UNIVERSIDAD DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA

EVALUACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE TRASLADO EN LA COSECHA DE UVA DE MESA

Nahoky Huemura-Merino

Piura, marzo de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

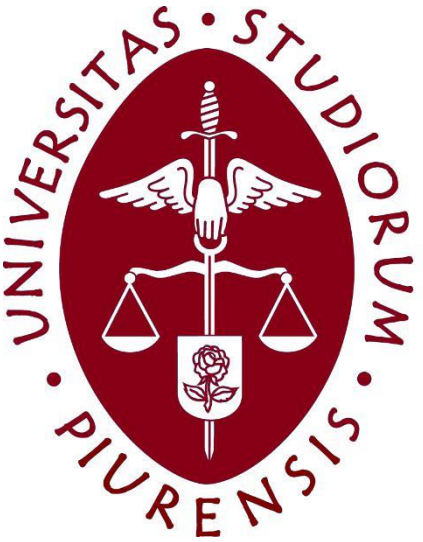
Huemura, N. (2018). *Evaluación de una propuesta de mejora para reducir el tiempo de traslado en la cosecha de uva de mesa* (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.

Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

U N I V E R S I D A D D E P I U R A

FACULTAD DE INGENIERÍA



“Evaluación de una propuesta de mejora para reducir el tiempo de traslado en la cosecha de uva de mesa”

Tesis para optar el Título de

Ingeniero Industrial y de Sistemas

Nahoky Rafael Huemura Merino

Asesor: Dr. Ing. Erick Alexander Miñan Ubillus

Co-asesor: Ing. Julio Gustavo Carrasco Fonseca

Piura, Marzo 2018

A Dios, por ser mi guía y darme la oportunidad de cumplir mis metas y objetivos.

A mi familia, en especial a mis padres Nahoky y Silvia, a mis hermanos Kenjirou y Naomi, a mis abuelos, a Silvana y a mis asesores. Gracias a todos por su apoyo y confianza.

"Todo sacrificio tiene su recompensa"

Prólogo

El objetivo general de la tesis es validar el impacto de la implementación de una propuesta de mejora para reducir el tiempo de traslado en la cosecha de la uva de mesa en la empresa Sociedad Agrícola Saturno S.A. Reducir estos tiempos, que van desde el campo hasta la planta de empaque, es importante porque la exposición prolongada de la fruta a las temperaturas altas repercute directamente en la calidad de la uva.

Al inicio del estudio, se utilizaban dos métodos para trasladar y cargar la fruta a los camiones: el método de traslado por jabas y el método de traslado por bloques. Ambos métodos tenían ineficiencias, por lo que la propuesta a evaluar es basada en el método por bloques, donde se asignan correctamente los recursos. El trabajo consistió, por tanto, en medir la efectividad y eficiencia, primero de los dos métodos iniciales por separado y luego del método propuesto.

Mediante herramientas estadísticas, como diagrama de cajas y contraste de hipótesis, se ha comprobado que el método propuesto es mejor en términos de tiempo y costo que los métodos iniciales. Se ha logrado mejorar los costos, teniendo igual eficiencia en la tasa de llenado de los camiones y la duración de los tiempos muertos.

La empresa seguirá utilizando el método propuesto en las siguientes campañas de producción de uva y a la vez seguirá analizando dicho método para buscar mejorar continuamente.

Resumen

El presente trabajo de investigación consiste en comparar los métodos utilizados para el traslado de la uva desde el campo hasta la planta de empaque en la empresa Sociedad Agrícola Saturno S.A.: el método por jabas y el método por bloques. Además, propone un nuevo método y lo evalúa para validar que es mejor en relación con los métodos anteriores.

El análisis se enfocó en la tasa de llenado del camión, tiempo muerto de la fruta, tasa de aparición de tiempos muertos, costo de implementación diario y costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra. Para realizar este análisis, se tomaron datos de ambos métodos iniciales en una primera campaña de la fruta y del método propuesto en una segunda campaña.

La comparación de los dos métodos iniciales permitió concluir que el método por bloques es mejor que el método por jabas en todas las variables, a excepción del costo de implementación diario. Por ello, se planteó un método propuesto, que se basa el método por bloques, mejorando la asignación de recursos. Finalmente, se validó el impacto positivo de dicha propuesta y se demostró que es mejor respecto a todas las variables que los dos métodos iniciales.

Índice general

Prólogo vii
Resumen ix
Índice general xi
Índice de tablas xv
Índice de figuras xvii
Introducción 1
Capítulo 1 Identificación del problema 3
Capítulo 2 Objetivos 5
2.1 Objetivo general 5
2.2 Objetivos específicos 5
Capítulo 3 Marco teórico 7
3.1 Diagrama de flujo 7
3.2 Gráficos descriptivos 8
3.2.1 Histograma 9
3.2.2 Diagrama de cajas 9
3.3 Inferencia 10
3.3.1 Intervalos de confianza 10
3.3.2 Contraste de hipótesis 11
3.3.3 Comparación de 2 poblaciones 12
3.4 Comparación de varianzas 14
3.5 Regresión lineal múltiple 15
3.5.1 Modelo de regresión lineal múltiple 15
3.5.2 Contraste de significancia individual 15
3.5.3 Test de significancia 16
3.5.4 Diagnosis del modelo 17
3.5.5 Regresión con variables binarias 17
Capítulo 4 Marco contextual 19
4.1 El sector agrícola en Perú 19
4.2 Exportación de uva de mesa en Perú 21
4.3 Producción de uva de mesa en Piura 25
4.3.1 Cadena productiva de la uva de mesa 25
4.3.2 Principales labores culturales de la uva 25
4.3.3 Parámetros de calidad de la cosecha de uva 28
4.4 Descripción de la empresa: Sociedad Agrícola Saturno S.A. 30

4.4.1 Datos generales de la empresa 30
4.4.2 Producción histórica 32
Capítulo 5 Situación inicial 35
5.1 Cosecha 35
5.2 Traslado de campo a planta de empaque 38
5.2.1 Traslado por jabas 40
5.2.2 Traslado por bloques 43
Capítulo 6 Evaluación de la situación actual del traslado 47
6.1 Selección de variables 47
6.2 Variables relacionadas con el tiempo 50
6.2.1 Toma de datos 50
6.2.2 Comparación de ambos métodos 56
6.3 Variables de costo 65
6.3.1 Toma de datos 65
6.3.2 Comparación de ambos métodos 65
6.4 Conclusiones de la evaluación 66
Capítulo 7 Propuesta de mejora 69
Capítulo 8 Validación de la propuesta de mejora 71
8.1 Variables relacionadas con el tiempo 71
8.1.1 Toma de datos 71
8.1.2 Comparación de ambos métodos 75
8.2 Variables de costos 86
8.2.1 Toma de datos 86
8.2.2 Comparación de ambos métodos 86
8.3 Conclusiones de la evaluación 87
Capítulo 9 Conclusión y recomendaciones 89
9.1 Conclusiones 89
9.2 Recomendaciones 90
Bibliografía 91
Anexos 97
Anexo 1 - Datos tomados del método 1 (por jabas) 98
Tasa de llenado 98
Tiempo muerto 99
Tasa de aparición de tiempos muertos 101
Anexo 2 – Datos tomados del método 2 (por bloques) 102

Tasa de llenado 102
Tiempo muerto 103
Tasa de aparición de tiempos muertos 104
Anexo 3 – Datos tomados del método propuesto 105
Tasa de llenado 105
Tiempo muerto 108
Tasa de aparición de tiempos muertos 108

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de error 12

Tabla 2. Pasos de un contraste de hipótesis para comparación de dos poblaciones – parte 1 12

Tabla 3. Pasos de un contraste de hipótesis para comparación de dos poblaciones – parte 2 13

Tabla 4. Estacionalidad de las exportaciones de las principales variedades 22

Tabla 5. Comparativo de exportación en kilos de uva de mesa campaña 2015/2016 – 2016/2017 23

Tabla 6. Grados Brix necesarios para liberación a Cosecha 29

Tabla 7. Función principal de las áreas relacionadas al cultivo vid 31

Tabla 8. Variables de medición 47

Tabla 9. Información de la evaluación del método 1 50

Tabla 10. Información de la evaluación del método 2 51

Tabla 11. Medidas descriptivas – Tasa llenado M1 VS M2 57

Tabla 12. Medidas descriptivas – Tiempo muerto M1 vs M2 60

Tabla 13. Medidas descriptivas – Tasa de aparición de TM M1 vs M2 63

Tabla 14. Costo de implementación diario – M1 vs M2 65

Tabla 15. Costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra – M1 vs M2 66

Tabla 16. Resumen – Mejor método para cada variable 66

Tabla 17. Información de la evaluación del método propuesto 72

Tabla 18. Medidas descriptivas – Tasa llenado M2 VS MP 76

Tabla 19. Medidas descriptivas – Tiempo muerto M2 vs MP 81

Tabla 20. Medidas descriptivas – Tasa de aparición de TM M2 vs MP 84

Tabla 21. Costo de implementación diario – M2 vs MP 86

Tabla 22. Costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra – M2 vs MP 87

Tabla 23. Resumen – Mejor método para cada variable 88

Índice de figuras

Figura 1. Bloques de jaba. 4
Figura 2. Simbología para la realización de diagramas de flujo 7
Figura 3. Ejemplo de diagrama de flujo 8
Figura 4. Tipos de histograma 9
Figura 5. Diagrama de caja 10
Figura 6. Distribución normal estándar 11
Figura 7. Distribución F de Fisher 14
Figura 8. Superficie cosechada de fruta y nueces por producto 2016 19
Figura 9. Tasa de crecimiento del rendimiento agrícola por producto 2012-2016 20
Figura 10. Exportación de uva de mesa por región (%) 22
Figura 11. Comparativo de exportación de uva de mesa campaña 15/16 – 16/017 23
Figura 12. Variación de cajas de 8.2 kg por exportadores en % 24
Figura 13. Exportación de uva de mesa en cajas de 8.2 kg por variedad 24
Figura 14. Flujo del transporte para exportación 25
Figura 15. Flujo grama productivo de la uva 26
Figura 16. Poda 27
Figura 17. Carta de color para variedad blanca 29
Figura 18. Carta de color para variedad roja 29
Figura 19. Uva de mesa en Sociedad Agrícola Saturno S.A. 30
Figura 20. Organigrama enfocado en el manejo del cultivo vid 31
Figura 21. Distribución del área según la ubicación geográfica (%) 32
Figura 22. Distribución del área según la variedad 32
Figura 23. Histórico de producción anual en contenedores y cajas por hectárea 33
Figura 24. Mesa cosechera 36
Figura 25. Distribución de trabajadores dentro del parrón 36

Figura 26. Trabajador en corte de fruta 36

Figura 27. Selección y limpieza de fruta 37

Figura 28. Jaba con fruta exportable 37

Figura 29. Portabin autorecargable 38

Figura 30. Diagrama de flujo de la cosecha 39

Figura 31. Centro de acopio 40

Figura 32. Camión cargado de fruta 40

Figura 33. Tractor con carretas cargando fruta dentro del parrón 41

Figura 34. Carreta cubierta con malla Rachel. 41

Figura 35. Parihuelas sobre la tolva del camión 41

Figura 36. Estibando jabas sobre las parihuelas del camión 42

Figura 37. Camión cargado y asegurado 42

Figura 38. Diagrama de flujo del traslado por jabas 43

Figura 39. Tractor con portabin 44

Figura 40. Montacargas en el tinglado 44

Figura 41. Llenado del camión 45

Figura 42. Camión cargado y asegurado 45

Figura 43. Diagrama de flujo del método de cosecha mecánica 46

Figura 44. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tasa de llenado 52

Figura 45. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tiempo muerto 53

Figura 46. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tasa de aparición de tiempos muertos 54

Figura 47. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tasa de llenado 55

Figura 48. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tiempo muerto 55

Figura 49. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tasa de aparición de tiempos muertos 56

Figura 50. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tasa de llenado 57

Figura 51. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tasa de llenado 58

Figura 52. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tasa de llenado 59

Figura 53. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tiempo muerto..... 60

Figura 54. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tiempo muerto 61

Figura 55. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tiempo muerto..... 62

Figura 56. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos..... 62

Figura 57. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos 64

Figura 58. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos 64

Figura 59. Descarga de jabas para armar bloques en el centro de acopio 70

Figura 60. Resumen gráfico – Método propuesto – Tasa de llenado 73

Figura 61. Resumen gráfico – Método propuesto – Tiempo muerto..... 74

Figura 62. Resumen gráfico – Método propuesto – Tasa de aparición de tiempos muertos 74

Figura 63. Gráfica de prueba de normalidad de Ryan – Joiner – CantTMuertosMP..... 75

Figura 64. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tasa de llenado 76

Figura 65. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tasa de llenado..... 77

Figura 66. Comparación de medias – M2 vs MP – Tasa de llenado..... 78

Figura 67. Modelo de regresión con variable binaria..... 79

Figura 68. Gráfica de residuos – Tasa de llenado – Regresión variable binaria 79

Figura 69. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tiempo muerto..... 81

Figura 70. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tiempo muerto 82

Figura 71. Comparación de medias – M2 vs MP – Tiempo muerto 83

Figura 72. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos..... 84

Figura 73. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos 85

Figura 74. Comparación de media – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos . 86

Introducción

Todos los esfuerzos y recursos invertidos en la producción de uva de mesa pueden venirse abajo con un mal manejo poscosecha, lo cual puede generar grandes pérdidas económicas. Por ello, es importante tener un adecuado manejo en esta etapa. Es un error asumir que con la cosecha la tarea está cumplida, sin embargo, existe un gran desafío el cual es el transporte, que abarca el traslado desde el campo hasta la planta de empaque, desde donde se programa la salida de la fruta hasta llegar al destino internacional. En este caso, nos enfocaremos únicamente en el traslado de la uva desde el campo hasta la planta de empaque.

El objetivo del trabajo es validar el impacto de la implementación de un método propuesto para el traslado de la fruta desde el campo hasta planta de empaque, basándonos en los 2 métodos utilizados actualmente en la empresa. Además, definir las responsabilidades de los equipos de trabajo presentes en el proceso.

El informe de este trabajo será organizado de la siguiente manera:

En el capítulo 1, se identifica el problema dentro del proceso que se evaluará y en el cual se basará el estudio.

En el capítulo 2, se exponen los objetivos, tanto el general, como los específicos.

En el capítulo 3, se da una breve reseña sobre los conceptos estadísticos aplicados en esta investigación tales como diagrama de flujo, comparación de varianzas, contraste de hipótesis de dos poblaciones independientes, regresión, entre otros.

En el capítulo 4, se describe el sector agrícola y las exportaciones de uva de mesa, la producción de uva y a la empresa Sociedad Agrícola Saturno S.A.

En el capítulo 5, se describen ambos métodos a evaluar, indicando claramente qué parte del proceso es la que se busca optimizar.

En el capítulo 6, se exponen los resultados obtenidos después de analizar ambos métodos. El análisis se basa en la comparación de las variables críticas relacionadas con el tiempo y el costo usando métodos estadísticos para elegir método más eficiente entre los dos.

En el capítulo 7, se presenta la propuesta que se implementará en la campaña de producción del 2017, detallando el cálculo de cantidad de recursos ideal para una producción dada.

En el capítulo 8, se valida el impacto del método propuesto respecto a ambos métodos iniciales. De acuerdo con los resultados se determinará si se continúa con este método en futuras campañas.

En el capítulo 9, se presentan las conclusiones y recomendaciones para la empresa y futuros estudios de investigación.

Por último, en el capítulo 10 se presenta la bibliografía consultada para el desarrollo de la tesis.

Capítulo 1
Identificación del problema

Para una empresa agrícola que busca maximizar utilidades y mantener competitividad en el mercado, es indispensable la optimización de los procesos que aseguren una reducción de costo y de tiempo, y sobre todo una buena calidad de la fruta. Numerosos estudios e investigaciones relacionados con la exportación de uva de mesa han concluido que para obtener un producto final de alta calidad es determinante el correcto manejo de las actividades realizadas durante la poscosecha, como la manipulación, transporte y almacenamiento (Romojaro, Martínez Madrid, & Pretel, 2003). Las malas prácticas durante dicha etapa generan pérdidas en la humedad y frescura (calidad) y volumen (cantidad). En el manejo poscosecha, se han estimado pérdidas que superan el 25% de la producción total. Debido a esto, se puede concluir que los esfuerzos invertidos durante el cultivo de uva pueden ser insuficientes sin un correcto control en las actividades poscosecha (Garcilazo Cornejo, 2015).

Uno de los principales factores que ocasionan las pérdidas mencionadas en calidad y cantidad es la exposición prolongada de la fruta a altas temperaturas. Según Garavito (2017), si la fruta es expuesta a altas temperaturas durante más de 2 horas, se pueden evidenciar consecuencias en su calidad. Además, el excesivo tiempo de traslado de la uva cosechada genera retraso en su llegada a la planta de empaque, donde se almacena a una temperatura adecuada, manteniendo la cadena de frío. Por ello, es necesario gestionar correctamente el transporte interno, planificando la producción y distribuyendo los recursos adecuadamente.

Por esta razón, se han observado y documentado los métodos utilizados en la empresa Sociedad Agrícola Saturno S.A., donde se han identificado algunas deficiencias en el proceso de traslado de la uva de mesa desde el campo hasta la planta de empaque. Por un lado, la falta de fluidez ocasionada por el ineficiente abastecimiento de fruta o el desorden ocasionado por el sobreabastecimiento de fruta en el centro de acopio. Por otro lado, un número importante de trabajadores detienen sus labores cuando se suspende el proceso por la falta de fruta o de recursos. Otra posible razón, puede ser que actualmente no relacionan el nivel de producción diario con la cantidad de recursos a asignar.

Asimismo, se ha identificado que en la empresa se utilizan dos métodos para transportar la fruta desde el campo hasta la planta de empaque, pero ninguno logra cubrir las expectativas en cuanto a su eficiencia, es decir, disminuir el tiempo de traslado y de exposición de la fruta a altas temperaturas. A continuación, se explica de manera rápida en

qué consisten ambos métodos, en el capítulo 5 se detalla cada método. Uno de los métodos consiste en transportar las jabas usando un tractor con 2 carretas hacia el centro de acopio ubicado en un lugar estratégico cerca del lote de producción. Luego, las jabas son colocadas por trabajadores sobre la tolva del camión haciendo pilas de 10.

Por otro lado, el segundo método consiste en armar bloques de 60 jabas fuera del lote de producción como se muestra en la figura 1. Posteriormente, se ubican 4 bloques en fila y este grupo es trasladado por un tractor que tiene ensamblado un equipo especial llamado portabin. Finalmente, los bloques son descargados en el centro de acopio, donde un montacargas se encarga de subirlos al camión haciendo pilas de dos bloques. Para ambos métodos, las jabas son colocadas sobre parihuelas con la finalidad de evitar el contacto directo con el suelo, y así, no se adhieran partículas y se contamine la fruta.

Figura 1. Bloques de jaba
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Por lo tanto, se han podido identificar los siguientes problemas: la duración del llenado de los camiones con fruta, el tiempo que la fruta tarda en llegar a la planta de empaque y la asignación de los recursos para la producción programada. Por esta razón, la empresa está interesada en evaluar ambos métodos y encontrar un método más eficiente, es decir, que permita transportar la mayor cantidad de fruta en menos tiempo y con menos recursos.

Capítulo 2
Objetivos

2.1 Objetivo general

- Validar el impacto de la implementación de una propuesta de mejora para reducir los tiempos de traslado en la cosecha de la uva de mesa.

2.2 Objetivos específicos

- Actualizar protocolos y procedimientos con la información documentada en el estudio.
- Identificar las variables críticas del proceso, ya sea que afecte directamente en el tiempo del traslado la uva de mesa desde el campo hasta la planta de empaque o los costos que se incurre para la implementación.
- Analizar y comparar los dos métodos utilizados por la empresa, de esta manera, obtener el mejor método.
- Plantear una propuesta de mejora que vaya de acuerdo con el nivel de producción de la empresa y se asignen los recursos necesarios.

Capítulo 3
Marco teórico

3.1 Diagrama de flujo

Es una herramienta que sirve para representar, mediante una simbología estándar las actividades que se desarrollan en un proceso. Esta herramienta es utilizada para estandarizar la forma de trabajo en las empresas, logrando así que el trabajo sea realizado de la misma manera por todos definiendo claramente el inicio y fin del proceso (Ilzarbe & Vegas, 2008).

Su principal objetivo es reducir la cantidad de productos defectuosos en el proceso, y de esta manera conseguir una mayor satisfacción en los clientes. Para elaborarlos se siguen los siguientes pasos:

1. Definir los límites del proceso: determinar el inicio y fin del proceso que se desea representar. Específicamente, los instantes de tiempo en los que inicia y finaliza el proceso.
2. Reunir al equipo de trabajo adecuado: involucrar a las personas que forman parte del proceso, ellas son las que tienen un mejor conocimiento de cómo se desarrolla el proceso. Adicionalmente, es importante la presencia de una persona con conocimientos en diagrama de flujo para que actúe como moderador.
3. Representar el proceso mediante el diagrama: el moderador representará con la simbología adecuada las actividades que los participantes del equipo vayan indicando. En la figura 2 se muestran los símbolos más habituales que se emplea para realizar diagramas de flujo. Una vez que se tienen todas las actividades representadas simbológicamente, se colocan unas a continuación de las otras, tal y como se muestra en la figura 3.

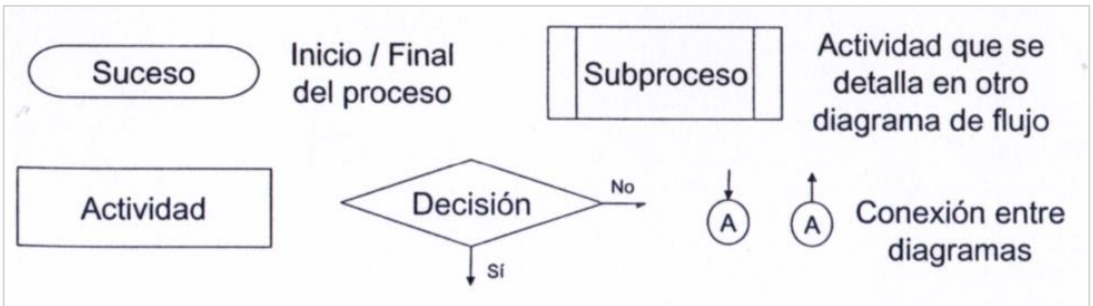


Figura 2. Simbología para la realización de diagramas de flujo
Fuente: Ilzarbe & Vegas, 2008

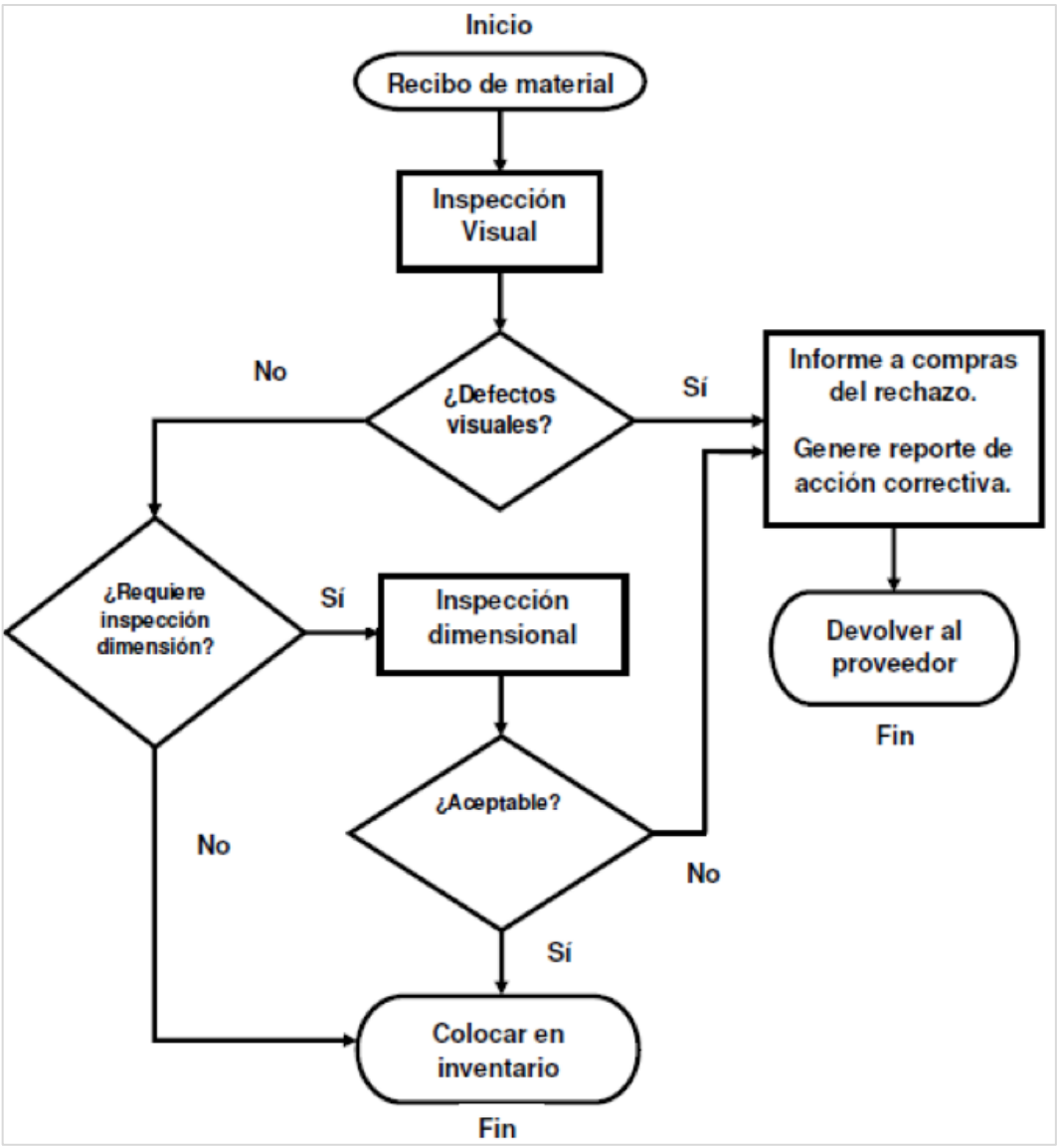


Figura 3. Ejemplo de diagrama de flujo
Fuente: PXS School of Excellence, 2015

4. Revisar el diagrama: una persona ajena al proceso debe comprobar que la secuencia de las actividades representadas en el diagrama de flujo concuerde con la realidad. En caso existiera alguna diferencia, se debe modificar el diagrama juntamente con los miembros del equipo que lo elaboraron.
5. Acciones posteriores: con el paso anterior, el diagrama de flujo ha quedado listo, pero es recomendable que se realicen las siguientes acciones posteriores: establecer indicadores para ver la evolución del desempeño del proceso, redactar un procedimiento para explicar más a detalle cada actividad, detallar alguna actividad en otro diagrama de flujo y replantearse si la forma de trabajo actual es adecuada.

3.2 Gráficos descriptivos

Cuando se va a realizar un proceso de análisis de datos, es conveniente representarlos gráficamente. A continuación, se muestran algunos gráficos útiles para tal fin.

3.2.1 Histograma

Es un conjunto de barras que representan una clase (agrupación de datos). La base de cada barra es definida por la amplitud de las clases y su altura, por la frecuencia de cada clase. Los intervalos deben definirse claramente para abarcar todos los valores y evitar la ambigüedad en los intervalos de clase (Peña, 2015).

La distribución puede ser asimétrica a la izquierda, asimétrica a la derecha o simétrica, como se aprecia en la figura 4.

