las literaturas asociadas y que posean información sobre la resolución de problemas similares a la fecha, teniéndolos como fuente de apoyo. Se toman en cuenta, tanto literaturas que ven el problema desde un área de producción, como las que emplean el método de solución a través de un análisis DEA.

2.9.4 Plan de acción

En esta etapa se diseña de acuerdo a lo visto en la búsqueda de bibliografía relacionada con el problema y la forma de solución. Se proponen diversas formas para atacar este problema, la cual se detalla a continuación:

Aplicación del modelo DEA para eficiencias: Se emplea la modelación para la maximización de producción tanto en turnos como en familias de frutas producidas en la temporada, para luego obtener las metas.

Calificación de operarios: En este punto se emplean las evaluaciones de acuerdo a sus rendimientos en los puestos, cada uno de los cuatro puntos a evaluar se toma como un consenso entre la directiva y el jefe de packing.

Diseño de Software: En este punto se diseña un prototipo que ayude a que la empresa pueda realizar y analizar la eficiencia de sus turnos o familias de frutas.

2.9.5 Entrega de Resultados

En esta fase, se le entrega a la empresa un análisis de la eficiencia de los dos puntos primordiales a ver (familias y turnos) y, a su vez, el estudio del rendimiento del personal.

Entrega de Informe: Tanto el estudio de eficiencia como del rendimiento del personal se entrega a través de un informe escrito, redactado, también, con la metodología de aplicación del análisis de eficiencia.

Software: Se le entrega a la empresa el diseño del prototipo para que ayude a la empresa a emplear el mismo método cuando ellos lo encuentren necesario.

Se tiene que tener en cuenta, que al finalizar todo el proceso de solución, se emplea una retroalimentación de parte de la empresa para su posible solución con respecto a que se cumplan los objetivos pactados en un principio (Anexo 1).

CAPÍTULO 3 :

DESCRIPCIÓN DE LA

SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se revisan diversos datos de la empresa en una mayor profundidad que permitan describir la situación actual de la empresa que se consideran relevantes para el proyecto.

3.1 Evaluación del personal proceso

Durante la temporada 2018, la empresa Frutasol procesó manzanas y peras. En cada línea la cantidad de personal es diferente, enfocándose en áreas similares, es relevante en el estudio para determinar a cuál área se debe de recopilar información para analizar sus problemas.

Área de Vaciado: En este sector se encuentra la menor cantidad de personal que influye directamente con la producción, ya que la máquina es la que realiza el proceso de vaciado de bins y de corredera hacia el proceso. La cantidad de personas tiene que ver con el proceso de emplear la máquina y de ocupar grúas y uno que otro control de calidad.

Área de Selección: La selección trata sobre hacer un análisis al momento de la manzana que se encuentra en las vías, por lo tanto influyen en la cantidad de manzanas que se derivan a cada salida de embalaje y dan un estimativo de cuanta fruta es la que no se encuentra en buen estado.

Área de Embalaje: Este proceso trata sobre la disposición de la fruta dentro de un envase, su dimensión depende del país de exportación, de acuerdo al calibre, calidad y variedad. En la línea 1 se encuentran 30 salidas, teniendo a una persona encargada del *Traypack*, otra de tapar las cajas y otras encargadas de una tómbola, estas tómbolas se encuentran en siete salidas de la línea 1. Por otra parte, la línea 2 se encuentra con una producción, en su gran mayoría, de peras. Teniendo quince tómbolas en su totalidad. Esta área, en ambas líneas es la mayor cantidad de personal que afecta directamente con la producción, por lo tanto el rendimiento del personal afecta a la cantidad de cajas producidas.

Área de Palletizaje: El sector de pallet se encuentra constituido en su gran mayoría de hombres, las mujeres que actúan en este sector solo interactúan para contabilizar e ingresar las cajas que forman un pallet.

Personal de Aseo: Es personal no solo se encuentra asignado a las líneas, sino que también a diversas áreas de la empresa. Por lo tanto, se ve complicado evaluar el desempeño de personas que no influyen tan directamente con la producción.

Altillo: Este personal se encuentra directamente relacionado con la bodega, siendo ellos los que tienen que realizar el montaje de cajas para que se realice un buen embalado. Pero, no se encuentran

directamente relacionados con la producción, son influyentes, pero a simple vista no sufren problemas por cuellos de botellas o falta de material.

Operadores: La cantidad de operadores depende de la cantidad de máquinas que hay en la línea, en la línea 1 se posee mayor automatización por parte de las máquinas, es por eso que se requiere menor cantidad de personal que en la línea 2.

Tabla 7: Cantidad de personal de las líneas

| Línea 1 | | | Línea 2 | | |
|-------------|----------------------|------------|-------------|----------------------|------------|
| Área | Cantidad de personas | Porcentaje | Área | Cantidad de personas | Porcentaje |
| Vaciado | 4 | 4% | Vaciado | 3 | 6% |
| Selección | 12 | 13% | Selección | 10 | 19% |
| Embalaje | 57 | 61% | Embalaje | 20 | 38% |
| Palletizaje | 8 | 9% | Palletizaje | 6 | 11% |
| Aseo | 4 | 4% | Aseo | 3 | 6% |
| Altillo | 4 | 4% | Altillo | 5 | 9% |
| Operador | 4 | 4% | Operador | 6 | 11% |
| Total | 93 | | Total | 53 | |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

Como se observa en la Tabla 7, la mayor cantidad de personas que influyen en el proceso de cada línea se encuentra en la etapa de embalaje, por lo tanto la evaluación de la causa y efecto que posee la mala asignación de personal, se ve a través de reuniones con el jefe de packing, el porqué de los problemas.

3.1.1 Diagrama causa-efecto

Como se mencionó, se emplea un estudio de problemas dentro de la línea enfocado en el área de embalaje de la línea 1 y embalaje y selección en la línea 2, a través de visualizaciones de los operarios y también de conversaciones con el jefe de packing. En base a estas conclusiones se identifican las principales causas del problema principal que se encontraron en la mala asignación de puestos, estos se muestran en Ilustración 5 y se detallan a continuación:

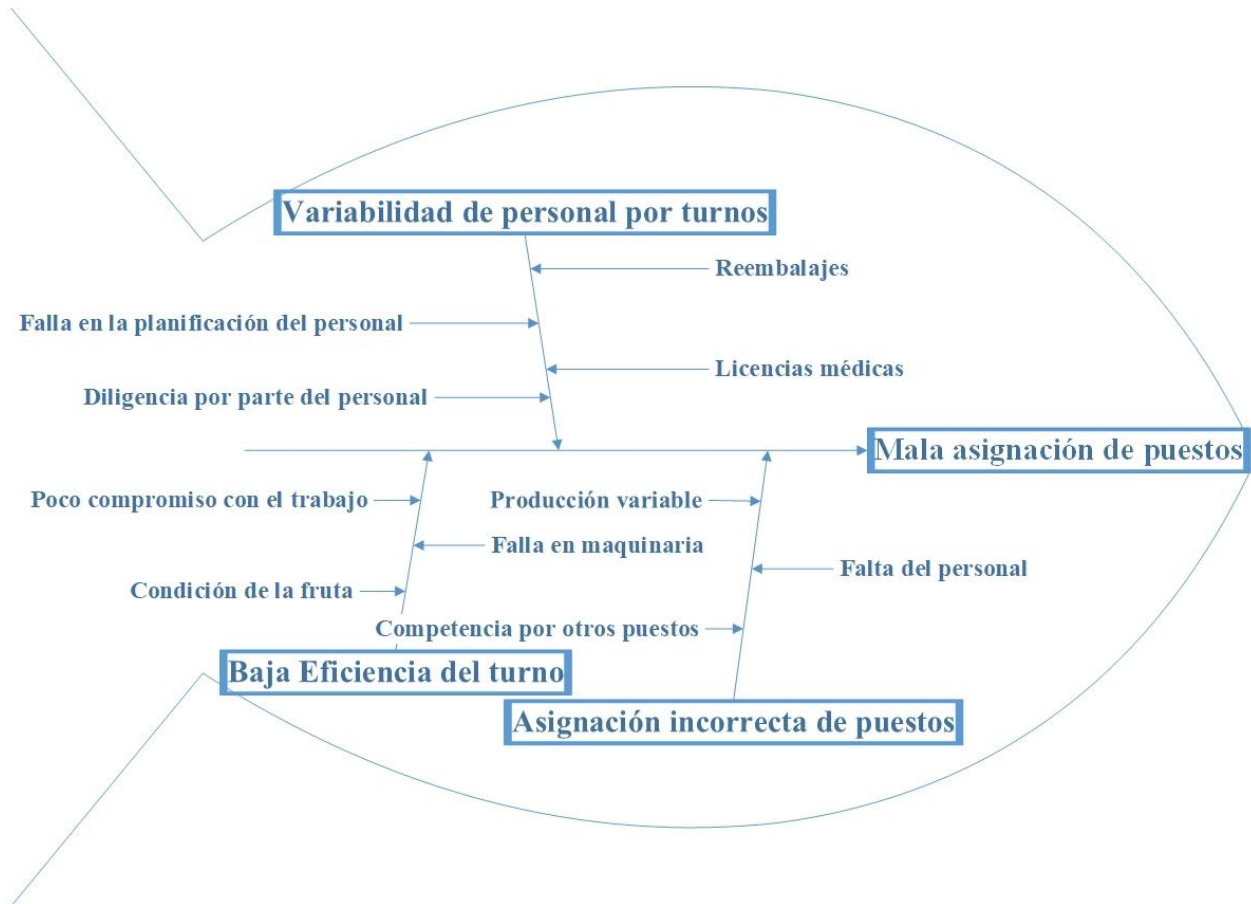
Variabilidad de personal por turnos: Esta se ve primordialmente por la variabilidad de la producción y la mala estimación en la planificación del personal para cada turno en la producción, existiendo personas con licencias médicas o permisos que surgen de un día para otro, de modo tal

que afectan al personal que se encuentra trabajando en la línea, sobre todo las operarias que se encargan de embalar, lo cual puede derivar a un posible reembalaje de frutos por mala manipulación o por control de calidad.

Baja eficiencia del turno: Para el caso de esta causa es principalmente el poco compromiso que algunas operarias tienen con el trabajo, las cuales se retratan en las conversaciones y el tiempo de ocio que cada una posee, no tan solo por el estado de la fruta sino que por decisión propia. Desde el punto de vista de la fruta, existen algunas que posee poco porcentaje que sea posible para la exportación, por lo tanto se requiere que la máquina vaya más lento, ya que dentro de mayor fallas, menor es la fruta que se procesa. Del mismo modo, la falla de maquinaria afecta directamente a la producción, ya que si falla una de las máquinas principales influye que la línea se detuvo y que el personal se encuentra en estado de ocio, hasta que esta se repare.

Asignación incorrecta de puestos: Finalmente, otra causa detectada es la asignación de puestos que es dado por el jefe de packing, principalmente tiene relación por la producción variable que poseen que implica que una u otra operaria tenga problemas con su tómbola y requiera ayuda para colarla y que no se le llene, ya que si ocurre se debe de detener la línea. La falta de persona, afecta directamente, ya que cuando falta alguien que está encargada de una tómbola, alguien encargada de colar otras tómbolas, se debe de hacer cargo de ella o inclusive personal que tapa cajas se debe de hacer cargo, por lo tanto siempre existirá alguien que falte o prefiera tomar ese puesto. Teniendo un efecto de competencia por otros puestos dentro de la misma empresa o de la misma línea, ya sea por sueldo o por comodidad.

Ilustración 5: Diagrama de causa-efecto



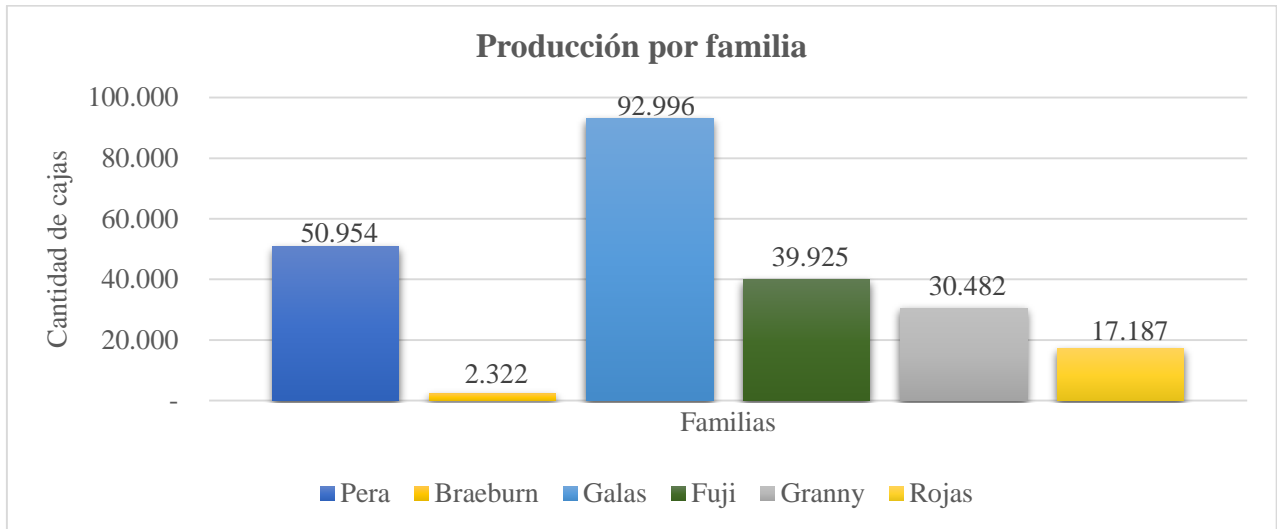
Fuente: Elaboración propia

3.2 Evaluación del tiempo de producción

Para medir y establecer el tiempo que se toma para cada una de las familias que se procesan, se emplea la herramienta de calidad de histogramas. Esta herramienta se emplea para visualizar la cantidad de producción que existe en ambas líneas y en conjunto. Todos estos datos ayudan a emplear una toma de decisión de si es relevante o no para un posible análisis.

Dentro de la empresa, procesan diversas variedades de frutas, incluidas sus familias. En su totalidad se encuentran diferenciadas entre las seis familias siguientes: Pera, Manzana Braeburn, Manzana Galas, Manzana Fuji, Manzana Granny y Manzana Roja. Teniendo un rol muy importante esta temporada de la Pera, que fue procesada en su gran porcentaje por la línea 2, del mismo modo, la familia Gala y Fuji han sido la mayor cantidad procesadas, como se ilustra en la Gráfica 5.

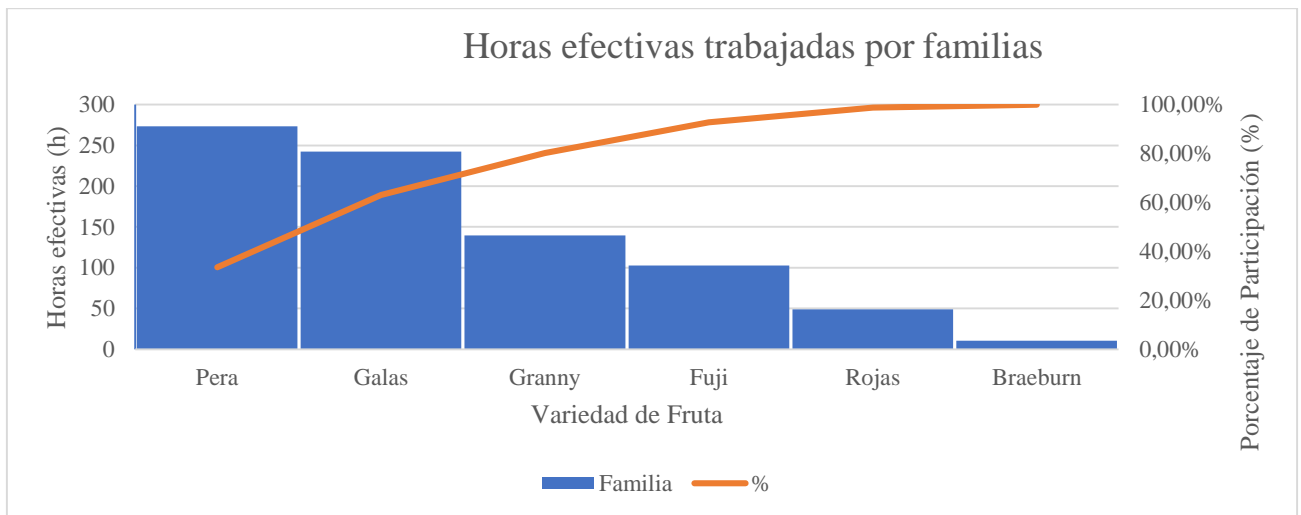
Gráfica 5: Producción por familias de frutas



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de (Frutasol, 2018)

Del mismo modo, empleando el diagrama de Pareto sirve para identificar la mayor cantidad de problemas que existen en el sistema, en este caso la producción. Dentro de los postulados del diagrama de Pareto, se postula que el 20% de las fallas están presentes en el 80% de los problemas, para este caso particular, se denota claramente en la Gráfica 6 que la producción se concentra principalmente en Peras, Galas y Granny. Por lo tanto, se ve necesario estimar una evaluación del personal al encontrarse procesando este tipo de variedades, ya que son las que más influyen dentro de la producción final de la planta.

Gráfica 6: Diagrama de Pareto con respecto a la producción de la planta



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

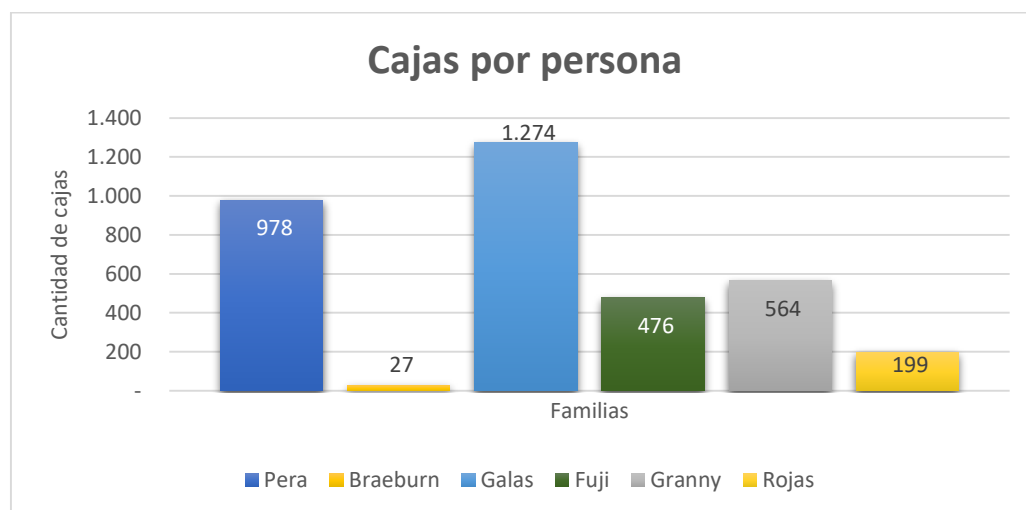
Por otro lado, desde el punto de vista de las familias, las peras han sido las que han poseído mayor cantidad de trabajo, pero la razón es porque la línea 2 trabajo con peras hasta la mitad de la temporada del año 2018, por tanto el tiempo de espera para cada fruta es mínima, además, al trabajar siempre la misma variedad, no se requirió de realizar inducción a las trabajadoras. De todas formas, en la Gráfica 6, la variedad de Galas, de Granny y de Fuji son las más trabajadas, ya que dentro de los huertos que son propios de Frutasol, por lo tanto se da preferencia a estos.

3.3 Evaluación de la producción

Para lograr un estimativo del nivel de producción del personal que se encuentran en las líneas, se realizan dos estudios de histogramas de producción, uno enfocado a los turnos y otro enfocado a las familias, de esta forma se logra concretar cuál de todas las familias vale la pena tomar en cuenta y determinar la variabilidad que tiene el personal dentro de la producción total de las líneas.

En la Gráfica 7 , se reafirma que la producción principal de la empresa se enfoca en Galas, Peras y Granny, seguida por Fuji. Por lo tanto, es en estas producciones en donde se debe de tomar en cuenta la medición del personal.

Gráfica 7: Total de cajas producidas

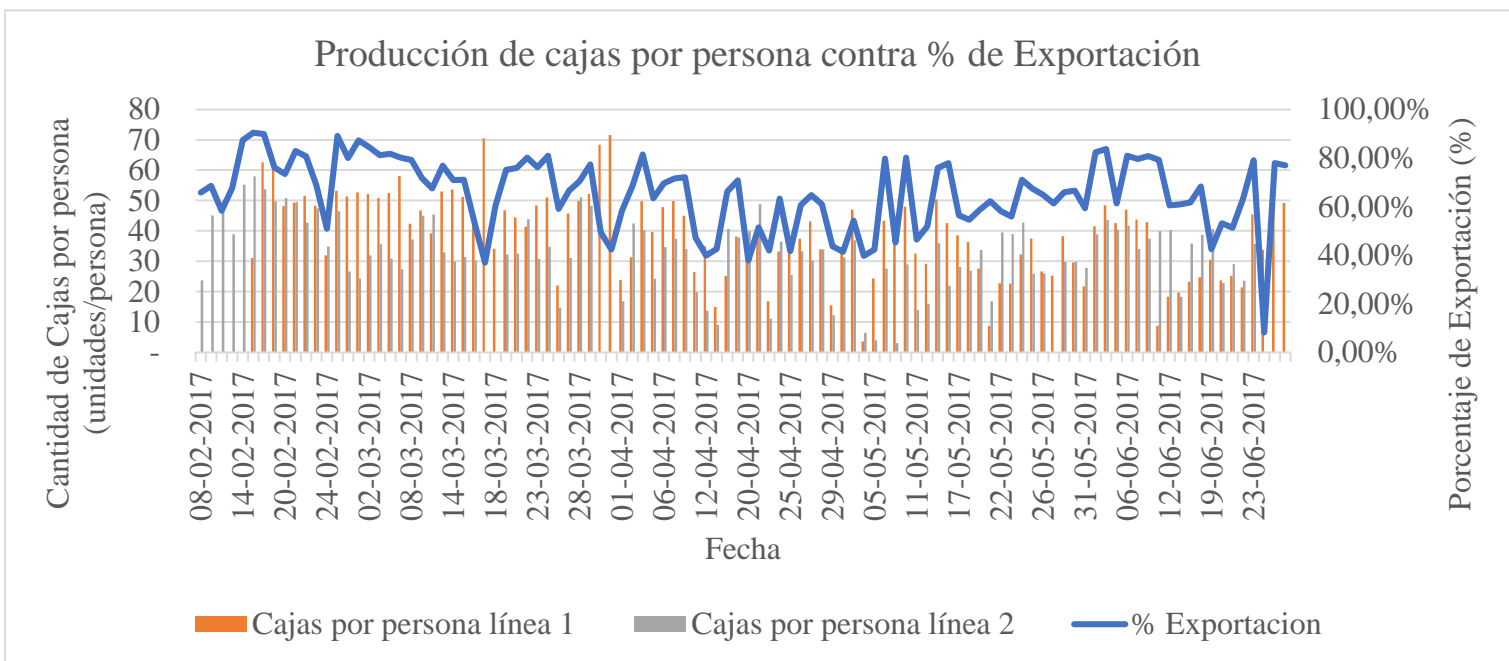


Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

Del mismo modo, se debe de destacar que la dentro de la planta tiene un promedio por turno de producción de 1.640 cajas aproximadamente, según los detalles de las bitácoras de la producción de 2017. Por ahora, la cantidad de cajas producidas se encuentran en un promedio de 1.680 cajas aproximadamente, aumentando considerablemente, pero de igual forma, se destacan días de poca producción, como se ilustra en la Gráfica 8. Hay que tomar en cuenta que existe este aumento de producción por la inclusión de un nuevo turno, el turno de noche para la línea 1, lo cual eleva la producción diaria.

Otro factor importante a tomar en cuenta en el análisis es el nivel de efectividad en el turno y, a su vez, que tan eficientes son las horas de trabajo por familias. Para el primer caso, se debe de tomar en cuenta que trabajos en la línea 1, se han descontado los minutos efectivos del turno de noche, ya que este no se encuentra durante toda la temporada, por lo tanto no es relevante en el estudio.

Gráfica 8: Producción de cajas por persona por turno



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

En la Gráfica 8, se puede ilustrar lo poco constante que pueden ser algunos turnos, logrando tener problemas con respecto a posibles detenciones de la línea o simplemente poco personal que puede

existir ese día, el cambio de puestos dentro de la línea influye bastante en el nivel de efectividad del turnos, ya que el jefe de cada línea tiene que hacer una charla introductoria para cada uno de las operarias.

3.4 Alcances operacionales

Dentro de la empresa, existen diversos puestos de trabajo con una determinada cantidad de horas laborales por semana, los operarios que están cumpliendo hora en la línea poseen un horario fijo que es desde las ocho de la mañana hasta las seis de la tarde. Desde el primer mes de trabajo, Febrero, que la empresa comenzó a operar con una hora extra, la cual es extendida para todas las líneas, la cual equivale a solo una hora, extendiendo la jornada de trabajo a las siete de la tarde.

En el packing existen dos líneas, con diferentes tipos de proporción de personal y maquinaria, ambas poseen el mismo horario de trabajo, pero diferentes horarios de colación. Todas las personas que trabajan en ambas líneas son contratadas por temporadas, por lo siguiente, cada finalización de temporada se requiere una evaluación personal de cada operario para una posible contratación en la próxima temporada.

Se tiene que tener en cuenta de que la cantidad de personal contratado va variando con respecto a la producción y a la cantidad de personal que se va despidiendo durante la temporada, llegando a rotar al personal de embalaje por lo menos una vez al mes. De igual forma, existen períodos en que se debe de reembalar, sobre todo en esta temporada por la inclusión de un turno nuevo, por lo tanto, estas operarias se les paga por hora trabajada.

3.5 Conclusiones

En resumen, con todos los datos recopilados en el diagnóstico se concluye que, dentro de la línea de producción con dos líneas existe una alta variabilidad en el sentido de eficiencia, tanto por el tiempo por sus turnos como la producción de familias con respecto a ciertas variables de producción que se puedan manejar, como lo son el personal y la cantidad de cajas procesadas.

Para el área de producción supone una tarea difícil saber qué hacer cuando existe una cierta cantidad de operarias o de bins a ingresar, por lo tanto al poseer escenarios muy extremos no se puede llegar a una conclusión de cuál es el turno que emplea bien sus recursos o la familia de frutas

que posee una mejor producción para la empresa. Además, hay que incluir que al querer realizar que el turno de noche posea resultados similares, se deben de tener conclusiones de cuáles son las mejores implementaciones con las variables que ellos encuentran posibles modificar a su gusto.

Por lo tanto, el estudio es primordialmente un análisis de mano de obra que ayude a concluir de mejor forma cuál de todos los turnos y las familias que emplea de buena forma todas las variables, tanto de producción, como de ingreso. Acompañado de una evaluación de la mano de obra, para estimar una mejor asignación en las estaciones de trabajo que posean mayores problemas dentro de los niveles productivos en los turnos de acuerdo a las familias más importantes de producción.

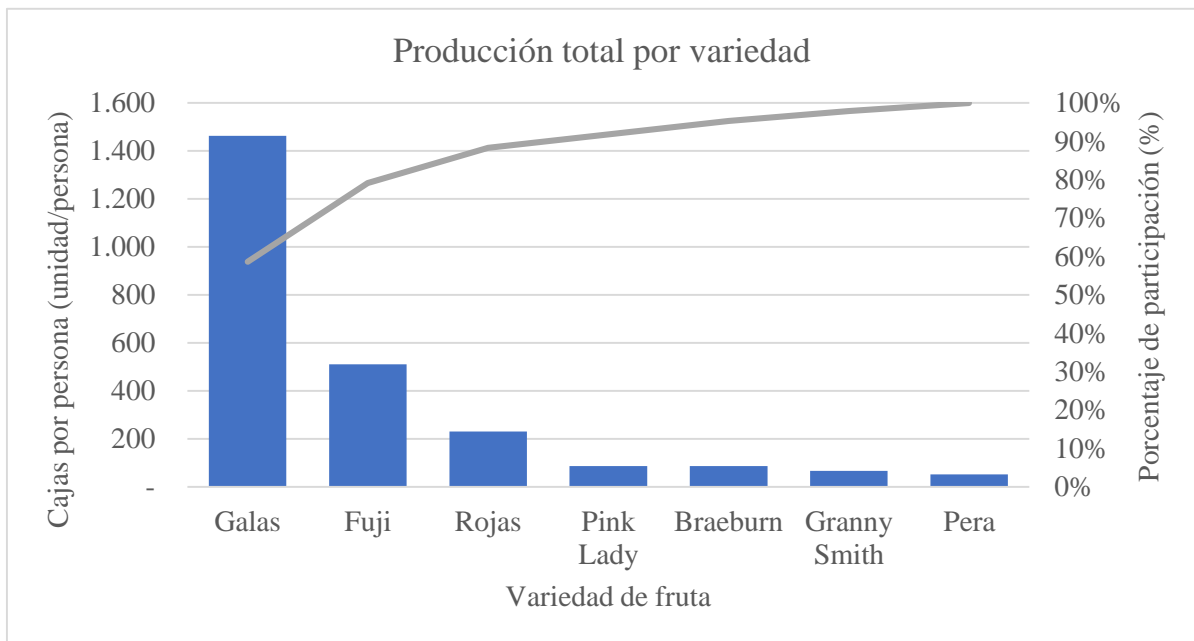
CAPÍTULO 4 : ANÁLISIS DE EFICIENCIA

En este capítulo se presentan los principales resultados y análisis que se obtienen con la aplicación del modelo DEA, detallando las entradas y salidas del modelo, con la finalidad de estimar las metas para cada DMU.

4.1 Introducción al Análisis de Eficiencia por línea

Dado en capítulos anteriores, el análisis de eficiencia se expone como la evaluación del proceso de producción de una frutícola, teniendo mayor relevancia en ambas líneas con diferentes especies de frutas, dadas sus características homogéneas de las familias. Para identificar las DMU's se aplica un estudio de participación en la producción de cada familia.

Gráfica 9: Diagrama de Pareto de la producción de línea 1



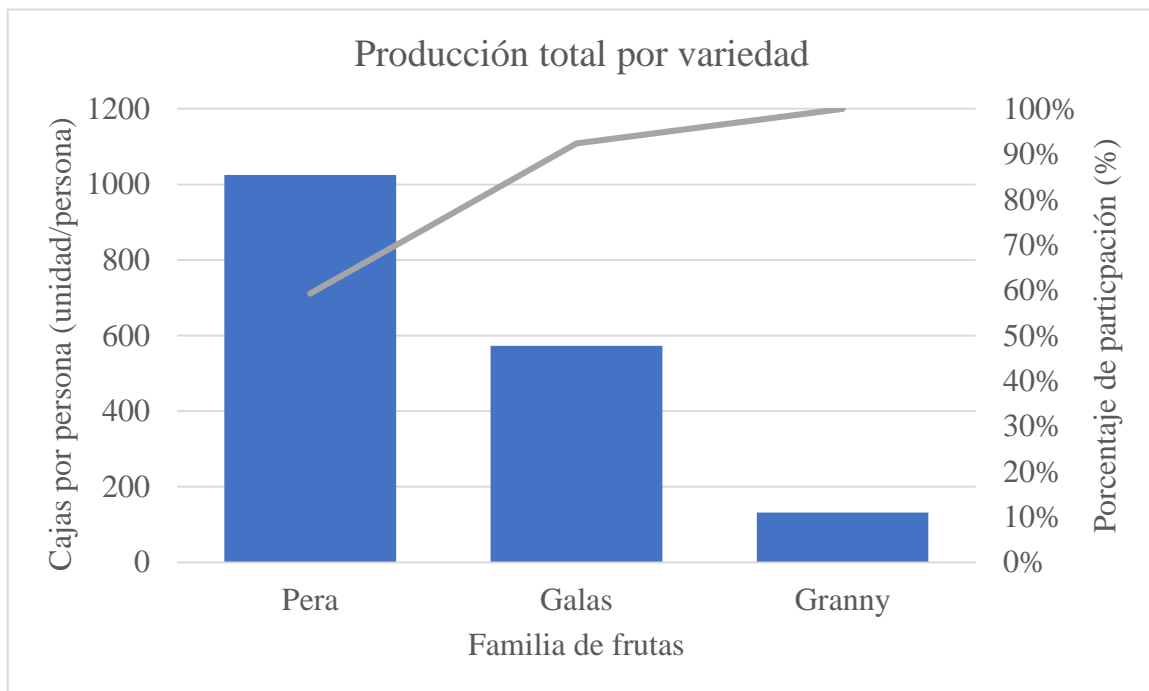
Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

Como se vislumbra en la Gráfica 9, la mayor participación (cercana a un 70%) es de la familia de las manzanas Galas y le sigue muy de cerca la familia de las manzanas Fuji. Por lo tanto, el estudio se basa en los datos de las familias más importantes de la línea 1, ya que se asume que el comportamiento de estos será muy similar a lo que ocurre con las demás familias, sin contar que la empresa posee mayor cantidad de plantaciones propias con estos grupos de familias, es por esto que se considera importante estudiar el comportamiento eficiente que estas familias de manzanas tengan.

Por otra parte, la línea 2 en el periodo actual posee una diferente producción. Teniendo mayor relevancia la producción de la pera. Es por esto que se considera que la producción de

manzanas con peras no son procesos homogéneos, ya que ambos requieren un tiempo de proceso y requerimientos de vaciado diferentes, llegando a que la estimación de fronteras de eficiencias sea diferente para las más importantes de esta línea. Como se llega a vislumbrar en la Gráfica 10, la mayor producción que se tiene en la línea 2 es sobre la familia de las Peras y entra, nuevamente, la familia de las Galas, logrando así más de un 80% de participación en la producción de la línea 2.

Gráfica 10: Diagrama de Pareto de la producción de la línea 2



Fuente: Elaboración propia en base a datos de (Frutasol, 2018)

Es decir, que dentro del estudio se realizan diversos modelos de eficiencia para las diversas familias, ya sean por sus participaciones en la producción de la línea y su homogeneidad en los datos.

4.2 Determinación de Variables

Al definir un proceso productivo siempre se tiene en consideración cuál es la materia prima y cuál es el producto final, las cuales son llamadas input y output relevantes. Este caso no es la excepción, por tal motivo al desear se emplea un análisis de eficiencia se requiere estimar de buena manera las variables implicadas tanto de entrada como de salida. Para este caso, se requiere un

levantamiento de datos que la empresa posea y tenga en posesión sin necesidad de recurrir a otro sistema de investigación, es por esto que se realiza un levantamiento de información de los datos disponibles y de algunas asociaciones que se tengan por planilla dentro de la empresa.

En el caso de centrarse simplemente en la empresa y su eficiencia de producción, se tienen que tener en cuenta las entradas como el personal que trabaja en cada turno de cada familia, los kilogramos que entran y el tiempo eficiente que se dedica en esa fruta. Del mismo modo se analizan los datos de salida, como el porcentaje que se va a exportación de lo que entra y la cantidad de cajas que se procesan.

Cabe señalar que las variables mencionadas anteriormente se encuentran justificadas en la memoria de Jonathan Rojas y, a través, de reuniones y conversaciones con la empresa en base a sus requerimientos y planteamientos de necesidades de observación y disponibilidad de datos.

El objetivo que persigue la realización de un análisis de eficiencia consiste en poder determinar aquellos procesos tanto eficientes como ineficientes, con la finalidad de fijar las metas para aquellos procesos que no funcionaron de forma eficiente y de lograr encontrar un equilibrio entre recursos utilizados y productos obtenidos.

4.3 Correlación de las variables

Dentro de los requerimientos de la empresa, existen diversas variables a considerar, sobre todo siendo un modelo orientado a maximizar la producción. Es por esto, que se selecciona el porcentaje de exportación como variable inamovible para el modelo y, a su vez, la cantidad de cajas que se realizaron en cada turno.

El factor a considerar es en las entradas y en los datos que la empresa posee para realizar este modelo. Dentro de las bitácoras que la empresa poseía, se destacaron cinco variables que son representativas para la producción.

- a) Dotación del personal
- b) Tiempo efectivo de trabajo
- c) Kilogramos ingresados
- d) Tiempo de detención

e) Cantidad de productores

Hay que tener en consideración que existen otras variables que se podrían llegar a considerar, pero algunas eran factores o múltiplos de las seleccionadas, tales como bins a ingresar y porcentaje de tiempo efectivo dentro del turno.

Para lograr una buena discriminación con respecto a las variables, se realiza el procedimiento de *stepwise* creado por (Janet Wagner, 2006) el cual dictamina un algoritmo para discernir en algunas variables para una mejor evaluación de las unidades de decisión. En primer lugar se realiza la correlación entre las variables de eficiencia, realizando una diferencia entre cada una de las eficiencias al eliminar cada una de las variables. De esta forma obtenemos el primer paso, como se observa en la Tabla 8 el que tiene menor valor, o sea la diferencia entre el total de eficiencia menos las eficiencia eliminando el tiempo de detención, se elige por eliminar la variable de detención, dada la lógica del algoritmo.

Tabla 8: Diferencia de eficiencias Step 1 en la familia Gala en la línea 1

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores | Total-Tiempo de detención |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| 0.08476281 | 0.12413371 | 0.07901547 | 0.07687992 | 0.07681068 |

Fuente: Elaboración propia

Como la empresa desea tener una cierta cantidad de variables de entradas, en este caso tres, solo falta eliminar una de ellas. Se realiza el mismo procedimiento de eficiencias y se obtienen los resultados ilustrados en la Tabla 9. En este caso, el menor valor obtenido es para la variable de los productores, por lo tanto esa es la variable que se eliminará.

Tabla 9: Diferencias de eficiencias Step 2 en la familia Gala en la línea 1

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 0.08799464 | 0.14857992 | 0.08771679 | 0.08702629 |

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo se realiza este procedimiento para cada una de las variedades de frutas que se aplican en el proyecto en conjunto con la empresa, las cuales son cuatro. En este caso en particular,

en todos los casos surgieron las mismas variables seleccionadas. Es por esto, que las variables que se emplearan para el modelo son: Dotación del personal, Tiempo efectivo de trabajo y Kilos ingresados al proceso.

A continuación se describen detalladamente las variables objeto de estudio, así como el análisis de eficiencia para cada familia de frutas.

4.4 Variables de Entrada

Dentro de cada proceso productivo se requieren variables de entrada, en este caso de materias primas, las cuales obtienen objetos de salida, en este caso son cajas, denominadas output.

La gran mayoría de las empresas busca minimizar sus entradas y maximizar sus ganancias, en este caso en particular, la empresa desea mantener su nivel de materias primas ya que los kilogramos que entran los desean mantener al igual que el personal, pero desean aumentar la cantidad de cajas producidas, logrando de este modo obtener un mayor retorno por el posible aumento en el nivel de producción.

La principal ventaja del modelo DEA, es que se pueden mezclar variables que no posean una misma naturaleza, logrando combinarse datos de pesos, cantidades, financieros, etc. sin necesidad de que posean una unidad en común. Las variables de entrada se muestran a continuación.

4.4.1 Dotación del personal

Esta variable es sobre la cantidad de recurso humano es utilizado en el proceso productivo. Esta es una variable que va directamente asociada a los kilogramos ingresados a la línea, es por lo tanto importante para observar su comportamiento en relación al proceso. Hay que tomar en cuenta, que la cantidad de kilos ingresados dentro de la línea 1 son un estímulo salarial para el personal que trabaja en esa línea, de la misma forma, para la línea 2 es la cantidad de cajas producidas.

4.4.2 Tiempo efectivo de trabajo

Esta variable tiene relación con las peticiones de la empresa con respecto a que si se emplea de buena forma sus tiempos de trabajo efectivo, es decir, que se restan las colaciones y los ejercicios

complementarios que se le realiza al personal. No se toman en cuenta los errores o fallas en las maquinarias, por otro lado si se toman en cuenta los tiempos de detención por cambio de productor o lote.

4.4.3 Kilogramos ingresados

La cantidad de kilogramos que ingresan por cada turno que cada fruto es un tiempo estimativo de producción dado por el jefe de turno, si se lograra controlar ambas obteniendo un máximo de eficiencia, se obtendrían más cajas. Por lo tanto, es una variable a considerar para la medición y análisis de eficiencia de la línea. Hay que tener en cuenta que mientras más gente esté en la línea, mayor es la cantidad de kilogramos ingresados, es decir, hay directa relación entre ambas.

4.5 Variables de Salida

Para el caso de las variables output, se consideran aquellas que están directamente relacionadas con el producto final del proceso productivo que posee la empresa, o sea la cantidad de cajas que se producen dada la cantidad de fruta exportable que ingresa.

4.5.1 Cantidad de Cajas producidas

Las cantidades de cajas están relacionadas proporcionalmente con los kilos ingresados y de igual manera con el personal, dado una cierta cantidad de personas trabajando la cantidad de cajas producidas va a variar directamente. Dado que este es un ingreso directo a la empresa, se desea maximizar este valor a lo máximo posible, teniendo en cuenta los principales factores que lo influye, tal y como se mencionó anteriormente, lo son la cantidad de personal y los kilos ingresados.

4.5.2 Porcentaje de Exportación final

De toda la fruta que entra al proceso, solo una parte de esta sale a exportación, en su gran mayoría a otros continentes, por lo tanto la fruta tiene que considerarse en ciertos estándares de calidad para que esa exportación sea posible. Esta variable es muy importante a tomar en cuenta dado que es una variable de salida que no se puede controlar.

4.6 Factores a considerar en el Análisis de Eficiencia

Al aplicar la metodología DEA, uno de los principales aspectos que hay que tener en presente es que los procesos que se incluyan en el análisis deben trabajar bajo las mismas condiciones, por tal motivo, se realizará un análisis de eficiencia para cada familia de frutas que sea más importante, tal y como se detalló anteriormente.

La calidad de la fruta es un factor que siempre se debe de considerar en los análisis de producción con frutas, ya que si existe una buena calidad el porcentaje de exportación es mayor y se posee mayor ganancias, caso contrario si ocurre al revés. Es por esto, que el modelo DEA que se considera es en donde una variable no se puede modificar a gusto propio, sino que es algo que se debe tomar en cuenta como una variable no discrecional.

4.7 Análisis de Eficiencia Línea 1

Como se mencionó anteriormente, al realizar un estudio de la producción final de cada una de las líneas, se estimaron cuáles han sido las familias más importantes, las cuales fueron divididas en dos variedades las Galas y las Fuji. Para este caso, hay que considerar que las base de datos estable una cantidad diferentes de variables para cada una de las familias.

4.7.1 Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 1

Al ser uno de los objetivos principales la identificación de los procesos ineficientes como eficientes, se pueden establecer metas para los primeros dados los segundos. Logrando de este modo que la empresa logre efectuar operaciones ideales de acuerdo a datos ya obtenidos anteriormente para casos similares.

Para este caso, la familia de Galas dentro de la línea 1 posee una gran cantidad de turnos procesados, siendo estos una cantidad de 49 DMU, se puede observar en la Tabla 10 la cantidad por cada familia de la variedad de Galas que se obtuvieron como eficientes y no eficientes.

Tabla 10: Eficiencias de la variedad Gala en línea 1

| Variedad | Eficientes | No Eficientes | Total |
|------------------|------------|---------------|-----------|
| Brookfield | 3 | 7 | 10 |
| Gala Premium | 1 | 1 | 2 |
| Galaxy | 3 | 11 | 14 |
| Imperial Gala | 4 | 1 | 5 |
| Pacific Gala | 0 | 1 | 1 |
| Royal Gala | 6 | 9 | 15 |
| Ultra Royal Gala | 0 | 2 | 2 |
| Total | 17 | 32 | 49 |

Fuente: Elaboración propia

Para obtener un número más estimado con respecto a los valores eficientes, se puede observar que la cantidad promedio de los eficientes poseen 75 personas trabajando en 190 minutos efectivos, todo eso para producir un máximo de más de mil cajas. Lo cual es alcanzable, ya que el mayor valor encontrado supera esos valores e incluso supera la cantidad de cajas producidas en promedio, aunque también el porcentaje que se tiene como desviación de los datos es de un 13% (Tabla 11), lo que equivale que existe una alta diferencia del dato que no se puede modificar, por lo tanto es algo que se debe de tomar en cuenta por parte de la empresa cada vez que se realiza un estudio del turno.

Tabla 11: Datos Estadísticos del proceso en línea 1 con variedad Gala

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|----------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Promedio | 75 | 190 | 28.383 | 71% | 1.139 |
| Desv. Estándar | 13 | 163 | 20.975 | 13% | 954 |
| Máx. | 87 | 535 | 69.039 | 83% | 3.071 |
| Mín | 55 | 45 | 3.433 | 44% | 90 |

Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Análisis de eficiencia variedad Fuji en línea 1

De la misma forma que el caso anterior con la variedad Gala, las manzanas Fuji presentan una diversidad en el caso de las eficientes y no eficientes. Para este caso en particular, hay que tomar en cuenta que la cantidad de turnos son menores, ya que los turnos en donde se produjeron manzanas Fuji fueron menores. Sin embargo, se destacan que en su gran mayoría son eficientes

(Tabla 12), lo cual da a entender una mejor distribución de las variables disponibles de producción que se podían modificar.

Tabla 12: Eficiencias de la variedad Fuji en línea 1

| Variedad | Eficientes | No Eficientes | Total |
|----------------|------------|---------------|-----------|
| Fubrax | 1 | 0 | 1 |
| Fuji Fubrax | 4 | 3 | 7 |
| Fuji Raku Raku | 3 | 3 | 6 |
| Total | 8 | 6 | 14 |

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los datos de las unidades eficientes se encuentra que la desviación de los datos es bastante alta con relación a la variable de salida, lo que quiere decir que los turnos son totalmente diferentes unos con otros y que tiene una gran importancia la cantidad de kilogramos ingresados y el porcentaje de calidad de la fruta (Tabla 13).

Tabla 13: Datos Estadísticos del proceso en línea 1 con variedad Fuji

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|----------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Promedio | 84 | 416 | 74,833 | 1 | 2,683 |
| Desv. Estándar | 2 | 168 | 33.639 | 2% | 1.308 |
| Máx. | 87 | 575 | 112.339 | 79% | 4.338 |
| Mín | 81 | 220 | 37.195 | 72% | 1.171 |

Fuente: Elaboración propia

4.8 Análisis de Eficiencia Línea 2

Para analizar las eficiencias de la línea 2, hay que tener en cuenta la menor tecnología y puestos de trabajos requeridos para los diversos procesos, es por esto que incluir mayor personal no significa que la gente procese más. Para esta línea se procesan dos variedades de frutas, Peras y Manzanas, siendo esta última de la familia Gala. Los resultados de las eficiencias y datos estadísticos de los eficientes se presentan a continuación.

4.8.1 Análisis de eficiencia variedad Pera en línea 2

Siendo que la cantidad de turnos en que se operan la variedad de Pera es bastante considerable en la línea 2, se estima una gran cantidad de los datos serán dispersos por la variedad y la maquinaria

que se encuentra disponible en la línea, como la línea 2 es la que posee una maquinaria más antigua requiere de un proceso más lento y, aun así, la fruta puede salir perjudicada por las vías un poco antiguas. En la Tabla 14 se muestran la cantidad de eficiente e ineficientes de cada variedad de la familia de Peras del proceso de la línea 2, encontrándose que en su gran mayoría son ineficientes.