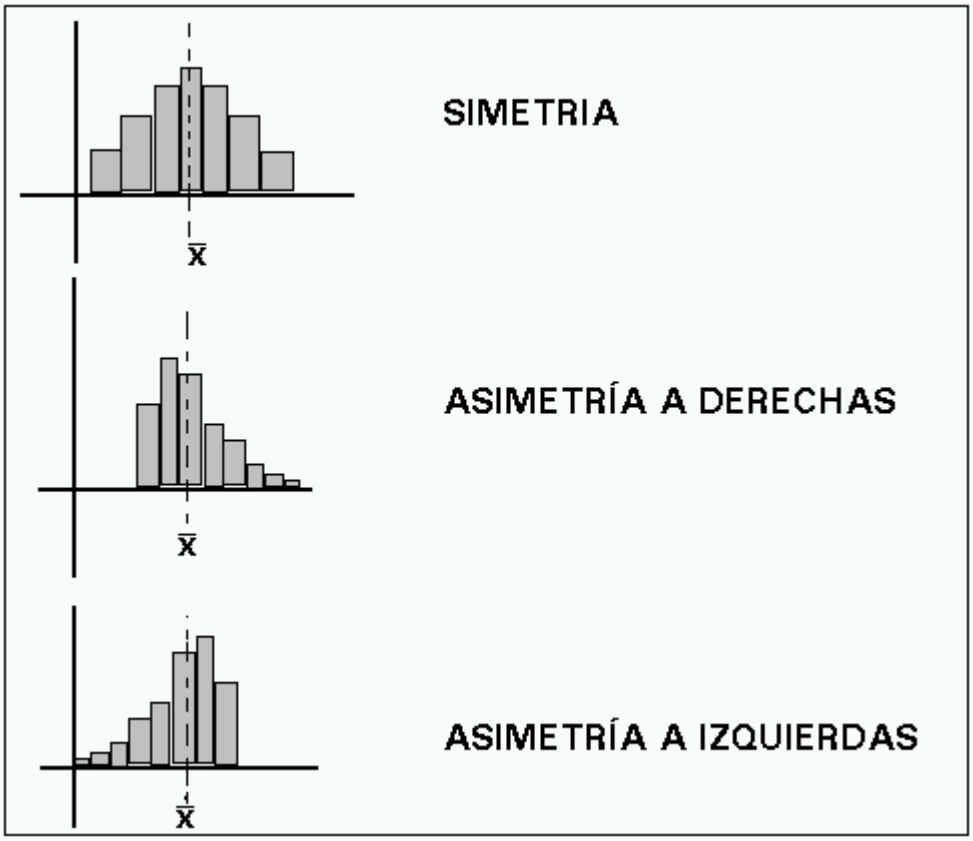


Figura 4. Tipos de histograma
Fuente: Universidad de Valencia, s.f.

3.2.2 Diagrama de cajas

Según Peña (2015), el diagrama de cajas es un gráfico construido a partir de cuartiles donde se muestra la distribución de los datos y sus principales características. Asimismo, permite identificar los posibles datos atípicos.

Los diagramas de caja sirven para comparar la distribución de una variable en varias poblaciones y analizar la simetría de los datos. Para construirlo se realizan los siguientes pasos:

1. Obtener el valor mínimo, máximo y los cuartiles Q_1 (la mediana de la mitad menor de los datos), Q_2 (la mediana de todos los datos) y Q_3 (la mediana de la mitad mayor de los datos).
2. Dibujar una caja con extremos Q_1 y Q_3 divididas por una recta en la mediana Q_2.

3. Calcular el límite superior e inferior, de esta manera, se podrá identificar los posibles datos atípicos, es decir, los que están fuera de estos límites.
4. Trazar una línea desde cada extremo del rectángulo central hasta el valor más alejado. En la figura 5 se muestra un ejemplo de diagrama de caja.

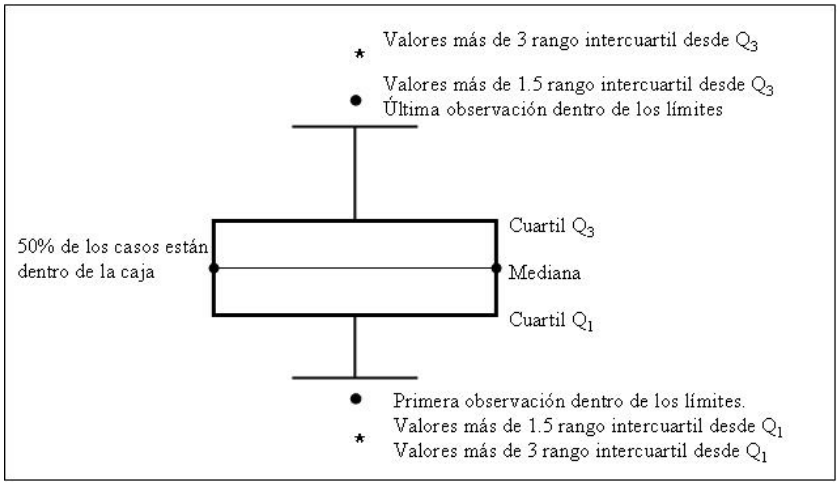


Figura 5. Diagrama de caja
Fuente: Universidad de Granada, 2009

3.3 Inferencia

La inferencia estadística comprende al conjunto de métodos que se usan para conocer el comportamiento de una población a partir de la información limitada y empírica proporcionada por una muestra. Los siguientes términos son utilizados en la inferencia estadística:

- Estadístico: variable aleatoria de la cual se debe conocer sus propiedades. Se calcula a partir de los datos de la muestra.
- Estimador: estadístico empleado para asignar un valor a un parámetro poblacional desconocido.
- Estimación: valor del parámetro estimado a partir de los datos de la muestra.

La inferencia estadística se puede dividir en: métodos de estimación de parámetros y métodos de contraste de hipótesis. Ambos métodos se basan en el conocimiento teórico de la distribución de probabilidad del estadístico muestral que es utilizado como estimador de un parámetro que se desea estimar (Universidad de Barcelona, 2009).

3.3.1 Intervalos de confianza

Es el intervalo, calculado a partir de la muestra, dentro del cual se encuentra un parámetro con un nivel de confianza determinado. El nivel de confianza es la probabilidad de que el parámetro esté dentro del intervalo, utilizando la información de la muestra, y se representa como (1-α).

La fórmula general de los intervalos está definida como: IC = Estimador ± Margen de error. Dicho margen de error depende de la precisión del estimador y el nivel de confianza.

En la figura 6 se representa una probabilidad de 1 – α de seleccionar una muestra tal que μ esté entre los valores $\bar{x} \pm z_{\alpha/2}\sigma/\sqrt{n}$, donde α es el valor resultante de restar el nivel de confianza (1-α) de la unidad; μ, la media poblacional; $\bar{x}$, la media muestral; σ, la

desviación estándar poblacional; n, el número de datos de la muestra y $z_{\alpha/2}$, un valor de la distribución normal estándar. Este último valor define un área de $\alpha/2$ bajo la distribución normal estándar, a la derecha y a la izquierda, según este sea positivo o negativo, respectivamente, tal como se muestra en la figura 6.

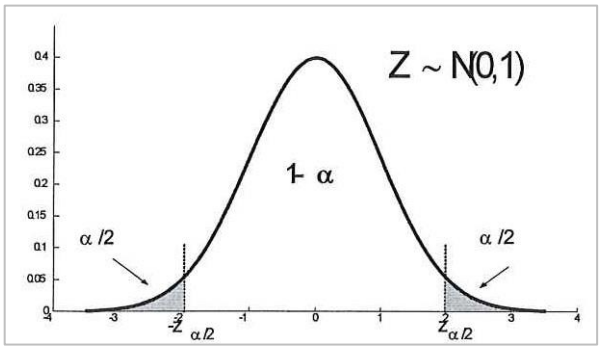


Figura 6. Distribución normal estándar
Fuente: Sánchez, 2016

Si la muestra es grande, más de 30 datos, el intervalo es válido para cualquier variable aleatoria X, sea normal o no. Si la población es normal, el intervalo es válido, sea la muestra grande o no. Por intervalo válido queremos decir que la probabilidad de que el parámetro este dentro de los intervalos es de 100 × (1 – α) % (Universidad Autónoma de Madrid, 2013).

3.3.2 Contraste de hipótesis

Un contraste de hipótesis tiene como finalidad comprobar que un parámetro cumpla alguna restricción o suposición. Las restricciones para los valores de los parámetros de una población se le conocen como hipótesis y a la prueba estadística que comprueba si la muestra apoya o no dicha hipótesis se le llama contraste de hipótesis.

Las hipótesis son restricciones sobre los parámetros de una población, lo cual implica la división de los posibles valores del parámetro. Por un lado, tendremos los valores que cumplen la hipótesis y por otro los valores que no la cumplen. Se define una hipótesis nula (H_o) y al rango de los valores que toma el parámetro cuando la hipótesis nula sea falsa le denominaremos hipótesis alternativa (H_1).

Según la metodología Neyman – Pearson, se tienen algunas restricciones para el planteamiento de las hipótesis:

- La H_o debe tener siempre el signo =, ya sea ≥, ≤ o =. La H_1 de tener≠, < o >.
- El método favorece a la H_o, dado que, aceptamos H_o salvo que la muestra evidencie lo contrario. Es decir, que los datos soporten lo que dice H_1.

Asimismo, en el método Neyman – Pearson se establecen regiones para los valores del estimador y del parámetro implicado para realizar el contraste de hipótesis. El tamaño de la región de rechazo lo decide el analista, y su área se denomina nivel de significación.

En la tabla 1, se presentan los 2 tipos de errores en el contraste de hipótesis. El nivel de significación (α) es la probabilidad de rechazar H_o a pesar de que es cierta (error tipo 1).

Tabla 1. Tipos de error

Resultado	H_o es cierta	H_o es falsa
Se rechaza H_o	Error Tipo I	Decisión correcta
Se acepta H_o	Decisión correcta	Error Tipo II

Fuente: Elaboración propia a partir de Sánchez, 2016

El p-valor es el mínimo nivel de significación (α), que nos llevaría a rechazar la hipótesis nula. Las decisiones que se tomen basándose en el p-valor serán:

- Si p-valor es mayor o igual que α entonces estamos dentro de la región de aceptación.
- Si p-valor es menor que α entonces estamos en la región de rechazo.

Cuanto menor sea el p-valor, más seguridad tendremos en rechazar H_o; mientras que un elevado p-valor dará más seguridad a la hora de aceptar H_o.

3.3.3 Comparación de 2 poblaciones

Tabla 2. Pasos de un contraste de hipótesis para comparación de dos poblaciones – parte 1

<table>
<tr><th>Hipótesis</th><th>Estadístico de contraste</th><th>Distribución del estadístico de contraste</th></tr>
<tr><td>Contraste bilateral
$H_0: \mu_1 = \mu_2$
$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$</td><td rowspan="2">Si $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$
$Z_O = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$
$T_O = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{S}_T\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$</td><td rowspan="3">Para muestras grandes:
$N\,(0,1)$
Para poblaciones normales:
$Z_O \sim N\,(0,1)$
$T_O(\sigma_1^2 = \sigma_2^2) \sim t_{n_{1+n_2-2}}$
$T_O(\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2) \sim t_v$
$v \approx \frac{\left(\frac{\hat{S}_1^2}{n_1}+\frac{\hat{S}_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1-1}\left(\frac{\hat{S}_1^2}{n_1}\right)^2+\frac{1}{n_2-1}\left(\frac{\hat{S}_2^2}{n_2}\right)^2}$</td></tr>
<tr><td>Contraste unilateral
$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$
$H_1: \mu_1 > \mu_2$</td></tr>
<tr><td>Contraste unilateral
$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$
$H_1: \mu_1 < \mu_2$</td><td>Si $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$
$Z_O = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$
$Z_O = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\hat{S}_1^2}{n_1}+\frac{\hat{S}_2^2}{n_2}}}$</td></tr>
</table>

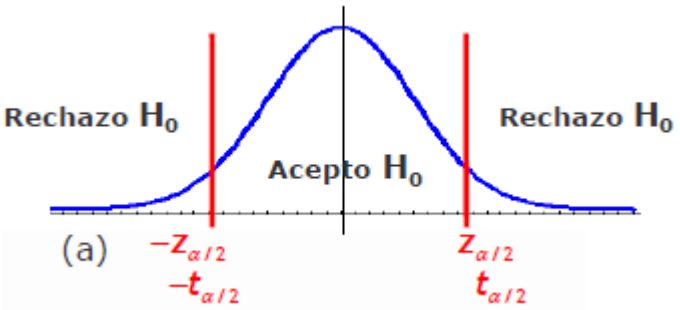
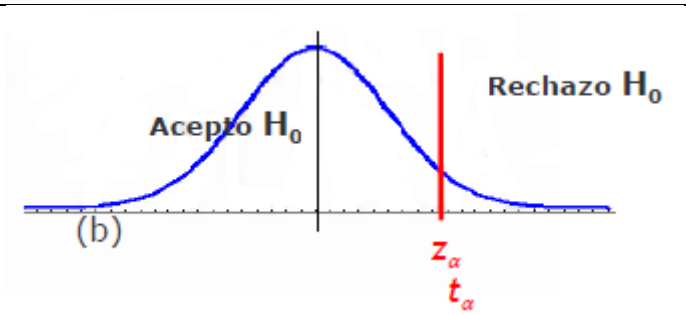
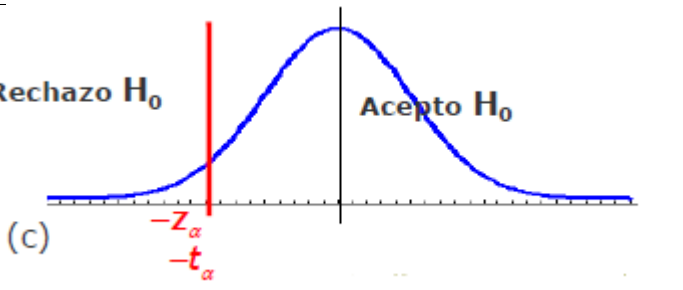
Fuente: Elaboración propia a partir de Sánchez, 2016

Dadas dos poblaciones donde se quieren comparar las medias, se pueden tener 3 posibles escenarios: averiguar si las medias son iguales, si μ_1 es mayor que μ_2 o si μ_1 es menor que μ_2. Para realizar dicha comparación, se utiliza un contraste de hipótesis.

El estadístico de contraste depende de si las varianzas de ambas poblaciones son iguales o no. Para determinar la distribución que sigue el estadístico, se considera que, si la muestra es grande, entonces el estadístico sigue una distribución normal, mientras que en el caso de que las poblaciones sean normales, el estadístico puede seguir otro tipo de distribución, como se muestra en la tabla 2, donde Z_O y T_O son estadísticos de contraste; $\hat{S}_T$, la estimación conjunta de la varianza; t, la distribución t de Student y v, el número de grados de libertad de la distribución t de Student cuando las poblaciones son normales y las varianzas diferentes.

En la tabla 3 se muestran gráficamente las zonas de aceptación y rechazo de la hipótesis nula para los 3 escenarios mencionados anteriormente. Se debe tener en cuenta el nivel de significación (α), el cual se define como la probabilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula.

Tabla 3. Pasos de un contraste de hipótesis para comparación de dos poblaciones – parte 2

Hipótesis	Región de aceptación y rechazo
$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	
$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$ $H_1: \mu_1 > \mu_2$	
$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$ $H_1: \mu_1 < \mu_2$	

Fuente: Elaboración propia a partir de Sánchez, 2016

3.4 Comparación de varianzas

El objetivo es comparar las varianzas de dos poblaciones normales a través de las varianzas estimadas con sus muestras para poder realizar un contraste o intervalo de confianza para la igualdad de medias basado en un estimador común a la varianza.

Se plantea la siguiente hipótesis para contrastar que dos poblaciones normales tienen la misma varianza:

$$H_o: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Sea la variable X_1, distribuida normalmente con media μ_1 y varianza σ_1^2, es decir, $X_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$, se tiene una muestra de tamaño n_1 cuya cuasivarianza es $\hat{s}_1^2$. Además, sea la variable X_2, distribuida normalmente con media μ_2 y varianza σ_2^2, es decir, $X_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$, se tiene una muestra de tamaño n_2 cuya cuasivarianza es $\hat{s}_2^2$. La comparación de las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 a partir de los estimadores $\hat{s}_1^2$ y $\hat{s}_2^2$ se realiza a partir de la siguiente ratio:

$$F = \frac{\hat{s}_1^2 / \sigma_1^2}{\hat{s}_2^2 / \sigma_2^2}$$

El ratio F es una variable aleatoria. En poblaciones normales la variable F es conocida y se denomina distribución F de Fisher, o también distribución F de Snedecor.

La distribución F de Fisher depende de los parámetros g_1 y g_2 denominados grados de libertad. El valor de g_1 está relacionado con el numerador ($g_1 = n_1 - 1$), también llamado grados de libertad del numerador. El valor de g_2 está relacionado con el denominador ($g_2 = n_2 - 1$), también llamado grados de libertad del denominador. Por lo tanto, la notación de la distribución F es $F_{g1,g2}$.

La distribución $F_{g1,g2}$ es una variable aleatoria continua no negativa, definida en $[0, \infty)$, y su forma varía dependiendo de los valores g_1 y g_2. Asimismo, es una distribución unimodal y asimétrica positiva como se muestra en la figura 7, su asimetría positiva disminuye si aumentan los valores de g_1 y g_2 (Sánchez, 2016).

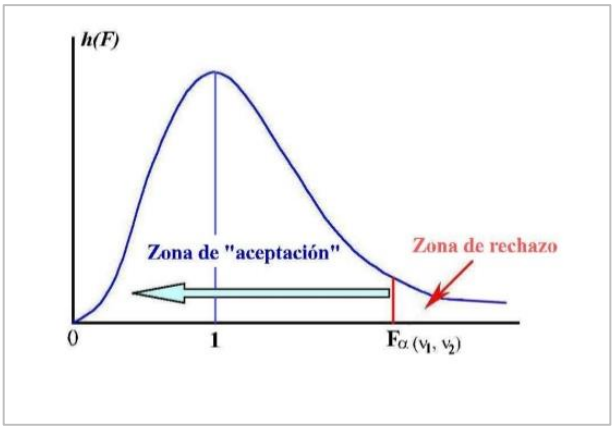


Figura 7. Distribución F de Fisher
Fuente: Bautista Cabezas, 2012

Prueba de Levene

La prueba de Levene es poco sensible a la desviación de la normalidad, lo que significa que es menos probable que se rechace una verdadera hipótesis de igualdad de varianzas solo porque las distribuciones de las poblaciones muestreadas no son normales.

Cuando la distribución no es normal, pero sí continua, se utiliza la prueba de Levene. Esta prueba nos indica si podemos o no suponer varianzas iguales. Así si la probabilidad asociada al estadístico Levene es mayor o igual que el nivel de significación (α) suponemos varianzas iguales, y, por otro lado, si es menor que el nivel de significación (α) suponemos varianzas distintas (Universidad Nacional de Colombia, 2006).

3.5 Regresión lineal múltiple

La regresión lineal múltiple se utiliza para predecir una variable dependiente a partir de dos o más variables independientes mediante una función lineal. En comparación con la regresión lineal simple, en la regresión lineal múltiple se introducen nuevas variables independientes con la finalidad de reducir la dispersión de la predicción, y de esta manera disminuir el residuo.

3.5.1 Modelo de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple es el siguiente:

$$y_i = \beta_o + \beta_1 x_{1i} + \cdots + \beta_K x_{Ki} + e_i$$

Donde β_i es un coeficiente del modelo y e es el residuo, que supondremos que sigue una distribución normal.

Para el modelo lineal general supondremos que se cumple las siguientes condiciones (Sánchez, 2016):

- Hipótesis 1: Linealidad. Asumir que el modelo lineal es cierto, es decir, que las variables independientes influyen sobre la variable dependiente según una combinación lineal.
- Hipótesis 2: El residuo e es una variable aleatoria normal de media igual a cero, es decir $E(e) = 0$.
- Hipótesis 3: El término error representa al resto de variables no contenidas. Por lo tanto, contiene información independiente de X.
- Hipótesis 4: Homocedasticidad. El término error tiene la misma varianza en todas las observaciones.
- Hipótesis 5: Normalidad. e_i sigue una distribución normal, y por lo tanto $e_i \sim N(0, \sigma^2)$.
- Hipótesis 6: Independencia. La secuencia de valores de e_i es independiente.

3.5.2 Contraste de significancia individual

Con el contraste de significancia individual se comprueba si la variable X es relevante o no en la variabilidad de la variable respuesta Y.

- Si X_i no es relevante, entonces decimos que el coeficiente β_i es igual de 0.
- Si X_i no es relevante, entonces decimos que el coeficiente β_1 es distinto de 0.

Por lo tanto, se comprueba mediante el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0$$

Debido a que se trabaja con una muestra y no con una población, es necesario estimar los coeficientes del modelo (β_i). Se tiene el modelo de regresión $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \cdots + \beta_K x_{Ki} + e_i$, para valores de i desde 1 hasta K, siendo K el número de variables regresoras. Este modelo se puede expresar como $Y = X\beta + e$, siendo Y, X, β y e las siguientes matrices:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{K1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{K2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{Kn} \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{bmatrix}; e = \begin{bmatrix} e_0 \\ e_1 \\ \vdots \\ e_K \end{bmatrix}$$

Se puede demostrar que el vector de estimadores de β_i, que denotaremos por $\hat{\beta}$ se puede calcular como $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$.

En caso los datos dejen evidencia de que se tiene que aceptar la hipótesis nula, entonces se tendrá que prescindir de la variable. El estadístico de contraste es:

$$t = \frac{\widehat{\beta_i}}{\hat{s}_R \sqrt{q_{ii}}}$$

Donde t es el estadístico de contraste, $\widehat{\beta_i}$ es la estimación del parámetro β_i, $\hat{s}_R$ es la cuasivarianza de los residuos y q_{ii} es el elemento i-ésimo de la diagonal de la matriz $(X'X)^{-1}$.

La distribución de referencia de t es $N(0,1)$ para muestras grandes, o t_{n-p} si e es normal. Como la hipótesis nula es de igualdad, el contraste es bilateral, por lo que, si t es muy grande y positivo o muy pequeño y negativo se rechaza la hipótesis nula. De esta manera, para un nivel de significación α, se rechaza la hipótesis nula si $|t| > z_{\alpha/2}$ o $|t| > t_{n-p;\alpha/2}$ (Sánchez, 2016).

3.5.3 Test de significancia

La prueba de significancia de la regresión es un contraste de hipótesis donde se mide la bondad de ajuste del modelo. Este contraste determina si existe una relación lineal entre la variable independiente Y y alguna de las variables dependientes $X_1, X_2 \ldots X_n$.

La hipótesis estadística adecuada es:

$$H_O: \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \; donde \; j = 1,2, \ldots, k$$

Al rechazar la hipótesis nula se concluye que al menos una de las variables regresoras contribuye significativamente al modelo. La prueba estadística utilizada es:

$$F = \frac{SS_R/k}{SS_E/(n-p)} \sim F_{k,n-p}$$

Donde:

$$SS_R = \sum_{i=1}^{n} (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SS_E = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Asumiendo que la hipótesis nula es cierta, se distribuye F con k grados de libertad en el numerador y $n - k - 1$ grados en el denominador. Por otro lado, se rechaza la hipótesis nula si el valor calculado de la estadística de prueba es mayor que el valor teórico de la distribución $F(a, k, n - k - 1)$. Como cualquier constante, esta prueba se puede realizar utilizando el p-valor. Si el p-valor es mayor o igual que 0.05, se concluye que se acepta la hipótesis nula (González Farias, 2017).

3.5.4 Diagnosis del modelo

La diagnosis del modelo consiste en comprobar si el modelo de regresión cumple con las hipótesis de linealidad y de normalidad del error. La diagnosis se realiza a partir de analizar de la siguiente manera los residuos (González Farias, 2017):

- El gráfico de residuos frente a valores previstos.

El residuo es la distancia vertical del valor observado a la diagonal. Si el modelo es lineal, los residuos tienen media 0 y varianza constante. Además, el gráfico debe presentar un aspecto sin ninguna estructura evidente.

- La normalidad de los residuos.

La normalidad de los residuos sirve para hacer inferencia sobre valores previstos. Si la muestra es grande, la estimación y los contrastes son válidos, y se puede asumir linealidad, sin tener normalidad.

A pesar de que la gráfica muestre que el modelo lineal no es adecuado, se puede utilizar una transformación de las variables que sí sean susceptibles de modelizar con una regresión lineal. Esta transformación debe utilizarse solo para aquellas variables independientes que lo requieran, ya sea del tipo x^c o $\log(x)$; o para la variable dependiente, siguiendo la forma y^c o $\log(y)$.

3.5.5 Regresión con variables binarias

Las variables binarias son aquellas que pueden tomar solo dos valores, 0 y 1. Se utiliza para describir la presencia o ausencia de cierta propiedad o la influencia en el resultado final de la variable resultado. En este caso, al ser una variable binaria, el coeficiente de regresión muestra la diferencia en la media de la variable respuesta del grupo con valor 0 y el grupo con valor 1, mientras se mantienen constantes los valores de las otras variables de predicción (Sánchez, 2016).

Capítulo 4
Marco contextual

4.1 El sector agrícola en Perú

La agricultura ha sido la base de la economía del Perú prehispánico. Con el tiempo, ha tenido importantes cambios, pasando de ser una agricultura concentrada en haciendas en la década de los cincuenta y sesenta, a una agricultura que, luego de un proceso de reformas que liberalizó los mercados, logró desarrollarse principalmente por el "boom agroexportador" promovido por la explotación de grandes extensiones de tierras bajo el mando de grandes grupos económicos (Peru Opportunity Fund, 2011).

En los últimos años, la agricultura ha sido fuente principal de ingresos de 2.2 millones de productores agropecuarios, que generan aproximadamente el 7.2% del producto bruto interno (PBI), y representan el 24% de la PEA. Asimismo, la agricultura cuenta con un crecimiento promedio anual de 4%. Una de las causas es el gran dinamismo que representó el desarrollo de la agroexportación (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

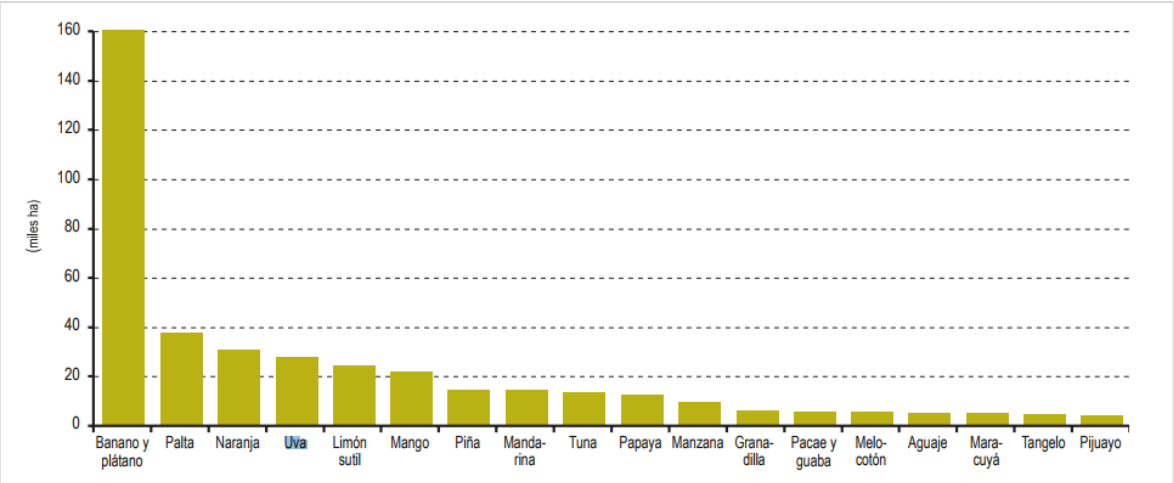


Figura 8. Superficie cosechada de fruta y nueces por producto 2016
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego, 2017

El Perú cuenta con 7.6 millones de hectáreas con potencial agrícola directo, de los cuales se utilizan menos de 3.6 millones. Solo en el 2014, se incorporaron 43 500 hectáreas, de las cuales 33 000 pertenecen a empresas agroexportadoras, que tienen como objetivo ampliar fronteras y llegar a nuevos mercados. Para el año 2021, se proyecta la incorporación de 300 mil nuevas hectáreas de cultivos en el país, como respuesta al incremento en la

producción de los productos agrícolas tradicionales y no tradicionales (Ministerio de Agricultura y riego, 2016).

En la figura 8, se representan las frutas con mayor cantidad de área cosechada en el territorio peruano, destacando el banano con 160 mil hectáreas aproximadamente, seguidos por la palta, la naranja, la uva y el limón. Asimismo, hay cultivos con altas tasas de crecimiento de rendimiento agrícola (kilogramo producido por hectárea) desde el año 2012 hasta el 2016, tales como la guaba, el arándano, el mango, el frijol y las granadas, principalmente (ver figura 9).