Tabla 14: Eficiencias de la variedad Pera en línea 2

| Variedad | Eficientes | No Eficientes | Total |
|---------------|------------|---------------|-------|
| Beurre Bosc | 5 | 21 | 26 |
| Packham's | 1 | 4 | 5 |
| Red Sensation | 1 | 2 | 3 |
| Total | 7 | 27 | 34 |

Fuente: Elaboración propia

Para tener un dato estimado de cómo se deben de producir los turnos con manzanas para maximizar su producción, es tener el promedio de los eficientes, teniendo en cuenta de que la desviación de los datos no es muy alta, incluso hay datos eficientes que a pesar de tener un valor muy menor en exportación han sido eficientes por la cantidad de cajas utilizadas. En la Tabla 15 se muestran los datos estadísticos, dando a detalles que la desviación de datos no es muy alto, teniendo en cuenta la diferencia de los valores máximos y mínimos.

Tabla 15: Datos Estadísticos del proceso en línea 2 con variedad Pera

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|----------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Promedio | 52 | 439 | 30.120 | 83% | 1.522 |
| Desv. Estándar | 3 | 147 | 13.670 | 10% | 674 |
| Máx. | 55 | 560 | 52.043 | 96% | 2.521 |
| Mín | 48 | 230 | 15.265 | 67% | 481 |

Fuente: Elaboración propia

4.8.2 Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 2

Al igual que en la línea 1, la familia de las manzanas Gala son la segunda más procesada en esta línea. Es por esto que la cantidad de turnos procesados es menor, por lo tanto, puede existir menor diferencia entre la cantidad de eficientes y los no eficientes, en la Tabla 16 se puede mostrar como la diferencia es simplemente de dos turnos, e incluso existen casos en que algunas variedades poseen más eficientes que ineficientes.

Tabla 16: Eficiencias de la variedad Gala en línea 2

| Variedad | Eficientes | No Eficientes | Total |
|------------------|------------|---------------|-----------|
| Gala Premium | 4 | 1 | 5 |
| Galaxy | 3 | 2 | 5 |
| Imperial Gala | 0 | 1 | 1 |
| Pacific Gala | 1 | 0 | 1 |
| Royal Gala | 0 | 5 | 5 |
| Ultra Royal Gala | 0 | 1 | 1 |
| Total | 8 | 10 | 18 |

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los datos eficientes, al existir menor cantidad de datos, se puede destacar que la desviación es mucho mayor en todas las variables. Sin embargo, estos DMU eficientes muestran la variabilidad de los datos, y de la administración de estos. En la Tabla 17 se presentan la diferencia desde el punto de vista de las eficientes, se puede concluir que existe una gran cantidad de exportación dentro de las eficientes, lo que ayuda a la maximización de cajas, de igual forma se presenta una alta cantidad de minutos trabajados por turnos, teniendo en cuenta que la mayor cantidad de tiempo trabajado en la línea 2 es la fruta de las Peras.

Tabla 17: Datos Estadísticos del proceso en línea 2 con variedad Gala

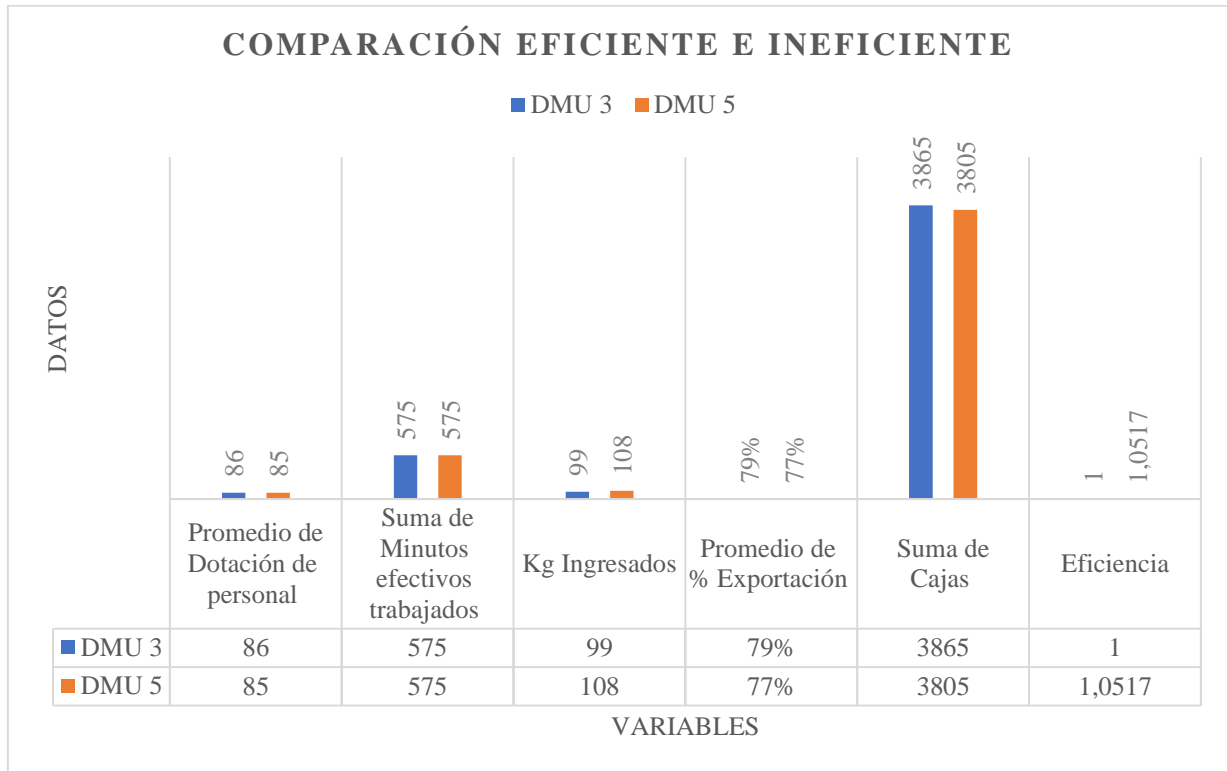
| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|----------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|-------|
| Promedio | 51 | 310 | 31.078 | 77% | 1.435 |
| Desv. Estándar | 2 | 176 | 20.612 | 9% | 978 |
| Máx | 54 | 560 | 65.474 | 85% | 2.928 |
| Min | 50 | 150 | 8.706 | 57% | 333 |

Fuente: Elaboración propia

4.9 Metas de procesos ineficientes Línea 1

Los procesos ineficientes son aquellos que no alcanzaron la frontera de eficiencia, es decir que se deben de modificar los datos de alguna forma para obtener su máximo rendimiento. Para cada una de las líneas estudiadas se encontraron diversos datos que no son eficientes, es por esto que se realiza un ejemplo como análisis de datos y una análisis estadístico para todos los datos, para así, determinar la diferencia que se tienen cada dato con otros del mismo proceso.

Gráfica 11: Comparación ejemplificativa de proceso ineficientes con eficiente



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 11, se presenta un ejemplo de la comparación de las variables de eficientes o no eficientes, de este modo se puede destacar que la cantidad de kilos ingresados teniendo la misma cantidad de minutos efectivos de trabajo es más alta, pero a la vez posee menor cantidad de cajas producidas, a continuación se revisan algunas comparaciones estadísticas de los modelos ineficientes.

4.9.1 Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 1

Para este caso en particular, la mejora que se debe realizar en la cantidad de cajas producidas es bastante alta, teniendo en consideración, por lo tanto lo que la empresa debe de estimar es un aumento en la cantidad de cajas que van a exportación, es decir, que la cantidad producida eficientemente debe rondar en casi una gran cantidad para obtener un meta eficiente en los datos ineficientes.

Tabla 18: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Gala en la línea 1

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------|
| Promedio | 83 | 413 | 69.900 | 70% | 3.109 |
| Diferencia | -0,00062 | - | - | - | 426 |
| Mejora | -0,062% | 0% | 0% | 0% | 42.610% |

Fuente: Elaboración propia

Si se revisa la Tabla 18 se puede detallar que todos los demás datos que influyen en el modelo, como las entradas, no son modificables por el modelo, es decir, que la empresa no es necesario que modifique la cantidad de personas que tiene trabajando o los tiempos efectivos trabajados, sino que más bien que los kilos ingresados sean en su gran totalidad procesados y embalados en cajas.

La cantidad aumentada como mejora se muestra como el promedio que se debe de mejorar tanto en lo menor como lo mayor, lo cual ayuda a destacar que existen turnos dentro de la producción que poseen una muy escasa producción y mucho tiempo o personal dedicado a ese turno y esa variedad de fruta, en este caso a la variedad Gala.

4.9.2 Análisis de eficiencia variedad Fuji en línea 1

Para este caso, se debe tomar en consideración que la poca cantidad de turnos que procesan la variedad Fuji, pero de igual forma toma un punto relevante para la línea 1. Para este caso se encontraron mayor cantidad de eficientes que ineficientes, pero dentro de las mejoras es el que posee la mayor diferencia de metas a alcanzar en nivel de cajas.

Tabla 19: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Fuji en la línea 1

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Promedio | 87 | 563 | 105.931 | 71% | 4.099 |
| Diferencia | -0,00333 | - | - | - | 519,29907 |
| Mejora | -0,333% | 0,000% | 0,000% | 0,000% | 51.930% |

Fuente: Elaboración propia

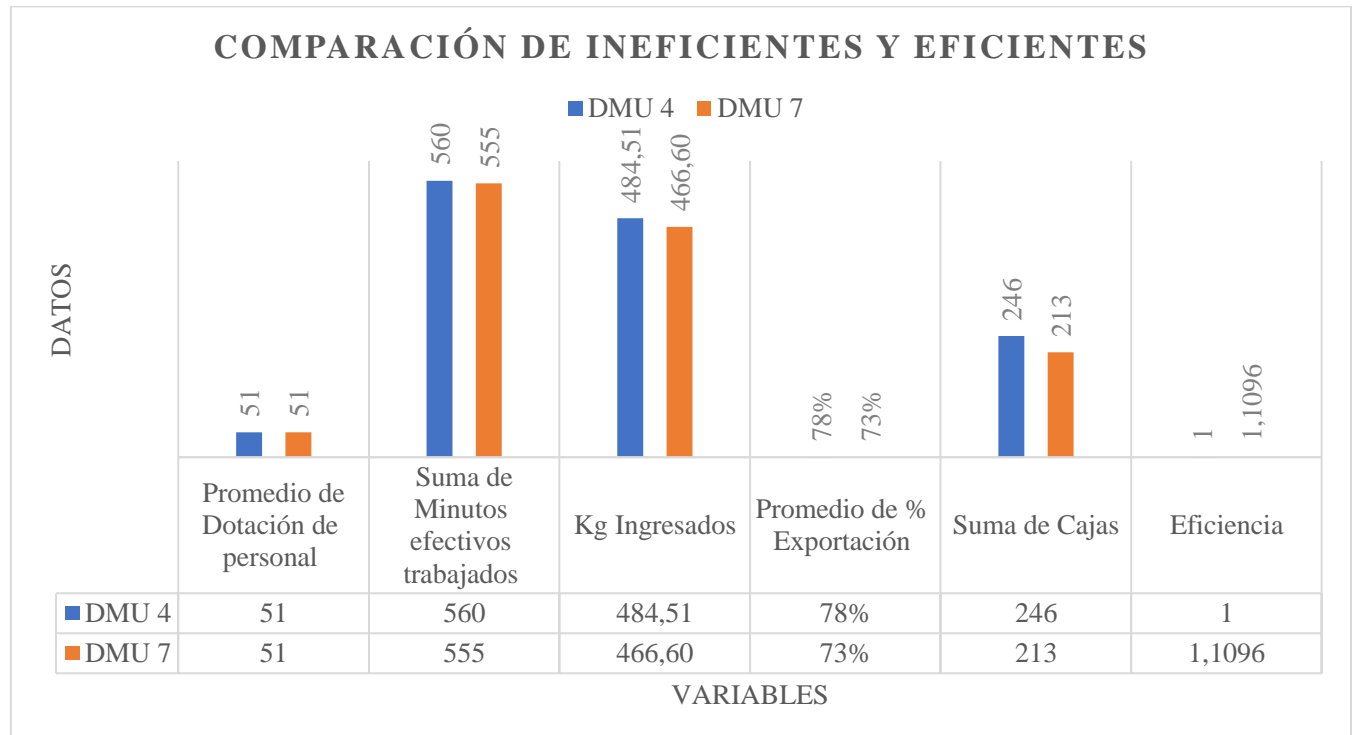
La Tabla 19 muestra claramente el porcentaje de mejora que tiene por diferencia entre metas y el valor original que se tiene por bitácora, lo cual equivale que debe de aumentar a 520 cajas la producción en promedio para mejorar u optimizar los turnos de las cajas Fuji. Esta gran diferencia

se produce por el estado de la fruta que llega a ser procesada, por lo tanto en algunos momentos se realiza un proceso más lento por el estado de la fruta, lo cual equivale a los tiempos trabajados con las cantidades de cajas producidas. Otra razón serían los kilogramos ingresados, como se encuentra estimado que el promedio de exportación es de un 71% pero posee muchos kilogramos procesados, la cantidad de cajas producidas en algunos turnos no es necesariamente la estimada y varias tuvieron que reembalarse y no exportarse. Por lo tanto, estos turnos son de mucho considerar por la cantidad de manzanas ingresadas y las envasadas en cajas.

4.10 Metas de procesos ineficientes Línea 2

Al igual que en la línea anterior se realiza un estudio con respecto a las variedades de fruta que poseen mayor participación en la producción total del tiempo, para este caso en particular hay que tener en consideración que la Pera tiene una importante relevancia en la producción, ya que fue en donde mayoritariamente se trabajó, es por esto que se toma en cuenta para la evaluación de eficiencia y de la misma forma posee procesos ineficientes, de la misma forma que la familia Gala.

Gráfica 12: Comparación ejemplificativa de proceso ineficientes con eficiente



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo que en la línea 1, existe una posible comparación de las DMU que son eficientes con las que no son, de este modo se puede destacar que la eficiente posee menor cantidad de kilogramos ingresados y mayor cantidad de cajas, con incluso la misma cantidad de personal y solo una diferencia de 5 minutos de trabajo efectivo (Gráfica 12). A continuación se presenta un análisis de los procesos ineficientes en la línea 2.

4.10.1 Análisis de eficiencia variedad Pera en línea 2

La mayor diferencia que posee con respecto a las otras variedades, es que la cantidad de turnos en que se procesaron los ineficientes no tienen en promedio altos kilogramos ingresados, pero de igual forma la cantidad de cajas es bastante alta la diferencia de producción entre las metas y los datos obtenidos de bitácoras.

Tabla 20: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Pera en la línea 2

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------|
| Promedio | 52 | 529 | 42.363 | 74% | 2,140 |
| Diferencia | -0,95 | -4,12 | -1,27 | - | 428 |
| Mejora | -95% | -412% | -127% | 0% | 42.825% |

Fuente: Elaboración propia

Como se intentan mantener constantes los datos ingresados, e incluso reducirlos si es posible, se puede encontrar una reducción de entre 100% a 400% dentro de sus valores de diferencia, por lo que equivale a casi diminuto, aunque si se tiene en consideración que la diferencia de personal puede llegar a tener una persona menos trabajando, puede que a la larga sea una diferencia más económica que de producción (Tabla 20).

4.10.2 Análisis de eficiencia variedad Gala en línea 2

Esta es la variedad de frutas a estudiar que posee la menor cantidad de porcentaje de mejora en la producción total, lo que estima que la diferencia entre los datos de la bitácora y las mejoras que se pueden obtener no son muy altas, en comparación a las otras variedades.

Tabla 21: Análisis de comparación de ineficientes de la variedad Gala en la línea 2

| | Dotación de personal | Minutos efectivos trabajados | Kg Ingresados | % Exportación | Cajas |
|------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------|
| Promedio | 56 | 443 | 39.081 | 75% | 1.893 |
| Diferencia | -0,004 | - | - | - | 278 |
| Mejora | -0,400% | 0% | 0% | 0% | 27.809% |

Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede tomar en cuenta para los datos obtenidos en la Tabla 21, es que no se requiere de ninguna variación en las variables de entrada y el promedio de cajas se encuentra en menos de 2.000, lo cual distancia bastante a más de las 3.000 cajas que posee la línea 1 con esta misma variedad, pero de igual forma la diferencia que existe entre la mejora y el valor original es bastante mayor para el caso de la línea 1. Es por eso que se estima que con menos personas se puede llegar a tener una producción de diferencia de eficiencias no tan altas en comparación a la otra.

CAPÍTULO 5 : ESTUDIOS DE TIEMPO Y CALIFICACIÓN DEL PERSONAL

En este capítulo, se ilustra la medición de la evaluación del personal dado su rendimiento en el proceso como su tiempo, detallando recomendaciones y conclusiones que ayuden a una mejor distribución dentro de la planta

5.1 Método de Calificación

Para calificar y evaluar al personal de producción se emplea el método Westinghouse, el cual mide la eficiencia del personal en base a cuatro factores:

- Habilidad
- Esfuerzo
- Condiciones
- Consistencia

Existen algunos casos en donde el personal evaluado posee una clara similitud en condiciones, ya que estas se encuentran bajo el mismo foco o bajo la misma cantidad de fruta, pero existirán ocasiones que la cantidad de fruta no es la óptima para un trabajo continuo, por lo tanto se estima conveniente realizar un estudio con los cuatro factores, para saber si el puesto es indicado para trabajar con esos operarios e inclusive que si el bajo circular de fruta dentro de una tómbola incita al poco esfuerzo.

5.2 Factores en la calificación de la mesa de selección

Hay un caso en particular que no se logra medir con precisión el tiempo de cada uno de los procesos, es por eso que se emplea una tabla TMU (Tabla 22), las cuales son empleadas para determinar el estudio del tiempo con respecto a los movimientos de una persona. Por lo tanto, son tres posiciones las cuales se terminan para lograr visualizar la medición:

Posición 1: Esta es la posición en donde se enfrenta con la rapidez manual de levantar la fruta y la visual en donde se destaca si la fruta cumple o no con los requisitos estandarizados por calidad para ser exportada. Esta es donde se encuentra el primer contacto con la fruta

Posición 2: En este lugar se observa si el trabajador es de rapidez manual para sacar la fruta que no fue extraída anteriormente y una mejor visualización y rapidez de la fruta, ya que en este sector se realiza un último peritaje a la fruta antes de ser procesada.

Para el sistema de medición de tiempos, en el caso del personal que se dedica a realizar cajas, se realiza una medición en base a la cantidad de frutas que procesa en cierta cantidad de tiempo, pero para el caso de selección se debe dividir la tarea completa que realiza la operaria en micromovimientos básicos, los cuales se detallan a continuación:

- Alcanzar el fruto de la línea
- Tomar el fruto
- Mover el fruto a un depósito
- Soltar el fruto en el depósito

Para determinar las unidades de TMU que se requieren para cada micromovimiento, hay que estimar las distancias recorridas por la mano de la operadora

Tabla 22: Tiempos de operación en preselección

| Micromovimiento | Distancia recorrida (cm) | Código Tabla | Cantidad (TMU/fruto) |
|-----------------|--------------------------|--------------|----------------------|
| Alcanzar | 30 | RdC | 14,1 |
| Tomar | 0 | G1C1 | 7,3 |
| Mover | 30 | MdB | 13,3 |
| Soltar | 0 | RL1 | 2 |
| | | | 36,7 |

Fuente: Basado en (Denis de Almeida, 2009)

Se evalúa que la operación de preselección (posición 1) requiere de 36,7 TMU/fruto, se aplica el factor de conversión a segundos, para obtener el tiempo normal de operación (Ecuación 3).

Ecuación 3: Estimar tiempos normal de operación

$$TNO = 36,7 \left[\frac{TMU}{fruto} \right] * 0,036 \left[\frac{segundos}{TMU} \right] = 1,32 \left[\frac{segundos}{fruto} \right]$$

Del mismo modo se obtiene para la posición 2, la cual equivale a la selección de la fruta que pasa luego de una preselección, en este caso se aplica un margen estándar de un 5%, lo cual da un valor de 1,39 segundos/frutos, es el mismo valor pero con el agregado del 5%, ya que la distancia y la acción es la misma para la operaria.

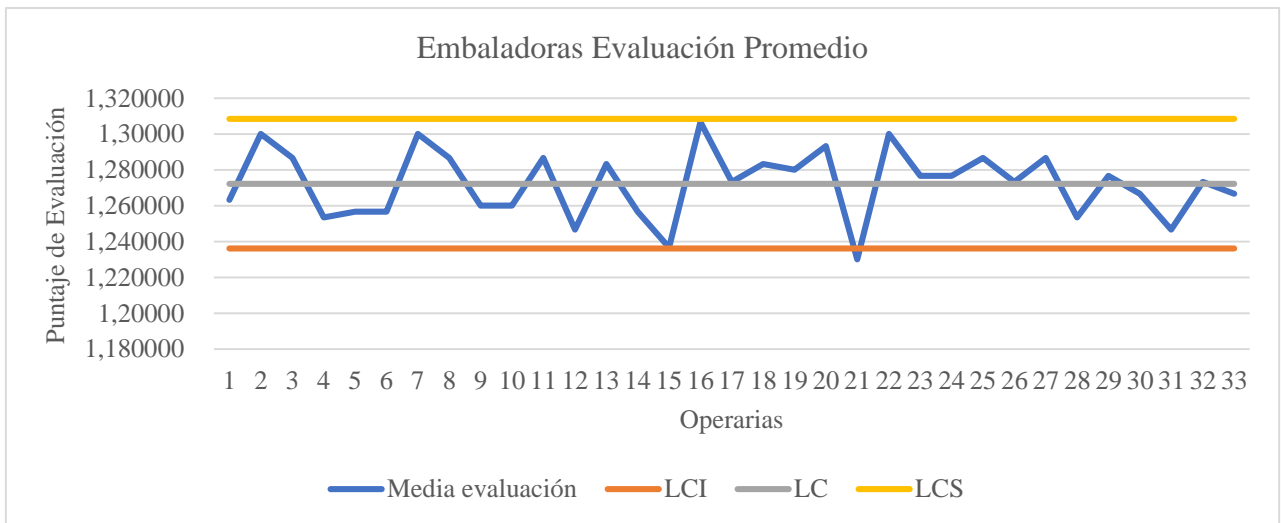
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada línea y área de trabajo que impactan directamente con la producción.

5.3 Calificación Línea 1

Dentro de la línea 1, se emplea una revisión del personal dentro de las frutas Galas, ya que ellas poseen la gran mayoría de producción dentro de la planta, por lo tanto se realiza la evaluación cuando esta fruta se encuentra siendo procesada.

Para el caso de esta línea se escogieron diversas formas de clasificación, las cuales se destacan la ponderación de las evaluaciones y del tiempo en que ellas se demoraban en procesar cada fruto, en la Gráfica 13 se destacan a las embaladoras con sus respectivas notaciones, en donde las que poseen muy alto rendimiento pueden conllevar tantos problemas como las que poseen una evaluación mala.

Gráfica 13: Evaluación promedio de las embaladoras de la línea 1



Fuente: Elaboración propia

En las siguientes secciones se presenta las evaluaciones de ejemplo que se tomaron para evaluar, teniendo en cuenta su rendimiento y la cantidad de frutos que tomaban.

5.3.1 Mesa de Selección

La Tabla 23, muestra los resultados de tres trabajadoras que se encuentran en la parte de selección de la línea 1. En esta tabla se presenta el nombre y el apellido de estas tres trabajadoras, junto con su evaluación de rendimiento y su tiempo.

El punto de evaluación tienen en consideración los cuatro puntos del sistema de Westinghouse, en donde se ilustran en la columna de evaluación, alguna que otra trabajadora posee un mejor rendimiento, simplemente por su esfuerzo y su habilidad dentro de ese puesto, ya que las condiciones son iguales a todas en esta área.

La última columna representa los frutos por hora que puede levantar en esa posición, esta fue obtenida de la forma que se presenta en la Ecuación 3.

Tabla 23: Calificación del personal de selección línea 1

| Nombre | Apellido | Puesto | Evaluación | Frutos/hora |
|------------------------|-----------------|-----------|------------|-------------|
| María Patricia | Riquelme Castro | Selección | 1,23 | 5.004 |
| Alejandrina del Carmen | Núñez Verdugo | Selección | 1,26 | 5.004 |
| Alicia del Carmen | Núñez Verdugo | Selección | 1,23 | 5.004 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Zona de Traypack

Para la zona en donde se realizan bandejas para luego tapparlas en cajas, se aplicó la evaluación de estimar un tiempo acorde de flujo, es decir, que no exista un cambio de lote cercano, lo cual detendría el flujo en algunas vías. Ocurren casos que los *traypack* más cercanos al calibrador reciben menor flujo de fruta, ocurriendo lo mismo en los más lejanos. Es por esto que se tienen en consideración una menor cantidad de frutos por hora, pero no por eso la evaluación de esfuerzo sea buena.

Para este caso, se ilustra en la Tabla 24, el personal en el sector medio de la línea, para realizar una comparación de sus evaluaciones, siendo que sus vías poseen un flujo más constante e igualitario de fruta.

En este caso se destaca claramente que la trabajadora que posee mayor evaluación es, de igual forma la que posee mayor cantidad de frutos por hora.

Tabla 24: Calificación del personal de *traypack*

| Nombre | Apellido | Puesto | Evaluación | Frutos/hora |
|-------------------|-----------------|-------------------------|------------|-------------|
| Patricia Margot | Ravest Cordero | Embaladora TRAY PACK 14 | 1,31 | 1.393 |
| Cecilia Alejandra | Venegas Oyarzun | Embaladora TRAY PACK 15 | 1,25 | 1.320 |
| Katalina Andrea | Muñoz Muñoz | Embaladora TRAY PACK 18 | 1,23 | 1.307 |

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Zona de Tómbolas

En las tómbolas de línea 1, se encuentran 7 en un sector de la producción. Existen personas que comparten las tómbolas y existen algunas que solo poseen la tómbola para ellas mismas, es decir, son dueñas de tómbolas, por lo tanto no deben de estar moviéndose de acuerdo a lo que el jefe de línea estime conveniente de acuerdo al flujo de cada una de ellas.

Al igual que en los *traypack*, existe una tómbola que posee menor flujo de fruta, la cuál es la tómbola número 1, la más lejana al calibrador. Para este caso, se realiza un estudio de cuántos frutos realiza y su esfuerzo en el puesto de trabajo. Se encuentra una cantidad similar de producción de frutos entre la tómbola 7 y la 1, siendo que la primera posee mayor flujo, es decir, que la persona posee mayor cantidad de habilidad por su evaluación, pero trabaja poco, por su cantidad de frutos por hora. En la Tabla 25 se ilustran algunas evaluaciones del personal de la tómbola.

Tabla 25: Calificación del personal de tómbolas de línea 1

| Nombre | Apellido | Puesto | Evaluación | Frutos/hora |
|---------------------|----------------------|-----------|------------|-------------|
| Natalia Paz | Ñanculeo Espinoza | Tómbola 7 | 1,27 | 887 |
| Verónica del Carmen | Lagos Vega | Tómbola 1 | 1,26 | 827 |
| Ana Ester | Bustamante Contreras | Tómbola 2 | 1,28 | 3.540 |

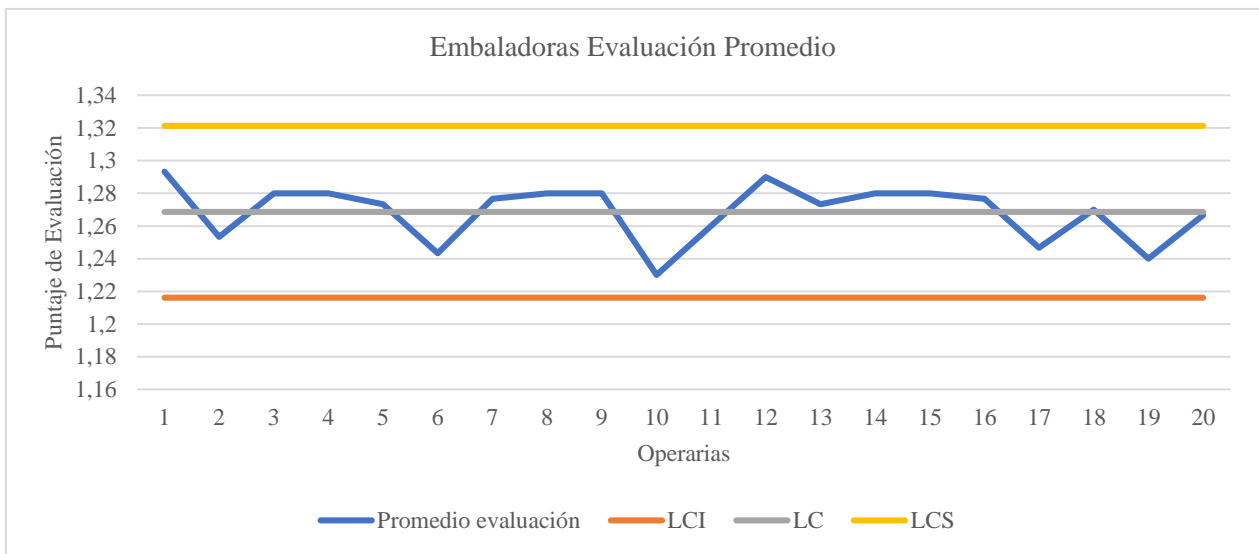
Fuente: Elaboración propia

5.4 Calificación Línea 2

Para la línea 2, se posee menor personal, inclusive solo existen tómbolas para hacer cajas, además que la producción dentro de la línea es mayoritariamente de peras, por lo tanto para esta evaluación se aplica la medición de cajas por turno de producción de ese fruto. Dado que las cajas fueron del mismo modo para cada una de las trabajadoras y las peras poseen una medición diferente a las manzanas.

Al igual que en la línea 1, para ejemplificar la comparación de evaluaciones que se le muestra a la empresa, y de igual forma para obtener conclusiones de puestos y ubicaciones dentro del a línea, se aplica una carta de control, para así, entender y comprender cuales poseen mejor rendimiento que otras. Como se presenta en la Gráfica 14, se presenta una evaluación de rendimiento con tendencias, pero de igual forma existe personal destacable de buen rendimiento como de mal rendimiento.

Gráfica 14: Evaluación promedio de las embaladoras de la línea 2



Fuente: Elaboración propia

5.4.1 Mesa de Selección

Al igual que la línea 1, se estandariza la evaluación del personal de selección dado su posición y sus movimientos, teniendo en cuenta el rendimiento que posee por su evaluación en esfuerzo o habilidad de percepción de la fruta.

Tabla 26: Calificación del personal de selección línea 2

| Nombre | Apellido | Puesto | Evaluación | Frutos/hora |
|--------------------|-----------------|-----------|------------|-------------|
| Edith Clementina | Apablaza Monges | Selección | 1,26 | 5.004 |
| Iris del Carmen | Prado Lagos | Selección | 1,24 | 5.004 |
| Mariana del Carmen | Donoso Cabello | Selección | 1,23 | 5.004 |

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Zona de Tómbolas

Para la zona de las tómbolas, existen diversas embaladoras que son “dueñas” de las tómbolas y coleadoras que se dedican a ayudar a vaciar las tómbolas que poseen mayor cantidad de flujo. En la Tabla 27, se ejemplifica a tres personas, siendo la que posee menor rendimiento la que se encuentra vaciando tómbolas de acuerdo a lo estimado por la jefa de la línea. Es por esto que la medición de la evaluación de acuerdo a sus habilidades es un gran apoyo para vislumbrar si ella lograría ser una dueña de tómbola para otra temporada.

Se destaca, de igual forma, que a pesar de que una trabajadora posee mejor evaluación, no significa que trabaje más. Ya sea que al momento de evaluación haya realizado un mejor rendimiento o simplemente la fruta que proceso se encontraba en peores condiciones que la otra, son variables a considerar en la evaluación.

Tabla 27: Calificación del personal de tómbolas de línea 2

| Nombre | Apellido | Puesto | Evaluación | Cajas/turno |
|--------------------|-------------------|------------|------------|-------------|
| Carolina Andrea | Andrades González | Embaladora | 1,28 | 88 |
| María Elena | Silvestre Garcés | Embaladora | 1,23 | 58 |
| Araceli del Carmen | López Garrido | Embaladora | 1,24 | 81 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 : MEJORA DE LA PRODUCCIÓN

En este capítulo se detallaran las funciones o conclusiones que se obtuvieron base a los resultados del modelo, tanto de evaluación del personal como de los turnos. De igual forma, se realizaran comentarios de mejoras que la empresa puede llegar a realizar.

6.1 Asignación del personal

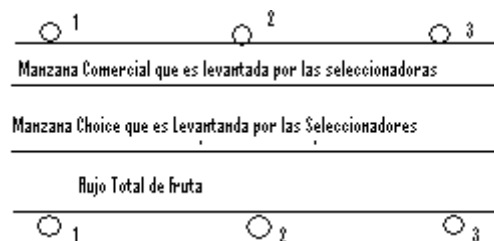
En base al estudio que se realiza por la evaluación y el tiempo, se realiza una estimación de las posiciones ideales para lograr la máxima eficiencia del personal y de la línea. Para este caso, en base al estudio se realizaron varias consideraciones de acuerdo a cada una de las posiciones importantes de cada una de las líneas, hay que tener en cuenta de que para la línea 1 se emplea mayor tecnología y una mayor cantidad de personal.

6.1.1 Mesa de selección

Dada la longitud de cada una de las mesas de selección, se distinguen diversas posiciones, en primer lugar las seleccionadoras que reciben la fruta en primera instancia, las cuales requieren de habilidades más altas con respecto a la observación y determinación de las frutas que se clasifican como desechos, comercial y exportable.

Por lo tanto se realiza una estimación con respecto a las posiciones y las evaluaciones desde el lugar 1, 2 y 3 de la mesa (Ilustración 6).

Ilustración 6: Distribución del personal de la mesa de selección



Fuente: En base a la memoria de (Palma, 2008)

Para realizar un estimativo de cuantas personas se requieren en la mesa de selección, se realiza un estudio de la calidad de la fruta que se ingresa en el bins, si se requiere de una mayor observación pasa de 8 o 9 trabajadoras a un máximo de 12 personas. De esta forma se logra estimar de mejor forma la fruta que se dirige a comercial, a desecho y cual se exporta.

Para este caso, el jefe de la línea escoge, de acuerdo a la evaluación, la mejor evaluada con respecto a su habilidad para ubicarla en la posición 1, que es en donde se requiere de mayor

capacitación. En el punto 2, se estima cual es la mejor para una segunda observación y la tercera es simplemente para estimar si la fruta es comercial o exportable.

Todo esto se realiza de acuerdo a ciertos pasos, tanto estimados por la gerencia y el jefe de packing como un sistema de selección del personal de acuerdo a su capacitación, los pasos son obtenidos de acuerdo a la memoria de (Palma, 2008):

- a) En primer lugar se realiza una entrega de la calificación del personal que asistieron a trabajar.
- b) Se aplica y se observa cuál es la calidad de la fruta que se ingresará de acuerdo a lo estandarizado por la parte de producción, en base a eso se eligen las 8 o 12 trabajadoras, dependiendo de la calidad de la fruta.
- c) Se le realizan las indicaciones de acuerdo a cuales son catalogadas como comercial o desecho.
- d) Finalmente, con los datos de la calidad de la fruta y la calificación del personal se realiza la ubicación del personal de acuerdo a sus habilidades, de la misma forma se puede realizar un estudio para determinar si la fruta que las operarias sacan es la correcta, de acuerdo a lo que se retorna en la línea en la sección del *traypack*, por lo cual se revisa si la habilidad de esa persona es la correcta para un posible reposicionamiento de los tres puestos anteriormente descritos.

6.1.2 Tómbolas

Esta sección de las líneas se encuentran en ambas, por lo tanto requerirá de una buena importancia para anticipar y realizar un estudio sobre lo que se refiere a las “dueñas” de las tómbolas o a las “colectoras”, las cuales se dedican a colar las tómbolas que se encuentran rebalsadas de frutas.

Se estima que en la línea 1 existen dos personas por tómbolas, las cuales son 7. En cambio, en la línea 2 son las que realizan la totalidad de las cajas, en este caso existen 15 tómbolas y en cada una existe una “dueña” de tómbola y las 4 restantes se dedican a ayudar a las operarias que se encuentran con mayor flujo de fruta.

Para este caso se emplea el mismo estudio para las embaladoras de *traypack*, es decir, se ubican a las trabajadoras más hábiles en las salidas en donde se consideran que el flujo sea mayor o que el calibre liberado en esa vía requiere de mayor habilidad por la posible calidad de la fruta.

6.1.3 *Traypack*

La sección del embalaje de bandejas, se emplea la misma condición de evaluación del personal, pero también se estima el tiempo que se demoran en procesar cada fruta que ellas toman en cierta cantidad de tiempo.

El flujo de los *traypack*, que se encuentran localizados solamente en la línea 1, va a depender la posición que se encuentre, la distribución que se emplea desde la consola es que las primeras y últimas salidas son siempre en las que el flujo de fruta es menor, de un calibre que es poco y se aplica un personal con menor habilidad y tiempo de selección.

Es por esto que hay que señalar que la disposición del personal y el flujo que tendrán cada una de las salidas dependerán de cuales sean los porcentajes de la calidad de la fruta que viene entrando, es por esto que existen dos escenarios, de acuerdo al jefe de packing:

- a) Cuando el porcentaje se encuentran superior al 75%, lo que se realiza es ubicar a las mejores embaladoras en las salidas en donde el calibre estimado es mayor y su velocidad de clasificar una fruta es más rápido en comparación a las otras, para así realizar una mayor producción de cajas. Para este caso, se aplica una calificación de cuál de todas las 34 salidas son las que se requerirá mayor flujo y es ahí en donde se ubica a las mejores o mejor calificadas trabajadoras.
- b) Ahora, cuando el porcentaje de calidad de frutas es menor a 75%, el flujo en que circula la fruta es menor por lo tanto la habilidad y la velocidad que las operadoras trabajan no tienen importancia mayor, pero de igual forma se realiza una clasificación para las salidas en donde el calibre requiera de mayor detenimiento para dejar a las operadoras con mayor habilidad en esas salidas importantes.

6.2 Implementación del prototipo

Al aplicar el sistema de evaluación de turnos para obtener la eficiencia y las metas para cada familia de fruta, se aplican diversos pasos que implican la colaboración y entendimiento de arte de la empresa y del área de packing para su aplicación, teniendo en cuenta que el personal involucrado debe tener el conocimiento del funcionamiento del sistema.

6.2.1 Charlas y capacitación de los encargados en las áreas de packing

Antes de emplear un nuevo sistema, siempre se debe realizar una charla de capacitación sobre nuevas instalaciones o nuevos procesos que se realizan en la empresa. Es por esto que al ingresar un nuevo sistema, a los encargados de área se les realiza una charla de cómo y cuándo se aplica este sistema, dándoles a conocer el desempeño y los datos que muestra.

6.2.2 Estudio de la fruta

Para el sistema del prototipo se requiere un buen funcionamiento del plan de producción que tiene la empresa, ya que estas son la información base para el funcionamiento del prototipo.

Se debe tomar en cuenta, que para que el modelo funcione se requiere cierta cantidad de datos de cada una de las familias importantes de frutas, lo cual también se debe determinar cuál para ellos es su principal familia a procesar. Para así, realizar el estudio de eficiencia necesario.

6.2.3 Seleccionar el personal necesario

Al obtener la calificación del personal y su evaluación en cada una de las destrezas, se logra seleccionar el personal necesario para obtener las metas para casos de turnos ineficientes. De igual forma, la evaluación del personal servirá para una posible nueva temporada o simplemente para la segunda sección de la temporada, que es donde trabajan con simplemente una sola línea.

CAPÍTULO 7 : DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SISTEMAS DE APOYO

En este capítulo se presenta los desarrollos básicos que tendrá el prototipo, tanto sus funcionalidades y conexiones. Incluyendo lo que tendrá y los pasos básicos que posee.

7.1 Propósito del prototipo

El prototipo computacional tiene como fin el ser una herramienta para el área de producción de baja complejidad, destinada a ayudar a tomar decisiones y revisiones de producción de los turnos ya procesados, teniendo como mínimo una cierta cantidad de turnos, teniendo así una comparación y las metas que se pueden tener con cierta cantidad de entradas.

Del mismo modo, todo esos resultados ayudan a obtener una buena planificación de producción desde el área alta de las líneas, es decir, desde el jefe de producción hasta los jefes de línea para estimar las entradas mínima que se debe tener para maximizar la cantidad de cajas, teniendo en cuenta, claramente, el porcentaje de exportación y el estado de la fruta. De esta forma, lo que se destaca en el prototipo es la ilustración de las metas de cada una de las familias más importante establecidas dentro del proyecto.

7.2 Especificaciones del sistema de apoyo

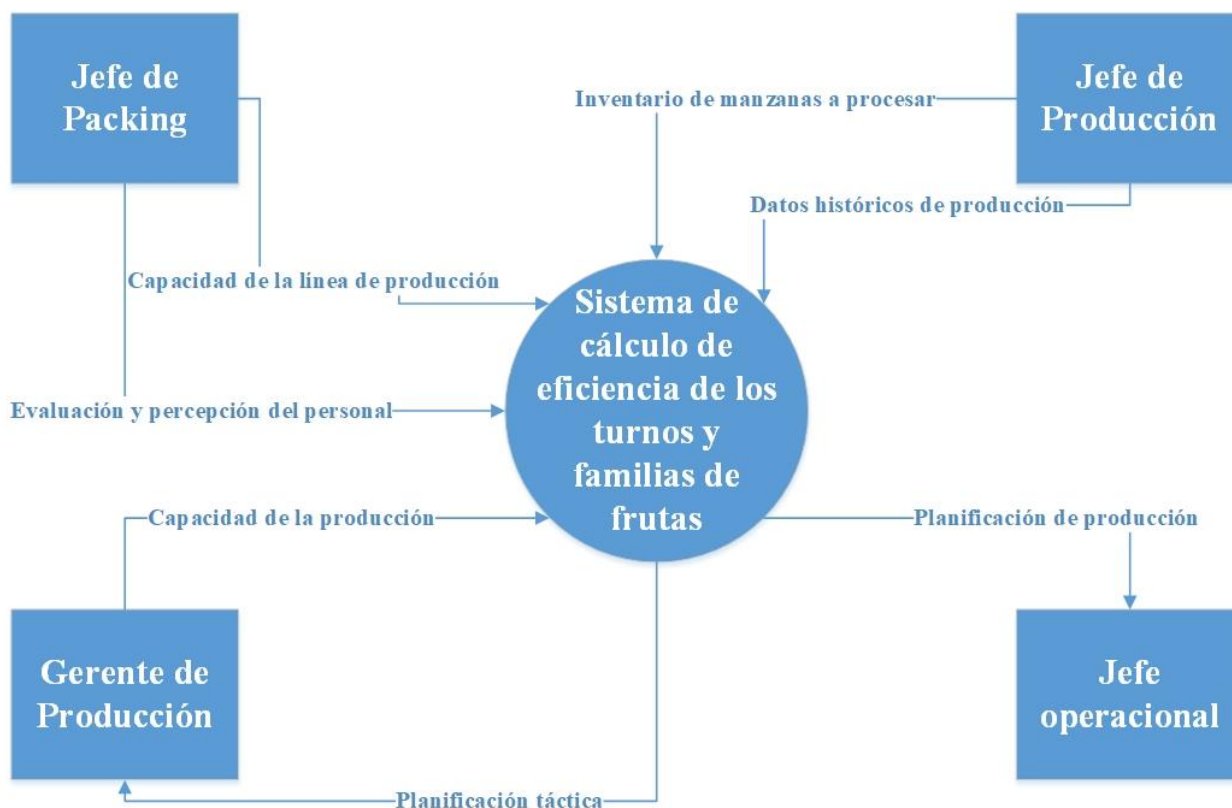
Para poseer un buen funcionamiento de sistema de apoyo, se deben definir los requerimientos del sistema tanto funcionales y no funcionales, estos permiten el correcto desempeño del sistema. Del mismo modo se deben de tener en cuenta los distintos funcionarios que se encargan de efectuar el ingreso de las variables de entradas y salidas que se emplearan en la base de datos, de la misma forma, los parámetros requeridos. Igualmente, de administrar y ejecutar el sistema para obtener los resultados e ilustrarlos.

Para la participación de las diferentes entidades que se encuentran activas en el sistema de apoyo de planificación, se realiza un diagrama de contexto. Se realiza un diagrama de contexto que defina los límites entre el sistema y el ambiente que lo rodea, mostrando las que interactúan con él. Este diagrama se efectúa al conectar las diferentes entidades mediante flechas unidireccionales y bidireccionales. La primera es que el sistema recibe o entrega información de o desde dicha entidad, en cambio la segunda es cuando se recibe y se entrega información.

7.2.1 Diagrama de contexto

En este diagrama, como se mencionó anteriormente, se trata sobre las relaciones que poseen las entidades de producción con respecto al sistema de cálculo de metas para la planificación de producción.

Ilustración 7: Diagrama de contexto del sistema



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 7 se presenta las cuatro identidades principales que tienen relevancia con el sistema, todos se encuentran relacionados con la producción de frutas en ambas líneas, en donde entregan y reciben información para un óptimo funcionamiento. A continuación, se detalla cada entidad:

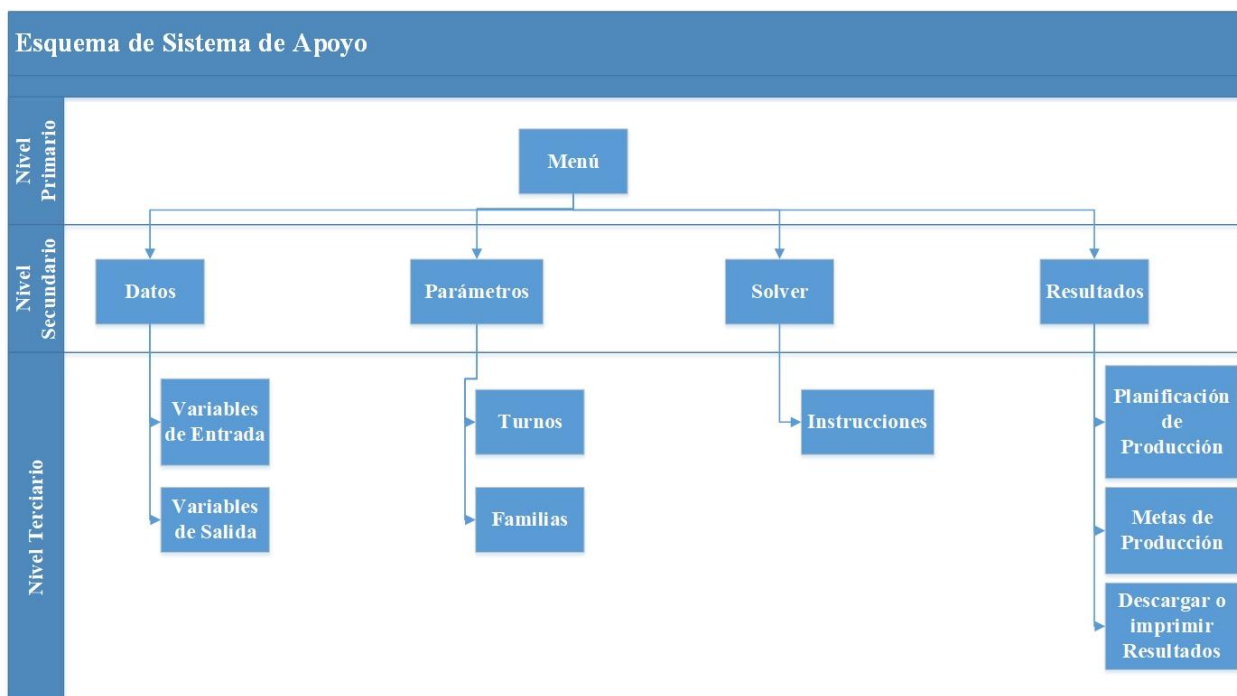
- a) **Jefe de Producción:** Entidad encargada de entregar todos los datos almacenados en las bitácoras, facilitando los datos de los inventarios de manzanas a procesar y los datos históricos de producción, es decir, las variables del modelo.