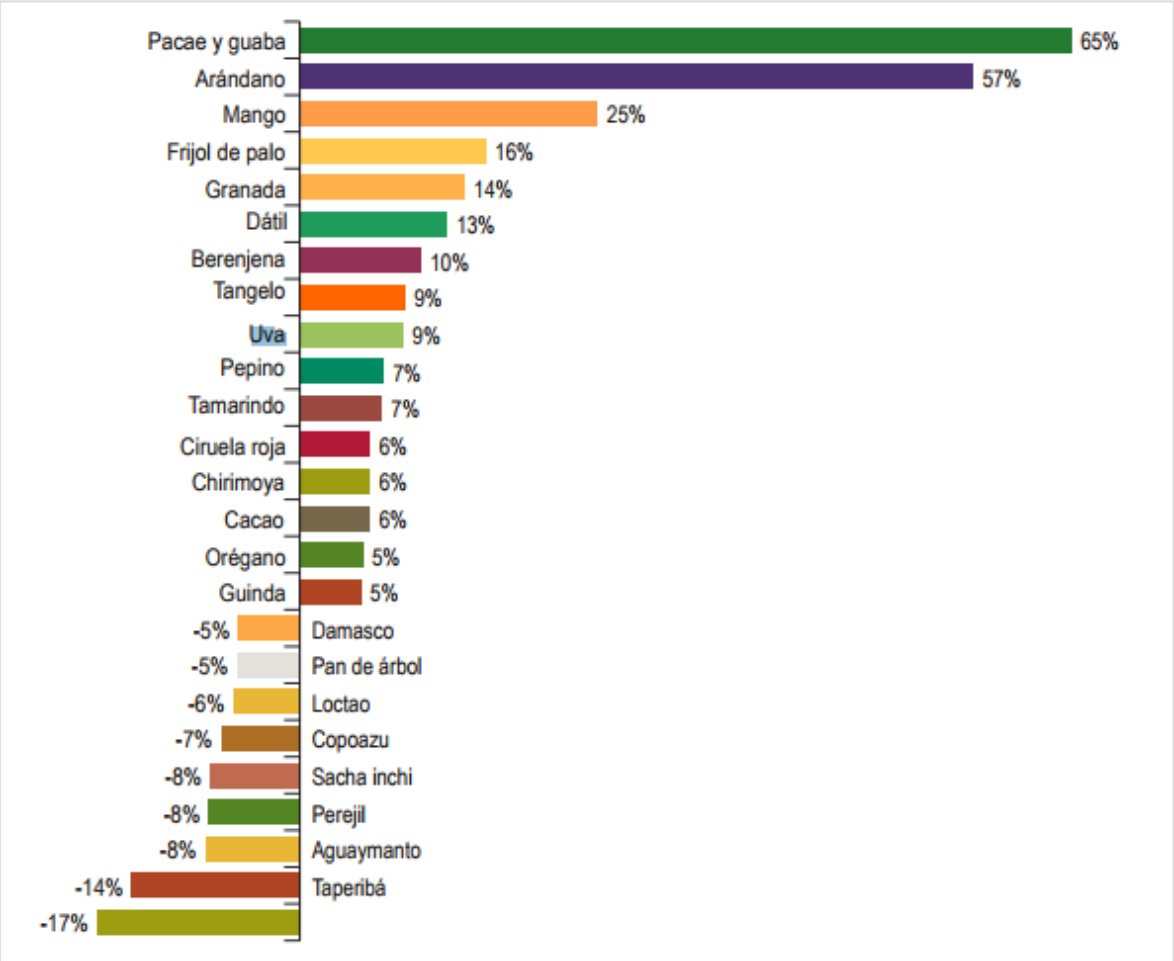


Figura 9. Tasa de crecimiento del rendimiento agrícola por producto 2012-2016
Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego, 2017

La agricultura puede desarrollarse en las tres grandes regiones del país (Corporación andina de fomento & FAO, 2006):

- La Costa está conformada por tierras áridas llanas y valles transversales, por lo que la infraestructura de regadío permite un elevado grado de intensificación productiva. Más del 16% de las tierras son aptas para la agricultura. Los principales cultivos producidos son arroz, algodón, caña de azúcar, frutas y hortalizas.
- La Sierra, superficie que supera los 2000 metros de altitud, es una región agroecológicamente compleja. Tiene solamente el 29% de tierras productivas con sistemas de riego. Pueden distinguirse cuatro subsistemas, según la altura.

- ✓ 2000 – 3200 msnm: valles bajos con buenos suelos aluviales, clima templado a subtropical y bastante disponibilidad de riego. Se cosecha: maíz blanco, quinua, papas, ganado y, con riego algunas frutas y verduras.
- ✓ 3200 – 4000 msnm: colinas y valles altos, muy expuestos a las heladas, donde se cultiva trigo, cebada, granos nativos y tubérculos.
- ✓ Más de 4000 msnm: la mayor parte de la agricultura es de subsistencia y para el mercado interno.

- La Selva del país aún no ha sido explotado comercialmente. Tiene pequeñas áreas de agricultura de subsistencia poco tecnificada. Sólo el 4% de la tierra agrícola dispone de sistemas de riego.

4.2 Exportación de uva de mesa en Perú

Perú viene creciendo año tras año en cuanto a las exportaciones de uva de mesa, actualmente es el quinto exportador mundial de uvas frescas y podría convertirse en el segundo abastecedor de China. Se tiene como dato que en el año 2014 se exportó a 65 países, siendo el principal el mercado estadounidense con US$ 119 millones, seguido de Holanda con US$ 94 millones y Hong Kong con US$ 87 millones, muy de cerca está China e Inglaterra. Para el Ministerio de Agricultura y Riego, esto se debe a la calidad y diversidad de la uva de mesa producido en Perú, así como el mayor acceso a mercados (Agroindustrial Danper, 2015).

El precio de la uva de mesa peruana exportable varía de acuerdo con la demanda y la estacionalidad de esta. Por ejemplo, durante diciembre del 2015 se tuvo un precio promedio de US$ 26.5 por caja de 8.2 kilos, un 16% menos que el año previo en el mismo mes. Sin embargo, en enero del año 2016 los precios aumentaron, llegando a un promedio de US$ 31.9 por caja de 8.2 kilos, un 5% más que diciembre del 2015. Los precios de la variedad Flame Seedless fueron los más altos del mercado, con un promedio de US$ 40.3 por caja de 8.2 kilos, es decir, 60% más que en el año 2015. Asimismo, las variedades Sugraone y Thompson alcanzaron US$ 35.7 por caja de 8.2 kilos, 13% más que el año pasado y la variedad predominante en el Perú, Red Globe, tuvo una baja de 13% respecto al año 2015 con un precio promedio de US$ 18.3 por caja de 8.2 kilos (Portal Frutícola, 2016).

Actualmente, las empresas exportadoras de uva de mesa en todas las regiones del país envían la fruta entre setiembre y marzo (ver tabla 4), meses en los cuales los mercados internacionales tienen poca oferta y gran demanda. La variedad que se exporta durante todo ese periodo es Red Globe, seguida de Sugraone, Thompson Seedless, Flame Seedless y Crimson Seedless que se exportan a partir de octubre.

En cuanto a la superficie para el cultivo vid por región se tiene en primer lugar a Ica con 7998 hectáreas, seguida de Piura con 6573 hectáreas, la cual ha aumentado un 32% respecto a la campaña 2015-2016, y a Lambayeque con 1688 hectáreas. Estas 3 regiones tienen el 92% de la superficie total para el cultivo de vid en el país. En general, la superficie ha aumentado en 15 % con relación a la campaña pasada, siendo Piura (+32%), Lambayeque (+17%) y La Libertad (+9%) las que más se han expandido, dejando una diferencia de 1425 hectáreas entre Ica y Piura. Las variedades con mayor porcentaje de superficie sembrada en el país son Red Globe (48%), Sugraone (16%) y Crimson (14%) (Provid, 2017).

Tabla 4. Estacionalidad de las exportaciones de las principales variedades

Variedades	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Red Globe							
Sugraone							
Thompson Seedless							
Flame Seedless							
Crimson Seedless							

Fuente: Elaboración propia a partir de Provid, 2017

En la campaña 2016-2017, las exportaciones han aumentado un 9% respecto a la campaña anterior, logrando exportar casi 39 millones de cajas. Este aumento es consecuencia directa del aumento de superficie sembrada a lo largo del territorio peruano. Las principales regiones exportadoras de uva de mesa han sido Ica con 17.5 millones de cajas (45% del total) y Piura con 15.3 millones de cajas (39% del total) como se muestra en la figura 10.

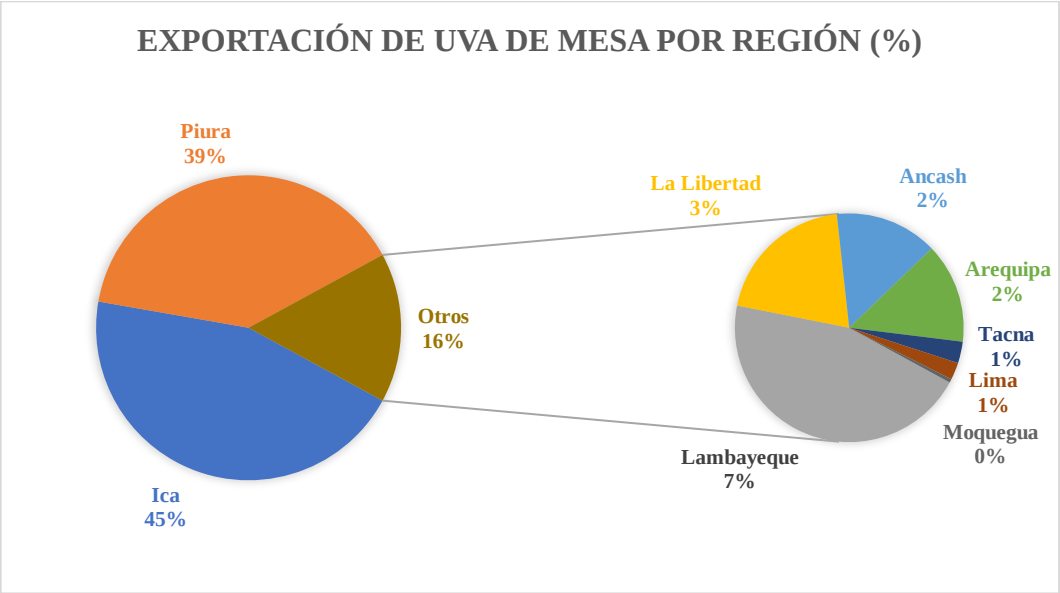


Figura 10. Exportación de uva de mesa por región (%)
Fuente: Elaboración propia a partir de Provid, 2017

Al comparar las cajas exportadas por región en las campañas 2015-2016 y 2016-2017, se evidencia que las regiones que más han logrado incrementar sus exportaciones han sido Tacna (+4,345%), Ancash (+119%), Lima (+93%) y Piura (+28%). Por su parte, regiones como Tacna y Ancash vienen desarrollándose rápidamente e incrementando su productividad en uva de mesa. Por otro lado, Lambayeque (-13%) e Ica (-5%) han disminuido sus exportaciones. A pesar de ser el mayor productor, Ica tuvo una caída del 5%, debido a la falta de color en uva Red Globe ocasionada por el cambio climático y por la pudrición de bayas ocasionada por las constantes lluvias a fin de campaña. La brecha entre las 2 regiones con mayor cantidad de cajas exportadas, Ica y Piura, ha disminuido, pasando de una diferencia de 6.3 millones a 2.1 millones de cajas exportadas (-66%). En tabla 5 se muestra un cuadro comparativo de los kilos exportados por región en las campañas 2015-

2016 y 2016-2017. Asimismo, en la figura 11 se presenta un diagrama de barras para comparar y poder apreciar mejor la variación de los kilos exportables de cada región.

Tabla 5. Comparativo de exportación en kilos de uva de mesa campaña 2015/2016 – 2016/2017

Región	Campaña 2015/2016 kg exportados	Campaña 2016/2017 kg exportados
Ica	18 254 990	17 416 538
Piura	11 914 675	15 276 405
Lambayeque	3 197 913	2 785 340
La Libertad	1 037 285	1 241 944
Arequipa	751 253	871 956
Ancash	409 988	896 557
Lima	77 814	150 130
Tacna	4220	187 570
Moquegua	0	30 848
Total	**35 648 138**	**38 857 288**

Fuente: Elaboración propia a partir de Provid, 2017

En la figura 12, se muestra la variación de ventas de cajas de 8.2 kg de las 10 principales empresas exportadoras de uva de mesa entre las campañas 2015-2016 y 2016-2017. En primer lugar, se encuentra Sociedad Agrícola Rapel con una mejora en ventas del 79% respecto a la campaña pasada (2015-2016), logrando así la mayor cifra de ventas de los últimos años. Para la campaña 2016-2017, El Pedregal tuvo una caída significativa de 13% en ventas, lo cual lo ubica en segundo lugar del ranking. Sociedad Agrícola Saturno se ha mantenido constante en su productividad por cajas logrando mejorar apenas en 0.1%, lo cual lo hace seguir manteniendo el noveno lugar desde el 2014.

Figura 11. Comparativo de exportación de uva de mesa campaña 15/16 – 16/017
Fuente: Elaboración propia a partir de Provid, 2017

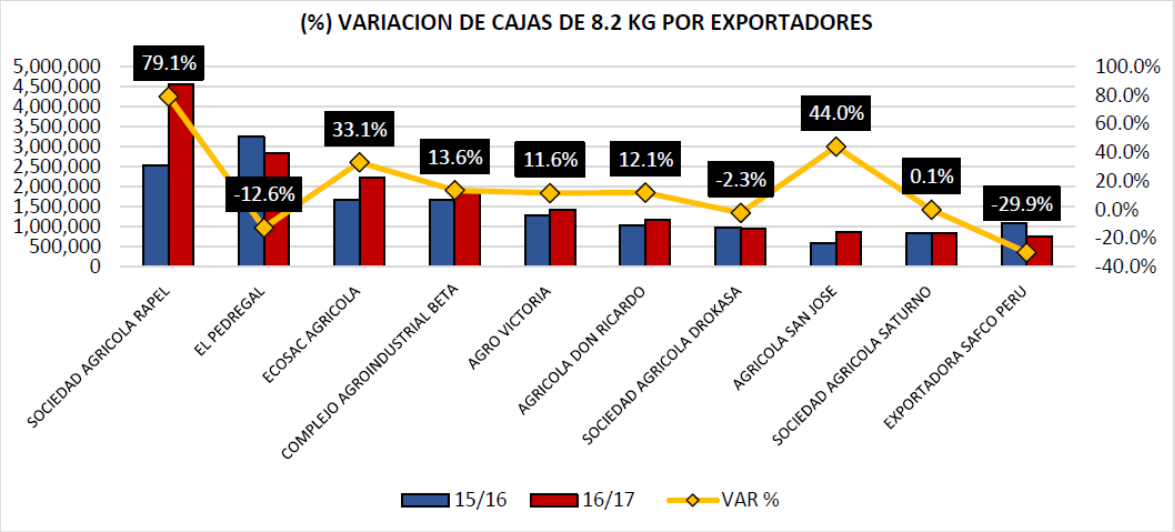


Figura 12. Variación de cajas de 8.2 kg por exportadores en %
Fuente: Provid, 2017

Hay que dejar claro que para la elaboración de este ranking se toma en cuenta solo la cantidad total de cajas equivalentes a 8.2 kg exportadas, independientemente de la cantidad de hectáreas que posea cada empresa. Debido a esto, empresas con más de 1000 hectáreas de uva de mesa como Sociedad Agrícola Rapel, El Pedregal, Ecosac Agrícola, Complejo Agroindustrial Beta, entre otras, tienen mayor ventaja de producción de cajas al cierre de cada campaña, superando a empresas que tienen menos de 500 hectáreas como Agrícola San José, Sociedad Agrícola Saturno, Exportadora Safco Perú y demás.

En la figura 13 se representa la variación porcentual de la exportación de uva de mesa en cajas de 8.2 cajas por variedad. Se observa que variedades nuevas como la Sweet Celebration ha aumentado 97% y está cerca de posicionarse como la quinta variedad más exportable. Por otro lado, la variedad predominante en el país, Red Globe, tuvo una disminución de 14% en su producción exportable como consecuencia de la eliminación de campos y el recambio varietal en empresas exportadoras.

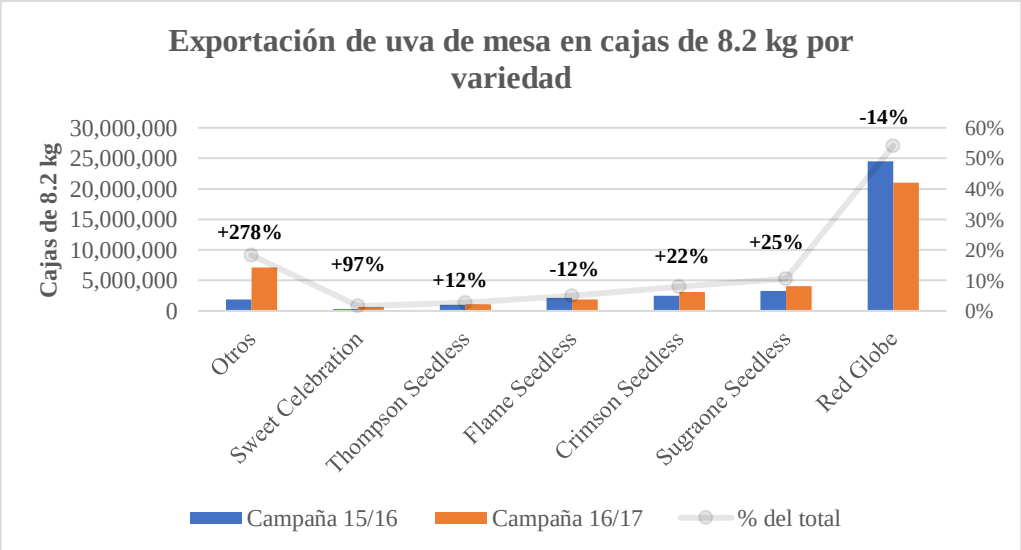


Figura 13. Exportación de uva de mesa en cajas de 8.2 kg por variedad
Fuente: Elaboración propia a partir de Provid, 2017

Entre las empresas importadoras en la campaña 2015-2016 las más resaltantes son: Oag Global Inc y Wal Mart Stores de Estados Unidos, Shanghai Oheng Import & Export Co y Shenzhen City of Gold in the First Trading de China y Hillfresh International BV de Holanda (Fresh Cargo Perú, 2016).

4.3 Producción de uva de mesa en Piura

4.3.1 Cadena productiva de la uva de mesa

A continuación, en la figura 15 se muestra un flujograma productivo de la uva de mesa para su exportación. Abarca las actividades realizadas en el campo y en la planta de empaque y su transporte hacia el país de destino por vía marítima. Es importante mencionar que el transporte de la uva de mesa se realiza por vía marítima o aérea (ver figura 14).

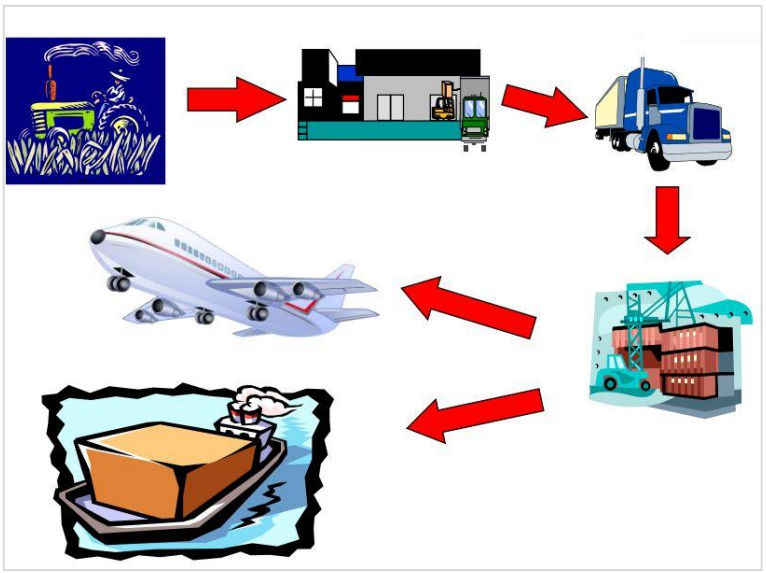


Figura 14. Flujo del transporte para exportación
Fuente: Monge Vargas, 2017

4.3.2 Principales labores culturales de la uva

4.3.2.1 Poda

La práctica de la poda consiste en la eliminación de las partes vivas de la planta (sarmientos, brazos, partes del tronco, partes herbáceas, etc.) con el fin de modificar el hábito de crecimiento natural de la cepa, adecuándola a las necesidades del viticultor (ver figura 16).

La poda se realiza 2 veces en cada campaña:

- Poda de Formación

Es la práctica, llamada también poda corta, en la cual se elimina cargadores, madera vieja y material improductivo de la campaña anterior. Su objetivo, como su nombre lo dice, es formar la planta de acuerdo con el sistema de conducción elegido, permitiendo a futuro tener una planta equilibrada, con brotes vigorosos y bien distribuidos.

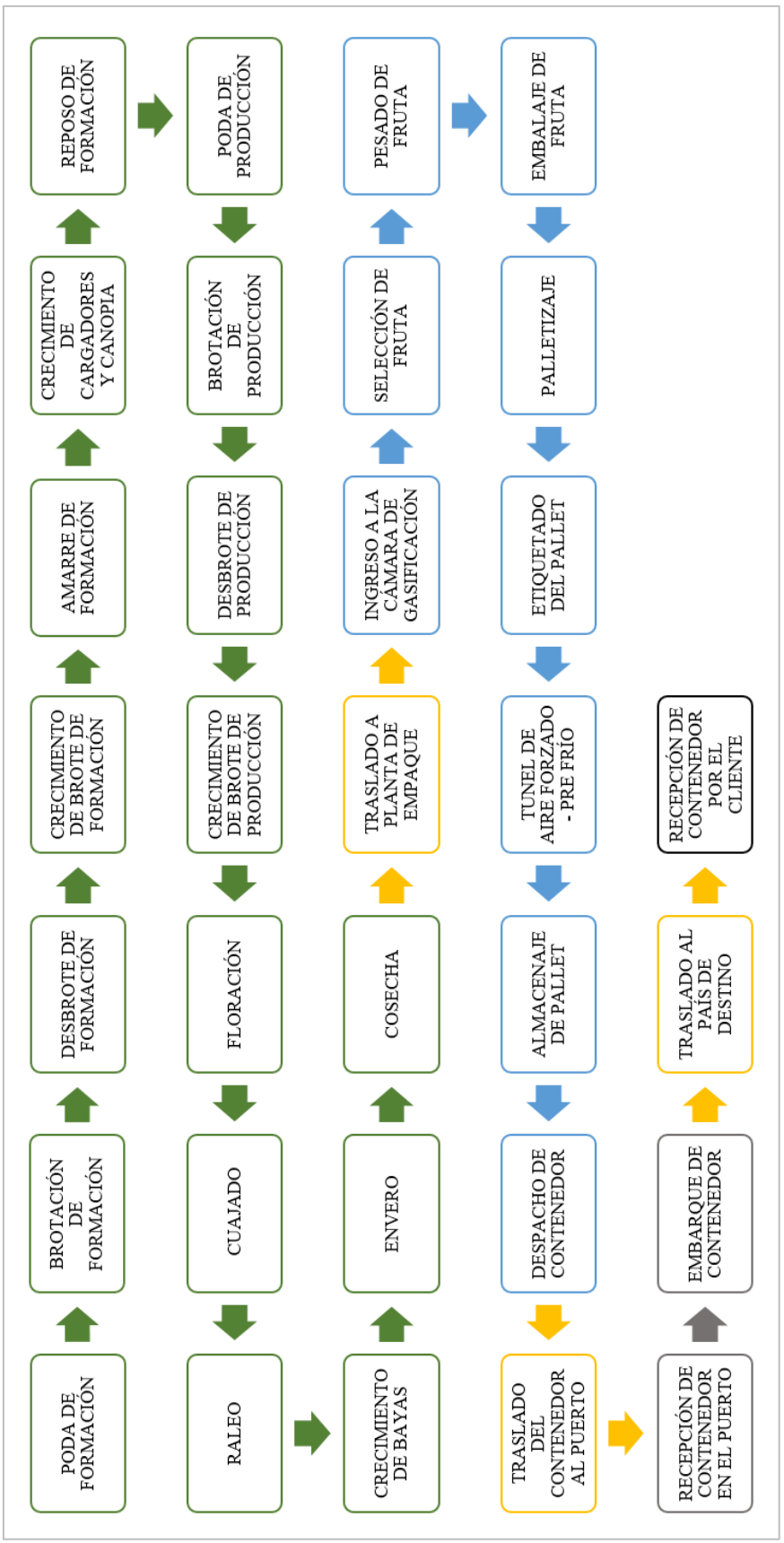


Figura 15. Flujo grama productivo de la uva
Fuente: Elaboración propia con ayuda de expertos

Figura 16. Poda
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

- Poda de Producción

Bajo este nombre se identifica la poda que se realiza luego que la planta ha sido formada de acuerdo con el sistema de conducción elegido. Se busca con esta labor seleccionar las yemas más fértiles y bien ubicadas para asegurar una buena producción y permitir una adecuada aireación e iluminación de la canopia generando mejores condiciones en la misma.

4.3.2.2 Desbrote

Consiste en eliminar el exceso de brotes en una planta, dejando solamente el material necesario o material productivo. El desbrote se realiza 2 veces durante la campaña:

- Desbrote de Formación

Esta labor es importante pues nos permite seleccionar los mejores brotes los cuales serán los cargadores de la campaña de producción.

- Desbrote de Producción

El criterio para el desbrote de producción es seleccionar los mejores brotes tomando en consideración la calidad y el vigor de los racimos, con esto se puede asegurar una buena campaña productiva.

4.3.2.3 Amarre

Esta labor consiste en amarrar los brotes al tendido de alambre del parrón (entre el 2 y 3° alambre, esto va a depender del corte que se le hizo al cargador en la poda de formación y/o producción), con el objetivo de que todos los brotes se sitúen de manera alineada y distribuidos entre sí, el número de amarres que se le pueden dar a cada brote o cargador va a depender mucho de la estructura del tendido de alambre del parrón o del crecimiento de los brotes.

4.3.2.4 Raleo

Actividad realizada para lograr el número adecuado de bayas por racimo y lograr mayor calibre. Existen dos tipos de raleo:

- Raleo Químico

Se realiza con productos hormonales como el ácido giberélico, el cual se aplica en floración (para eliminar flores).

- Raleo Manual

Consiste en la eliminación de bayas mediante una tijera. Se aprovecha esta práctica para descolar los racimos, eliminar los falsos hombros. Se dejan entre 50 y 80 bayas por racimo.

4.3.2.5 Cosecha

La cosecha es el proceso de recolección de frutos, los lotes de uva se monitorean de acuerdo con la fecha de poda de producción (días previos a su punto de madurez), después de evaluar con un refractómetro el nivel de sólidos solubles que la uva tiene en distintos racimos y en distintos sectores del parronal, se debe enseñar al cosechador a reconocer la fruta que debe ser cortada.

4.3.3 Parámetros de calidad de la cosecha de uva

El área de Aseguramiento de la Calidad es la encargada de liberar los lotes para cosecha, es decir, validar que la fruta este en óptimas condiciones para ser cosechada. Esto consiste en medir los grados Brix y acidez, evaluar el color de la fruta y otros parámetros.

Para la evaluación de grados Brix en campo y la liberación a cosecha de los lotes se coordina con el jefe del cultivo vid para realizar las mediciones en 40 plantas al azar dentro del lote en forma de X, siempre separando por color. En variedades de color se miden full color o color cerrado por separado de los racimos con tolerancia de color o halo verde >10% de la superficie de la baya. En el caso de variedades blancas se diferencia por color verde-crema y ámbar-amarillo. Además, se debe tener en cuenta que es posible encontrar líneas de plantas podadas y aplicadas con cianamida en distintas fechas por lo que debe evaluarse por separado.

A continuación, se detallan los parámetros que determina la liberación del lote:

- **Solidos Solubles o grados Brix:** la fruta debe tener el nivel de ° Bx necesario según la variedad. A manera de guía se tiene la tabla 6.

Tabla 6. Grados Brix necesarios para liberación a Cosecha

Variedad	Grado Brix mínimo	Liberación a cosecha
Red Globe	15.0 ° Bx	80% ≥ 15.0 ° Bx
Sugraone	15.0 ° Bx	80% ≥ 15.0 ° Bx
Crimson	16.0 ° Bx	80% ≥ 16.0 ° Bx
Sweet Celebration	18.0 ° Bx	80% ≥ 18.0 ° Bx
Thompson	16.0 ° Bx	100% ≥ 16.0 ° Bx

Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A., 2016

- **Relación de grado Brix – Acidez:** la relación de deber ser mínimo de 20:1 en todas las variedades, con este parámetro se asegura la madurez de consumo de la uva de mesa teniendo una acidez baja y azúcar o dulzor alto.
- **Color:** a pesar de no presentar valor como índice de cosecha, adquiere importancia por la presentación general, y también porque existen tolerancias mínimas por parte de los clientes para la categorización de la uva de exportación, que influye directamente en el precio de venta de la caja. Se utilizan cartas de color (ver figuras 17 y 18) para poder determinar los porcentajes de color. En algunos casos, variabilidad de color se presenta debido al exceso de carga del parrón. Los racimos deben tener un color homogéneo.
  Los requisitos por variedad son los siguientes:
  - Verdes: 100% bayas color verde-crema-ámbar.
  - Rojas: 90% bayas color rojo-rosado.
  - Negras: 90% bayas color negro-violeta.