- b) Jefe Operacional: Esta entidad es la que se encarga de realizar todo lo que es detalle de la producción de los días siguientes con sentido de la operación de las máquinas y operarios, es decir, que solo requiere los resultados para saber manipular lo que vendrá
- c) Jefe de Packing: Esta entidad se encarga de facilitar al modelo los datos de la evaluación del personal, la cantidad de personal la capacidad que posee la línea de producción, para así determinar si las metas que se obtienen en el modelo son posibles de realizar.
- d) Gerente de Producción: Entidad encargada de definir los límites de producción, o sea, el horizonte de producción dado los datos obtenidos por el sistema.

7.2.2 Esquema del sistema de apoyo

Este esquema es un apoyo al sistema de las decisiones que se realizan en el programa hacia la producción, en donde se pueden apreciar 3 niveles diferentes, en donde cada uno de ellos parte de lo más general a lo más particular que puede realizar el prototipo.

Ilustración 8: Sistema de Apoyo del prototipo



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 8 se presentan los distintos niveles de planificación comenzando con el menú principal del sistema y terminando con la entrega de resultados, teniendo en cuenta todos los factores que influyen a obtención de las eficiencias del modelo y la muestra de las metas.

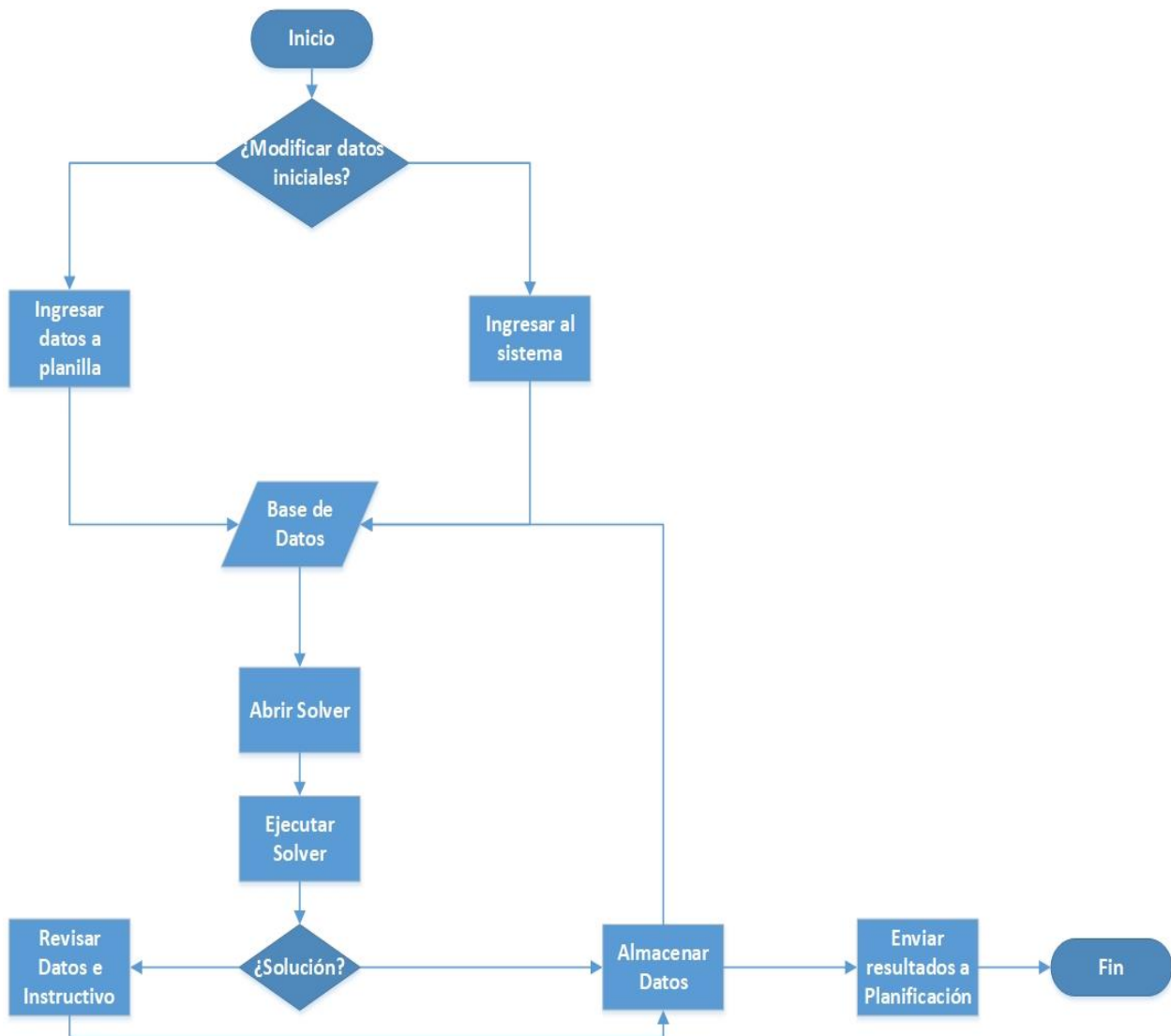
- a) Nivel primario: En este nivel se encuentra el menú principal, el cual se subdivide en 4 partes principales del prototipo.
- b) Nivel Secundario: En esta sección se encuentran disponibles las opciones generales que el usuario puede ocupar, incluyendo desde el ingreso de datos y parámetros, hasta los resultados.
- c) Nivel Terciario: En este nivel se encuentran los distintos datos y parámetros que debe ingresar el usuario y, a su vez, los resultados obtenidos. Incluyendo las instrucciones que requiere para ejecutar el *solver*.

7.2.3 Proceso de elaboración de planificación

El diagrama de procesos que se observa en la Ilustración 9 representa el sistema lógico que posee el sistema de eficiencias y metas de prototipo. En primer lugar siempre se hace una especificación si es que se necesitan modificar los datos iniciales o no, si es que se dice que sí se deben de ingresar dichos datos al sistema, teniendo en cuenta las variables de entrada y salida para cada variedad de fruta y línea de proceso. Por el contrario, si el usuario desea no modificar los datos simplemente accederá al sistema y luego a la base de datos que ya existía.

Una vez ingresado al sistema de datos, teniendo o no una modificación de datos, se realiza una validación de datos y se aplica el *solver* IBM CPLEX OPL y ejecutarlo, si este software da un resultado factible se deben de almacenar los datos y luego revisarlos para una posible planificación de producción. Del mismo modo, si no se obtiene un resultado factible se deben de revisar los datos y el instructivo o manual adjunto, por un posible no buen entendimiento del procedimiento. Finalmente, los datos son almacenados y se toman decisiones con respecto a estos resultados para luego ser empleado como tomador de decisiones.

Ilustración 9: Diagrama de procesos



Fuente: Elaboración propia

7.2.4 Requerimientos funcionales del sistema

Los requerimientos funcionales son los que definen el comportamiento interno del sistema en el software. Es decir, que definen el alcance para éste, describiendo el conjunto de entradas y salidas de los datos.

- a) Ingreso de datos: el sistema debe de permitir que el usuario ingrese datos relacionados con las variables del modelo, tales como las entradas y salidas respectivas que tengan que ver con la producción de ambas líneas.

- b) Entrega de Resultados: El sistema permite mostrar en pantalla los resultados relevantes del modelo, tales como las metas y los resultados eficientes.
- c) Actualización de datos: El sistema permite al usuario modificar la información que ya se encuentra ingresada, para lograr así modificar la base de datos.

7.2.5 Requerimientos no funcionales del sistema

En cuanto a los requerimientos no funcionales, estos están relacionados directamente con el funcionamiento del sistema. Es decir, los requerimientos que debe de poseer el prototipo cuando se encuentra en funcionamiento.

- a) Seguridad: Debe ser un sistema confiable y seguro, por lo tanto al ingresar debe de poseer una contraseña que solo personal autorizado sepa, ya que esta persona será la encargada de modificar la base de datos.
- b) Usabilidad: Este sistema debe emplear comandos intuitivos que permitan a cualquier trabajador comprender como funciona el prototipo.
- c) Validación de cálculo: Al ingresar los datos, el sistema identificará si cumple con la categoría asignada, esta es válida para una comparación de los datos ingresados previamente y lo que se ingresa como nuevo.
- d) Fácil comprensión: Lo que el sistema entrega debe ser de fácil comprensión e interpretación por parte de los usuarios.
- e) Confiabilidad: Los resultados entregados y la información mostrada deben ser confiables para los usuarios
- f) Rapidez: Cada transacción que se realice dentro del sistema no debe superar los 15 segundos de respuesta.
- g) Disponibilidad: El sistema debe de estar disponible en cualquier momento que se requiera de su uso.

7.3 Prototipo del sistema de apoyo

Este prototipo se encuentra enfocada para el simple uso desde el jefe de packing o de línea hasta el jefe de producción, es por esto que debe de poseer una clave única y segura, pero a su vez de fácil intuición para el personal. Como se visualiza en la Ilustración 10 se pude destacar una interfaz

gráfica e intuitiva para la fácil accionar del sistema. Este sistema se encuentra realizado a través de la aplicación de *Visual Basic* de Excel, el cual es un lenguaje que posee recursos de registro de datos y una base de datos manipulable.

Ilustración 10: Menú principal del prototipo



Fuente: Elaboración propia

Al ingresar al sistema de forma satisfactoria, ingresando de forma adecuada la contraseña, se muestra la pantalla del menú principal, en donde se destacan tres accesos: el primero es simplemente para otorgar información con respecto al *solver*; por otro lado, el segundo acceso trata sobre cómo ingresar los datos a la base de datos, de forma tal que se logren modificar lo que se posee para los resultados finales; y finalmente, el paso de muestra de las metas obtenidas gracias al *solver* y a la base de datos que se posee. Todo esto se presenta en la Ilustración 11.

Ilustración 11: Menú principal del sistema

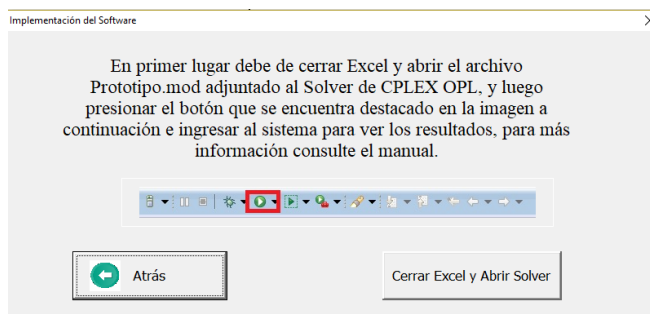


Fuente: Elaboración propia

Si el usuario desea entrar al módulo de “Análisis de eficiencia” del primer acceso, el sistema le presenta en la pantalla el formulario que se observa en la Ilustración 12, el cual otorga la

información necesaria con respecto a la aplicación del *solver*. Este módulo ofrece la libertad de volver atrás o de “Cerrar Excel y Abrir Solver”, para que así el usuario mediante el formulario o las instrucciones ilustradas en el módulo logre realizar la aplicación del modelo.

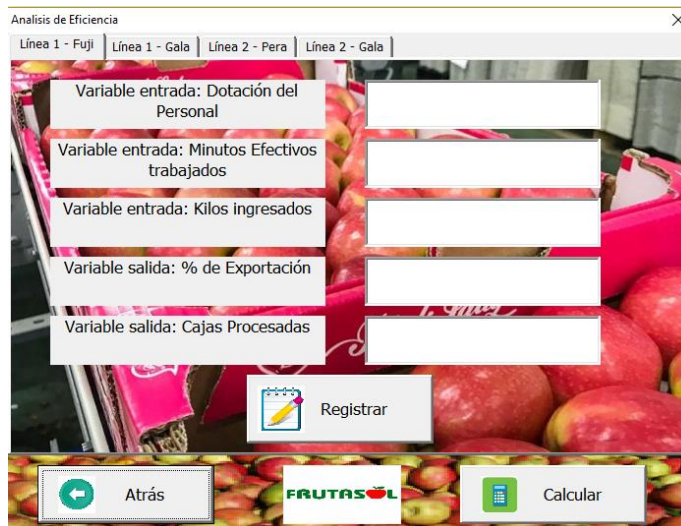
Ilustración 12: Instrucciones del uso del *solver*



Fuente: Elaboración propia

Una vez que haya ejecutado el modelo, dadas las instrucciones dentro del formulario o dentro del manual, se pueden ingresar los datos a la base de datos en la sección número dos “Ingreso de Datos”. Para este caso se ingresaran uno a uno los parámetros de las variables tal y como se presenta en la imagen a continuación (Ilustración 13).

Ilustración 13: Interfax para el ingreso de variables



Fuente: Elaboración propia

Dentro del formulario se destaca que se logran registrar los datos de cada ventana como variables diferentes, al presionar el botón de registrar los datos serán ingresados en la planilla

correspondiente del presente Excel, de tal forma que se va formando una base de datos de cada uno de los cuatro turnos.

Finalmente al presionar el botón calcular se desplegará una ventana con todos los datos de las metas obtenidas para los procesos ineficientes, mostrando cuanto personal se requería para ese turno o la cantidad de cajas que se debieron producir, para así llegar a conclusiones de producción dentro del personal a cargo (Ilustración 14). Del mismo modo, para acceder a esta pantalla directamente, sin necesidad de ingresar datos, se puede ingresar directamente desde la pantalla de inicio, de esta forma se mostraran los datos almacenados hasta antes de ingresar las variables y resultados del *solver*.

Ilustración 14: Reporte de resultados de las metas de los procesos ineficientes

| DMU | Meta Dotación de pers | Meta Minutos efectivos | Meta Kg Ingresados | % Exportacion | Meta Cajas |
|-----|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------|------------|
| 1 | - | - | - | 65% | - |
| 2 | 68 | 500 | 77.620 | 78% | 3.352 |
| 3 | 68 | 520 | 77.620 | 62% | 3.401 |
| 4 | 67 | 155 | 27.395 | 56% | 1.126 |
| 5 | 86 | 330 | 58.976 | 60% | 2.768 |
| 6 | 87 | 350 | 69.249 | 53% | 3.095 |
| 7 | 85 | 160 | 20.166 | 75% | 958 |
| 8 | - | - | - | 73% | - |
| 9 | 88 | 570 | 106.537 | 81% | 3.942 |
| 10 | - | - | - | 63% | - |
| 11 | 87 | 215 | 34.445 | 69% | 1.722 |
| 12 | - | - | - | 69% | - |
| 13 | 87 | 470 | 82.408 | 75% | 3.796 |
| 14 | 86 | 525 | 91.062 | 72% | 4.102 |
| 15 | 86 | 385 | 69.237 | 74% | 3.220 |
| 16 | - | - | - | 73% | - |
| 17 | - | - | - | 81% | - |
| 18 | 84 | 600 | 105.361 | 77% | 4.361 |
| 19 | 85 | 585 | 106.866 | 77% | 4.300 |
| 20 | 86 | 235 | 38.758 | 61% | 1.905 |
| 21 | 86 | 580 | 100.093 | 75% | 4.354 |

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista de la evaluación del personal, se aplican solamente un ingreso de los datos o una visualización de estos, tal y como se muestra en la Ilustración 15, se representa un menú solo de acceso básico para este punto.

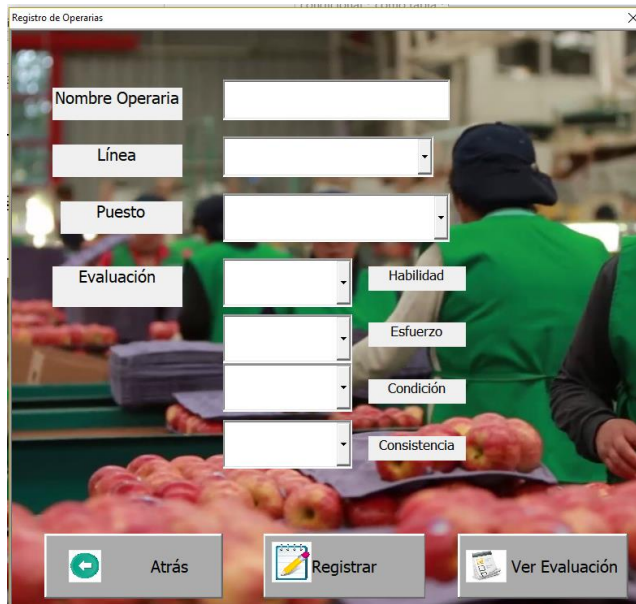
Ilustración 15: Menú de evaluación del personal



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se puede acceder al sistema para ingresar los datos de la evaluación de manera manual, es decir que cada nombre debe ser ingresado, teniendo en cuenta las variedades de puestos y líneas.

Ilustración 16: Pantalla de registro de las evaluaciones del personal



Fuente: Elaboración propia

La razón de que no existan nombres predeterminados, es porque la empresa posee una rotación de personal muy alta, esta idea de mantener un registro de las evaluaciones es para ayudar a que las

mejores sean vueltas a contratar, de este modo se logrará crear una base de datos más adelante. En la Ilustración 16 se presenta el formulario de ingreso de las evaluaciones del persona, de forma sencilla se pueden seleccionar las variables de habilidad, esfuerzo, condición y Consistencia, de este modo el programa calcula el promedio de la evaluación y la guarda en la tabla que puede ser visualizada desde el menú anterior a este.

Finalmente, al presionar “Ver Evaluación” desde la Ilustración 16 o “Revisar Evaluación” desde la Ilustración 15 se logra acceder a un formulario que muestra por pantalla las evaluaciones del personal de forma resumida. Como existe rotación de personal, se prefirió que se almacenaran y se mostraran por pantalla las evaluaciones que tienen por cada puesto de trabajo, para este caso, las evaluaciones fueron para el trabajo que sale por contrato (Ilustración 17).

Ilustración 17: Resultados de las evaluaciones

| Etiquetas de fila | Selección | Tómbolas | TrayPack | Total general |
|-------------------|-------------|----------|-------------|---------------|
| Fernanda Olmos | | 1,34 | | 1,34 |
| Maria Riquelme | 1,313333333 | | | 1,313333333 |
| Maria Ganga | 1,313333333 | | | 1,313333333 |
| Patricia Ravest | | | 1,306666667 | 1,306666667 |
| Alicia Nuñez | 1,306666667 | | | 1,306666667 |
| Maria Augustin | 1,306666667 | | | 1,306666667 |
| Clara Silva | | | 1,3 | 1,3 |
| Maria Munillo | | | 1,3 | 1,3 |
| Alejandrina Nuñez | 1,3 | | | 1,3 |
| Ingrid Azua | 1,3 | | | 1,3 |
| Raquel Verdugo | | | 1,3 | 1,3 |
| Maria Diaz | | | 1,293333333 | 1,293333333 |
| Jessica Hernandez | 1,293333333 | | | 1,293333333 |
| Carmen Muñoz | 1,293333333 | | | 1,293333333 |
| Nora Muñoz | 1,293333333 | | | 1,293333333 |
| Maria Figueroa | 1,293333333 | | | 1,293333333 |
| Maria Ibaceta | | | 1,286666667 | 1,286666667 |
| Maria Arevalo | | | 1,286666667 | 1,286666667 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 8 : EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta la evaluación económica del proyecto y el impacto que tendrá si es que aumentan las ventas, agregando diferentes escenarios de costos o ganancias con respecto a la cantidad de cajas vendidas y pallets.

8.1 Alcances de la evaluación

Para determinar si el proyecto es factible o no para la empresa, se emplea un horizonte de evaluación de 6 años, teniendo el año 2018 como año de inversión. Como la empresa solo trabaja mitad de año, siendo esta la contemplada por manzanas y frutas, es requerido una gran cantidad de tiempo, tomando en cuenta todos los gastos asociados por los meses de trabajo. Para esto, se identifican todas las variables y consideraciones que el proyecto posee, para así determinar los ingresos y egresos que afecten al flujo de caja que determinará la decisión o no de la implementación del proyecto.

8.2 Ingresos

Dentro de este proyecto, el principal objetivo es localizar al mejor personal para maximizar la producción, es por esto que el ingreso es basado en la producción que se obtendrá con la implementación. Es por esto, que los ingresos del proyecto en cuestión son la mejora en tiempos de producción en cada año o temporada de producción, lo que conlleva a un aumento de pallets vendidos.

8.2.1 Ingreso por ventas

Para este proyecto, los ingresos se tomaron en base a la producción total del año 2017, esperando que la producción aumente se realizó un estimado de que la realización de este proyecto aumentaría a un porcentaje desde el 2% en adelante (Tabla 28).

Tabla 28: Aumento estimado de producción anual

| Aumento de producción anual | Porcentaje |
|-----------------------------|------------|
| 2019 | 102% |
| 2020 | 104% |
| 2021 | 106% |
| 2022 | 108% |
| 2023 | 110% |
| 2024 | 112% |

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de las bitácoras del año 2017 se realiza y se estima la cantidad de cajas que se tendrían para esa temporada, las cuales se estiman que la producción es homogénea, es decir, que el costo

de venta es igual en todos los tipos de fruta y, de la misma forma, la cantidad de cajas en los pallets es de 35 cajas, para la empresa esta es una cantidad estandarizada para la variedad de tipo Gala, la cual es la mayor producida en ambas líneas (Gráfica 5).

En primer lugar, se calcula la cantidad de cajas que se pronostican tener para la temporada 2018, que por temas del proyecto no se alcanzan a poseer los datos. Se estima un aumento de ventas del 8%, lo cual se resume en la Tabla 29.

Tabla 29: Producción estimada de cajas

| Período (mes) | Cajas 2017 (unidad) | Cajas 2018 (unidad) | Diferencia (unidad) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Febrero | 68.402 | 73.874 | 5.472 |
| Marzo | 132.860 | 143.489 | 10.629 |
| Abril | 88.412 | 95.485 | 7.073 |
| Mayo | 89.068 | 96.193 | 7.125 |
| Junio | 75.730 | 81.788 | 6.058 |

Fuente: Elaboración propia

Esa diferencia estipulada de cajas de un periodo a otro, es la ganancia obtenida gracias a la aplicación del proyecto, por lo tanto la empresa al vender cada caja al extranjero cuesta \$1.500 se tiene un ingreso para cada año estudiado (Tabla 30).

Tabla 30: Ingreso estimado por ventas

| Año | Ingreso (\$) |
|------|---------------|
| 2019 | \$ 55.354.690 |
| 2020 | \$ 56.445.422 |
| 2021 | \$ 57.536.155 |
| 2022 | \$ 58.626.888 |
| 2023 | 59.717.621 |
| 2024 | \$ 60.808.354 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.2 Ahorros de tiempo

De la misma forma que para estimar las ventas, se realiza un estudio con respecto a las personas que tienen directa relación con la producción, por lo tanto se comparan los horarios de trabajo de ellos para estimar la cantidad de producción necesaria o simplemente la reacomodación del

personal, es por esto, que los ahorros de tiempo son considerados como el ahorro en las horas extras que se toma la empresa para producir más o simplemente cumplir la meta que se han presupuestado.

Para este caso en particular se tienen en cuenta dos puestos, el jefe de producción y el jefe de packing, a pesar de que no se posee mucho tiempo de ahorro, el error en la sección de producción es lo que más tiempo muerto posee la empresa, por lo tanto por cada turno se estima un tiempo promedio de 1,5 horas. Es por esto que cada mes se evalúa un ahorro de \$320.700, para este cálculo se estima que el jefe de producción tiene un sueldo de \$6.125/hora y el jefe de packing de \$4.565/hora, lo que hay que tener en cuenta es que cada tres años se debe realizar una planificación táctica y operativa, la cual hace variar el ahorro (Tabla 31).

Tabla 31: Ahorro estimado del proyecto

| Año | Ahorro (\$) |
|------|--------------|
| 2019 | \$ 1.603.500 |
| 2020 | \$ 2.672.500 |
| 2021 | \$ 2.672.500 |
| 2022 | \$ 1.603.500 |
| 2023 | \$ 2.672.500 |
| 2024 | \$ 2.672.500 |

Fuente: Elaboración propia

8.3 Costos

Los costos estimados para este proyecto son la creación de pallets que se tendrán con la nueva aplicación del prototipo, como se mencionó la cantidad de cajas estimadas por pallets es de 35 cajas, pero el valor del costo de fabricación de cada pallets es de \$3.000, por lo tanto se tiene que el costo para este proyecto se ilustra en la Tabla 32.

Tabla 32: Costo estimado por producción

| Año | Costo (\$) |
|------|--------------|
| 2019 | \$42.702.189 |
| 2020 | \$43.543.612 |
| 2021 | \$44.385.034 |
| 2022 | \$45.226.456 |
| 2023 | \$46.067.879 |
| 2024 | \$46.909.301 |

Fuente: Elaboración propia

8.4 Inversiones

La implementación del proyecto posee una inversión dado que no tenían estos recursos desde antes, tales como la compra del *software* IBM CPLEX o la inclusión de alguien que pueda aplicarlo. A continuación se detalla la inversión para el sistema de apoyo.

8.4.1 *Software* IBM CPLEX

Este *software* es requerido para la obtención de los resultados del modelo matemático que apoyaran a las tomas de decisiones del personal adecuado. Este pertenece a la empresa IBM, el cual posee un costo mensual de 168USD para su adquisición, teniendo que el dólar está a \$649,3, el costo total para la adquisición del *software* para el proyecto es de \$7.848.000.

8.4.2 Implementación del prototipo

Como el sistema de apoyo a la toma de decisiones de producción es un prototipo, este se debe de considerar como inversión. Para la implementación, se considera que es elaborado por un ingeniero en computación que la empresa posee, el cual posee como objetivo realizar una integración de este prototipo al sistema de información que posee la empresa.

Dentro de la empresa, se estima que se trabajara toda la temporada importante, lo cual equivale a los cinco meses de trabajo con 8 horas diarias y 20 días al mes, con un costo por hora de \$4.565, lo cual se traduce a una inversión del ingeniero de \$730.400 mensuales.

8.5 Tasa de impuesto

Esta es descontada por el Gobierno de Chile sobre las utilidades líquidas de cada empresa. Actualmente la tasa de impuesto, se encuentra en 25% y se estima que para los años venideros será de 27%, por lo tanto para el cálculo del flujo de caja, se consideran los siguientes impuestos mostrados en la Tabla 33.

Tabla 33: Tasa de impuesto

| Año | Tasa de impuesto |
|------|------------------|
| 2019 | 25% |
| 2020 | 27% |
| 2021 | 27% |
| 2022 | 27% |
| 2023 | 27% |
| 2024 | 27% |

Fuente: Elaboración propia en base a

8.6 TREMA

La tasa de riesgo esperada mínima aceptable o TREMA es empleada como porcentaje de rentabilidad para calcular el valor neto de éste. Se considera que el riesgo del proyecto es igual al riesgo de la empresa y, además, que el proyecto es financiado en un 100% con aporte capital propio.

Para el cálculo de dicho parámetro se emplea la inflación del país y la tasa de premio al riesgo.

$$\text{TREMA} = \text{inflación} + \text{tasa de premio al riesgo} + \text{inflación} * \text{tasa de premio al riesgo}$$

Para este caso, se aplica la inflación del país al año 2018 (Inflation.eu, 2018), la cual equivale a 2,04% y la tasa de premio al riesgo, la cual es de 4,6% (Francisca Lira, 2018). Empleando la ecuación anterior, se obtiene que la TREMA para la evaluación del proyecto es de 4,16%.

8.7 Flujo de caja

Dado todos los datos anteriormente estipulados, se determina si posee rentabilidad el proyecto en base a la aplicación de un flujo de caja puro, para este caso se realizaron análisis de indicadores económicos que presenten en manera resumen los resultados.

Dentro del flujo de caja (Anexo 2) se han considerado los siguientes indicadores económicos, tales como PRI que es la cantidad de años o periodos que se demora en retornar la inversión, el VAN que es el valor actual neto del proyecto en sus periodos de estudio y el TIR que es la tasa de retorno del proyecto, todo esto se encuentra ilustrado en la Tabla 34.

Tabla 34: Indicadores de flujo de caja puro

| Indicador | Valor |
|-----------|---------------|
| PRI | 2 |
| VAN | \$ 47.957.677 |
| TIR | 94% |

Fuente: Elaboración propia

Hay que indicar que esta empresa posee una tasa de retorno muy justo a su inversión en la realidad, por lo tanto el hecho de adquirir un *software* con esta cantidad de inversión le dará una oportunidad de aumentar su producción pero de igual forma puede producir contratiempos financieros. Pero dado los factores considerados, se logra demostrar un análisis de pre factibilidad del flujo de caja.

Como primera observación, se puede detallar que el VAN al finalizar obtiene un valor de \$47.957.677, lo cual es alto para este proyecto, sin tomar en cuenta todas las otras áreas que posee la empresa dentro del mercado de frutas, pero dentro del área de producción se puede considerar que el proyecto es rentable.

Del mismo modo, se indica que el TIR se encuentra en un valor estimado de 94%, siendo este mucho mayor que la TREMA calculada por factores económicos que la empresa posee el país. Este sería otro factor favorable al proyecto, dado que la TREMA posee algunos indicios de subir, dependiendo de la economía del país, hasta un valor cercano al 40% y aun así sería rentable.

Finalmente, el periodo de recuperación se encuentra estimado para el segundo año de evaluación, por lo tanto de ahí en adelante la empresa puede comenzar a pensar en otra implementación en otra área.

8.8 Análisis de sensibilidad

Con la finalidad de realizar un estudio más acabado con respecto a las ganancias o pérdidas que puede producir la variable de la cantidad de cajas, se realiza un estudio con respecto al aumento o disminución del precio de venta y de compra de esto. La primera variación sería la venta de las cajas, las cuales se encuentran en \$1.500 por caja, se observarán cinco escenarios, incluyendo el original. Del mismo, se comparan las variaciones de las compras de pallets para la producción dentro de la empresa, los cuales se encuentran en un costo de adquisición de \$3.000 por pallets.

8.8.1 Variación en ventas

Para obtener un mejor análisis del proyecto, se realiza los cambios de los precios de ventas de las cajas que se emplearían al aumentar la producción, es decir el aumento de las ganancias con respecto a las cajas producidas. En la Gráfica 15 se observa la variación del VAN con respecto al aumento de costos de venta de hasta un 130% más de lo estimado, tiene una relación directamente proporcional, es decir, que si aumenta el valor del VAN es porque aumenta el precio unitario de las ventas de cajas.

Gráfica 15: Variación del VAN con respecto al precio de cajas

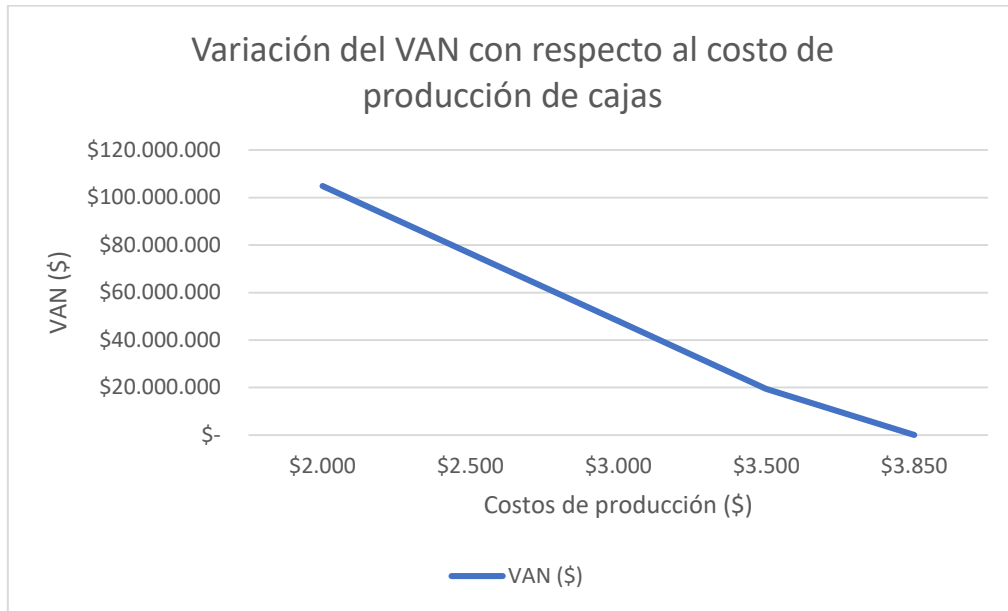


Fuente: Elaboración propia

8.8.2 Variación en compras

Para este caso, el escenario del cambio de costos de producción tiene relevancia con respecto a la variabilidad de los materiales dentro de los necesarios para la cantidad de cajas que se producen, en este caso se puede destacar que en la Gráfica 16 hay una relación inversamente proporcional a los costos unitarios de producción de un pallet de caja, siendo que cada vez que el costo de producir sea menor, el valor en el VAN va en aumento, lo cual es considerable.

Gráfica 16: Variación del VAN con respecto al costo de producción



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Como se pudo apreciar el transcurso en transcurso del proyecto se abarcaron dos secciones importantes de la producción de la línea, ya sea la eficiencia de los turnos y el rendimiento del personal. De este modo, se presentan conclusiones para cada sección del área del trabajo y alguna que otra recomendación en base a los resultados obtenidos.

En primer lugar al desarrollar un diagnóstico se encontraron diversos problemas que afrontan el personal relacionada con las operarias dentro de la empresa Frutasol. De esta forma se destacaron los problemas que surgían dentro de la empresa y cuál era su principal causa, la mala asignación de los puestos de trabajo, con todo esto se dio a entender que una mala asignación de los puestos afectaba directamente a la eficiencia de los turnos. Por lo tanto, al tener estas dos variables controladas se puede lograr aumentar la producción total de ambas líneas de producción. Se puede destacar que dentro del periodo de diagnosticar la empresa se visualizó que el periodo de tiempos muertos en la producción es relacionada con los cambios de lote y de productor, por lo tanto existe una mala planificación de la producción.

En relación al modelo estipulado, existen diversos modelos matemáticos que obtienen eficiencias de turnos, pero por motivos de ventajas que posee el modelo DEA se emplea este en base a los datos de los turnos de cuatro familia de frutas más importantes para las dos líneas de producción. Es decir, que la ventaja de que el modelo posee la nomenclatura de que cada unidad de medida puede ser independiente de otra es una de las grandes ventajas para comparar análisis de turnos por diversas variables asociadas a la producción. Determinando el modelo a emplear, luego se determinó, en conjunto con la empresa, la búsqueda de maximizar la producción y así determinar las variables determinantes en la producción de la empresa. Cabe destacar que, los resultados obtenidos a través del modelo pueden ser aplicados en turnos futuros que posean semejantes niveles de entradas y así maximizar la cantidad de cajas, sin embargo, siempre existe la posibilidad de que la fruta no tenga un buen porcentaje de exportación. Del mismo modo, el modelo ha sido ejecutado a través del *software* IBM CPLEX OPL, el cual permite entregar los resultados en un promedio de 5 segundos, de esa forma se logra tomar una decisión instantánea

para un posible cambio de fruta o turno dentro de la empresa, aunque hay que destacar que al ir agregando turnos esto puede ralentizar el modelo.

Por otro lado, desde el punto de vista de la asignación de personal se aplica una evaluación de rendimiento de las trabajadoras que más influyen dentro del proceso productivo. Se realiza un estudio desde el punto de vista del rendimiento laboral como el entorno de trabajo, lo cual siempre influye en la selección del fruto. En este punto había que tener en consideración la posición de la medición, ya que la trabajadora al sentirse observada puede modificar la veracidad de las mediciones.

Para mantener un trabajo continuo dentro del proyecto, se realiza un modelamiento matemático de la información y de una posible interpretación de los resultados, es por esto que se realiza un sistema de apoyo a la toma de decisiones, a través del *software* Visual Basic de Excel. Este sistema almacena la información de los turnos y de las evaluaciones del personal, arrojando los resultados finales de las evaluaciones y de las metas obtenidas de los turnos ineficientes, de manera tal que las personas que manipula este prototipo pueda obtener la información en cualquier momento de ambas situaciones.

Finalmente, en la evaluación económica se estima una evaluación con respecto a la implementación del modelo, es decir tanto del *software* IBM CPLEX OPL como de las ganancias que se obtendrían, teniendo en consideración los diversos escenarios y como este se modifica con respecto a la producción y el valor del VAN, teniendo una relación directa o indirecta con respecto a los costos o ganancias que se obtendrían al aumentar o disminuir las cajas vendidas.

Por otra parte, en base a todo lo visto, se pueden dar las siguientes recomendaciones a la empresa:

Desde el punto de vista de la evaluación de los turnos, la empresa no poseía forma de visualizar las buenas variables que poseen y las que deberían de modificar para obtener el máximo rendimiento de sus entradas al proceso. Del mismo, no existe una herramienta que ayude a la toma de decisiones de producción, ya que esto es estrictamente relacionado con respecto como se distribuirán las frutas a procesar. Por otra parte, se pudo visualizar que el gran cuello de botella es

la parte de embalado de cajas y que una variable dependiente de la cantidad que se realiza es el porcentaje de buena fruta que se procesa.

De esta forma, al saber la el porcentaje de exportación que tendría la fruta, de forma estimativa por el centro de calidad, se puede lograr estimar los flujos de fruta que las línea pueden llegar a procesar sin tener que sacrificar la calidad del producto final y, sin lugar a dudas, a tener que reembolsar dinero en la parte de reembalaje. Lo cual ayudaría enormemente cuando se tiene un bajo nivel de fruta exportable, por lo tanto, podría ayudar a mantener un ritmo constante de la línea de producción.

Una de las grandes recomendaciones que se le da a la planta es que al intentar mantener una mayor producción se intenta conseguir con la aplicación de una hora extra más al turno de trabajo, por lo tanto eso fuerza a la mano de obra a poseer mayor tiempo en el trabajo y a, posiblemente, tener menor tiempo de horas eficientes de producción.

Por otro lado, desde el punto de vista de la evaluación del personal, se presenta al modificar los puestos de trabajo de las personas, ya que si se cambian a lugares más clasificados es posible que se produzca otro obstáculo dentro de la misma línea, es decir, que si se cambia de posición a una persona no sea con la idea de solo potenciar una sección de la línea, sino que sea para apoyar de mejor forma a las trabajadoras y no a disminuir una sección. Del mismo modo en la sección de embalaje, cuando una trabajadora se encuentra en un buen rendimiento, la idea de sobrecargar de trabajo puede realizarle un sobrecargo de trabajo lo que puede producir un peor rendimiento o incluso una enfermedad, estas son medidas de apoyo y quizás modificar a las mejores clasificadas para que realicen un mejor trabajo en las vías que siempre son llenadas por la calidad de la fruta es mejor que sobre cargarla. Hay que tener en consideración que la rotación del personal es permanente todos los días, ya sea por la cantidad de frutas que se van a procesar o porque en alguna vía se sobrepasa la fruta y esta se cae, por lo tanto se pierde material de exportación, es decir, que la evaluación de personal ayuda a que los puestos estén ocupados por las trabajadoras más competentes en su rendimiento, y así lograr que no se pierda tiempo por cambios de puestos.

Dentro de la empresa, se pueden realizar varias propuestas dentro de las recomendaciones, las cuales podrían llegar a ser como:

Saber cuál es la capacidad de la máquina, ya que al consultar si se empleaba el máximo rendimiento de la máquina ellos no poseían conocimiento de esto, es decir que no sabía que al obtener una buena calidad de la fruta, cuál es lo máximo que puede circular la fruta dentro de la línea. Por lo tanto, todo era ensayo y error con la maquinaria.

Por otra parte, se requeriría una manipulación de un plan de requerimiento de materiales, ya que cada material empleado, en conjunto con sus facturas que son archivadas y no almacenadas en una base de datos. Es decir, que cada vez que se opera una cantidad de fruta o variedad, se pide con respecto a la producción va avanzando, de hecho, existió un turno en que tuvieron que cambiar la variedad de la fruta por no existir la cantidad de cajas para seguir almacenando la fruta.

Con estos datos, se le recomiendo a la empresa tomar decisiones con respecto al aumento de los puestos de trabajo, ya que con estos datos de producción se puede deducir si las trabajadoras no rinden en un gran porcentaje o simplemente es la cantidad de puestos necesarios para aumentar la producción no es la óptima. Es por esto que es necesario que la empresa utilice el modelo matemático y el sistema de apoyo como una herramienta.

De igual forma, en caso de la evaluación del personal, se recomienda a la empresa realizar un estudio más detallado con respecto a la evaluación del rendimiento del personal, es decir, que se requiere de un mayor estudio para lograr una mejor asignación dados los criterios de la fruta, por lo tanto una recomendación futura es que este modelo que muestra la evaluación de las operarias sea complementado más adelante con una posible asignación eficiente dada la producción que se aproxima.

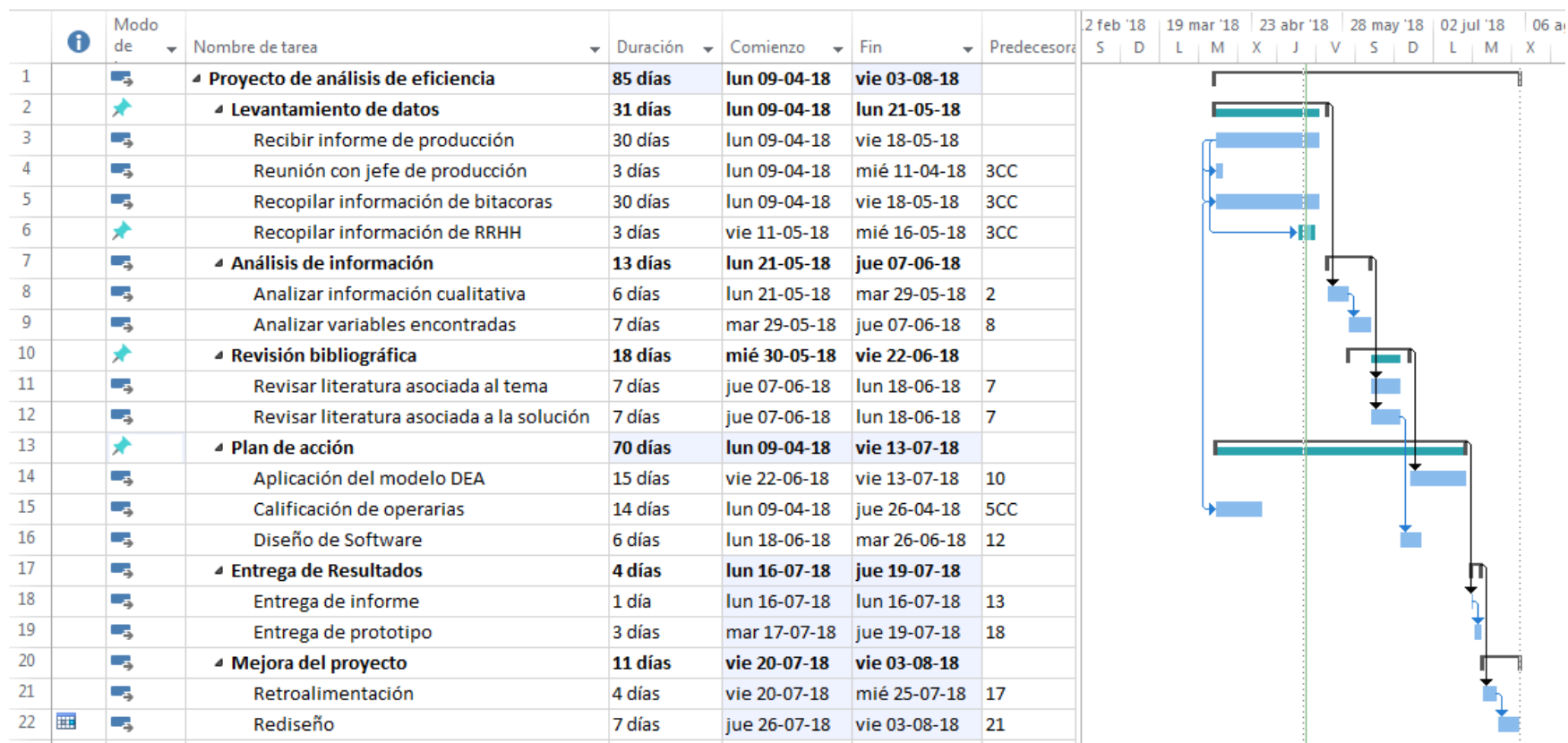
Como conclusión general cabe destacar que se han cumplido los objetivos descritos, se han entregado los resultados a la empresa, los cuales tienen que ver con las metas y las entregas de propuestas dado los resultados de rendimiento y de análisis de eficiencia, de igual forma con la entrega del prototipo y del modelo matemático que ayudaran a la toma de decisiones de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- A CHARNES, W. C. (1962). Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics Quaterly*, 181-186.
- A. CHARNES, W. C. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 429-444.
- Denis de Almeida, J. F. (2009). Analysis of the Methods Time Measurement (MTM) Methodology through its Application in Manufacturing Companies. *Intelligent Manufacturing*.
- Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society Series A*, 253-281.
- Francisca Lira, C. A. (Julio de 2018). *Banco Central*. Obtenido de <http://www.bcentral.cl/web/guest/-/estimacion-del-premio-por-riesgo-en-chi-1>
- Frutasol. (2018). *Frutasol.cl*. Obtenido de <http://www.frutasol.cl>
- Inflation.eu. (Julio de 2018). *Inflation.eu*. Obtenido de <https://es.inflation.eu/tasas-de-inflacion/chile/inflacion-historica/ipc-inflacion-chile-2018.aspx>
- Janet Wagner, D. S. (2006). Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: Procedures and managerial perspectives. *ELSEVIER*, 57-67.
- Palma, J. R. (2008). SISTEMA DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES PARA REALIZAR UN PROCESO DE MEJORA CONTÍNUA BASADO EN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS.
- S. M. Lowry, H. B. (1940). Time and Motion Study And Formulas for Wage Incentives. *McGraw-Hill*, 233.
- Santelices, H. (2010). *Modelos para apoyar decisiones de diseño en instalaciones de plantas de embalaje de cereza fresca*. Curicó: Universidad de Talca.