Figura 17. Carta de color para variedad blanca
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A., 2016

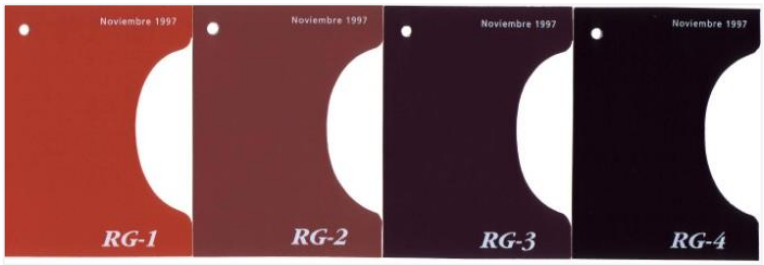


Figura 18. Carta de color para variedad roja
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A., 2016

- **Relación de Materia Seca – Firmeza:** lo óptimo debe ser de 20-22% de materia seca en todas las variedades, excepto en la variedad Thompson, que debe contar con un porcentaje mayor a 18% de materia seca y un óptimo de 20%. La firmeza debe ser superior a 200 gF/mm (gramos fuerza por milímetro).

4.4 Descripción de la empresa: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 19. Uva de mesa en Sociedad Agrícola Saturno S.A.
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

4.4.1 Datos generales de la empresa

Sociedad Agrícola Saturno S.A. es una empresa agro exportadora creada en el año 1996 que produce, empaca y exporta los cultivos de uva, mango y palto hacia los mercados de América, Asia y Europa. Está ubicada en caserío de Sol Sol, en el distrito de Chulucanas, departamento de Piura, en el norte del Perú.

Cuenta con 1200 hectáreas aproximadamente de tierra agrícola, suelo fértil con bajos porcentajes de salinidad, acceso a fuentes de agua seguras, un clima sub tropical estable y está ubicado cerca al puerto de Paita, segundo puerto más importante del Perú, por donde se envían los contenedores a sus lugares de destino.

La organización está dividida en tres gerencias que reportan a la Gerencia General: Gerencia de Fundo, de Recursos Humanos y Comercial. Además, cuenta aproximadamente con 100 trabajadores administrativos.

La presente tesis se enfoca en las actividades poscosecha realizadas en el cultivo de uva de la empresa. Dicho cultivo se trabaja en campañas de un año, las cuales inician con la poda de formación y finalizan con la cosecha de la fruta. El primer lote se poda en octubre y se cosecha en setiembre, y el último lote se poda en enero y se cosecha en diciembre.

La gerencia encargada del manejo del cultivo de la uva es la gerencia de fundo; en la figura 20 se muestra la estructura y relaciones entre las diferentes partes encargadas del manejo de la vid. En la tabla 7 se presenta la principal función de cada una de las áreas definidas en el organigrama, cabe resaltar que cada jefatura presentada en el organigrama

tiene personal a su cargo, quienes tienen asignado un determinado número de hectáreas distribuido por sector y variedad el cual supervisan a diario.

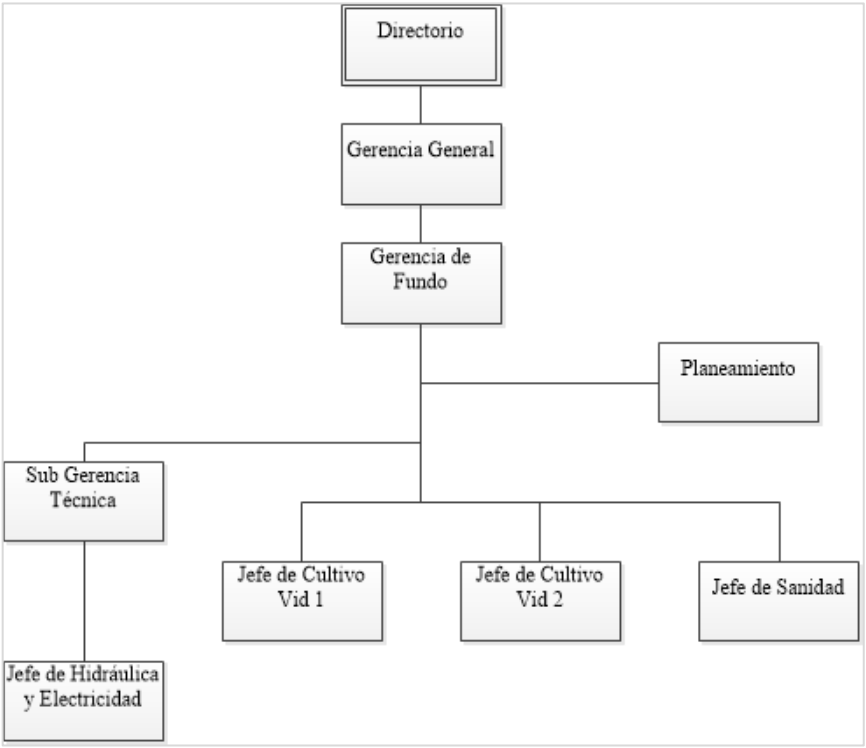


Figura 20. Organigrama enfocado en el manejo del cultivo vid
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Función principal de las áreas relacionadas al cultivo vid

Área	Función principal
Planeamiento de la Producción	Planificar las labores culturales, y la necesidad de materiales para toda la campaña, previa coordinación con las otras áreas participantes.
Sub Gerencia Técnica	Supervisión de la programación y ejecución de los programas de fertilización y riego. Ensayo de nuevos productos con la finalidad de reducir costos sin perder la calidad de la fruta.
Jefe de Cultivo	Se enfoca en crear estrategias para el manejo de la vid y el cumplimiento del plan de trabajo, supervisa su ejecución y toma las decisiones necesarias en la sanidad del cultivo.
Jefe de Sanidad	Coordinar las aplicaciones de nutrientes para alimentar la planta y pesticidas para combatir plagas y enfermedades en todos los lotes previa coordinación con el jefe de cultivo. Informar sobre el estado de la plaga o enfermedad en cada lote para una mejor toma de decisiones.
Jefe de Hidráulica y Electricidad	Coordinar el riego y la fertilización de productos en todos los lotes previa coordinación con el jefe de cultivo, hacer el mantenimiento respectivo de materiales hidráulicos y de electricidad.

Fuente: Elaboración propia

Sociedad Agrícola Saturno maneja aproximadamente 400 hectáreas productivas en cultivo vid, cuenta con 10 variedades con alto nivel productivo, lo cual ayuda a satisfacer a todos los mercados destinos. La distribución según su ubicación geográfica es marcada por

sectores, esto hace que cada uno de ellos tenga un cierto % de hectáreas como se muestra en la figura 21 y 22:

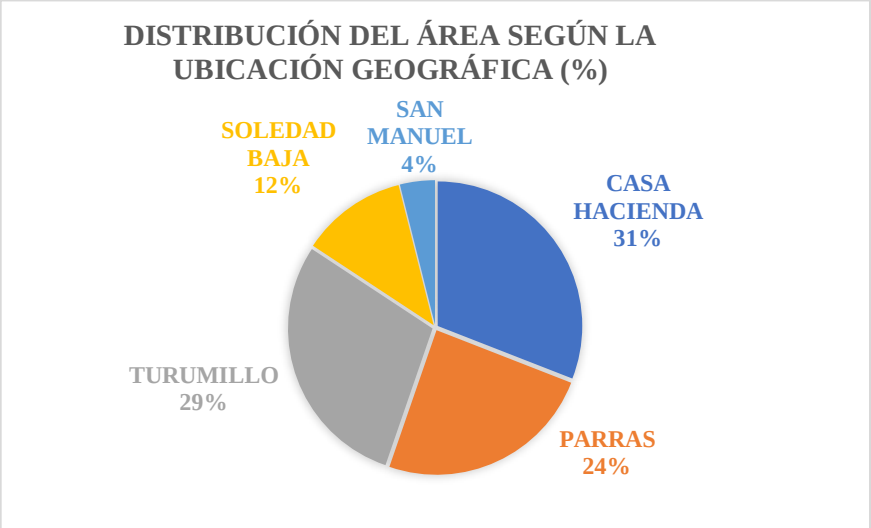


Figura 21. Distribución del área según la ubicación geográfica (%)
Fuente: Elaboración propia

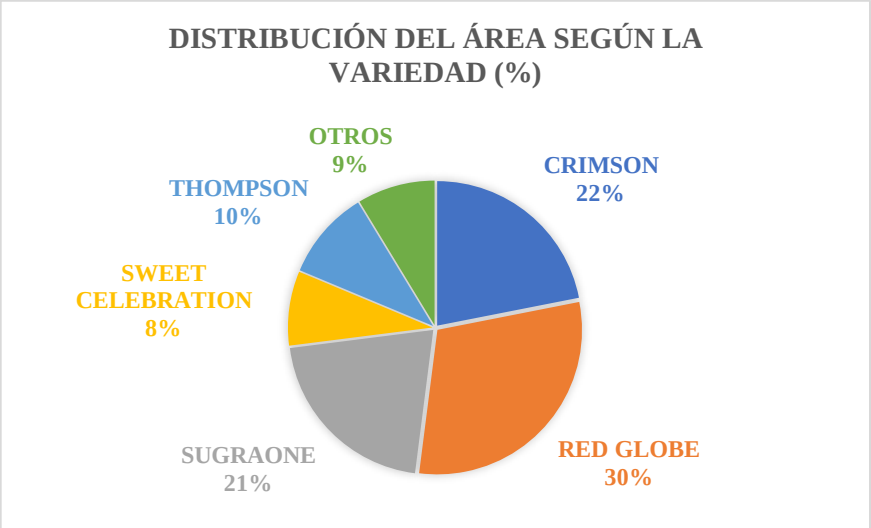


Figura 22. Distribución del área según la variedad
Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Producción histórica

Durante los últimos años el rendimiento en cajas por hectárea (cajas/ha) de Sociedad Agrícola Saturno S.A. ha venido disminuyendo desde el 2014 tal como se muestra en la figura 23.

En el 2015 el rendimiento ponderado de toda su producción bajo un 12% a comparación del 2014. Para la reciente campaña pasada del 2016, la productividad en cajas por hectárea de uva de mesa tuvo una baja del 5.7% respecto al 2015 y esta baja en la cantidad de cajas producidas se vio reflejada directamente en el total de contenedores vendidos al mercado internacional durante ese mismo periodo, a esto debemos sumarle que la cantidad de hectáreas productivas creció significativamente para el año 2016.

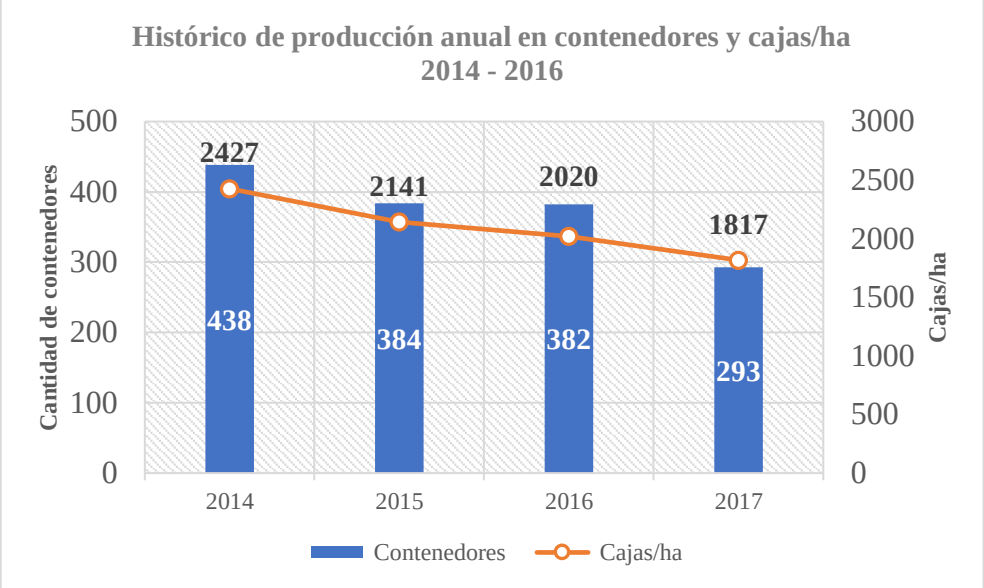


Figura 23. Histórico de producción anual en contenedores y cajas por hectárea
Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa

Capítulo 5
Situación inicial

En la empresa Sociedad Agrícola Saturno S.A. se cosecha uva entre los meses de setiembre y diciembre. El análisis del proceso de cosecha y traslado de la fruta a la planta de empaque fue realizado durante el mes de noviembre de 2016. A continuación, se explicará a detalle cada parte del proceso.

5.1 Cosecha

Para realizar la cosecha propiamente dicha, es decir, cortar la fruta de la planta y seleccionar las bayas para exportación, se tiene personal distribuido en varias labores relacionadas a la cosecha, tales como, corte de fruta, limpieza de fruta, carguío de jabas, armado de bloques, limpieza de campo, desinfección de tijeras, entre otros. La cantidad de personas para las principales labores, como son, corte y limpieza de fruto, tiene una proporción de 1 a 3 respectivamente y se determinan de acuerdo con el estimado de la producción del día.

Cerca del personal de corte y limpieza de fruta, se ubica el encargado de la desinfección de tijeras. Este trabajador se desplaza con un balde que contiene una solución de hipoclorito de sodio, para desinfectar las tijeras constantemente, y así, evitar la contaminación de la fruta.

El trabajador de limpieza de fruta es distribuido a lo largo de una línea del parrón, donde coloca la mesa cosechera y sus implementos, dejando 2 metros aproximadamente entre cada uno, tal como se muestra en la figura 24 y 25. El trabajador de corte de fruta se ubica en las líneas adyacentes a las del limpiador. Se debe colocar una malla a lo largo de la línea donde se ubica el limpiador y en la línea anterior.

El trabajador encargado de cortar la fruta coloca dicha fruta en una jaba. La fruta que aún no ha madurado se corta en una siguiente pasada, hasta que el área de calidad dé el visto bueno (ver figura 26).

Cuando el trabajador que corta la fruta llena la jaba con la fruta (7.5 kg de fruta aproximadamente), debe colocarla en la línea adyacente de la ubicación del limpiador. De esta manera, el limpiador es abastecido continuamente por quien realiza el corte de la fruta.

Figura 24. Mesa cosechera
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 25. Distribución de trabajadores dentro del parrón
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 26. Trabajador en corte de fruta
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

El limpiador toma una jaba con fruta y la coloca sobre la mesa cosechera. Aquí selecciona y limpia los racimos y corta las bayas dañadas. La fruta seleccionada se coloca en una jaba limpia que tiene en la base un plástico de burbuja. Este plástico es flexible y transparente con bolsas llenas de aire y espaciadas que proporcionan amortiguación a la fruta cuando es colocada (ver figura 27).

Figura 27. Selección y limpieza de fruta
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Cuando la jaba con fruta limpia está llena, se coloca a un costado de la mesa para que posteriormente sea cargada por un tractor con carretas y otros trabajadores o solo por trabajadores hasta afuera del parrón. Una vez fuera, la fruta se lleva hasta el centro de acopio en las carretas o se arman bloques de 60 jabas para que un tractor con portabin las lleve al centro de acopio de acuerdo con el método que se esté utilizando (ver figura 28).

Figura 28. Jaba con fruta exportable
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

El portabin, ver figura 29, es un tipo de maquinaria agrícola diseñado para optimizar los traslados y movimientos de los diferentes productos agrícolas durante la cosecha. Realiza

las actividades de manera rápida, segura y con una importante reducción de costos, si se tiene la producción necesaria. Cuenta con una capacidad para transportar 2000 kilos de fruta y con tecnología hidráulica que facilita su uso, todo esto, sin dañar la fruta (Agromecaniza, 2017).

Figura 29. Portabin autorecargable
Fuente: Agromecaniza, 2017

En la figura 30 se presenta el diagrama de flujo de este método.

5.2 Traslado de campo a planta de empaque

Una vez llenas las jabas con fruta para exportación, estas son trasladadas al centro de acopio. En dicho lugar se ubican las jabas en un camión, que finalmente lleva la fruta hasta la planta de empaque.

Es en esta parte del proceso donde se encontró la mayoría de los retrasos en el traslado de la fruta. Por ello, con este estudio se busca mejorar los tiempos de traslado del centro de acopio a planta, para futuras campañas. Durante la campaña de producción del año 2016, se trabajó con 2 métodos para trasladar la fruta del campo hasta la planta de empaque: por jabas y por bloques. Las mejoras planteadas por este estudio fueron implementadas en la campaña de producción del año 2017, con cuyos datos se podrán comparar los tiempos y validar la mejora de este proceso.

Es importante que se tome conciencia de que las jabas con fruta cosechada no pueden permanecer en altas temperaturas durante periodos prolongados, mucho menos en contacto directo con el sol, donde la temperatura es mayor que dentro del centro de acopio. Es por esto, que el centro de acopio se construye de grandes dimensiones y con la altura del techo suficiente para hacer sombra a los tractores, camiones o montacargas que intervienen en el proceso. En la figura 31 se observa un centro de acopio en funcionamiento, donde se

evidencia la gran cantidad de fruta acumulada. La fruta expuesta al sol tiene una mayor temperatura que la fruta que está bajo la sombra del centro de acopio.

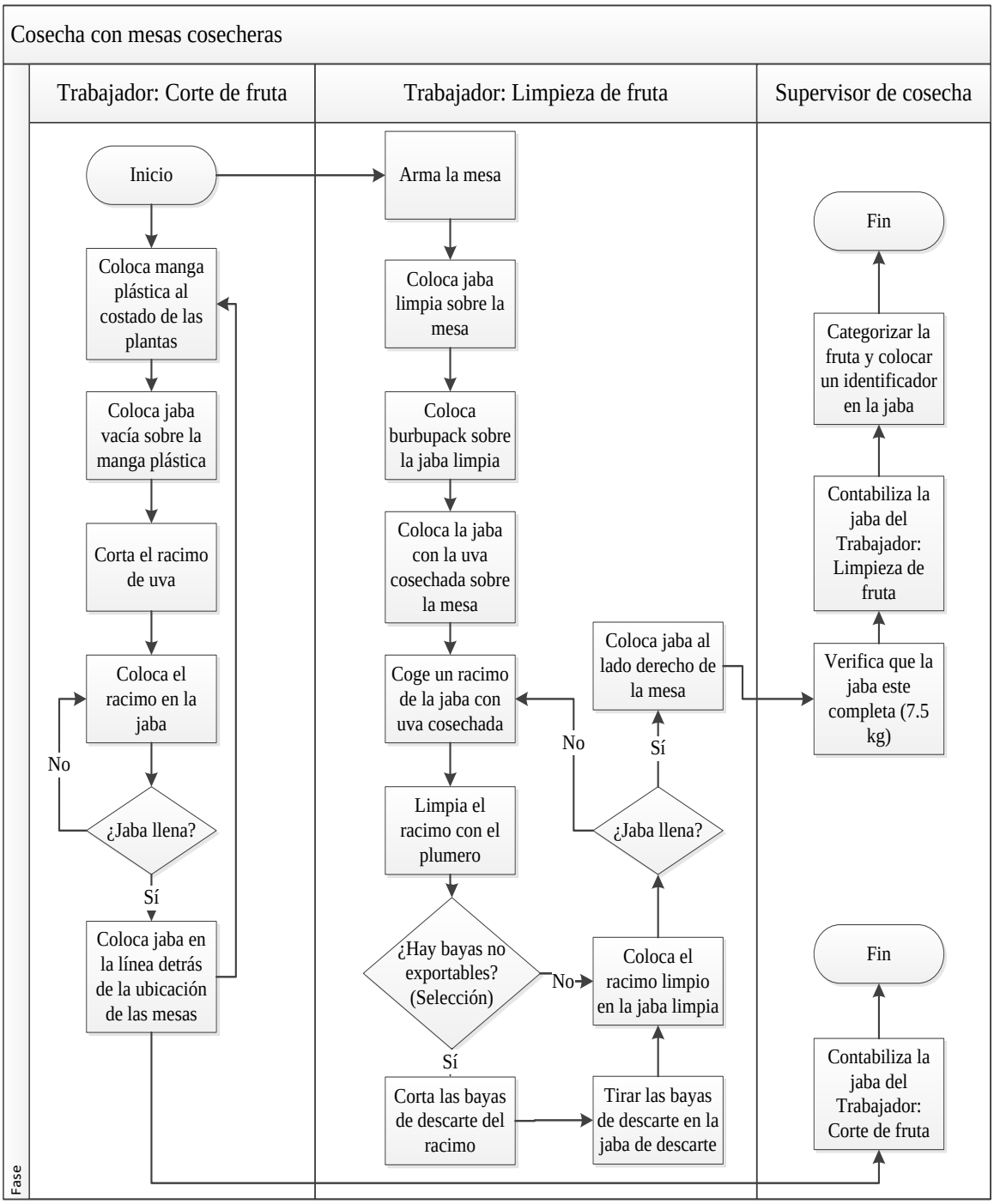


Figura 30. Diagrama de flujo de la cosecha
Fuente: Elaboración propia

Las jabas se transportan hasta la planta de empaque en camiones cubiertos por una malla, evitando así la contaminación de la fruta con polvo y el contacto directo con el sol durante el recorrido; además, éstos deberán circular a una velocidad máxima de 20 km/h. En la figura 32 se puede ver un camión cargado estacionado fuera de la planta de empaque.

Figura 31. Centro de acopio
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 32. Camión cargado de fruta
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

A continuación, se detallan ambos métodos.

5.2.1 Traslado por jabas

Con este método, el tractor con dos carretas ingresa al parrón a cargar las jabas con fruta seleccionada y luego llevarlas hasta el centro de acopio. Estas carretas deben ser cubiertas con malla Rachel para disminuir el golpe directo del sol sobre la fruta y deben ser trasladadas a una velocidad moderada, de alrededor 10 km/h, para evitar daños y contaminación (ver figuras 33 y 34).

Una vez dentro del centro de acopio, el tractor se coloca al costado de un camión vacío que se encuentra estacionado, dejando la primera carreta junto a la tolva del camión. Este camión debe estar preparado, es decir, con la tolva desinfectada con hipoclorito de sodio y con parihuelas debidamente ordenadas, para luego ser abastecido con las jabas con fruta (ver figura 35). Los estibadores pasan las jabas desde la carreta hacia el camión colocándolas sobre las parihuelas en pilas de 10 en una sola fila como se puede ver en la figura 37. Se cuenta con 4 o 5 estibadores por cada tractor con 2 carretas que abastecerá el centro de acopio.

Figura 33. Tractor con carretas cargando fruta dentro del parrón
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 34. Carreta cubierta con malla Rachel
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 35. Parihuelas sobre la tolva del camión
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Cada parihuela puede tener hasta 50 jabas, teniendo en cuenta que se colocan 5 de base y se hacen pilas de 10. Si se toma en cuenta el largo de la tolva del camión, se puede calcular la cantidad de jabas que se pueden trasladar por viaje hasta la planta de empaque, considerando que entran 2 parihuelas en el ancho del camión (ver figura 36). En la campaña 2016 se utilizaron camiones con tolva de capacidad desde 300 hasta 800 jabas (2-7 toneladas) y, por ende, el tiempo de llenado de los camiones era muy variable.

Figura 36. Estibando jabas sobre las parihuelas del camión
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Cuando el camión está completamente lleno, el encargado del centro de acopio entrega la guía de control interno, en la que se coloca el lote de origen, variedad, número de jabas por categoría, entre otros. Asimismo, se cubre con malla Rachel y se asegura las jabas en el camión, para posteriormente dirigirse a la planta de empaque (ver figura 37).

Figura 37. Camión cargado y asegurado
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de este método (ver figura 38):

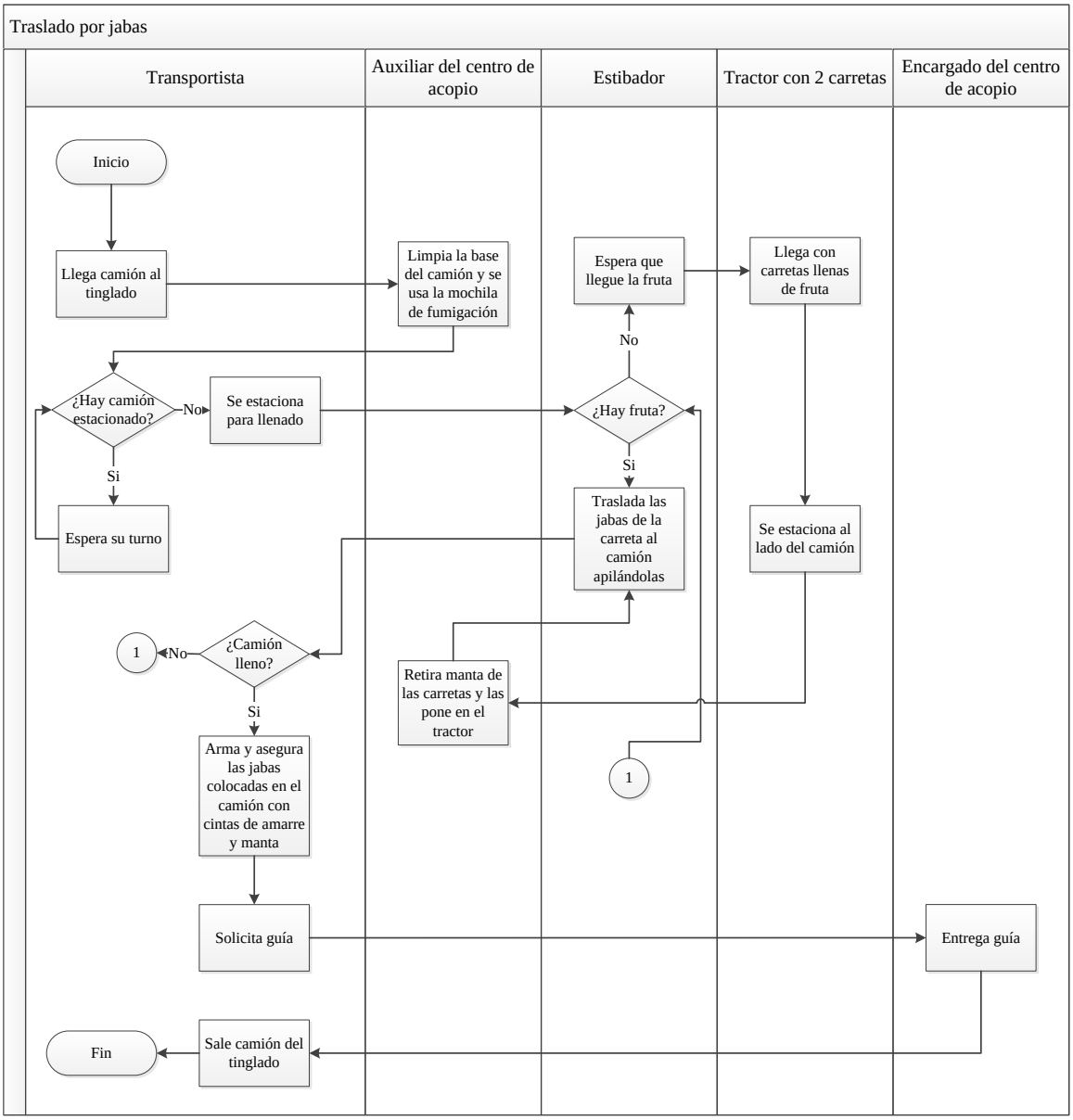


Figura 38. Diagrama de flujo del traslado por jabas
Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Traslado por bloques

En este segundo método, hay trabajadores dentro de los parrones encargados de colocar las jabas sobre una parihuela y asegurarla con esquineros y una cuerda de nylon. Estos materiales son cargados a primera hora del día a los lotes que van a ser cosechados. Asimismo, cuando las parihuelas con fruta son llevadas a planta, estás son devueltas en uno de los camiones junto con las jabas vacías. Las parihuelas se colocan en filas de 4 para que el portabin pueda cargarlo con facilidad y llevarlo hasta el centro de acopio.

Una vez en el centro de acopio, el tractor con portabin (ver figura 39) descarga los bloques de jabas en los extremos para que el montacargas (ver figura 40) pueda desplazarse con facilidad entre los bloques y el camión. Luego, se regresa al campo para cargar más

fruta. En el centro de acopio, se encuentran 2 montacargas, que se encargan de subir los bloques en la tolva del camión formando una pila de 2 bloques (ver figura 41). En este caso, la tolva del camión debe ser desinfectada antes de colocar los bloques, los cuales ya vienen con parihuelas.

Figura 39. Tractor con portabin
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 40. Montacargas en el tinglado
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Figura 41. Llenado del camión
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

Del mismo modo que en el método anterior, el encargado del centro de acopio entrega una guía de control y se cubren y aseguran los bloques del camión para ser enviadas a la planta de empaque (ver figura 42).