ANEXOS

Anexo 1: Carta Gantt del proyecto



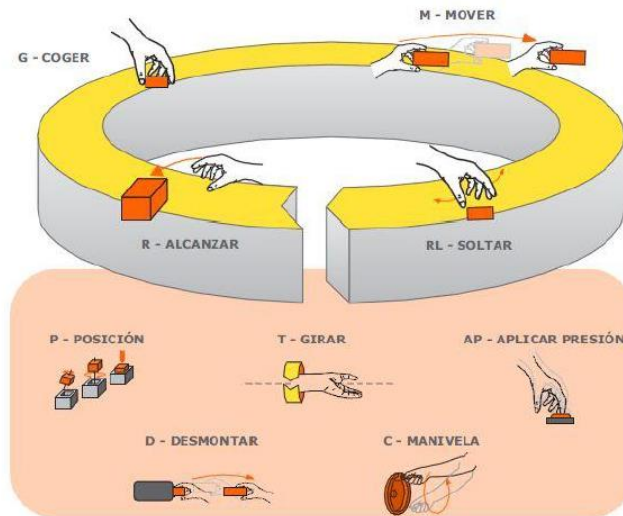
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Flujo de caja del proyecto

| Año | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Período | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Aumento de ventas | \$ - | \$ 55.354.690 | \$56.445.422 | \$ 57.536.155 | \$ 58.626.888 | \$ 59.717.621 | \$ 60.808.354 |
| Ahorro tomador decisiones | 0 | \$ 1.603.500 | \$2.672.500 | \$ 2.672.500 | 1603500 | \$ 2.672.500 | \$ 2.672.500 |
| Costos por producción | 0 | \$ -42.702.189 | \$-43.543.612 | \$-44.385.034 | \$ -45.226.456 | -46.067.879 | -46.909.301 |
| Utilidad antes de impuesto | 0 | \$ 14.256.000 | \$15.574.311 | \$ 15.823.621 | \$ 15.003.932 | \$ 16.322.242 | \$ 16.571.552 |
| Impuesto | 0 | \$ 3.564.000 | \$4.205.064 | \$ 4.272.378 | \$ 4.051.062 | \$ 4.407.005 | \$ 4.474.319 |
| Utilidad después de impuesto | 0 | \$ 10.692.000 | \$11.369.247 | \$ 11.551.243 | \$ 10.952.870 | \$ 11.915.237 | \$ 12.097.233 |
| Inversión | \$-11.500.000 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| Flujo | \$-11.500.000 | \$ 10.692.000 | \$ 11.369.247 | \$ 11.551.243 | \$ 10.952.870 | \$ 11.915.237 | \$ 12.097.233 |
| Valor Actual | \$-11.500.000 | \$10.264.737,64 | \$10.478.749,92 | \$10.221.047,43 | \$9.304.295,37 | \$9.717.333,62 | \$9.471.513,50 |
| Valor Actual Acumulado | \$-11.500.000 | \$ -1.235.262 | \$ 9.243.488 | \$ 19.464.535 | \$ 28.768.830 | \$ 38.486.164 | \$ 47.957.677 |

Fuente: Elaboración propia

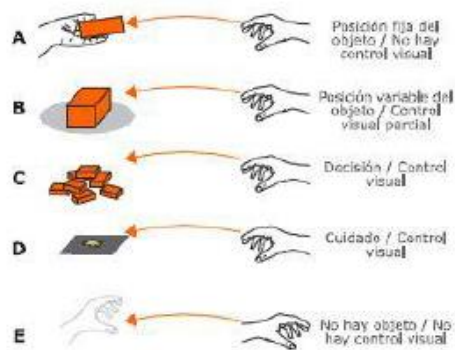
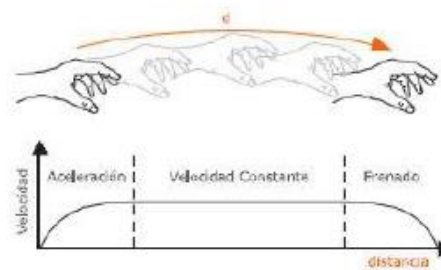
Anexo 3: Proceso completo de estudio de tiempo



Fuente: (Denis de Almeida, 2009)













Anexo 4: Movimiento alcanzar

| d (cm) | Casos | | | |
|--------|--------|------|------|------|
| | Tipo I | | | |
| | RdA | RdB | RdC | RdE |
| ≤ 2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| 4 | 3,4 | 3,4 | 5,1 | 3,2 |
| 6 | 4,5 | 4,5 | 6,5 | 4,4 |
| 8 | 5,5 | 5,5 | 7,5 | 5,5 |
| 10 | 6,1 | 6,3 | 8,4 | 6,8 |
| 12 | 6,6 | 7,4 | 9,1 | 7,3 |
| 14 | 6,8 | 8,2 | 9,7 | 7,8 |
| 16 | 7,1 | 8,8 | 10,3 | 8,2 |
| 18 | 7,5 | 9,4 | 10,8 | 8,7 |
| 20 | 7,6 | 10,0 | 11,4 | 9,2 |
| 22 | 8,1 | 10,5 | 11,9 | 9,7 |
| 24 | 8,5 | 11,1 | 12,5 | 10,2 |
| 26 | 8,6 | 11,7 | 13,0 | 10,7 |
| 28 | 9,2 | 12,2 | 13,6 | 11,2 |
| 30 | 9,5 | 12,8 | 14,1 | 11,7 |
| 35 | 10,4 | 14,2 | 15,5 | 12,9 |
| 40 | 11,3 | 15,6 | 16,8 | 14,1 |
| 45 | 12,1 | 17,0 | 18,2 | 15,3 |
| 50 | 13,0 | 18,4 | 19,6 | 16,5 |
| 55 | 13,9 | 19,8 | 20,9 | 17,8 |
| 60 | 14,7 | 21,2 | 22,3 | 19,0 |
| 65 | 15,5 | 22,6 | 23,6 | 20,2 |
| 70 | 16,5 | 24,1 | 25,0 | 21,4 |
| 75 | 17,3 | 25,5 | 26,4 | 22,6 |
| 80 | 18,2 | 26,9 | 27,7 | 23,9 |
| Δ cm | 0,18 | 0,28 | 0,26 | 0,26 |



Fuente: (Denis de Almeida, 2009)

Anexo 5: Movimiento tomar

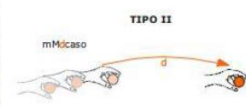
| | | | | |
|---|-------------|---|---|----------------------------------|
|  Cerrando los dedos sobre el objeto | G1A | 2,0 |  | |
| | G1B | 3,5 |  | Sección <3*3 mm |
| | G1C1 | 7,3 |  | $\emptyset > 12$ mm |
| | G1C2 | 8,7 |  | 6 mm < $\emptyset \leq 12$ mm |
| | G1C3 | 10,8 |  | $\emptyset \leq 6$ mm |
| | G3 | 5,6 |  | G1A + 1,6 + RL 1 |
| | G4A | 7,3 |  | $\geq 25*25*25$ mm |
| | G4B | 9,1 |  | $\leq 25*25*25$ mm > 6*6*3 mm |
| G4C | 12,9 |  | < 6*6*3 mm | |
|  Por contacto | G5 | 0,0 | | |
|  Volver a coger | G2 | 5,6 | Teoría RfA + MfB + (RfA) | |

Fuente: (Denis de Almeida, 2009)

Anexo 6: Movimiento mover

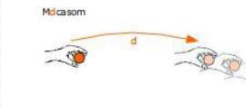
| d (cm) | Casos | | | | | |
|--------|--|--|-------------------|--------------------|--------------------|--|
| | Tipo II | | | Tipo III | | |
| | mM ₀ A M ₀ Am | mM ₀ B M ₀ Bm | mM ₀ C | mM ₀ Am | mM ₀ Bm | |
| 52 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | |
| 4 | 1,9 | 2,8 | 3,3 | 0,7 | 1,6 | |
| 6 | 2,2 | 3,1 | 3,9 | 0,3 | 1,2 | |
| 8 | 2,9 | 3,7 | 4,7 | 0,7 | 1,5 | |
| 10 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 1,0 | 1,8 | |
| 12 | 4,1 | 4,9 | 6,0 | 1,3 | 2,1 | |
| 14 | 4,6 | 5,4 | 6,7 | 1,5 | 2,3 | |
| 16 | 5,1 | 6,0 | 7,3 | 1,9 | 2,8 | |
| 18 | 5,7 | 6,5 | 7,8 | 2,4 | 3,2 | |
| 20 | 6,2 | 7,1 | 8,3 | 2,8 | 3,7 | |
| 22 | 6,6 | 7,6 | 8,8 | 3,0 | 4,0 | |
| 24 | 7,2 | 8,2 | 9,4 | 3,6 | 4,6 | |
| 26 | 7,9 | 8,7 | 10,1 | 4,3 | 5,1 | |
| 28 | 8,6 | 9,3 | 10,9 | 5,1 | 5,8 | |
| 30 | 9,2 | 9,8 | 11,6 | 5,7 | 6,3 | |
| 35 | 11,0 | 11,2 | 13,5 | 7,7 | 7,9 | |
| 40 | 12,8 | 12,6 | 15,5 | 9,8 | 9,6 | |
| 45 | 14,6 | 14,0 | 17,3 | 11,8 | 11,2 | |
| 50 | 16,4 | 15,4 | 19,2 | 13,8 | 12,8 | |
| 55 | 18,1 | 16,8 | 21,1 | 15,7 | 14,4 | |
| 60 | 19,9 | 18,2 | 23,0 | 17,7 | 16,0 | |
| 65 | 21,5 | 19,5 | 24,8 | 19,4 | 17,4 | |
| 70 | 23,3 | 20,9 | 26,7 | 21,4 | 19,0 | |
| 75 | 25,0 | 22,3 | 28,6 | 23,3 | 20,6 | |
| 80 | 26,8 | 23,7 | 30,5 | 25,3 | 22,2 | |
| h cm | | 0,28 | | | | |

TIPO II




mMcaso

Micasom




TIPO III

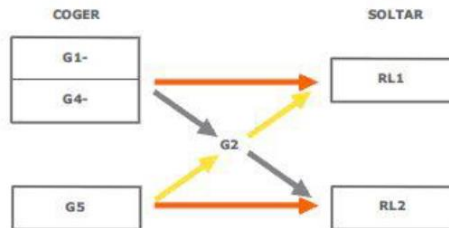


mMicasom

Fuente: (Denis de Almeida, 2009)

Anexo 7: Movimiento soltar

| | | | |
|---|--|-----|-----|
|  | Soltar separando los dedos como movimiento independiente | RL1 | 2,0 |
|  | Soltar el contacto | RL2 | 0,0 |



Fuente: (Denis de Almeida, 2009)

Anexo 8: Diferencia de eficiencias Step 1 en la familia Fuji en la línea 1

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores | Total-Tiempo de detención |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| 0.07172481 | 0.05250909 | 0.05861353 | 0.05397903 | 0.0468781 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Diferencia de eficiencias Step 2 en la familia Fuji en la línea 1

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 0.07171515 | 0.06828808 | 0.05860802 | 0.05250015 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Diferencia de eficiencias Step 1 en la familia Pera en la línea 2

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores | Total-Tiempo de detención |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| 0.19083289 | 0.14699959 | 0.2364911 | 0.14294569 | 0.1951538 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Diferencia de eficiencias Step 2 en la familia Pera en la línea 2

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 0.19083277 | 0.19515368 | 0.23649097 | 0.14699949 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Diferencia de eficiencias Step 1 en la familia Gala en la línea 2

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores | Total-Tiempo de detención |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| 0.02023696 | 0.00859122 | 0.09982696 | 0.00161934 | 0.00259411 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Diferencia de eficiencias Step 2 en la familia Gala en la línea 2

| Total-Dotación del personal | Total-Tiempo efectivo | Total-Kilos ingresados | Total-Productores |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 0.02032455 | 0.01068225 | 0.11984296 | 0.00697194 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Resultados del modelo para la familia Fuji de la línea 1

| DMU | F.O. | Holgura Entrada 1 | Holgura Entrada 2 | Holgura Entrada 3 | Holgura Salida 1 | Holgura Salida 2 |
|----------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Fubrax | 1 | 0,01 | 0 | 0 | 0,59 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1 | 0 | 0 | 0 | 1806689,69 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1 | 0 | 0 | 0 | 29526805,8 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1,0517 | 0,01 | 0 | 0 | 2,29 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1 | 0,01 | 0 | 0 | 401050,9 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1,2822 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Fubrax | 1,1274 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1,0976 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1,101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuji Raku Raku | 1,2595 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Resultados del modelo para la familia Gala de la línea 1

| DMU | F.O. | Holgura Entrada 1 | Holgura Entrada 2 | Holgura Entrada 3 | Holgura Salida 1 | Holgura Salida 2 |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Brookfield | 1 | 0.01 | 0 | 0 | 15387.75 | 0 |
| Brookfield | 1.1638 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.1152 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.2614 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.4812 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.6434 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.2053 | 0 | 0 | 0 | 1.95 | 0 |
| Brookfield | 1 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brookfield | 1.0411 | 0 | 0 | 0 | 2.71 | 0 |
| Brookfield | 1 | 0.01 | 0.01 | 0 | 1729243599 | 0 |
| Gala Premium | 1.2906 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gala Premium | 1 | 0.01 | 0 | 0 | 114136.7 | 0 |
| Galaxy | 1.1557 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.1787 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.2969 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0 | 0.01 | 0 | 4.14 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0 | 0 | 0 | 3265203.16 | 0 |
| Galaxy | 1.0449 | 0.01 | 0 | 0 | 1.5 | 0 |
| Galaxy | 1.0097 | 0 | 0 | 0 | 2.32 | 0 |
| Galaxy | 1.4978 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.1905 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.067 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.1908 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.0524 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1.108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.55 | 0 |
| Imperial Gala | 1 | 0.01 | 0 | 0 | 35639646.6 | 0 |
| Imperial Gala | 1 | 0 | 0 | 0 | 3002665.31 | 0.01 |
| Imperial Gala | 1.3282 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Imperial Gala | 1 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0 |
| Imperial Gala | 1 | 0 | 0.01 | 0 | 8.81 | 0 |
| Pacific Gala | 1.1549 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0.02 | 0 | 0 | 76878756.5 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0 | 0 | 0 | 7.7 | 0 |
| Royal Gala | 1.1107 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1.0612 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1.1545 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0 | 0.02 | 0 | 0.01 | 0.01 |
| Royal Gala | 1.2377 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1.3757 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1.0707 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1.1181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0.01 | 0 | 0 | 2.48 | 0 |
| Royal Gala | 1.1762 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1 | 0 | 0 | 0 | 97474033.7 | 0 |
| Royal Gala | 1.1497 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ultra Royal Gala | 1.0861 | 0 | 0 | 0 | 1.92 | 0 |
| Ultra Royal Gala | 1.2197 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Resultados del modelo para la familia de Pera de la línea 2

| DMU | F.O. | Holgura Entrada 1 | Holgura Entrada 2 | Holgura Entrada 3 | Holgura Salida 1 | Holgura Salida 2 |
|---------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | -2,1316E-14 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | -4,9738E-14 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,35055629 | 0 | 67,1615636 | 0 | 0 | 0,157165 |
| Beurre Bosc | 1,32293319 | 0 | 0 | 0,04170766 | 0 | 0,08760314 |
| Beurre Bosc | 1,3299139 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,12675098 |
| Beurre Bosc | 1,32149476 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03351142 |
| Beurre Bosc | 1,46262277 | 0 | 5 | 0,60110122 | 0 | 0,06138152 |
| Beurre Bosc | 1,26248569 | 0 | 5 | 1,03600667 | 0 | 0,01382293 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,3759715 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,11132669 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,360775 | 0 | 4,2944339 | 0 | 0 | 0,10751462 |
| Beurre Bosc | 1,30531182 | 0 | 3,77543959 | 0 | 0 | 0,00067693 |
| Beurre Bosc | 1,17446865 | 0 | 2,39992726 | 0 | 0 | 0,04326036 |
| Beurre Bosc | 1,28734493 | 0 | 1,70793485 | 0 | 0 | 0,06689342 |
| Beurre Bosc | 1,04012699 | 4,96214484 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,10455743 | 0 | 3,35820366 | 0 | 0 | 0,01149347 |
| Beurre Bosc | 1,35140936 | 1,41481829 | 0 | 2,34356236 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,31511019 | 0 | 1,73913044 | 1,91304348 | 0 | 0,10372177 |
| Beurre Bosc | 1,10912826 | 0 | 2,97909817 | 3,14825781 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,09289057 | 0 | 1,42229303 | 2,76134877 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beurre Bosc | 1,37953642 | 0 | 0,2173913 | 2,73913044 | 0 | 0,04842373 |
| Beurre Bosc | 1,18992178 | 0 | 1,73913044 | 0,91304348 | 0 | 0,0267987 |
| Beurre Bosc | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Packham's | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Packham's | 1,45126865 | 0 | 2,03128389 | 2,56245933 | 0 | 0,1159847 |
| Packham's | 1,35763578 | 0 | 0,06359987 | 4,92368015 | 0 | 0,1141919 |
| Packham's | 1,22797556 | 0 | 0 | 0,27115113 | 0 | 0 |
| Packham's | 1,17279628 | 6,58675422 | 0 | 2,9122807 | 0 | 0,02744347 |
| Red Sensation | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Red Sensation | 1,05949948 | 1,23675832 | 0 | 5,21052632 | 0 | 0,07069857 |
| Red Sensation | 1,17078116 | 9,65574614 | 0 | 0,29824561 | 0 | 0,12684317 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Resultados del modelo para la familia de Gala de la línea 2

| DMU | F.O. | Holgura Entrada 1 | Holgura Entrada 2 | Holgura Entrada 3 | Holgura Salida 1 | Holgura Salida 2 |
|------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Gala Premium | 1 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| Gala Premium | 1,161 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gala Premium | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gala Premium | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,48 | 0 |
| Gala Premium | 1 | 0,02 | 0 | 0 | 4,84 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0 | 0 | 0 | 862616,62 | 0 |
| Galaxy | 1,1096 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1,0123 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0 | 0,01 | 0 | 11553687,5 | 0 |
| Galaxy | 1 | 0,02 | 0 | 0 | 11,58 | 0 |
| Imperial Gala | 1,2014 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pacific Gala | 1 | 0 | 0 | 0 | 1810758,74 | 0 |
| Royal Gala | 1,189 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1,3674 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1,2401 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1,3485 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Royal Gala | 1,1888 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ultra Royal Gala | 1,1 | 0 | 0 | 0 | 1,55 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Resultados de las metas de la variedad de Fuji en la línea 1

| DMU | Meta Dotación de persona | Meta Minutos efectivos trabajado | Meta Kg Ingresado | % Exportacion | Meta Cajas |
|-----|--------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| 1 | - | - | - | 74% | - |
| 2 | - | - | - | 73% | - |
| 3 | - | - | - | 79% | - |
| 4 | - | - | - | 72% | - |
| 5 | 85 | 575 | 107,866 | 77% | 4,002 |
| 6 | - | - | - | 77% | - |
| 7 | 85 | 550 | 103,774 | 68% | 4,033 |
| 8 | 86 | 555 | 108,237 | 70% | 4,216 |
| 9 | - | - | - | 73% | - |
| 10 | 89 | 575 | 106,560 | 75% | 4,203 |
| 11 | - | - | - | 74% | - |
| 12 | - | - | - | 74% | - |
| 13 | 88 | 575 | 112,339 | 73% | 4,338 |
| 14 | 88 | 545 | 96,807 | 61% | 3,802 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Resultados de las metas de la variedad de Gala en la línea 1

| DMU | Meta Dotación de persona | Meta Minutos efectivos trabajado | Meta Kg Ingresado | % Exportacion | Meta Cajas |
|-----|--------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| 1 | - | - | - | 65% | - |
| 2 | 68 | 500 | 77,620 | 78% | 3,352 |
| 3 | 68 | 520 | 77,620 | 62% | 3,401 |
| 4 | 67 | 155 | 27,395 | 56% | 1,126 |
| 5 | 86 | 330 | 58,976 | 60% | 2,768 |
| 6 | 87 | 350 | 69,249 | 53% | 3,095 |
| 7 | 85 | 160 | 20,166 | 75% | 958 |
| 8 | - | - | - | 73% | - |
| 9 | 88 | 570 | 106,537 | 81% | 3,942 |
| 10 | - | - | - | 63% | - |
| 11 | 87 | 215 | 34,445 | 69% | 1,722 |
| 12 | - | - | - | 69% | - |
| 13 | 87 | 470 | 82,408 | 75% | 3,796 |
| 14 | 86 | 525 | 91,062 | 72% | 4,102 |
| 15 | 86 | 385 | 69,237 | 74% | 3,220 |
| 16 | - | - | - | 73% | - |
| 17 | - | - | - | 81% | - |
| 18 | 84 | 600 | 105,361 | 77% | 4,361 |
| 19 | 85 | 585 | 106,866 | 77% | 4,300 |
| 20 | 86 | 235 | 38,758 | 61% | 1,905 |
| 21 | 86 | 580 | 100,093 | 75% | 4,354 |
| 22 | 85 | 380 | 74,129 | 65% | 3,316 |
| 23 | 85 | 505 | 83,913 | 78% | 3,850 |
| 24 | 84 | 575 | 102,727 | 73% | 4,394 |
| 25 | 85 | 280 | 53,433 | 68% | 2,460 |
| 26 | - | - | - | 79% | - |
| 27 | - | - | - | 77% | - |
| 28 | - | - | - | 75% | - |
| 29 | 87 | 230 | 38,260 | 69% | 1,883 |
| 30 | - | - | - | 52% | - |
| 31 | - | - | - | 67% | - |
| 32 | 87 | 300 | 52,602 | 68% | 2,506 |
| 33 | - | - | - | 83% | - |
| 34 | - | - | - | 83% | - |
| 35 | 83 | 515 | 85,440 | 78% | 3,895 |
| 36 | 86 | 525 | 89,255 | 76% | 4,052 |
| 37 | 85 | 520 | 82,770 | 76% | 3,801 |
| 38 | - | - | - | 44% | - |
| 39 | 84 | 525 | 86,966 | 74% | 3,954 |
| 40 | - | - | - | 68% | - |
| 41 | 87 | 110 | 11,824 | 64% | 597 |
| 42 | 84 | 610 | 82,389 | 56% | 3,779 |
| 43 | 87 | 495 | 96,883 | 65% | 4,197 |
| 44 | - | - | - | 80% | - |
| 45 | 86 | 400 | 75,142 | 65% | 3,440 |
| 46 | - | - | - | 83% | - |
| 47 | 88 | 95 | 17,164 | 69% | 815 |
| 48 | 58 | 505 | 51,322 | 78% | 2,257 |
| 49 | 85 | 460 | 86,795 | 73% | 3,890 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Resultados de las metas de la variedad de Pera en la línea 2

| DMU | Meta Dotación de persona | Meta Minutos efectivos trabajado | Meta Kg Ingresado | % Exportacion | Meta Cajas |
|-----|--------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| 1 | - | - | - | 90% | - |
| 2 | - | - | - | 87% | - |
| 3 | 49 | 403 | 27,478 | 65% | 1,505 |
| 4 | 54 | 510 | 34,556 | 70% | 1,945 |
| 5 | 53 | 505 | 30,809 | 70% | 1,766 |
| 6 | 54 | 550 | 43,299 | 71% | 2,319 |
| 7 | 54 | 555 | 35,388 | 76% | 1,985 |
| 8 | 55 | 555 | 37,886 | 78% | 2,102 |
| 9 | - | - | - | 74% | - |
| 10 | 53 | 345 | 20,401 | 67% | 1,270 |
| 11 | - | - | - | 96% | - |
| 12 | 53 | 556 | 38,720 | 70% | 2,107 |
| 13 | 53 | 556 | 42,467 | 77% | 2,257 |
| 14 | 50 | 558 | 39,136 | 82% | 2,033 |
| 15 | 50 | 558 | 44,132 | 75% | 2,234 |
| 16 | 47 | 505 | 43,299 | 85% | 1,962 |
| 17 | - | - | - | 89% | - |
| 18 | 51 | 557 | 36,638 | 85% | 1,963 |
| 19 | 51 | 470 | 41,215 | 79% | 2,011 |
| 20 | 53 | 558 | 48,710 | 66% | 2,450 |
| 21 | 54 | 557 | 38,716 | 85% | 2,042 |
| 22 | 53 | 559 | 40,382 | 87% | 2,044 |
| 23 | - | - | - | 74% | - |
| 24 | 52 | 560 | 51,623 | 73% | 2,512 |
| 25 | 52 | 558 | 48,711 | 74% | 2,450 |
| 26 | - | - | - | 78% | - |
| 27 | - | - | - | 67% | - |
| 28 | 54 | 558 | 48,150 | 64% | 2,438 |
| 29 | 54 | 560 | 51,916 | 66% | 2,519 |
| 30 | 51 | 555 | 48,152 | 77% | 2,412 |
| 31 | 45 | 555 | 51,499 | 75% | 2,497 |
| 32 | - | - | - | 75% | - |
| 33 | 54 | 515 | 58,947 | 70% | 2,330 |
| 34 | 40 | 520 | 56,847 | 64% | 2,346 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Resultados de las metas de la variedad de Gala en la línea 2