Figura 42. Camión cargado y asegurado
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de este método (ver figura 43):

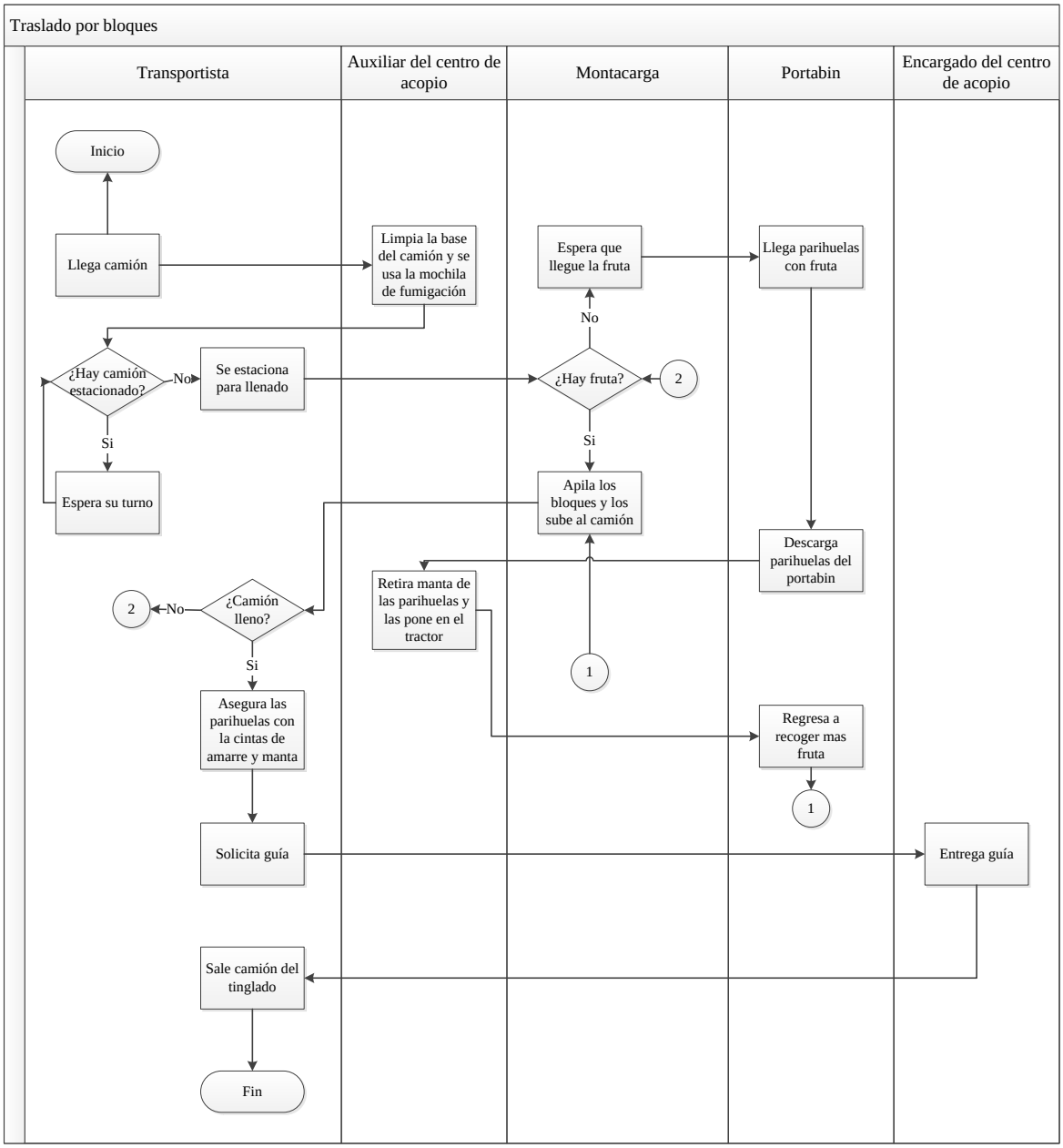


Figura 43. Diagrama de flujo del método de cosecha mecánica
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6
Evaluación de la situación actual del traslado

En este capítulo, se identifica el método más eficiente de traslado de uva desde el campo hasta la planta de empaque, teniendo en cuenta el nivel de producción de la empresa. Existen tiempos de trabajo, de traslado y tiempos muertos de las maquinarias y trabajadores en cada uno de los métodos. En el siguiente apartado, se seleccionarán las variables que permitirán comparar dicha eficiencia; sin embargo, hay otros factores que son necesarios considerar para elaborar una propuesta que mejore el tiempo de traslado de la fruta desde el campo hasta la planta de empaque. Una vez seleccionadas las variables, se utilizarán métodos estadísticos para poder compararlas y encontrar el mejor método en función del tiempo y del costo.

6.1 Selección de variables

En la tabla 8 se muestran todos los posibles tiempos que se pueden medir para el análisis y comparación de ambos métodos de traslado de uva utilizados durante la campaña de producción del año 2016 en la empresa.

Tabla 8. Variables de medición

Tipo	Método 1: Por jabas	Método 2: Por bloques
Tiempo de trabajo	Tiempo de llenado del camión	Tiempo de llenado del camión
	Tiempo de armado y asegurado del camión	Tiempo de armado y asegurado del camión
Tiempo de traslado	Tiempo de ciclo de un camión	Tiempo de ciclo de un camión
	Tiempo de ciclo de un tractor con 2 carretas	Tiempo de ciclo de un tractor con portabin

Tipo	Método 1: Por jabas	Método 2: Por bloques
Tiempo muerto	Tiempo en cola/muerto del camión – espera por falta de fruta	Tiempo en cola/muerto del camión – espera por falta de fruta
	Tiempo muerto de la fruta o tractor con 2 carretas	Tiempo muerto de la fruta
	Tiempo muerto estibador	Tiempo muerto del montacargas

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se han identificado variables, en términos de costo, que el gerente revisa constantemente, tales como, cuánto cuesta implementar y poner en funcionamiento un centro de acopio y cuánto dinero gasta la empresa innecesariamente en pagar a los trabajadores parados por falta de trabajo en el centro de acopio.

Luego de analizar cada variable junto a expertos en el tema (gerente del fundo, sub gerente técnico y jefes de cultivo vid) y asesores de la tesis se llegó a la selección de las siguientes variables:

- Tasa de llenado del camión

La tasa de llenado del camión depende de 2 factores: el número de jabas que el camión puede transportar (capacidad) y el tiempo de llenado, desde que se coloca la primera jaba hasta la última. Por ello, para homogenizar la variable para ambos métodos, se calcula el número de jabas cargadas al camión por minuto. Esto es la división de la capacidad del camión entre la duración.

$$Tasa\ de\ llenado = \frac{jabas}{minuto} = \frac{capacidad\ del\ camión\ (jabas)}{duración\ (\text{min})}$$

- Tiempo muerto de la fruta

Se considera como tiempo muerto cuando la fruta está sin movimiento por más de 5 minutos. Esta variable puede darse a raíz de tres causas: falta de camiones, falta de mano de obra en el centro de acopio y el sobreabastecimiento de fruta.

- Tasa de aparición de tiempos muertos

Esta tasa indica la cantidad de tiempos muertos que aparecen por día durante la toma de datos. Se contabiliza la cantidad de tiempos muertos diarios para ambos métodos.

- Costo de implementación diario de cada método para un centro de acopio

Con el costo unitario de la maquinaria, mano de obra y demás, fijados por la empresa, y la cantidad de cada recurso necesario para poner en funcionamiento un centro de acopio, se calcula el costo de implementación diario de cada método.

- Costo incurrido por tiempo muerto de la mano de obra

En el método 1, cuando el tractorista llega con la fruta al centro de acopio y no encuentra camión o ya hay 2 tractores abasteciendo el camión, son 3 estibadores y 1 tractorista los que se quedan inactivos debido a que el tractorista no puede seguir cargando fruta mientras las carretas ya están abastecidas. Por otro lado, en el método 2 los tractores con portabin dejan la fruta dentro del centro de acopio y se van al parrón a cargar más fruta, es decir, siempre están en actividad. El único tiempo muerto en mano de obra es cuando no se abastece al centro de acopio con fruta, lo cual genera que ambos montacarguistas estén sin actividad. El costo de calcula tomando en cuenta el monto diario que se le paga a los trabajadores según su función.

Por otro lado, existen factores externos que se deben tomar en cuenta para tomar decisiones, como lo son:

- Incremento del nivel de producción

Es recomendable encontrar una fórmula simple que nos permita conocer la necesidad de los recursos con base en la producción que se tendrá en un centro de acopio. De esta manera, se evita la falta o exceso de fruta durante el proceso.

- Escasez de mano de obra agrícola

Según el documento Planeamiento estratégico sectorial multianual 2015-2021 (Ministerio de Agricultura y Riego), en las zonas rurales del país predomina una población de adultos mayores, debido a la migración de los jóvenes a zonas urbanas por la falta de servicios básicos y baja remuneración en las empresas agrícolas. Esto genera que la escasez de mano de obra en el campo aumente con el tiempo.

- Variabilidad de capacidad de camiones

Según lo observado y consultado con el área encargada de la contratación de vehículos de transporte de la empresa, la oferta de los camiones baja porque la mitad de la campaña de producción de uva de mesa se cruza con el inicio de la campaña de producción de mango. Para el jefe del cultivo es importante contratar camiones con la misma capacidad, ya que cuando se tiene camiones con poca capacidad, a pesar de que estos son llenados en menor tiempo, se necesita una mayor cantidad de camiones para no afectar el abastecimiento a planta. Con ello, se incurre en un incremento en los costos, pues el pago a los transportistas se realiza por hora trabajada. Por otro lado, si se contrata camiones con gran capacidad, el tiempo de llenado sería mayor y, por ende, su salida a planta se retrasa, ocasionando desabastecimiento en planta y mayor tiempo de exposición de la fruta a temperaturas altas.

6.2 Variables relacionadas con el tiempo

En este apartado, se describirán los datos tomados de las variables tasa de llenado del camión, tiempo muerto de la fruta y tasa de aparición de tiempos muertos. Asimismo, con base en esos datos, se realizará una comparación de ambos métodos respecto a dichas variables.

6.2.1 Toma de datos

El periodo de toma de datos se vio limitado al tiempo concedido por la empresa para dicho fin. Durante este periodo, se tomaron todos los datos posibles y, aunque las medias estimadas de las variables podrían tener un margen de error más alto de lo recomendable (5%), los datos serán de utilidad para realizar comparaciones estadísticas entre las medias de las distintas variables. Estas permitirán comparar el método 1 y el método 2 de manera adecuada.

El registro de los datos se realizó del 8 al 19 de noviembre del 2016 desde las 7 a.m. hasta las 12 p.m. (5 horas por día durante 10 días) en un sector distinto cada día. Los sectores son zonas geográficas dentro de la empresa que agrupa varios lotes de cultivo de uva de mesa. Sin embargo, para el método 2 solo se registraron datos por 9 días porque el trabajador asignado para la toma de datos no asistió a la empresa un día por motivos personales.

Como se han registrado datos durante 5 horas al día, se realiza una estimación de la producción promedio si se considera el día completo de 8 horas. A continuación, se muestran los cálculos realizados:

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) = \frac{jabas\ total}{cantidad\ de\ dias}$$

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (8\ h) = \frac{cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) \times 8\ h}{5\ h}$$

Para el método 1 (por jabas), se contabilizó un total de 25 310 jabas en 10 días y se utilizaron un promedio de 4 tractores con 2 carretas y 4 camiones con tolva de capacidad de jabas variable en cada centro de acopio por día. Se estima que la producción promedio por día completo es de 4000 jabas. En la tabla 9 se muestra el detalle de la cantidad de jabas producidas, la cantidad de camiones y la cantidad de tractores utilizados por día.

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ por\ día\ (5\ h) = \frac{25\ 310}{10} = 2531\ jabas\ en\ 5\ horas$$

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ por\ día\ (8\ h) \approx 4050\ jabas\ por\ día\ completo$$

Tabla 9. Información de la evaluación del método 1

Fecha	Sector	Cantidad de jabas en 5 horas	Cantidad de camiones	Cantidad de tractores
8-Nov-16	Turumillo	2900	4	4
9-Nov-16	Parras	3000	5	4

Fecha	Sector	Cantidad de jabas en 5 horas	Cantidad de camiones	Cantidad de tractores
10-Nov-16	Casa Hacienda	2800	3	4
11-Nov-16	Parras	1960	4	4
12-Nov-16	Casa Hacienda	2300	4	3
14-Nov-16	Casa Hacienda	1200	2	2
16-Nov-16	Turumillo	2150	5	4
17-Nov-16	Turumillo	1600	3	3
18-Nov-16	Casa Hacienda	3500	4	4
19-Nov-16	Casa Hacienda	3900	6	5

Fuente: Elaboración propia

Para el método 2 (por bloques), se contabilizó un total de 34 020 jabas en 9 días y se utilizaron un promedio de 3 tractores con portabin y 5 camiones con tolva de capacidad de jabas variable en cada centro de acopio por día. Se estima que la producción promedio por día completo es de 6000 jabas. En la tabla 10 se muestra el detalle de la cantidad de jabas producidas, la cantidad de camiones y tractores utilizados por día.

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) = \frac{34\ 020}{9} = 3780\ jabas\ en\ 5\ horas$$

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (8\ h) \approx 6050\ jabas\ por\ día\ completo$$

Tabla 10. Información de la evaluación del método 2

Fecha	Sector	Cantidad de jabas en 5 horas	Cantidad de camiones	Cantidad de tractores
8-Nov-16	Turumillo	3060	7	3
9-Nov-16	Casa Hacienda	1860	3	3
10-Nov-16	Casa Hacienda	4260	6	3
11-Nov-16	Casa Hacienda	4380	6	3
12-Nov-16	Parras	4200	5	3
14-Nov-16	Parras	4020	4	3
17-Nov-16	Casa Hacienda	1920	3	3
18-Nov-16	Casa Hacienda	6060	6	3
19-Nov-16	Casa Hacienda	4260	5	3

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de los datos recolectados se hizo uso del software estadístico Minitab.

6.2.1.1 Método 1: por jabas

a. Tasa de llenado

En la figura 44, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa de llenado del camión en jabas/minuto. Como se puede observar a través del histograma, los datos siguen una distribución normal, lo que se comprueba con la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor resultante es mayor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 18.04 jabas/minuto cargadas al camión y una cuasidesviación estándar de 3.87 jabas/minuto.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que al menos el 75% de camiones se cargan con una tasa mayor a 14.90 jabas/minuto, teniendo como máximo 30.77 jabas/minuto. Asimismo, el 50% de camiones se han cargado con tasas entre 14.90 y 20 jabas/minuto.

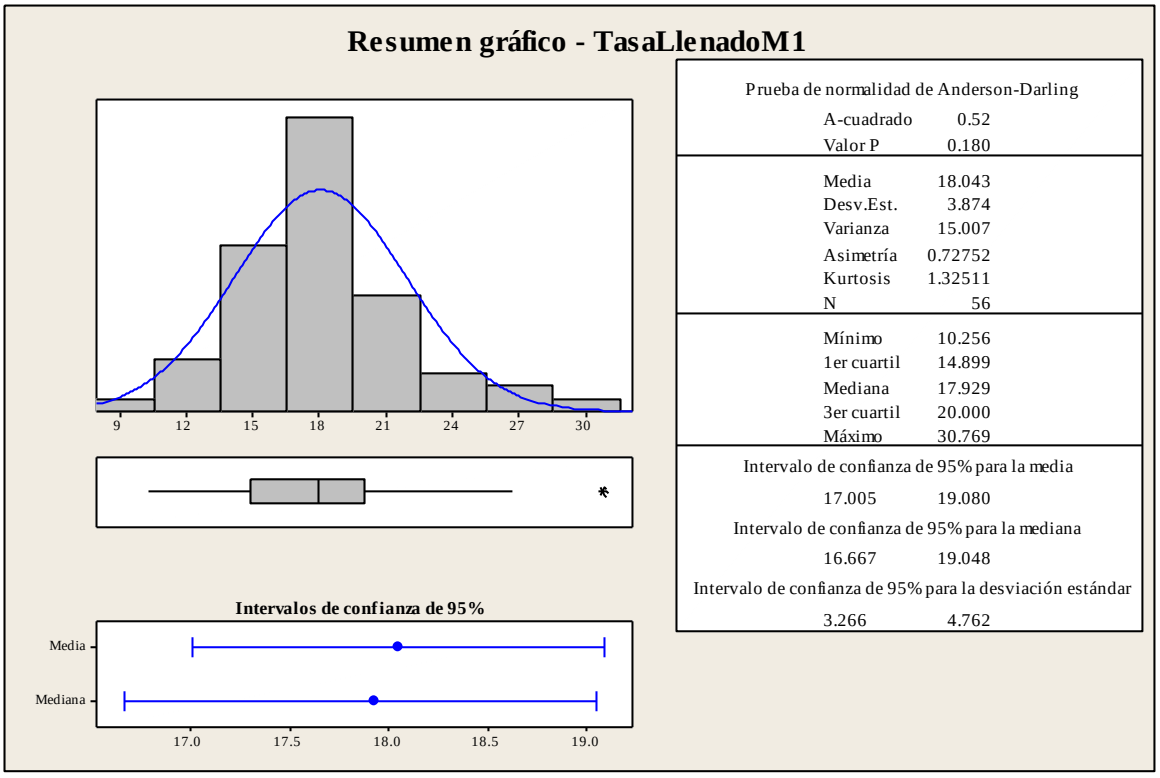


Figura 44. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

b. Tiempo muerto

En la figura 45, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para el tiempo muerto. Como se puede observar a través del histograma, los datos no siguen una distribución normal. Esto se comprueba a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es menor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 15.8 minutos y una cuasidesviación estándar de 10.07 minutos.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que el 75% de los tiempos muertos medidos tienen una duración menor o igual a 21.5 minutos, teniendo como

máximo 48 minutos. Asimismo, el 50% de los tiempos muertos tienen una duración entre 9 y 21.5 minutos.

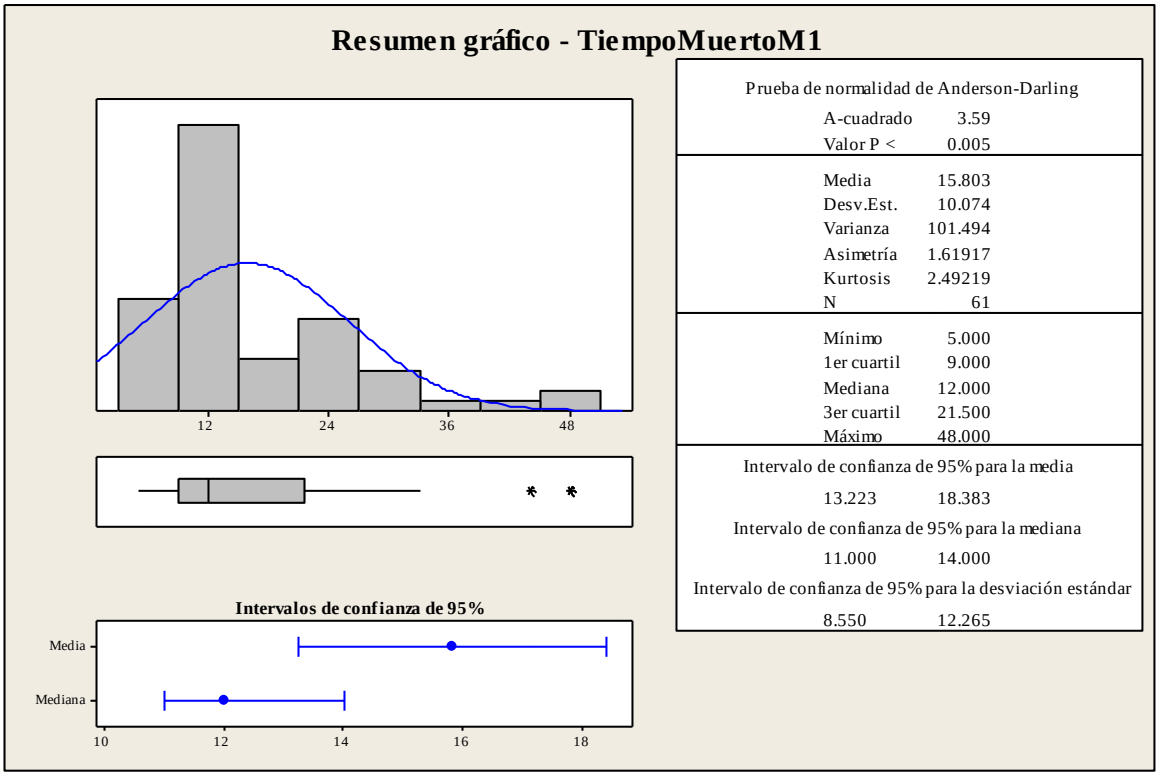


Figura 45. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

c. Tasa de aparición de tiempos muertos

En la figura 46, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa media de aparición de tiempos muertos por día. Como se puede observar a través del histograma, los datos siguen una distribución normal, lo que se comprueba con la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor resultante es mayor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 6.2 tiempos muertos y una cuasidesviación estándar de 2.1 tiempos muertos.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja concluimos que el 75% de días tienen 8 tiempos o menos, teniendo como máximo 10 veces. Asimismo, el 50% de días se han contabilizado entre 5 y 8 tiempos muertos.

6.2.1.2 Método 2: por bloques

a. Tasa de llenado

En la figura 47, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa de llenado en jabas/minuto. Como se puede observar a través del histograma, los datos no siguen una distribución normal, debido a que presentan una asimetría positiva. Esto se comprueba a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es menor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 37.96 jabas/minuto cargadas al camión y una cuasidesviación estándar de 12.87 jabas por minuto. Debido a la asimetría, una medida que interesa más para representar la centralización de los

datos es la mediana, cuyo valor es 34.29 jabas/minuto, lo cual significa que la mitad de los camiones han sido cargados con una tasa de llenado menor o igual a dicho valor.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que al menos el 75% de los camiones se han cargado con una tasa mayor o igual que 28.12 jabas/minuto, teniendo como máximo 76.36 jabas/minuto. Asimismo, el 50% de camiones se han cargado jabas con una tasa entre 28.11 y 45.33 jabas/minuto.

b. Tiempo muerto

En la figura 48, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para el tiempo muerto. Como se puede observar a través del histograma, los datos no siguen una distribución normal, debido a que presenta una asimetría positiva. Esto se comprueba a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es menor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 11.6 minutos y una cuasidesviación estándar de 6.2 minutos.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que el 75% los tiempos muertos medidos tiene una duración menor o igual a 15.25 minutos, teniendo como máximo 29 minutos. Asimismo, el 50% de los tiempos muertos tienen una duración entre 6.75 y 15.25 minutos.

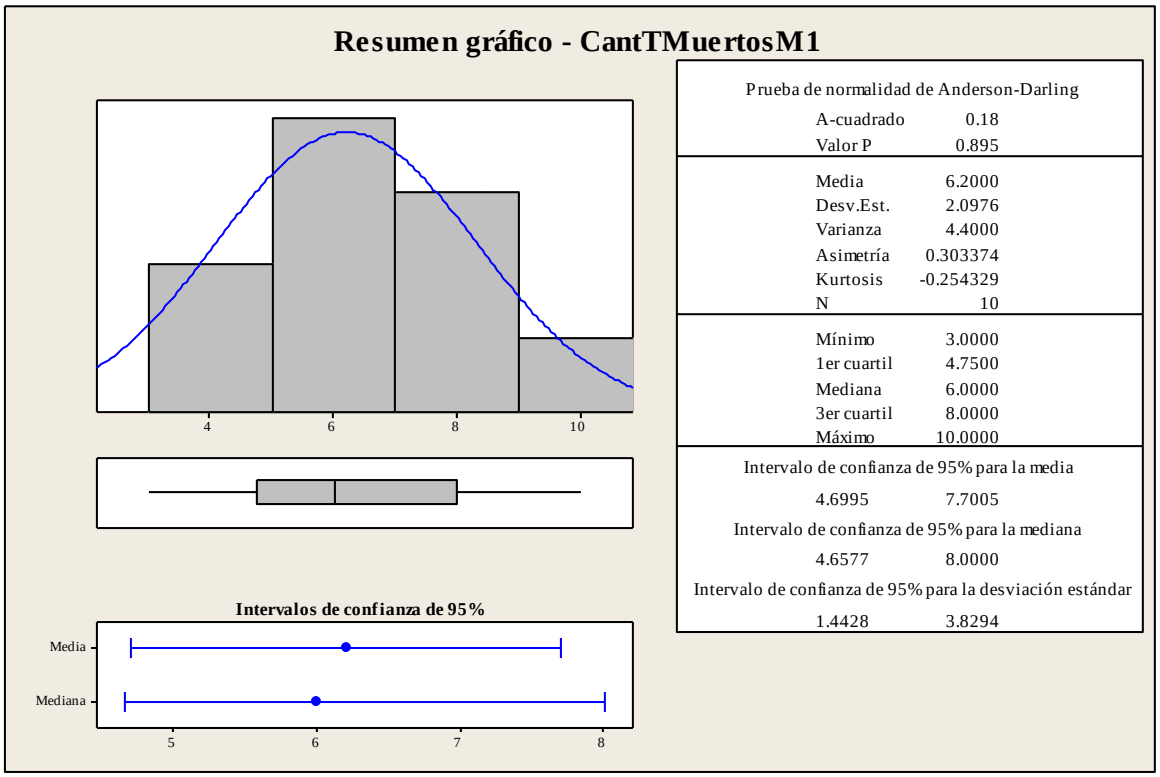


Figura 46. Resumen gráfico – Método 1 (por jabas) – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

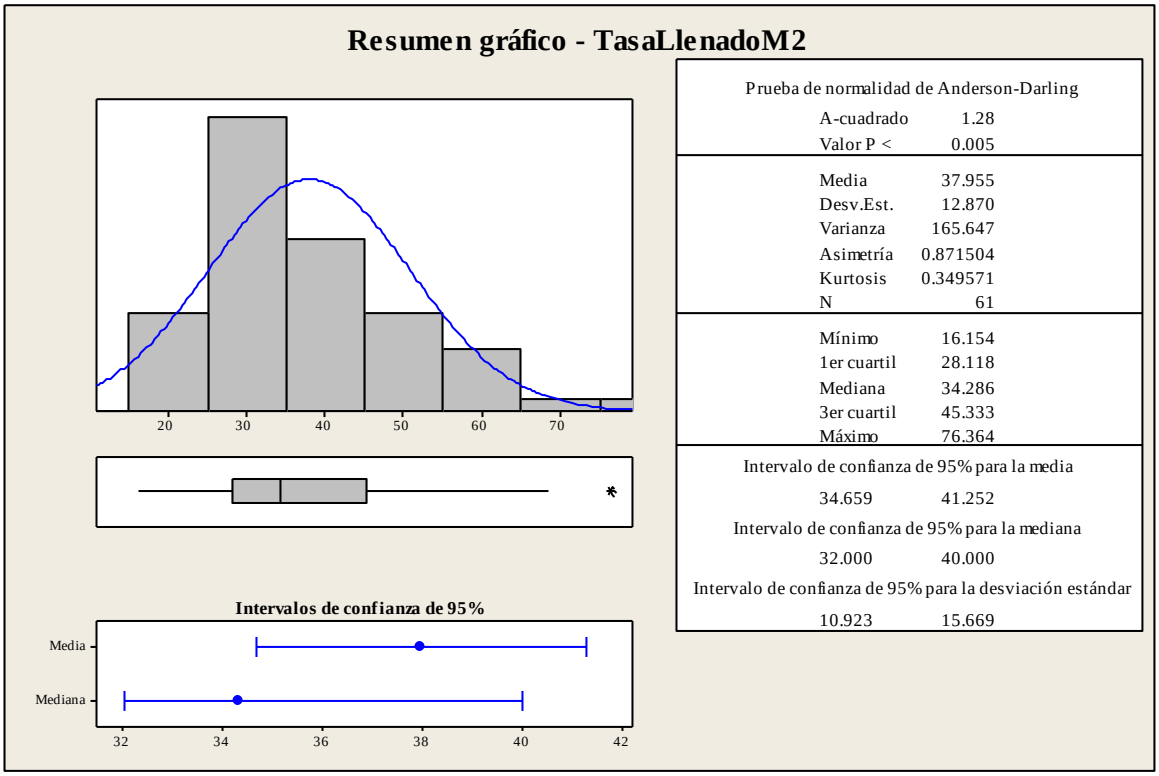


Figura 47. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

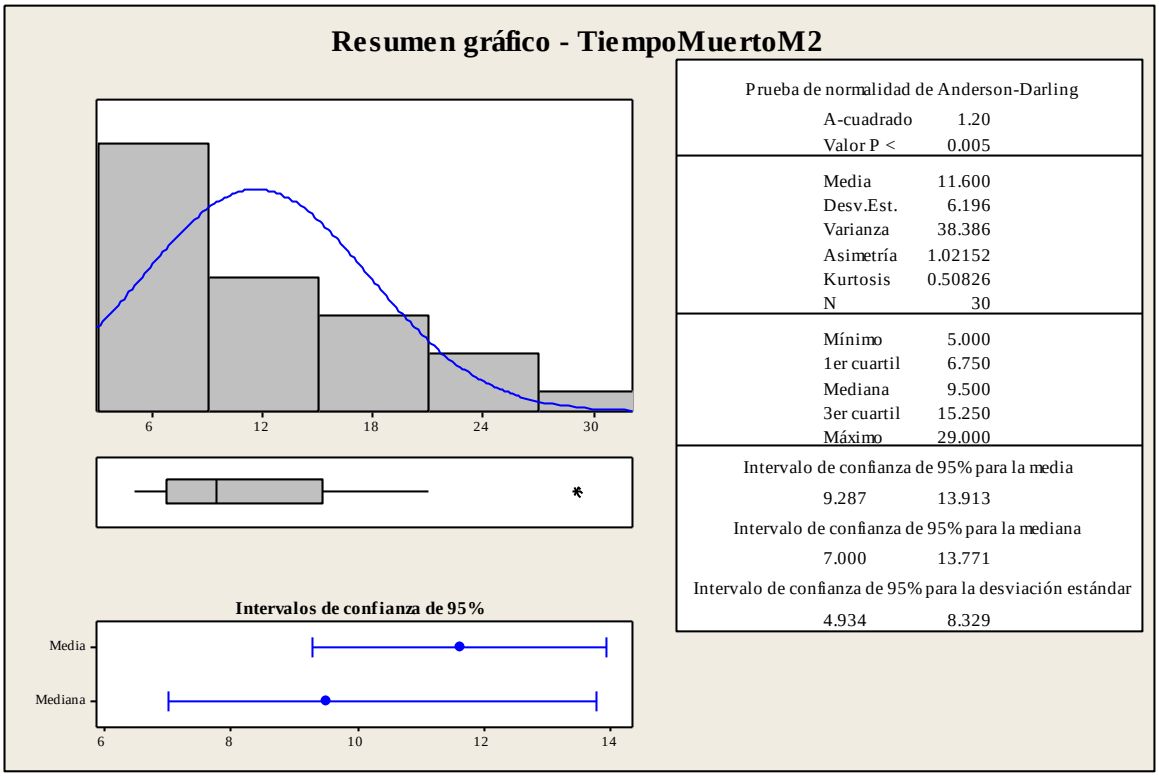


Figura 48. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

c. Tasa de aparición de tiempos muerto

En la figura 49, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa de aparición de tiempos muertos diaria. Como se puede observar a través del histograma, los datos siguen una distribución normal, lo que se comprueba con la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es mayor al nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 3.33 tiempos muertos y una cuasidesviación estándar de 2.12 tiempos muertos.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja concluimos que el 75% de días tienen 5 tiempos o menos, teniendo como máximo 7 veces. Asimismo, el 50% de días se han contabilizado entre 2 y 5 tiempos muertos.

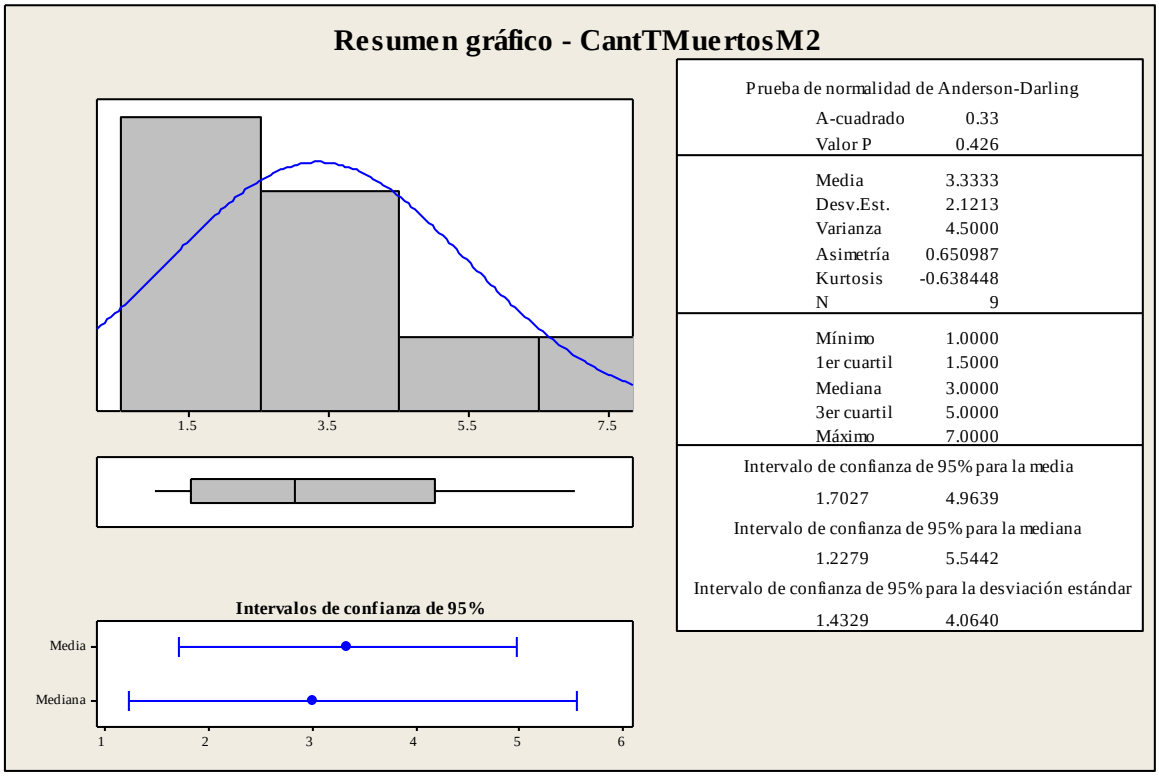


Figura 49. Resumen gráfico – Método 2 (por bloques) – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

6.2.2 Comparación de ambos métodos

Con los datos tomados, se procede a comparar ambos métodos. Se utiliza el diagrama de caja para comparar de manera gráfica las variables relacionadas con el tiempo, se presenta un cuadro resumen de las principales medidas descriptivas y se realiza un contraste de hipótesis para comparar las medias de las variables estudiadas.

6.2.2.1 Tasa de llenado

a. Comparación descriptiva

En la figura 50, se muestra un diagrama de cajas de la variable tasa media de llenado de los métodos 1 y 2. Se observa que más del 50% de datos del método 2 se encuentran por encima del máximo valor del método 1. El método 1, al tener la caja menos ancha, tiene una

menor dispersión que el método 2. Esto sugiere que, en términos de la tasa de llenado, el método 1 es un proceso menos variable, pero a la vez lento, en promedio, respecto al método 2.

En la tabla 11 se presenta un cuadro comparativo con las principales medidas descriptivas de la tasa de llenado de ambos métodos y su característica de normalidad.

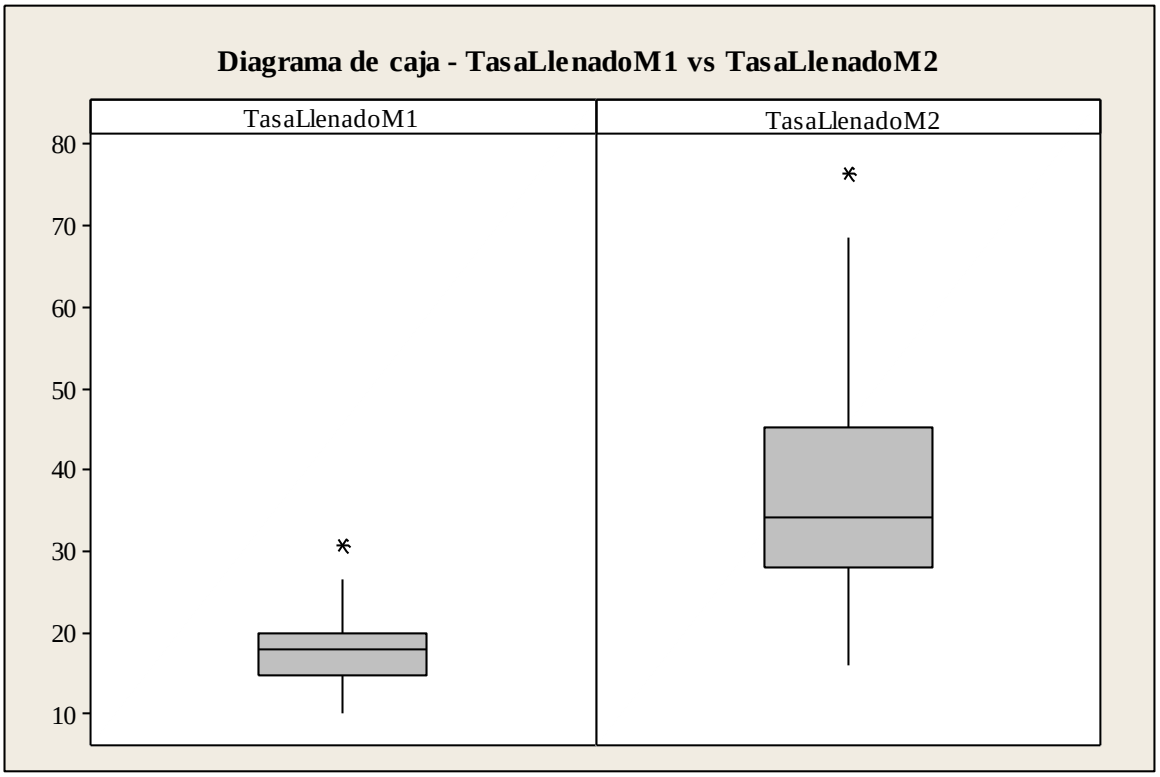


Figura 50. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

Tabla 11. Medidas descriptivas – Tasa llenado M1 VS M2

Medida descriptiva	TasaLlenadoM1	TasaLlenadoM2
Media	18.0	38.0
1° cuartil - Q_1	14.9	28.1
Mediana - Q_2	17.9	34.3
3° cuartil - Q_3	20.0	45.3
Varianza	15.0	165.6
Normalidad	Sí	No

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro, se evidencia la diferencia en la media muestral y la cuasivarianza de ambos métodos, es decir, la media de la tasa de llenado del método 2 es más del doble de la media del método 1, y su cuasivarianza es 11 veces la del método 1. Debido a ello, será necesario realizar una comparación de medias para averiguar si la diferencia entre las tasas medias de llenado de ambos métodos es significativa.

b. Comparación analítica

Antes de realizar una comparación de medias de las tasas de llenado de los métodos 1 y 2, es necesario comparar la varianza de la tasa de llenado del método 1 ($\sigma^2_{LL_1}$) con la varianza de la tasa de llenado del método 2 ($\sigma^2_{LL_2}$) para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{LL_1} = \sigma^2_{LL_2}$$

$$H_1: \sigma^2_{LL_1} \neq \sigma^2_{LL_2}$$

En la figura 51 se muestran los resultados de la comparación de varianzas de la tasa de llenado de los métodos 1 y 2.

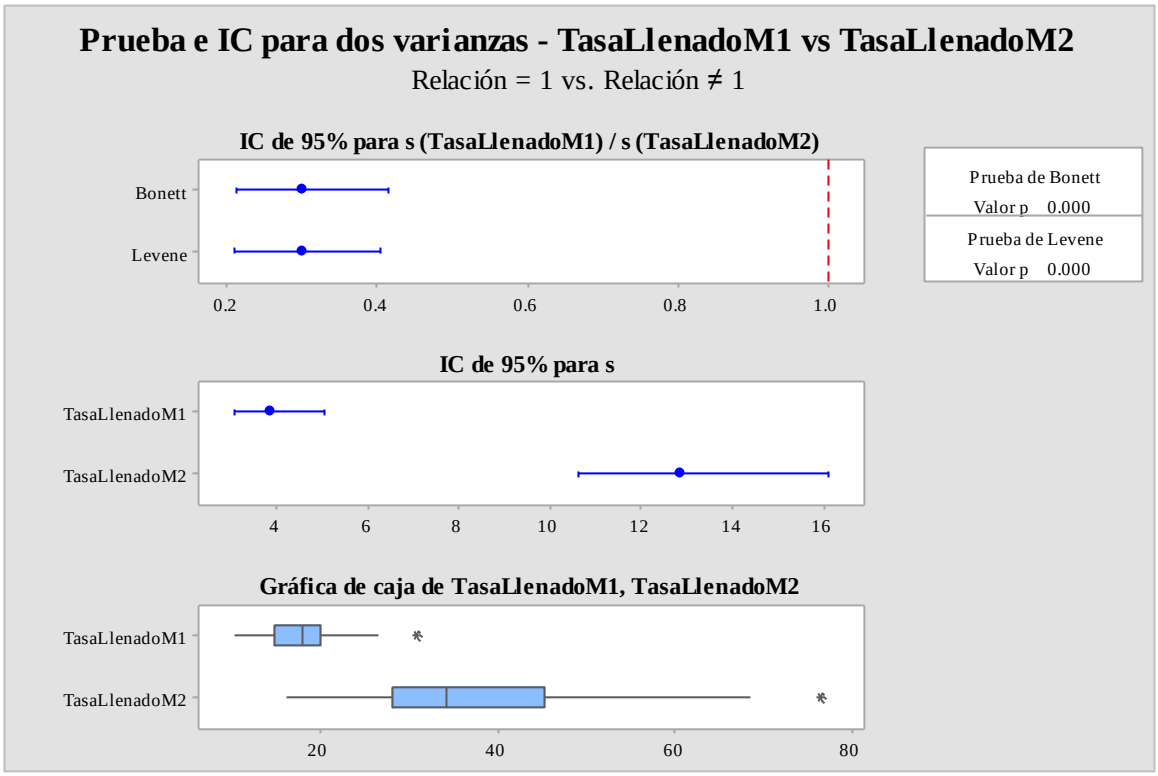


Figura 51. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

Debido a que la tasa de llenado del método 2 no es una variable normal, se utilizará la prueba de Levene. A la vista de los datos, se rechaza la hipótesis nula con un p-valor de 0 y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas diferentes.

Para comparar la media de la variable tasa de llenado, en jabas/minuto, se definen las hipótesis sin asumir que tienen varianzas iguales. En este caso, ya que la media muestral del método 1 es menor que la del método 2, importa conocer si la tasa media de llenado del método 1 (μ_{LL_1})es menor que la tasa media de llenado del método 2 (μ_{LL_2}), por lo cual se realiza un contraste unilateral. Para dicho contraste, se definen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{LL_1} \geq \mu_{LL_2}$$

$$H_1: \mu_{LL_1} < \mu_{LL_2}$$

En la figura 52 se muestran los resultados del contraste unilateral.

T de dos muestras para TasaLlenadoM1 vs. TasaLlenadoM2

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
TasaLlenadoM1	56	18.04	3.87	0.52
TasaLlenadoM2	61	38.0	12.9	1.6

Diferencia = mu (TasaLlenadoM1) - mu (TasaLlenadoM2)
Estimado de la diferencia: -19.91
Límite superior 95% de la diferencia: -17.03
Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): **Valor T = -11.53 Valor P = 0.000** GL = 71

Figura 52. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

El p-valor del contraste es 0, valor menor que el nivel de significación (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. A la vista de los datos, hay evidencia suficiente para afirmar que la tasa media de llenado del método 2 es mayor que la del método 1. Por lo tanto, concluimos que el método 2 es, en promedio, más eficiente en lo que respecta a la tasa de llenado; es decir, utilizando el método 2 se coloca una mayor cantidad de jabas por minuto por término medio.

6.2.2.2 Tiempo muerto

a. Comparación descriptiva

En la figura 53, se muestra un diagrama de cajas de la variable tiempo muerto de los métodos 1 y 2. Se observa que ambos métodos tienen similar mediana. Sin embargo, el 50% superior de los datos del método 1 tiene una mayor dispersión que los del método 2. Se observa que los tiempos muertos del método 1 tienen una duración más variable.

En la tabla 12, se presenta un cuadro comparativo con las principales medidas descriptivas de la duración de los tiempos muertos de ambos métodos y su característica de normalidad.

En este cuadro, se evidencia la similitud entre sus medianas, con una diferencia de 2,5 minutos, y la diferencia de casi el triple de la cuasivarianza del método 1 respecto al método 2. Asimismo, la media muestral de los tiempos muertos es 4.2 minutos mayor con el método 1 que con el método 2. Debido a ello, será necesario realizar una comparación de medias para averiguar si la diferencia entre las medias de los tiempos muertos de ambos métodos es significativa.

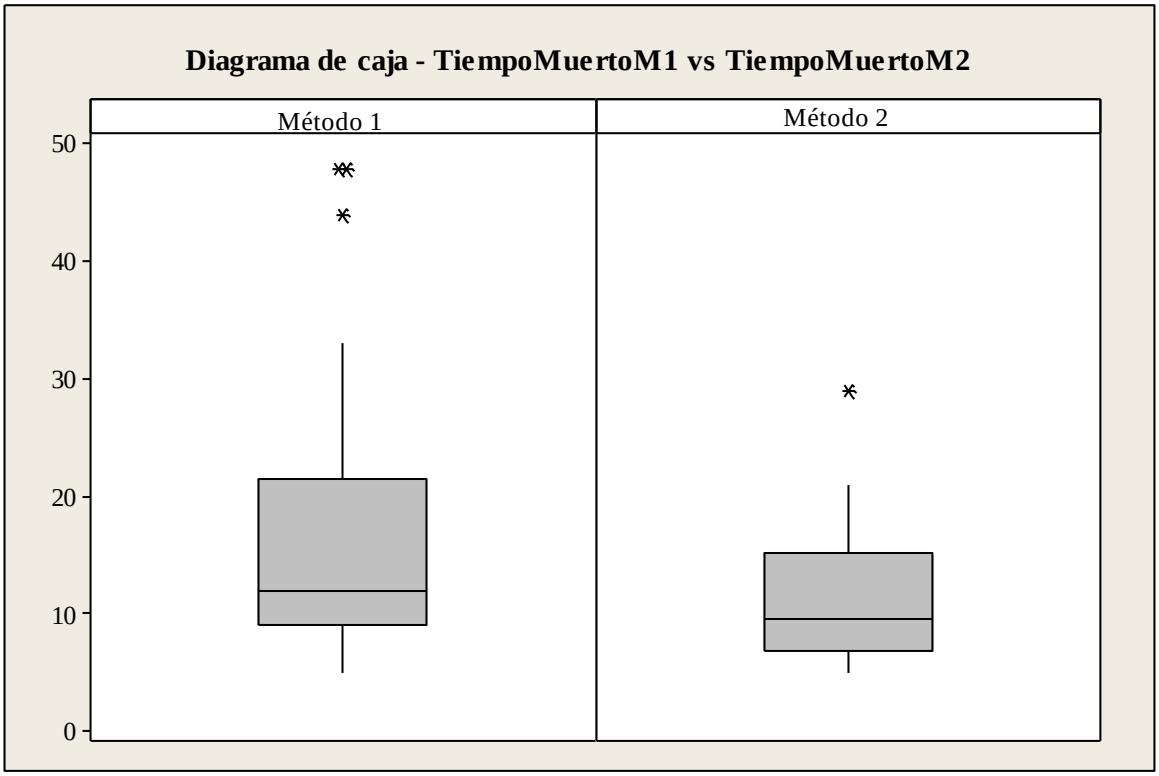


Figura 53. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

Tabla 12. Medidas descriptivas – Tiempo muerto M1 vs M2

Medida descriptiva	TiempoMuertoM1	TiempoMuertoM2
Media	15.8	11.6
1° cuartil - Q_1	9.0	6.8
Mediana - Q_2	12.0	9.5
3° cuartil - Q_3	21.5	15.3
Varianza	101.5	38,4
Normalidad	No	No

Fuente: Elaboración propia

b. Comparación analítica

Antes de realizar una comparación de medias del tiempo muerto de los métodos 1 y 2, es necesario comparar la varianza del tiempo muerto del método 1 ($\sigma^2_{TM_1}$) con la varianza del tiempo muerto del método 2 ($\sigma^2_{TM_2}$) para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{TM_1} = \sigma^2_{TM_2}$$

$$H_1: \sigma^2_{TM_1} \neq \sigma^2_{TM_2}$$

En la figura 54 se muestran los resultados de la comparación de varianzas del tiempo muerto de los métodos 1 y 2.

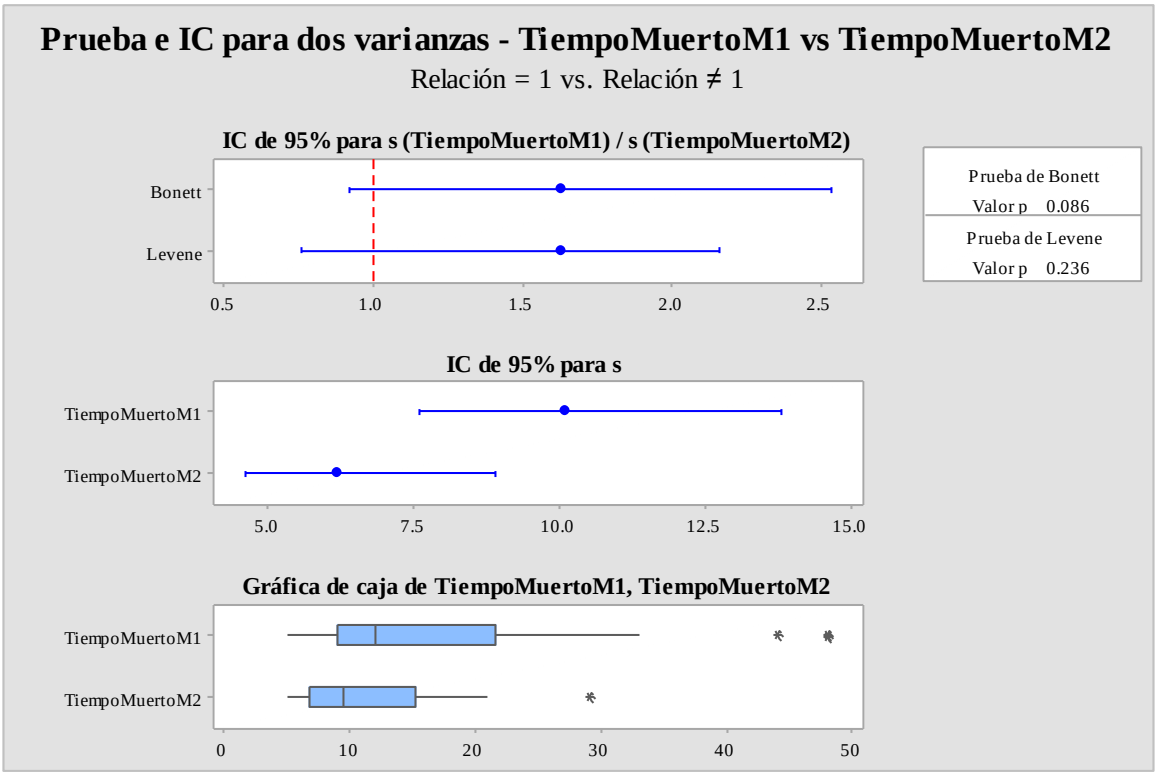


Figura 54. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

Debido a que ambas variables no son normales, se utilizará la prueba de Levene. A la vista de los datos, se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0.24 y se rechaza la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas iguales.

Para comparar la media de la variable tiempo muerto se definen las hipótesis asumiendo que tienen varianzas iguales. En este caso, ya que la media muestral del método 1 es menor que la del método 2, importa conocer si el tiempo muerto promedio del método 1 (μ_{TM_1})es mayor que el tiempo muerto promedio del método 2 (μ_{TM_2}). Para ello se realiza un contraste unilateral con las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{TM_1} \leq \mu_{TM_2}$$

$$H_1: \mu_{TM_1} > \mu_{TM_2}$$

En la figura 55 se muestran los resultados del contraste unilateral.

El p-valor del contraste es 0.02, valor menor que el nivel de significación (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. A la vista de los datos, hay evidencia suficiente para afirmar que el tiempo muerto promedio del método 2 es menor que el del método 1. Por lo tanto, concluimos que los tiempos muertos del método 2 duran, en promedio, menos que los del método 1.

```
T de dos muestras para TiempoMuertoM1 vs. TiempoMuertoM2

                                  Error
                                estándar
                                   de la
            N  Media  Desv.Est.    media
TiempoMuertoM1  61   15.8       10.1       1.3
TiempoMuertoM2  30  11.60       6.20       1.1


Diferencia = mu (TiempoMuertoM1) - mu (TiempoMuertoM2)
Estimado de la diferencia:  4.20
Límite inferior 95% de la diferencia:  0.87
Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 2.10  Valor P = 0.019  GL = 89
Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 8.9962
```

Figura 55. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

6.2.2.3 Tasa de aparición de tiempos muertos

a. Comparación descriptiva

En la figura 56, se observa que casi el 75% (Q_3) de datos del método 2 se encuentran por debajo del 25% (Q_1) de los datos del método 1. Además, se aprecia que ambos métodos tienen similar dispersión por el ancho de sus cajas. Esto sugiere que el proceso en el método 1 se detiene más veces al día que el proceso del método 2.

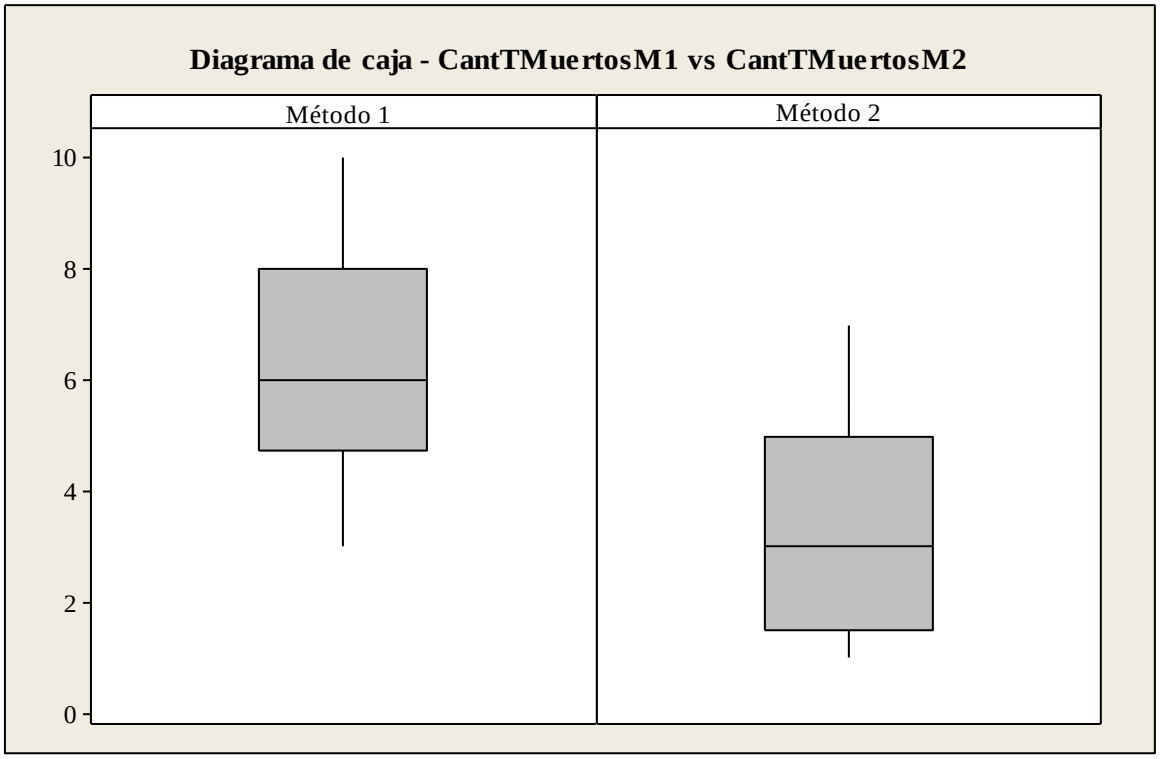


Figura 56. Diagrama de cajas – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

En la tabla 13, se presenta un cuadro comparativo con las principales medidas descriptivas de la tasa de aparición de tiempos muertos de ambos métodos y su característica de normalidad.

Tabla 13. Medidas descriptivas – Tasa de aparición de TM M1 vs M2

Medida descriptiva	CantTMuertosM1	CantTMuertosM2
Media	6.2	3.3
1° cuartil - Q_1	4.8	1.5
Mediana - Q_2	6.0	3.0
3° cuartil - Q_3	8.0	5.0
Varianza	4.4	4.5
Normalidad	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro, se evidencia una diferencia de 50% entre la media muestral del método 2 respecto al método 1, pero igualdad entre sus cuasivarianzas. Además, sus medianas tienen una diferencia del doble, siendo la del método 1 mayor. Debido a ello, será necesario realizar una comparación para averiguar si la diferencia entre las medias de la tasa de aparición de tiempos muertos de ambos métodos es significativa.

b. Comparación analítica

Antes de realizar una comparación de medias de la tasa de aparición de tiempos muertos de los métodos 1 y 2, es necesario comparar la varianza de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 1 ($\sigma^2_{CM_1}$) y la varianza de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 2 ($\sigma^2_{CM_2}$), para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{CM_1} = \sigma^2_{CM_2}$$

$$H_1: \sigma^2_{CM_1} \neq \sigma^2_{CM_2}$$

En la figura 57 se muestran los resultados para la comparación de varianzas del tiempo muerto promedio de los métodos 1 y 2.