| DMU | Meta Dotación de persona | Meta Minutos efectivos trabajado | Meta Kg Ingresado | % Exportacion | Meta Cajas |
|-----|--------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|------------|
| 1 | - | - | - | 81% | - |
| 2 | 51 | 555 | 57,914 | 78% | 2,718 |
| 3 | - | - | - | 57% | - |
| 4 | - | - | - | 78% | - |
| 5 | - | - | - | 75% | - |
| 6 | - | - | - | 81% | - |
| 7 | 51 | 555 | 46,660 | 73% | 2,362 |
| 8 | 51 | 390 | 34,619 | 70% | 1,718 |
| 9 | - | - | - | 83% | - |
| 10 | - | - | - | 80% | - |
| 11 | 57 | 450 | 45,147 | 74% | 2,205 |
| 12 | - | - | - | 85% | - |
| 13 | 51 | 245 | 12,969 | 74% | 621 |
| 14 | 54 | 255 | 19,072 | 80% | 935 |
| 15 | 90 | 505 | 34,329 | 78% | 1,725 |
| 16 | 52 | 560 | 44,627 | 72% | 2,257 |
| 17 | 50 | 395 | 35,473 | 73% | 1,676 |
| 18 | 53 | 520 | 60,002 | 81% | 2,714 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22: Evaluación del personal de la línea 1 en el sector de Traypack

| N° | Nombre | Apellido | Ev 1 | Ev 2 | Ev 3 | Promedio | T1 3min | T1/hora | T2 3min | T2/hora | T3 1min | T3/hora | Promedio |
|----|--------------------------|---------------------|------|------|------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | Cristina Soledad | Carreño Vilo | 1,26 | 1,27 | 1,26 | 1,26333333 | 52 | 1.040 | 11 | 220 | 14 | 840 | 700 |
| 2 | Raquel Mercedes | Verdugo Gonzalez | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 33 | 660 | 57 | 1.140 | 29 | 1.740 | 1.180 |
| 3 | Maria Isabel | Ibaceta Castro | 1,28 | 1,3 | 1,28 | 1,28666667 | 79 | 1.580 | 78 | 1.560 | 28 | 1.680 | 1.607 |
| 4 | Cecilia Alejandra | Venegas Oyarzun | 1,25 | 1,25 | 1,26 | 1,25333333 | 71 | 1.420 | 64 | 1.280 | 21 | 1.260 | 1.320 |
| 5 | Marisol de las Mercedes | Espinoza Velasquez | 1,25 | 1,26 | 1,26 | 1,25666667 | 40 | 800 | 50 | 1.000 | 25 | 1.500 | 1.100 |
| 6 | Monica Janett | Muñoz Moris | 1,28 | 1,23 | 1,26 | 1,25666667 | 65 | 1.300 | 81 | 1.620 | 40 | 2.400 | 1.773 |
| 7 | Clara de las Mercedes | Silva Ayala | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 120 | 2.400 | 81 | 1.620 | 40 | 2.400 | 2.140 |
| 8 | Maria Jose | Arevalo Rojas | 1,3 | 1,28 | 1,28 | 1,28666667 | 55 | 1.100 | 92 | 1.840 | 53 | 3.180 | 2.040 |
| 9 | Lorena Andrea | Silvestre Garces | 1,27 | 1,25 | 1,26 | 1,26 | 36 | 720 | 75 | 1.500 | 29 | 1.740 | 1.320 |
| 10 | Maria Soledad | Marin Valenzuela | 1,24 | 1,26 | 1,28 | 1,26 | 83 | 1.660 | 58 | 1.160 | 25 | 1.500 | 1.440 |
| 11 | Luisa Margarita | Paz Venegas | 1,3 | 1,28 | 1,28 | 1,28666667 | 102 | 2.040 | 42 | 840 | 19 | 1.140 | 1.340 |
| 12 | Macarena de las Mercedes | Valenzuela Martinez | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,24666667 | 69 | 1.380 | 119 | 2.380 | 22 | 1.320 | 1.693 |
| 13 | Fatima del Rosario | Darat Ramirez | 1,23 | 1,32 | 1,3 | 1,28333333 | 66 | 1.320 | 54 | 1.080 | 34 | 2.040 | 1.480 |
| 14 | Hortencia del Carmen | Bustamante Gonzalez | 1,27 | 1,24 | 1,26 | 1,25666667 | 94 | 1.880 | 62 | 1.240 | 20 | 1.200 | 1.440 |
| 15 | Maria Luz | Vilo Torres | 1,2 | 1,28 | 1,23 | 1,23666667 | 82 | 1.640 | 65 | 1.300 | 21 | 1.260 | 1.400 |
| 16 | Patricia Margot | Ravest Cordero | 1,32 | 1,3 | 1,3 | 1,30666667 | 96 | 1.920 | 62 | 1.240 | 17 | 1.020 | 1.393 |
| 17 | Rosa Maria | Bustamante Cabezas | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,27333333 | 101 | 2.020 | 63 | 1.260 | 15 | 900 | 1.393 |
| 18 | Aida Isabel | Alarcon Rosales | 1,32 | 1,25 | 1,28 | 1,28333333 | 83 | 1.660 | 70 | 1.400 | 31 | 1.860 | 1.640 |
| 19 | Lorena del Carmen | Tapia Galvez | 1,26 | 1,3 | 1,28 | 1,28 | 85 | 1.700 | 96 | 1.920 | 25 | 1.500 | 1.707 |
| 20 | Maria Angelica | Diaz Moraga | 1,28 | 1,32 | 1,28 | 1,29333333 | 73 | 1.460 | 58 | 1.160 | 17 | 1.020 | 1.213 |
| 21 | Katalina Andrea | Muñoz Muñoz | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 45 | 900 | 94 | 1.880 | 19 | 1.140 | 1.307 |
| 22 | Maria Verónica | Murillo Montecinos | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 90 | 1.800 | 58 | 1.160 | 78 | 4.680 | 2.547 |
| 23 | Aufana | Paul Pierre Louis | 1,28 | 1,27 | 1,28 | 1,27666667 | 35 | 700 | 47 | 940 | 18 | 1.080 | 907 |
| 24 | Nadege | Roy Charles | 1,27 | 1,28 | 1,28 | 1,27666667 | 105 | 2.100 | 54 | 1.080 | 35 | 2.100 | 1.760 |
| 25 | Viviana Carolina | Ramirez Piña | 1,26 | 1,3 | 1,3 | 1,28666667 | 56 | 1.120 | 76 | 1.520 | 66 | 3.960 | 2.200 |
| 27 | Gloria Elena | Sanhueza Ahumada | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,27333333 | 116 | 2.320 | 31 | 620 | 19 | 1.140 | 1.360 |
| 28 | Glenda Luisa | Rojas Mardones | 1,26 | 1,32 | 1,28 | 1,28666667 | 32 | 640 | 103 | 2.060 | 21 | 1.260 | 1.320 |
| 29 | Marie Michelle | Belony | 1,25 | 1,28 | 1,23 | 1,25333333 | 60 | 1.200 | 45 | 900 | 21 | 1.260 | 1.120 |
| 30 | Eliana del Carmen | Farias Moris | 1,3 | 1,25 | 1,28 | 1,27666667 | 67 | 1.340 | 55 | 1.100 | 24 | 1.440 | 1.293 |
| 31 | Leontina del Carmen | Castro Cortes | 1,26 | 1,28 | 1,26 | 1,26666667 | 46 | 920 | 35 | 700 | 53 | 3.180 | 1.600 |
| 32 | Claudine | Estegene | 1,23 | 1,28 | 1,23 | 1,24666667 | 70 | 1.400 | 35 | 700 | 19 | 1.140 | 1.080 |
| 33 | Camila Alejandra | Novoa Alegria | 1,28 | 1,26 | 1,28 | 1,27333333 | 95 | 1.900 | 42 | 840 | 29 | 1.740 | 1.493 |
| 34 | Barbara Yexsenia | Aguilar Estay | 1,3 | 1,24 | 1,26 | 1,26666667 | 84 | 1.680 | 32 | 640 | 17 | 1.020 | 1.113 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Evaluación del personal de la línea 1 en el sector de las tómbolas

| N° | Nombre | Apellido | Ev 1 | Ev 2 | Ev 3 | Promedio | T1 3min | T1/hora | T2 3min | T2/hora | T3 1min | T3/hora | Promedio |
|----|---------------------|----------------------|------|------|------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | Maria Isabel | Marchant Valenzuela | 1,23 | 1,23 | 1,3 | 1,253333333 | 72 | 1.440 | 72 | 1.440 | 35 | 2.100 | 1.660 |
| 2 | Emilia | Louisiac | 1,28 | 1,23 | 1,25 | 1,253333333 | 62 | 1.240 | 65 | 1.300 | 39 | 2.340 | 1.627 |
| 3 | Natalia Paz | Ñanculeo Espinoza | 1,28 | 1,26 | 1,26 | 1,266666667 | 37 | 740 | 61 | 1.220 | 35 | 2.100 | 1.353 |
| 4 | Veronica del Carmen | Lagos Vega | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 72 | 1.440 | 25 | 500 | 27 | 1.620 | 1.187 |
| 5 | Ana Maria | Urrea Tapia | 1,28 | 1,28 | 1,23 | 1,263333333 | 42 | 840 | 75 | 1.500 | 44 | 2.640 | 1.660 |
| 6 | Luisa Margarita | Muñoz Matuz | 1,26 | 1,32 | 1,23 | 1,27 | 64 | 1.280 | 116 | 2.320 | 36 | 2.160 | 1.920 |
| 7 | Joselyn Estefany | Alegria Leyton | 1,32 | 1,26 | 1,21 | 1,263333333 | 67 | 1.340 | 75 | 1.500 | 21 | 1.260 | 1.367 |
| 8 | Yulian Cristy | Jorquera Muñoz | 1,26 | 1,26 | 1,19 | 1,236666667 | 50 | 1.000 | 65 | 1.300 | 41 | 2.460 | 1.587 |
| 9 | Ana Ester | Bustamante Contreras | 1,26 | 1,3 | 1,28 | 1,28 | 57 | 1.140 | 105 | 2.100 | 50 | 3.000 | 2.080 |
| 10 | Katherine Marcela | Bazan Vargas | 1,23 | 1,21 | 1,3 | 1,246666667 | 108 | 2.160 | 101 | 2.020 | 35 | 2.100 | 2.093 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24: Evaluación del personal de la línea 1 en el sector de selección

| N° | Nombre | Apellido | Ev 1 | Ev 2 | Ev 3 | Promedio |
|----|-------------------------|--------------------|------|------|------|-------------|
| 1 | Victoria de Los Angeles | Roa Cordero | 1,28 | 1,3 | 1,28 | 1,286666667 |
| 2 | Maria Cristina | Figueroa Lopez | 1,3 | 1,3 | 1,28 | 1,293333333 |
| 3 | María Patricia | Riquelme Castro | 1,3 | 1,32 | 1,32 | 1,313333333 |
| 4 | Alejandrina del Carmen | Nuñez Verdugo | 1,32 | 1,3 | 1,28 | 1,3 |
| 5 | Alicia del Carmen | Nuñez Verdugo | 1,32 | 1,28 | 1,32 | 1,306666667 |
| 6 | Ingrid Fabiola | Azua Avila | 1,32 | 1,28 | 1,3 | 1,3 |
| 7 | Maria Lidia | Ganga Ponce | 1,3 | 1,32 | 1,32 | 1,313333333 |
| 8 | Carmen Gloria | Muñoz Mejias | 1,28 | 1,3 | 1,3 | 1,293333333 |
| 9 | Nora del Carmen | Muñoz Guzman | 1,3 | 1,3 | 1,28 | 1,293333333 |
| 10 | Jessica Andrea | Hernandez Martinez | 1,28 | 1,3 | 1,3 | 1,293333333 |
| 11 | Florinda Isabel | Chacon Navarro | 1,28 | 1,28 | 1,3 | 1,286666667 |
| 12 | Marie Flord Agres | Augustin de Cherry | 1,3 | 1,32 | 1,3 | 1,306666667 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Evaluación del personal de la línea 2 en el sector de las tómbolas

| N° | Nombre | Apellido | Ev 1 | Ev 2 | Ev 3 | Promedio |
|----|-------------------------|----------------------|------|------|------|----------|
| 1 | Andrea Leonor | Diaz Tilleria | 1,32 | 1,28 | 1,28 | 1,29333 |
| 2 | Marisol Alejandra | Bustamante Araya | 1,28 | 1,25 | 1,23 | 1,25333 |
| 3 | Rosa Ester | Cordero Cordero | 1,28 | 1,3 | 1,26 | 1,28 |
| 4 | Ana María | Moraga Hevia | 1,28 | 1,26 | 1,3 | 1,28 |
| 5 | Bernardita Ximena | Ortiz Perez | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,27333 |
| 6 | Maria del Carmen | Godoy Ramirez | 1,21 | 1,26 | 1,26 | 1,24333 |
| 7 | Mary Carmen | Soto Ramirez | 1,3 | 1,3 | 1,23 | 1,27667 |
| 8 | Carolina Andrea | Andrades Gonzalez | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,28 |
| 9 | Carolina Paz | Ascencio Ortiz | 1,32 | 1,26 | 1,26 | 1,28 |
| 10 | Maria Elena | Silvestre Garces | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 |
| 11 | Maria Teresa | Maldonado Espina | 1,23 | 1,3 | 1,25 | 1,26 |
| 12 | Floripa Maria | Alfaro Alfaro | 1,3 | 1,25 | 1,32 | 1,29 |
| 13 | Veronica de los Angeles | Maldonado Espina | 1,28 | 1,26 | 1,28 | 1,27333 |
| 14 | Aida del Carmen | Ayala Poblete | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,28 |
| 15 | Elena de las Mercedes | Cabello Espina | 1,3 | 1,28 | 1,26 | 1,28 |
| 16 | Maria Elena | Espinoza Campos | 1,28 | 1,25 | 1,3 | 1,27667 |
| 17 | Mariela Carolina | Orellana Diaz | 1,25 | 1,21 | 1,28 | 1,24667 |
| 18 | Tania Andrea | Santelices Manriquez | 1,32 | 1,21 | 1,28 | 1,27 |
| 19 | Araceli del Carmen | Lopez Garrido | 1,23 | 1,21 | 1,28 | 1,24 |
| 20 | Maria Fernanda | Olivos Martinez | 1,26 | 1,28 | 1,26 | 1,26667 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Evaluación del tiempo de la línea 2 en el sector de las tómbolas en variedad Pera

| N° | Nombre | Apellido | T1 Beurre Bosc | T2 Packham's | T3 Golden Bosc | Promedio | | | |
|----|-------------------------|----------------------|----------------|--------------|----------------|----------|-----|-----|---------|
| 1 | Andrea Leonor | Diaz Tilleria | 41 | 108 | 114 | 75 | 67 | 99 | 84 |
| 2 | Marisol Alejandra | Bustamante Araya | 63 | 106 | 122 | 92 | 45 | 106 | 89 |
| 3 | Rosa Ester | Cordero Cordero | 43 | 107 | 97 | 118 | 130 | 97 | 98,6667 |
| 4 | Ana María | Moraga Hevia | 73 | 52 | 47 | 139 | 55 | 83 | 74,8333 |
| 5 | Bernardita Ximena | Ortiz Perez | 77 | 105 | 115 | 154 | 136 | 95 | 113,667 |
| 6 | Maria del Carmen | Godoy Ramirez | 57 | 94 | 92 | 134 | 150 | 97 | 104 |
| 7 | Mary Carmen | Soto Ramirez | 63 | 121 | 80 | 82 | 68 | 84 | 83 |
| 8 | Carolina Andrea | Andrades Gonzalez | 60 | 115 | 158 | 90 | 117 | 83 | 103,833 |
| 9 | Carolina Paz | Ascencio Ortiz | 71 | 99 | 156 | 143 | 39 | 83 | 98,5 |
| 10 | Maria Elena | Silvestre Garces | 43 | 72 | 83 | 95 | 65 | 80 | 73 |
| 11 | Maria Teresa | Maldonado Espina | 70 | 98 | 136 | 106 | 92 | 78 | 96,6667 |
| 12 | Floripa Maria | Alfaro Alfaro | 50 | 90 | 91 | 129 | 55 | 104 | 86,5 |
| 13 | Veronica de los Angeles | Maldonado Espina | 39 | 74 | 92 | 100 | 55 | 82 | 73,6667 |
| 14 | Aida del Carmen | Ayala Poblete | 61 | 107 | 93 | 118 | 60 | 83 | 87 |
| 15 | Elena de las Mercedes | Cabello Espina | 50 | 96 | 76 | 86 | 84 | 91 | 80,5 |
| 16 | Maria Elena | Espinoza Campos | 49 | 15 | 126 | 68 | 44 | 116 | 69,6667 |
| 17 | Mariela Carolina | Orellana Diaz | 50 | 90 | 76 | 59 | 77 | 74 | 71 |
| 18 | Tania Andrea | Santelices Manriquez | 47 | 96 | 78 | 78 | 84 | 76 | 76,5 |
| 19 | Araceli del Carmen | Lopez Garrido | 70 | 91 | 92 | 92 | 78 | 76 | 83,1667 |
| 20 | Maria Fernanda | Olivos Martinez | 50 | 79 | 121 | 85 | 98 | 131 | 94 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Evaluación del tiempo de la línea 2 en el sector de las tómbolas en variedad Gala

| N° | Nombre | Apellido | T1 Royal Gala | T2 Red Sensation | T3 Royal Gala | Promedio | | | |
|----|-------------------------|----------------------|---------------|------------------|---------------|----------|-----|-----|-----|
| 1 | Andrea Leonor | Diaz Tilleria | 126 | 81 | 115 | 136 | 90 | 85 | 106 |
| 2 | Marisol Alejandra | Bustamante Araya | 108 | 123 | 111 | 74 | 152 | 140 | 118 |
| 3 | Rosa Ester | Cordero Cordero | 118 | 167 | 105 | 112 | 88 | 117 | 118 |
| 4 | Ana María | Moraga Hevia | 90 | 103 | 78 | 139 | 111 | 114 | 106 |
| 5 | Bernardita Ximena | Ortiz Perez | 122 | 147 | 167 | 152 | 90 | 107 | 131 |
| 6 | Maria del Carmen | Godoy Ramirez | 107 | 162 | 133 | 121 | 135 | 121 | 130 |
| 7 | Mary Carmen | Soto Ramirez | 94 | 122 | 107 | 110 | 95 | 122 | 108 |
| 8 | Carolina Andrea | Andrades Gonzalez | 99 | 131 | 150 | 136 | 96 | 94 | 118 |
| 9 | Carolina Paz | Ascencio Ortiz | 94 | 117 | 86 | 126 | 52 | 119 | 99 |
| 10 | Maria Elena | Silvestre Garces | 89 | 122 | 124 | 128 | 86 | 70 | 103 |
| 11 | Maria Teresa | Maldonado Espina | 127 | 137 | 94 | 151 | 137 | 118 | 127 |
| 12 | Floripa Maria | Alfaro Alfaro | 101 | 122 | 110 | 95 | 106 | 93 | 105 |
| 13 | Veronica de los Angeles | Maldonado Espina | 68 | 99 | 107 | 120 | 93 | 92 | 97 |
| 14 | Aida del Carmen | Ayala Poblete | 106 | 125 | 110 | 156 | 97 | 118 | 119 |
| 15 | Elena de las Mercedes | Cabello Espina | 110 | 102 | 118 | 117 | 86 | 90 | 104 |
| 16 | Maria Elena | Espinoza Campos | 78 | 138 | 82 | 75 | 117 | 121 | 102 |
| 17 | Mariela Carolina | Orellana Diaz | 74 | 122 | 73 | 70 | 84 | 60 | 81 |
| 18 | Tania Andrea | Santelices Manriquez | 94 | 109 | 140 | 94 | 98 | 101 | 106 |
| 19 | Araceli del Carmen | Lopez Garrido | 91 | 108 | 74 | 83 | 97 | 80 | 89 |
| 20 | Maria Fernanda | Olivos Martinez | 96 | 99 | 81 | 97 | 105 | 101 | 97 |


Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Evaluación del personal en la línea 2 en el sector de selección

| N° | Nombre | Apellido | Ev 1 | Ev 2 | Ev 3 | Promedio |
|----|-------------------------|--------------------|------|------|------|-------------|
| 1 | Edith Clementina | Apablaza Monges | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 2 | Iris del Carmen | Prado Lagos | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 3 | Mariana del Carmen | Donoso Cabello | 1,24 | 1,26 | 1,24 | 1,246666667 |
| 4 | Adriana Alicia | Guerrero Antiñir | 1,23 | 1,24 | 1,23 | 1,233333333 |
| 5 | Isabel del Carmen | San Martin Matínez | 1,28 | 1,26 | 1,24 | 1,26 |
| 6 | Rosa Estefanía | Quevedo Valdes | 1,21 | 1,24 | 1,26 | 1,236666667 |
| 7 | Jessica Janett | Matus Hernandez | 1,23 | 1,26 | 1,21 | 1,233333333 |
| 8 | Vilma del Carmen | Cotal Cotal | 1,24 | 1,24 | 1,21 | 1,23 |
| 9 | Maria Isabel | Martinez Mancilla | 1,21 | 1,24 | 1,21 | 1,22 |
| 10 | Marisol de las Mercedes | Cabrera Vergara | 1,21 | 1,26 | 1,21 | 1,226666667 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Manual de aplicación facilitado a la empresa



MANUAL PARA EL USO EFECTIVO DE PROTOTIPO ANEF Y EL USO DEL SOTWARE CPLEX

Mañorje Galindo Gómez
UNIVERSIDAD DE TALCA


Acceder a Excel

En primer lugar se debe de realizar una selección de las variables en la bitácora. Teniendo como filtro la variedad de la fruta, las familias y los turnos. De ese modo lograr identificar las tres variables de entrada y las dos de salida:


- a) Cantidad de personas (Entrada)
- b) Kilogramos ingresados (Entrada)
- c) Tiempo efectivo del turno (Entrada)
- d) Cantidad de Cajas producidas (Salida)
- e) Porcentaje de Exporaciones (Salidas modificable)

Todos estos datos sirven para la aplicación del modelo y de igual forma para obtener los metas de los datos.

Para acceder al software, se debe ingresar el usuario que es "Frutasol" y la contraseña que es "manzana".




De la siguiente forma se presenta el menú principal del sistema, en donde se logra acceder a diferentes lugares, tales como mostrar los resultados o ingresar los datos por excel.




Ingresar Datos

Dentro del prototipo existe la posibilidad de ingresar los datos uno por uno, para así ir ingresando diariamente los datos por sistema y no por planilla, si es que se siente más cómodo. De igual forma existen ambas posibilidades.

Como se muestra en la imagen, puede ingresar los datos de las cuatro familias establecidas para las dos líneas, diferenciando por ventana cual es de cada una. Para ingresar los datos, simplemente debe de hacer **click** Registrar





Del mismo modo, al ingresar el software ORL, se puede emplear como los otros del proyecto, es decir ingresar a la carpeta que se encuentra a un costado del programa y luego presionar en la carpeta en donde se **click** aplicando, de esta forma se puede hacer correr el modelo.

Fuente: Elaboración propia