Debido a que ambas variables son normales, se utilizará la prueba F. A la vista de los datos, se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0.96 y se rechaza la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas iguales.

Para comparar las medias de la variable tasa de aparición de tiempos muertos de ambos métodos se definen las hipótesis asumiendo que tienen varianzas iguales. En este caso, ya que la media muestral del método 1 es mayor que la del método 2, importa conocer si la media de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 1 (μ_{CM_1}) es mayor que la tasa de aparición de tiempos muertos del método 2 (μ_{CM_2}), por lo cual se realiza un contraste unilateral. Para dicho contraste, se definen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{CM_1} \leq \mu_{CM_2}$$

$$H_1: \mu_{CM_1} > \mu_{CM_2}$$

En la figura 58 se muestran los resultados del contraste unilateral.

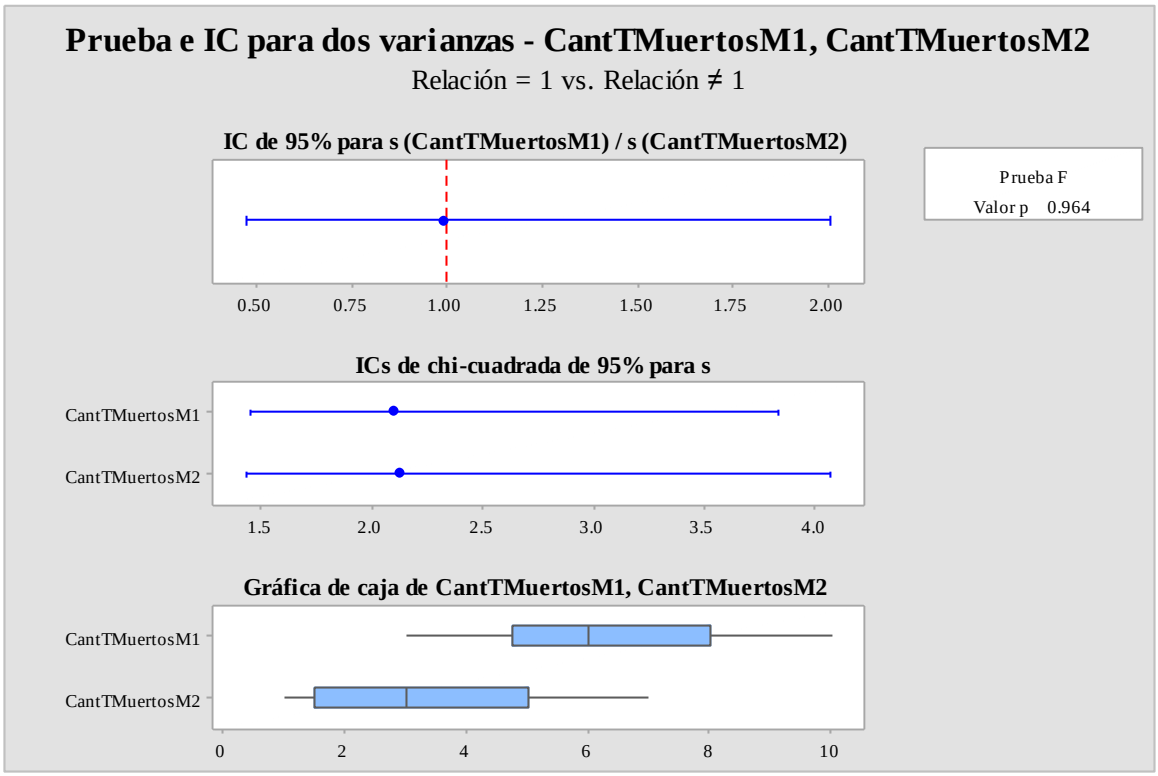


Figura 57. Comparación de varianza – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

T de dos muestras para CantTMuertosM1 vs. CantTMuertosM2

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
CantTMuertosM1	10	6.20	2.10	0.66
CantTMuertosM2	9	3.33	2.12	0.71

Diferencia = mu (CantTMuertosM1) - mu (CantTMuertosM2)
Estimado de la diferencia: 2.867
Límite inferior 95% de la diferencia: 1.181
Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): **Valor T = 2.96 Valor P = 0.004** GL = 17
Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 2.1088

Figura 58. Comparación de medias – M1 vs M2 – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

El p-valor del contraste es casi 0, valor menor que el nivel de significación (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. A la vista de los datos, hay evidencia suficiente para afirmar que la tasa media de aparición de tiempos muertos del método 2 es menor que el del método 1. Por lo tanto, concluimos que con el método 2 el proceso se detiene menos veces en promedio.

6.3 Variables de costo

En este apartado, se detallarán los cálculos del costo de implementación diario de cada método y el costo ocasionado por tiempos muertos. Asimismo, con base en esos cálculos, se realizará una comparación de ambos métodos respecto a dichas variables.

6.3.1 Toma de datos

Los precios unitarios de la mano de obra y maquinaria fueron brindados por la empresa. Los montos están en dólares porque la empresa registra los costos e ingresos en dólares con la finalidad de llevar un orden contable. Por otro lado, la cantidad promedio de cada recurso se contabilizó antes de iniciar las labores durante los 10 días de medición.

6.3.2 Comparación de ambos métodos

6.3.2.1 Costo de implementación diario

En términos de costos, se va a comparar cuánto cuesta implementar diariamente cada método en un centro de acopio. En la tabla 14 se puede ver el costo de implementación diario de cada método. Los tractores y las carretas, al ser propios y ya encontrarse depreciados, no se consideran como parte del costo.

Tabla 14. Costo de implementación diario – M1 vs M2

Ítem	P.U. ($)	Método 1		Método 2	
		Cantidad	Costo ($)	Cantidad	Costo ($)
Alquiler montacargas	40			2	80
Gas montacargas	8			2	16
Mano de obra (estibador)	14	12	172		
Mano de obra (montacarguista)	14			2	29
Mano de obra (tractorista)	15	3	45	4	60
Combustible tractor	15	3	45	4	60
Alquiler portabin	60			3	180
Mano de obra (desinfectar)	14	1	14	1	14
Total ($)			**276**		**439**

Fuente: Elaboración propia

Considerando la producción estimada diaria a 8 horas de ambos métodos, se puede determinar el costo por jaba trasladada. Para el método 1, se divide el costo de implementación ($ 276) entre la producción estimada diaria, 4050 jabas (40 496 jabas en total / 10 días de muestra), se obtiene que el costo de traslado de jaba es $ 0.068/jaba. Por

otro lado, para el método 2, se divide $ 439 entre 6048 jabas (54 432 jabas en total / 9 días de muestra), se obtiene que el costo de traslado de la jaba es $ 0.073/jaba. Por lo tanto, la diferencia del costo por jaba trasladada entre ambos métodos es $ 0.005, esto nos indica que a pesar de que el costo de implementación diaria del método 2 es mayor, se traslada una mayor cantidad de jabas reduciendo el costo por jaba.

Dado los resultados, se concluye que la implementación del método 1 es más rentable para la empresa, teniendo un costo de casi la mitad respecto al método 2. Es posible que, al ajustar la cantidad de recursos utilizados en el centro de acopio, el costo de implementación diario disminuya.

6.3.2.2 Costos de tiempos muertos

El tiempo muerto de la mano de obra en ambos métodos representa un costo innecesario incurrido por la empresa donde el trabajador está sin realizar la labor por factores ajenos a él como se explicó anteriormente. En la tabla 15 se presentan los costos.

Dado los resultados, se concluye que tener a los trabajadores sin realizar la labor asignada con el método 1 cuesta más que con el método 2.

Tabla 15. Costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra – M1 vs M2

Mano de obra	P.U. ($)	Método 1		Método 2	
		Cantidad	Costo ($)	Cantidad	Costo ($)
Tractorista	15	1	15		
Estibador	14	3	43		
Montacarguista	14			2	29
Total ($)			**58**		**29**

Fuente: Elaboración propia

6.4 Conclusiones de la evaluación

En la tabla 16, se muestra el mejor método en promedio, según herramienta de estadística, para cada variable evaluada en el capítulo.

Tabla 16. Resumen – Mejor método para cada variable

Variable	Método 1 por jabas	Método 2 por bloques
Tasa de llenado		Mejor método
Tiempo muerto		Mejor método
Tasa de aparición de tiempos muertos		Mejor método

Variable	Método 1 por jabas	Método 2 por bloques
Costo de implementación diario	Mejor método $ 276	$439
Costo de tiempos muertos	$ 58	Mejor método $ 29

Fuente: Elaboración propia

El método 2 tiene diferencia significativa en la tasa de llenado, en la duración de los tiempos muertos y en la tasa de aparición de tiempos muertos las variables relacionadas con el tiempo respecto al método 1, lo cual lo hace un método eficiente en función al tiempo, y, por ende, ideal para la conservación de la calidad de la fruta.

Por otro lado, el costo de implementación diario del método 2 es más del 50% que el costo de implementación diario del método 1, lo que para una empresa que busca aumentar sus utilidades no es lo ideal. Sin embargo, se observa que los recursos no son utilizados de manera correcta, el costo de implementación diario puede disminuir si se determina la cantidad de recursos para una producción dada que se tiene en el centro de acopio, esto con la finalidad de reducir el sobreabastecimiento o la falta de fruta.

Capítulo 7
Propuesta de mejora

Luego de las conclusiones descritas en el capítulo anterior, se define que durante la campaña de producción 2017 se trabaje tomando como base el método 2, debido a que, como se mencionó anteriormente, es más rápido y ayuda a proteger la calidad de la fruta antes de que ingrese a la planta de empaque. Aunque el costo de implementación diario es mayor, se ajustará la cantidad de maquinaria y mano de obra necesaria para evitar tiempos muertos y sobreabastecimientos.

Dentro de los ajustes mencionados se decidió contratar únicamente camiones con capacidad para transportar 480 jabas en cada viaje y dar la responsabilidad al área de calidad de verificar que se esté desinfectando los camiones antes de colocar la fruta y que el encargado esté usando los elementos de protección personal indicados por el protocolo de la empresa.

Además, se determinaron 2 ecuaciones que sirven como guía para el cálculo de portabins y camiones necesarios de acuerdo con la producción del día en un centro de acopio. Asimismo, se sabe que 1 montacargas puede cargar con fluidez fruta transportada por máximo 2 portabins.

1. Portabins: Se estima que el tiempo promedio que tarda un portabin en dejar la fruta en el centro de acopio y regresar con más fruta es 14 minutos. Se considerará además un 10% adicional por tiempo de improductividad y fatiga del trabajador, por lo que se trabajará con un tiempo promedio de 15.4 minutos. Entonces, si su capacidad es de 120 jabas (1 tonelada aproximadamente), se utilizará un portabin por cada 3,740 jabas programadas para un centro de acopio.

$$\frac{Jabas\ transportadas}{portabin}\ por\ día = \frac{8\ horas \times 60\ minutos/hora \times 120\ jabas}{15.4\ minutos} = 3{,}740.26 \cong 3{,}740$$

2. Camiones: Se estima que el tiempo promedio que tarda un camión en ir hasta la planta de empaque y regresar es de 60 minutos. Se considerará un 10% adicional por tiempo de improductividad y fatiga del trabajador, por lo que se trabajará con un tiempo promedio de 66 minutos. Entonces, si la capacidad del camión debe ser de 480 jabas (4 toneladas aproximadamente), se puede definir que se debe contar con un camión por cada 3,490 jabas programadas para un centro de acopio.

$$\frac{Jabas\ transportadas}{camión}\ por\ día = \frac{8\ horas \times 60\ minutos/hora \times 480\ jabas}{66\ minutos} = 3{,}490.91 \cong 3{,}490$$

Entonces, por ejemplo, si se tiene una producción de 6,000 jabas para un solo centro de acopio, hará falta contar con 2 portabins y 2 camiones, tal como se muestra en los siguientes cálculos:

$$nº\ de\ portabins = \frac{6{,}000}{3{,}740} = 1.6 \cong \mathbf{2}$$

$$nº\ de\ camiones = \frac{6{,}000}{3{,}490} = 1.7 \cong \mathbf{2}$$

También se propone utilizar los tractores con carretas como apoyo para abastecer al centro de acopio cuando se coseche en más de 2 centros de acopio por día. Se asignarán 3 trabajadores por carreta, quienes se encargarán de descargar las jabas sobre una parihuela en el centro de acopio como se muestra en la figura 59, de tal manera que se armen los bloques y el montacargas pueda subirlos al camión.

Figura 59. Descarga de jabas para armar bloques en el centro de acopio
Fuente: Sociedad Agrícola Saturno S.A.

En la campaña de producción del año 2017 se implementaron estos ajustes en el método para trasladar la fruta desde el campo hasta la planta de empaque para evaluar si generan un cambio considerable en el desarrollo de la labor.

Capítulo 8
Validación de la propuesta de mejora

En este capítulo, se validará si la propuesta de mejora descrita en el capítulo anterior tuvo resultados positivos respecto a ambos métodos iniciales. La evaluación del método propuesto fue realizada durante la campaña de producción del año 2017. La comparación se realizará respecto a las 5 variables previamente analizadas:

- Tasa de llenado del camión
- Tiempo muerto de la fruta
- Tasa de aparición de tiempos muertos
- Costo de implementación diario de cada método para un centro de acopio
- Costo incurrido por tiempo muerto de la mano de obra

8.1 Variables relacionadas con el tiempo

En este apartado, se describirán los datos tomados de las variables tasa de llenado del camión, tiempo muerto de la fruta y tasa de aparición de tiempos muertos. Asimismo, con base en esos datos, se realizará una comparación de ambos métodos respecto a dichas variables.

8.1.1 Toma de datos

El periodo de toma de datos se vio limitado al tiempo concedido por la empresa para dicho fin. Durante este periodo, se tomaron todos los datos posibles y, aunque las medias estimadas de las variables podrían tener un margen de error más alto de lo recomendable (5%), los datos serán de utilidad para realizar comparaciones estadísticas entre las medias de las distintas variables. Estas permitirán comparar el método propuesto con los métodos 1 y 2 de manera adecuada.

El registro de los datos del método propuesto se realizó del 9 al 19 de octubre del 2017 desde las 7 a.m. hasta las 12 p.m. (5 horas por día durante 10 días) en un sector distinto cada día.

Como se han registrado datos durante 5 horas al día, se realiza una estimación de la producción promedio si se considera el día completo de 8 horas. A continuación, se muestran los cálculos realizados:

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) = \frac{jabas\ total}{cantidad\ de\ dias}$$

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (8\ h) = \frac{cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) \times 8\ h}{5\ h}$$

Para el método propuesto, se contabilizó un total de 63 840 jabas en 10 días y se utilizaron un promedio de 2 tractores con portabins y 3 camiones en cada centro de acopio por día. Se estima que la producción promedio por día completo es de 10 000 jabas. En la tabla 17 se muestra el detalle de la cantidad de jabas producidas, la cantidad de camiones y tractores utilizados por día.

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (5\ h) = \frac{63\ 840}{10} = 6384\ jabas\ en\ 5\ horas$$

$$Cant\ de\ jabas\ prom\ día\ (8\ h) \approx 10\ 200\ jabas\ por\ día\ completo$$

Tabla 17. Información de la evaluación del método propuesto

Fecha	Sector	Cantidad de jabas en 5 horas	Cantidad de camiones	Cantidad de portabins
09-oct-17	Parras	6240	3	2
10-oct-17	Parras	5280	3	2
11-oct-17	Parras	7200	4	3
12-oct-17	Parras	6240	3	2
13-oct-17	Parras	5760	3	2
14-oct-17	Casa Hacienda	7680	4	3
16-oct-17	Casa Hacienda	6240	3	2
17-oct-17	Turumillo	6240	3	2
18-oct-17	Turumillo	5760	3	2
19-oct-17	Casa Hacienda	7200	4	3

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de los datos tomados se hizo uso del software estadístico Minitab.

8.1.1.1 Tasa de llenado

En la figura 60, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa media de llenado del camión en jabas/minuto. Como se puede observar a través del histograma, los datos no siguen una distribución normal, debido a que presentan una asimetría positiva. Esto se comprueba a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es menor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 40.98 jabas/minuto cargadas al camión y una desviación estándar de 9.64 jabas por minuto. Debido a la asimetría, una medida que interesa más para representar la centralización de los datos es la mediana, cuyo valor es 40 jabas/minuto, lo cual significa que la mitad de los camiones se llenan con una tasa menor o igual a dicho valor.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que al menos el 75% de los camiones se han cargado con una tasa menor o igual que 48 jabas/minuto, teniendo como máximo una tasa de 68.57 jabas/minuto. Asimismo, el 50% de camiones han sido cargados con una tasa entre 34.29 y 48 jabas/minuto.

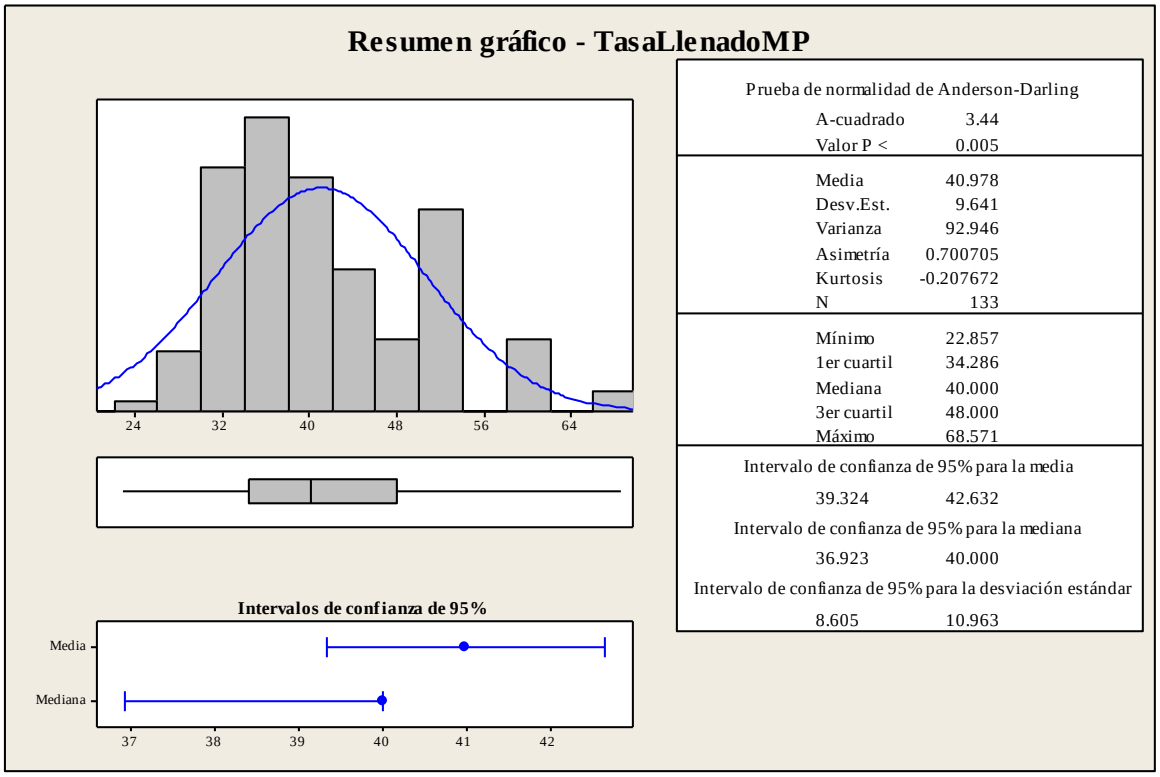


Figura 60. Resumen gráfico – Método propuesto – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

8.1.1.2 Tiempo muerto

En la figura 61, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para el tiempo muerto promedio. Como se puede observar a través del histograma, los datos siguen una distribución normal, lo que se comprueba con la prueba de normalidad de Anderson-Darling, ya que el p-valor es mayor que el nivel de significación (0.05). Además, se tiene una media muestral de 9.94 minutos y una cuasidesviación estándar de 3.01 minutos.

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja, se observa que el 75% los tiempos muertos medidos tiene una duración menor o igual a 12 minutos, teniendo como máximo 16 minutos. Asimismo, el 50% de los tiempos muertos tienen una duración entre 7.5 y 12 minutos.

8.1.1.3 Tasa de aparición de tiempo muerto

En la figura 62, se presenta el resumen gráfico de los valores obtenidos para la tasa media de aparición de tiempos muertos diaria. Como se puede observar a través del histograma, a través de la prueba de normalidad de Anderson-Darling los datos no siguen una distribución normal ya que el p-valor es 0.045, ligeramente menor al nivel de significación (0.05). Sin embargo, a través de la prueba de normalidad de Ryan – Joiner se observa que los datos siguen una distribución normal con un p-valor mayor a 0.1, como se

muestra en la figura 63. Además, se tiene una media muestral de 1.7 tiempos muertos y una cuasidesviación estándar de 1.25 tiempos muertos.

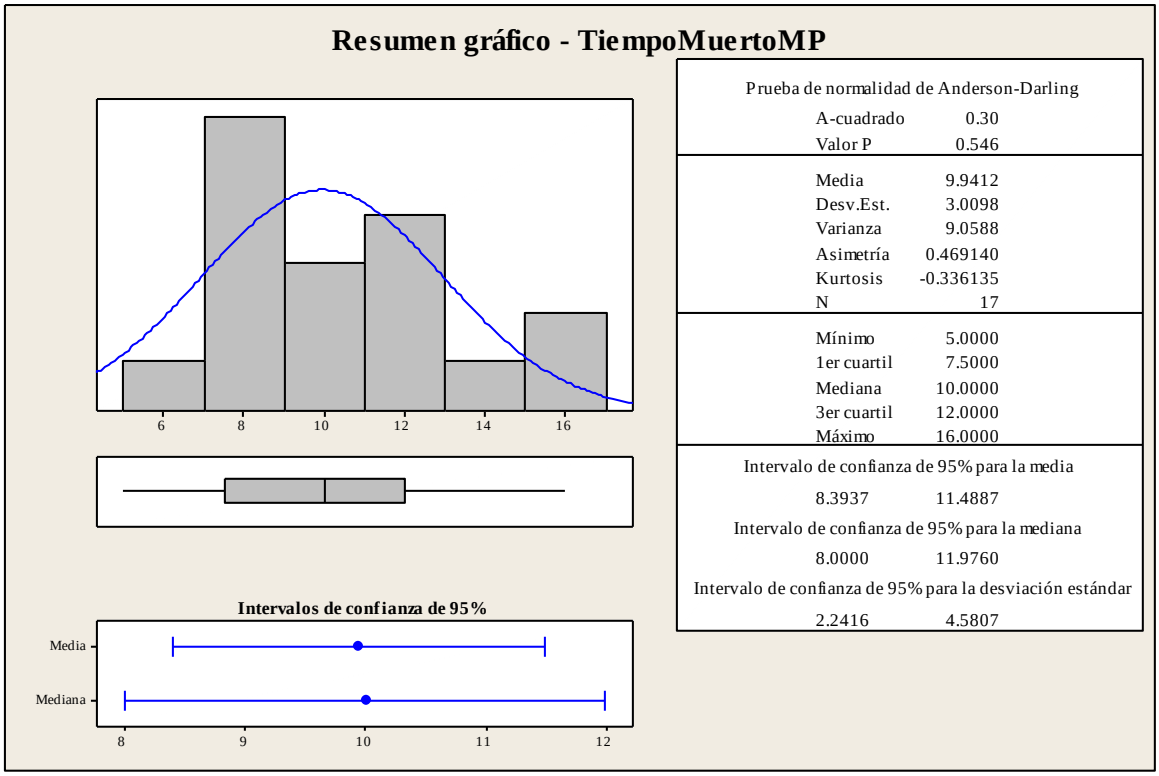


Figura 61. Resumen gráfico – Método propuesto – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

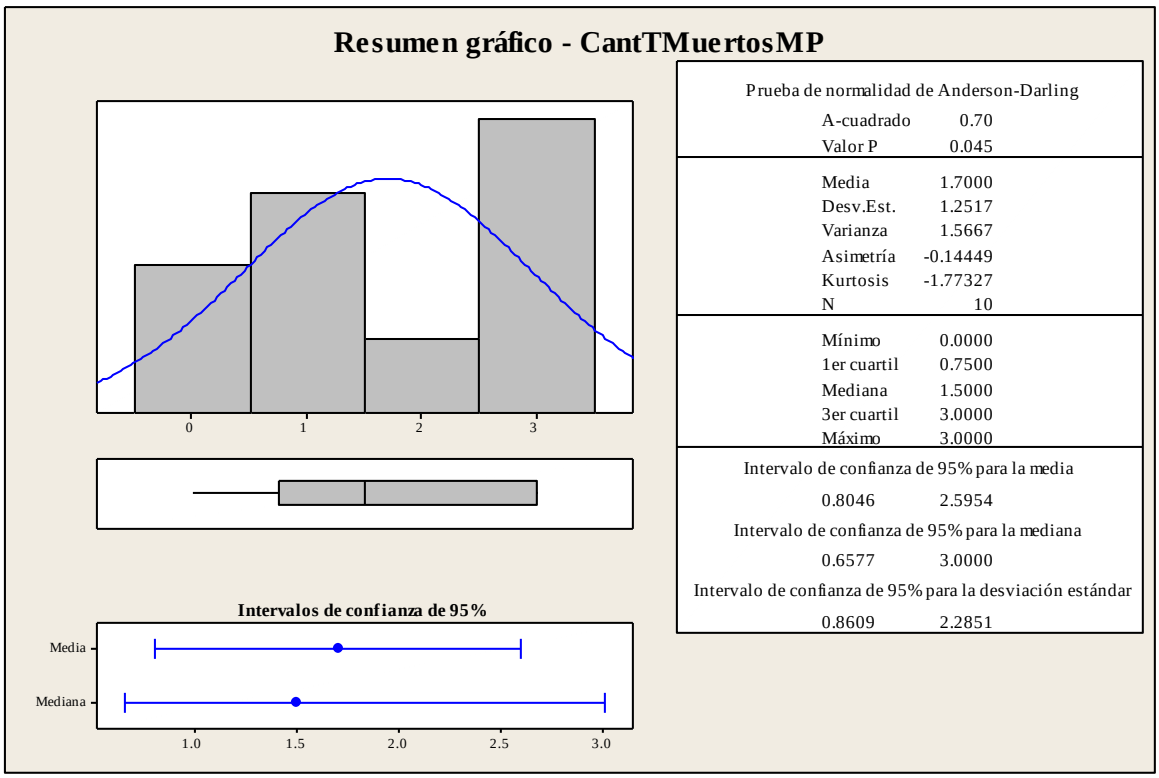


Figura 62. Resumen gráfico – Método propuesto – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

Con los valores de los cuartiles y el diagrama de caja concluimos que el 100% de días tienen 3 tiempos muertos o menos. Asimismo, el 50% de días se han contabilizado entre 1 y 3 tiempos muertos (ver figura 62).

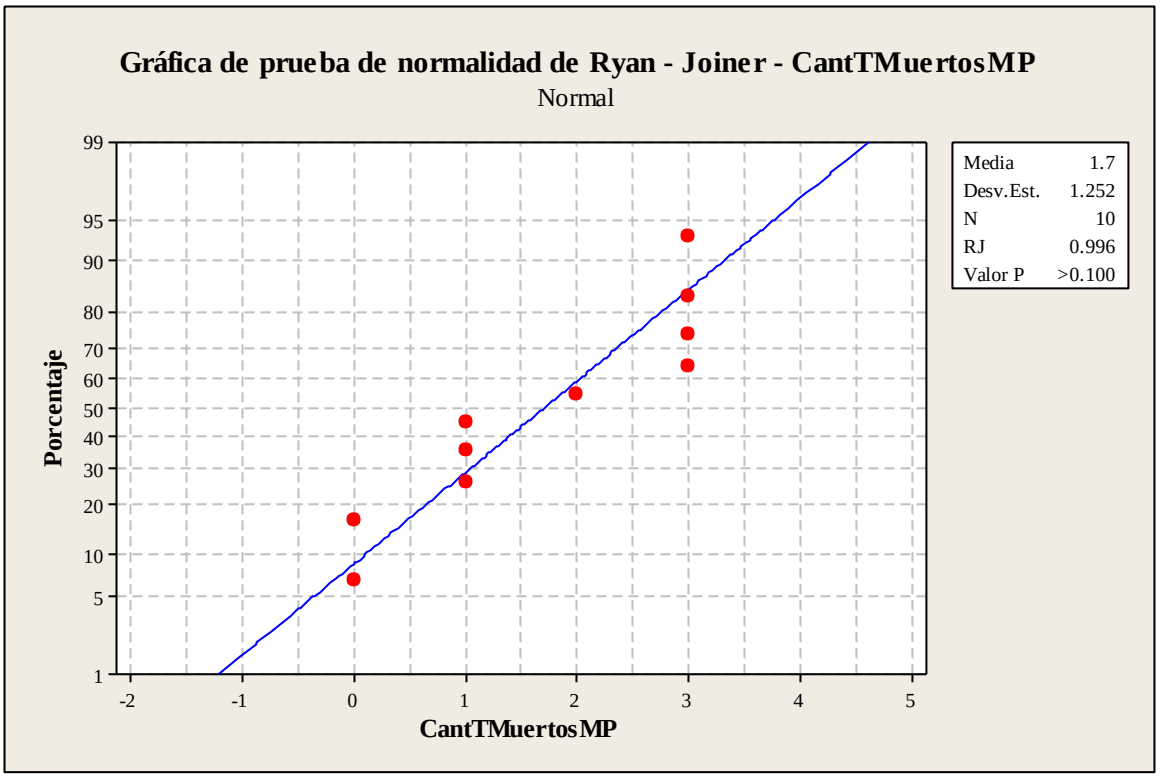


Figura 63. Gráfica de prueba de normalidad de Ryan – Joiner – CantTMuertosMP
Fuente: Minitab

8.1.2 Comparación de ambos métodos

Para validar el método propuesto, es conveniente comparar sus resultados con los del método 2. Para ello, se utiliza un diagrama de caja para comparar de manera gráfica las variables relacionadas con el tiempo, se presenta un cuadro resumen de las principales medidas descriptivas y se realiza un contraste de hipótesis para comparar las medias de las variables estudiadas. Asimismo, se realiza una comparación de los costos de ambos métodos.

8.1.2.1 Tasa de llenado

a. Comparación descriptiva

En la figura 64, se muestra un diagrama de cajas de la variable tasa media de llenado del método 2 y del método propuesto, se observa que más del 75% superior de datos del método propuesto se encuentran por encima del 50% superior de los datos del método 2. El método propuesto, al tener la caja un poco menos ancha, tiene una menor dispersión que el método 2. Esto sugiere que, en términos de la tasa de llenado, el método propuesto es un proceso ligeramente menos variable y más eficiente, en promedio, que el método 2.

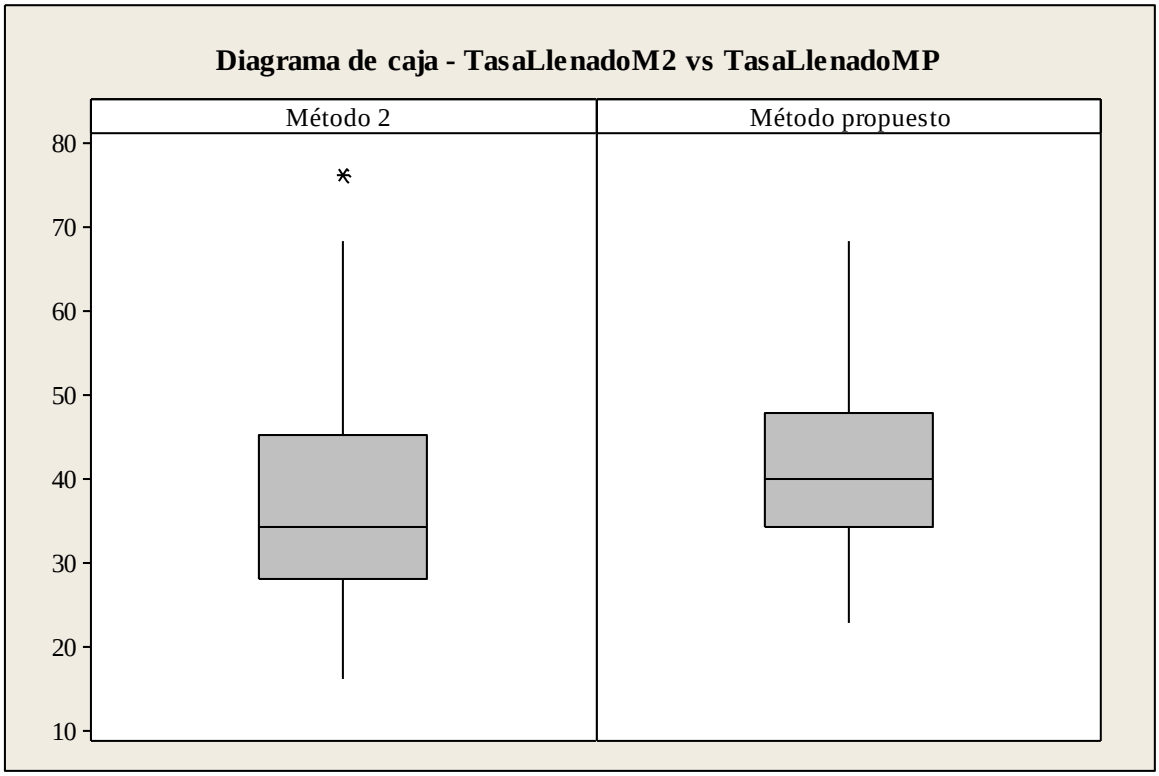


Figura 64. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

En la tabla 18 se presenta un cuadro comparativo con las medidas descriptivas de la tasa de llenado de ambos métodos y su característica de normalidad.

Tabla 18. Medidas descriptivas – Tasa llenado M2 VS MP

Medida descriptiva	TasaLlenadoM2	TasaLlenadoMP
Media	38.0	41.0
1° cuartil - Q_1	28.1	34.3
Mediana - Q_2	34.3	40.0
3° cuartil - Q_3	45.3	48.0
Varianza	165.6	93.0
Normalidad	No	No

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro, se evidencia la diferencia en la media muestral y la cuasivarianza de ambos métodos. En efecto, hay una mejora de 9% en la media muestral con el método propuesto y una reducción de 44% en su cuasivarianza. Debido a ello, será necesario realizar una comparación de medias para averiguar si la diferencia entre las tasas medias de llenado de ambos métodos es significativa.

b. Comparación analítica básica

Antes de realizar una comparación de medias de las tasas de llenado del método 2 y de método propuesto, es necesario comparar la varianza de la tasa de llenado del método 2

($\sigma^2_{LL_2}$) con la varianza de la tasa de llenado del método propuesto ($\sigma^2_{LL_p}$) para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{LL_2} = \sigma^2_{LL_P}$$

$$H_1: \sigma^2_{LL_2} \neq \sigma^2_{LL_P}$$

En la figura 65 se muestran los resultados de la comparación de varianzas de la tasa de llenado del método 2 y el método propuesto.

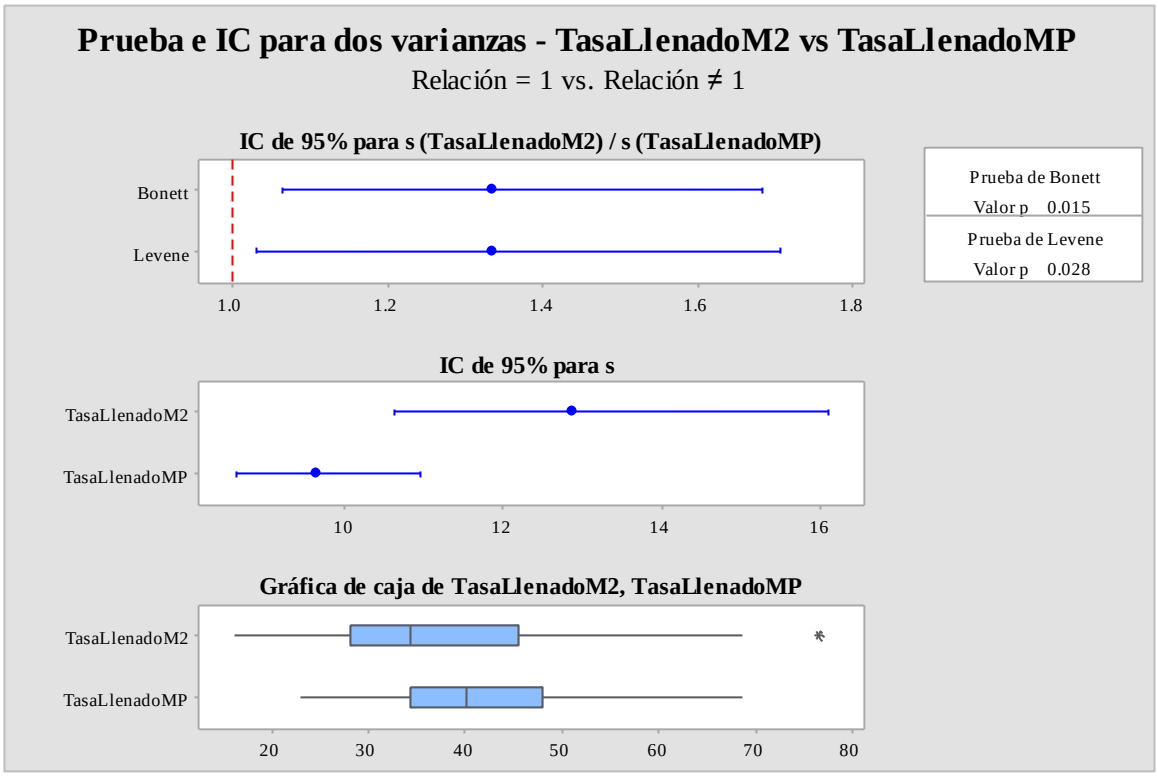


Figura 65. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

Debido a que ambas variables no son normales, se utilizará la prueba de Levene. A la vista de los datos, se rechaza la hipótesis nula con un p-valor de 0.03 y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas diferentes.

Para comparar la media de la variable tasa de llenado, en jabas/minuto, se definen las hipótesis sin asumir que tienen varianzas iguales. En este caso, dado que la media muestral del método 2 es menor que la del método propuesto, importa conocer si la tasa media de llenado del método 2 (μ_{LL_2}) es menor que la tasa media de llenado del método propuesto (μ_{LL_P}), por lo cual se realiza un contraste unilateral. Para dicho contraste, se definen de las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{LL_2} \geq \mu_{LL_P}$$

$$H_1: \mu_{LL_2} < \mu_{LL_P}$$

En la figura 66 se muestran los resultados del contraste unilateral.

```
T de dos muestras para TasaLlenadoM2 vs. TasaLlenadoMP

                                      Error
                                   estándar
                                      de la
                 N  Media  Desv.Est.  media
TasaLlenadoM2   61   38.0       12.9    1.6
TasaLlenadoMP  133  40.98       9.64   0.84


Diferencia = mu (TasaLlenadoM2) - mu (TasaLlenadoMP)
Estimado de la diferencia:  -3.02
Límite superior 95% de la diferencia:  0.05
Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = -1.64  Valor P = 0.053  GL = 92
```

Figura 66. Comparación de medias – M2 vs MP – Tasa de llenado
Fuente: Minitab

El p-valor del contraste es 0.053, valor mayor que el nivel de significación (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa. A la vista de los datos, no hay evidencia suficiente para afirmar que la tasa media de llenado del método propuesto es mayor que la del método 2. Es decir, la diferencia entre las tasas medias de ambos métodos no es significativa. Por lo tanto, en términos de la tasa media de llenado del camión, no hay evidencia para afirmar que el método propuesto ofrece una ventaja frente al método 2.

c. Comparación analítica considerando la capacidad del camión constante

En el apartado anterior, se concluyó que la diferencia entre las tasas medias de llenado del método propuesto y del método 2 no es significativa. Sin embargo, hay que considerar que en el método 2 se tuvieron camiones con distintas capacidades, mientras que en el método propuesto se tienen camiones con una capacidad constante de 480 jabas. Por eso, resultará conveniente comparar la tasa de llenado de ambos métodos considerando la influencia de la capacidad del camión utilizando un modelo de regresión lineal.

En este caso, para realizar la regresión se consideran 3 variables: la variable respuesta es la tasa de llenado (TLL) y las variables regresoras son la cantidad de jabas o capacidad del camión (Q) y el método que se utiliza ($Método$). La variable Método es una variable binaria. Si el valor de dicha variable es 0, el dato pertenece al método 2 y si es 1, pertenece al método propuesto. Es necesario incluir la variable binaria porque permitirá comparar la influencia de ambos métodos en la tasa de llenado. Además, permitirá conocer si, a igual capacidad de camión, existe una diferencia significativa entre ambos métodos, en relación a la tasa media de llenado.

El modelo de regresión que se obtendrá es el siguiente:

$$\widehat{TLL} = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 Método$$

Al realizar el análisis de regresión se obtienen los resultados mostrados en las figuras 67 y 68.

Ecuación de regresión

TLL = 26.4191 + 0.0206853 Q + 4.62996 Método

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	T	P
Constante	26.4191	5.08493	5.19557	0.000
Q	0.0207	0.00878	2.35463	0.020
Método	4.6300	1.77985	2.60133	0.010

Resumen del modelo

S = 10.6297 R-cuad. = 4.46% R-cuad.(ajustado) = 3.46%
PRESS = 22454.3 R-cuad.(pred.) = 0.60%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Regresión	2	1008.5	1008.5	504.263	4.46286	**0.012756**
Q	1	243.9	626.5	626.455	5.54429	0.019556
Método	1	764.6	764.6	764.598	6.76690	0.010014
Error	191	21581.3	21581.3	112.991		
Falta de ajuste	5	463.9	463.9	92.784	0.81724	0.538758
Error puro	186	21117.3	21117.3	113.534		
Total	193	22589.8				

Figura 67. Modelo de regresión con variable binaria
Fuente: Minitab

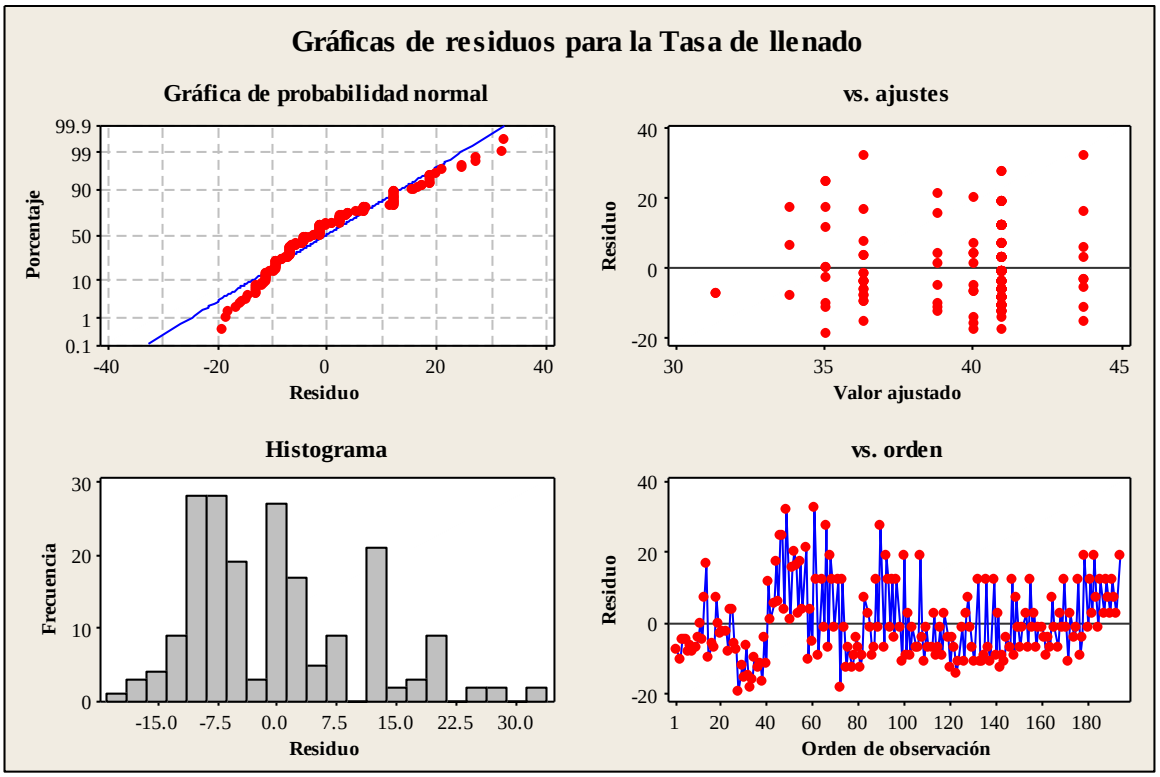


Figura 68. Gráfica de residuos – Tasa de llenado – Regresión variable binaria
Fuente: Minitab

A continuación, se validará si cumple con las hipótesis básicas, en donde se concluye que los resultados sí son confiables por las siguientes razones:

1. A la vista del gráfico de residuos vs ajustes de la figura 67, se observa que no se tiene una estructura definida evidente. Por lo tanto, si hay linealidad.
2. No hay normalidad de residuos, pero por ser una muestra grande el estadístico t del test de significatividad sí sigue la distribución t de student con 191 grados de libertad. Por ello, los p-valores calculados en las pruebas de significatividad serán correctos.

Además, el test de significatividad de la regresión tiene como resultado un p-valor de 0.01 (menor que 0.05). Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que al menos un coeficiente de las variables es diferente de cero, es decir, al menos una variable regresora es significativa para explicar la tasa de llenado.

Asimismo, en el test de significatividad individual de las variables regresoras, se valida si cada una de ellas es significativa para predecir la tasa de llenado del camión:

- Para la variable Q, el p-valor es 0.02 (menor que 0.05). Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el coeficiente β_1 es diferente de 0. Por lo tanto, sí es significativa para predecir la tasa de llenado.
- Para la variable Método el p-valor es 0.01 (menor que 0.05). Entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el coeficiente β_2 es diferente de 0. Por lo tanto, sí es significativa para predecir la tasa de llenado.

Por otro lado, la interpretación de los coeficientes del modelo de regresión es la siguiente:

- El valor de β_0 no tiene interpretación porque la capacidad del camión (Q) no puede tener un valor de cero (0).
- El valor de β_1 significa que, utilizando el mismo método, por cada unidad que se incremente a la capacidad del camión (Q), la tasa de llenado aumenta en 0.02 unidades (jabas/minuto) por término medio.
- El valor de β_2 significa que, a igual capacidad de camión, si se utiliza el método propuesto la tasa de llenado es 4.63 unidades mayor por término medio que la tasa de llenado del método 2.

Dado todos los resultados, se puede afirmar que a igualdad de capacidad del camión el método propuesto tiene una tasa media de llenado más alta que el método 2. Esto complementa lo concluido en la comparación básica realizada entre las tasas medias de llenado de ambos métodos.

8.1.2.2 Tiempo muerto

a. Comparación descriptiva

En la figura 69, se observa que ambos métodos tienen similar mediana. Sin embargo, el 50% superior de los datos del método 2 tiene mayor dispersión que los del método

propuesto. Se observa que los tiempos muertos tomados con el método propuesto tienen una media muestral más baja, teniendo como máximo un tiempo muerto de 15 minutos.

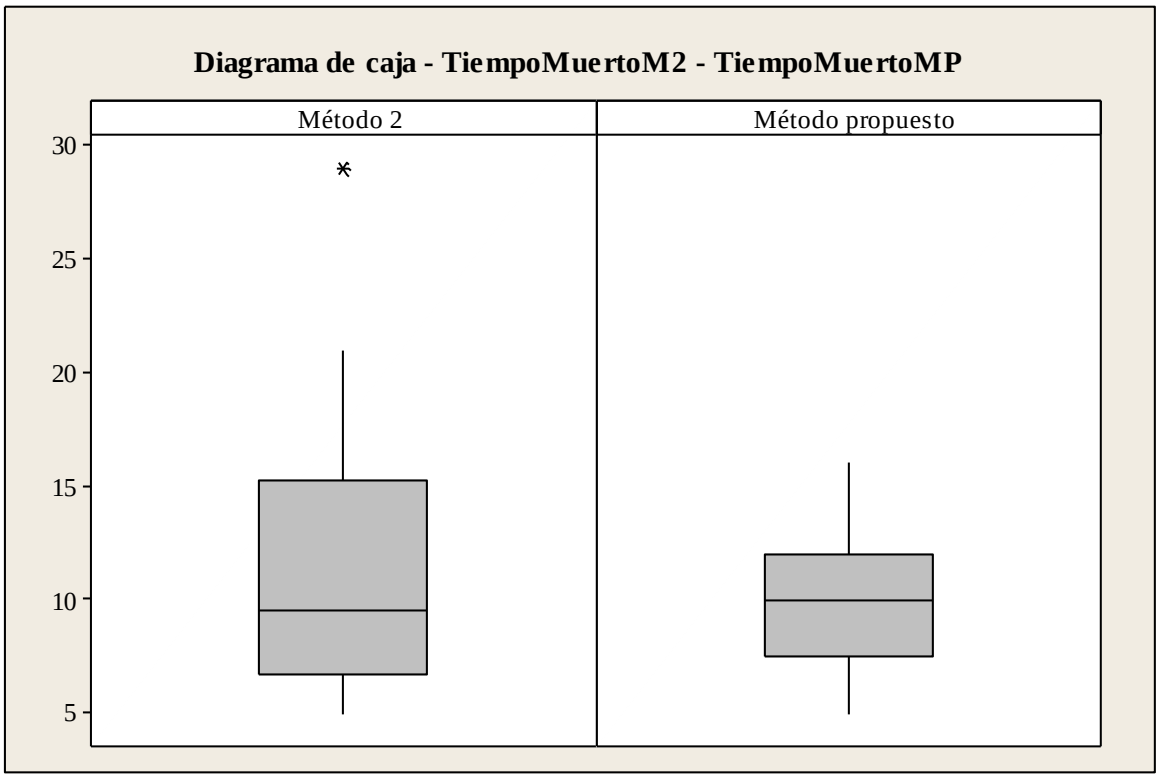


Figura 69. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

En la tabla 19, se presenta un cuadro comparativo con las medidas descriptivas de la duración de los tiempos muertos de ambos métodos.

Tabla 19. Medidas descriptivas – Tiempo muerto M2 vs MP

Medida descriptiva	TiempoMuertoM2	TiempoMuertoMP
Media	11.6	9.9
1° cuartil - Q_1	6.8	7.5
Mediana - Q_2	9.5	10.0
3° cuartil - Q_3	15.3	12.0
Varianza	38.4	9.1
Normalidad	No	Sí

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro, se evidencia la similitud entre sus medianas, con una diferencia de 0.5 minutos. Además, se observa que la cuasivarianza del tiempo muerto del método 1 es más de 4 veces la cuasivarianza del tiempo muerto del método 2. Asimismo, la media muestral de los tiempos muertos es 1.7 minutos mayor con el método 2 que con el método propuesto. Debido a ello, será necesario realizar una comparación de medias para averiguar si la diferencia entre las medias de los tiempos muertos de ambos métodos es significativa.

b. Comparación analítica

Antes de realizar una comparación de medias del tiempo muerto del método 2 y el método propuesto, es necesario comparar la varianza del tiempo muerto del método 2 ($\sigma^2_{TM_2}$) con la varianza del tiempo muerto del método propuesto ($\sigma^2_{TM_P}$) para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{TM_2} = \sigma^2_{TM_P}$$

$$H_1: \sigma^2_{TM_2} \neq \sigma^2_{TM_P}$$

En la figura 70 se muestran los resultados de la comparación de varianzas del tiempo muerto del método 2 y del método propuesto.

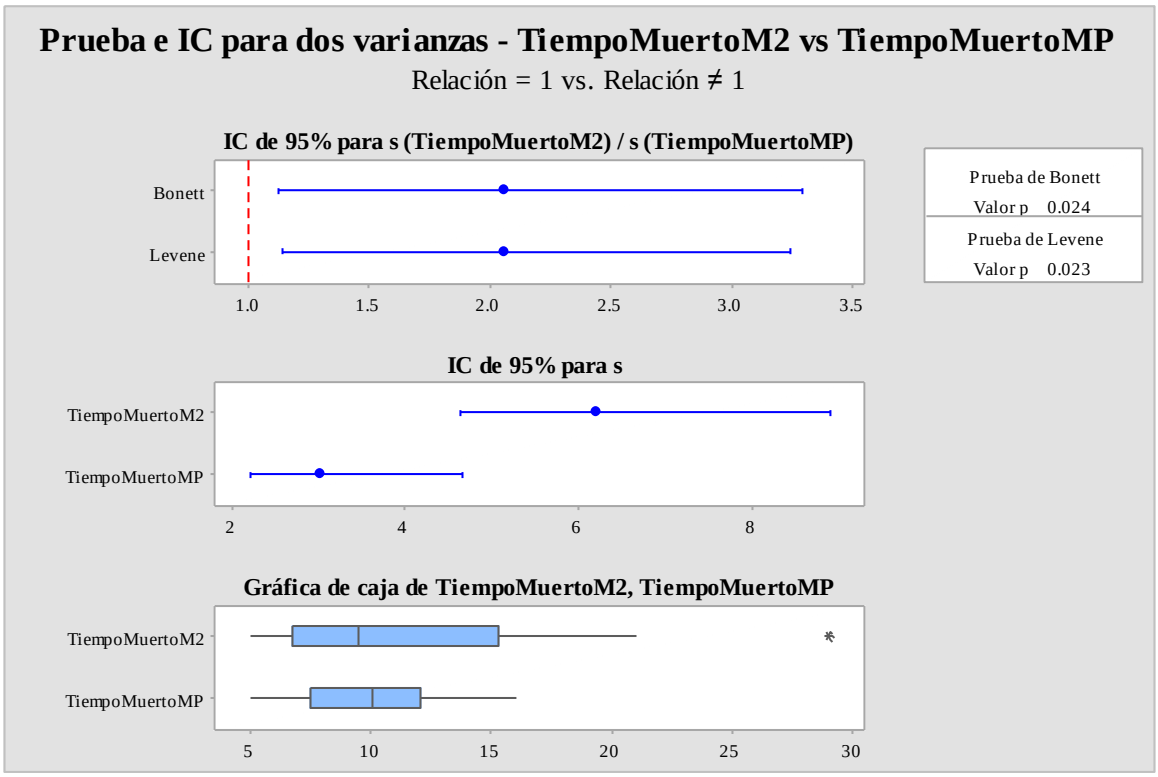


Figura 70. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

Debido a que el tiempo muerto del método 2 no es una variable normal, se utilizará la prueba de Levene. A la vista de los datos, se rechaza la hipótesis nula con un p-valor de 0.02 y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas diferentes.

Para comparar la media de la variable tiempo muerto de ambos métodos, se definen las hipótesis sin asumir que tienen varianzas iguales. En este caso, ya que la media muestral del método 2 es mayor que la del método propuesto, importa conocer si el tiempo muerto promedio del método 2 (μ_{TM_2})es mayor que el tiempo muerto promedio del método propuesto (μ_{TM_P}). Para ello, se realiza un contraste unilateral con las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{TM_2} \leq \mu_{TM_P}$$

$$H_1: \mu_{TM_2} > \mu_{TM_P}$$

En la figura 71 se muestran los resultados del contraste unilateral.

```
T de dos muestras para TiempoMuertoM2 vs. TiempoMuertoMP

                                  Error
                                estándar
                                   de la
            N  Media  Desv.Est.     media
TiempoMuertoM2  30  11.60       6.20       1.1
TiempoMuertoMP  17   9.94       3.01      0.73


Diferencia = mu (TiempoMuertoM2) - mu (TiempoMuertoMP)
Estimado de la diferencia:  1.66
Límite inferior 95% de la diferencia:  -0.60
Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 1.23  Valor P = 0.112  GL = 44
```

Figura 71. Comparación de medias – M2 vs MP – Tiempo muerto
Fuente: Minitab

El p-valor del contraste es 0.11, valor mayor que el nivel de significación (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa. A la vista de los datos, no hay evidencia suficiente para afirmar que el tiempo muerto promedio del método propuesto es menor que el del método 2. Es decir, la diferencia entre las medias del tiempo muerto de ambos métodos no es significativa. Por lo tanto, en términos del tiempo muerto promedio, no hay evidencia para afirmar que el método propuesto ofrece una ventaja frente al método 2.

8.1.2.3 Tasa de aparición de tiempos muertos

a. Comparación descriptiva

En la figura 72, se observa que la totalidad de los datos tomados en el método propuesto se encuentran por debajo de la mediana del método 2. Además, se aprecia que el método 2 es aparentemente simétrico respecto de su mediana y que el método propuesto tiene mayor dispersión entre el segundo y tercer cuartiles. Esto sugiere que el proceso con el método 2 se detiene más veces al día, en promedio, que el proceso utilizando el método propuesto.

En la tabla 20, se presenta un cuadro comparativo con las medidas descriptivas de la tasa de aparición de tiempos muertos de ambos métodos y su característica de normalidad.

En este cuadro, se evidencia la igualdad entre la mediana del método 2 y el cuartil 3 del método propuesto y entre el cuartil 1 del método 2 y la mediana del método propuesto. Además, la media muestral del método propuesto es 1.6 unidades mayor de la media muestral del método 2 y la cuasivarianza del método 2 es casi 3 veces la del método propuesto. Debido a ello, resultará conveniente realizar una comparación de medias para averiguar si la diferencia entre las medias de la tasa de aparición de tiempos muertos de ambos métodos es significativa.

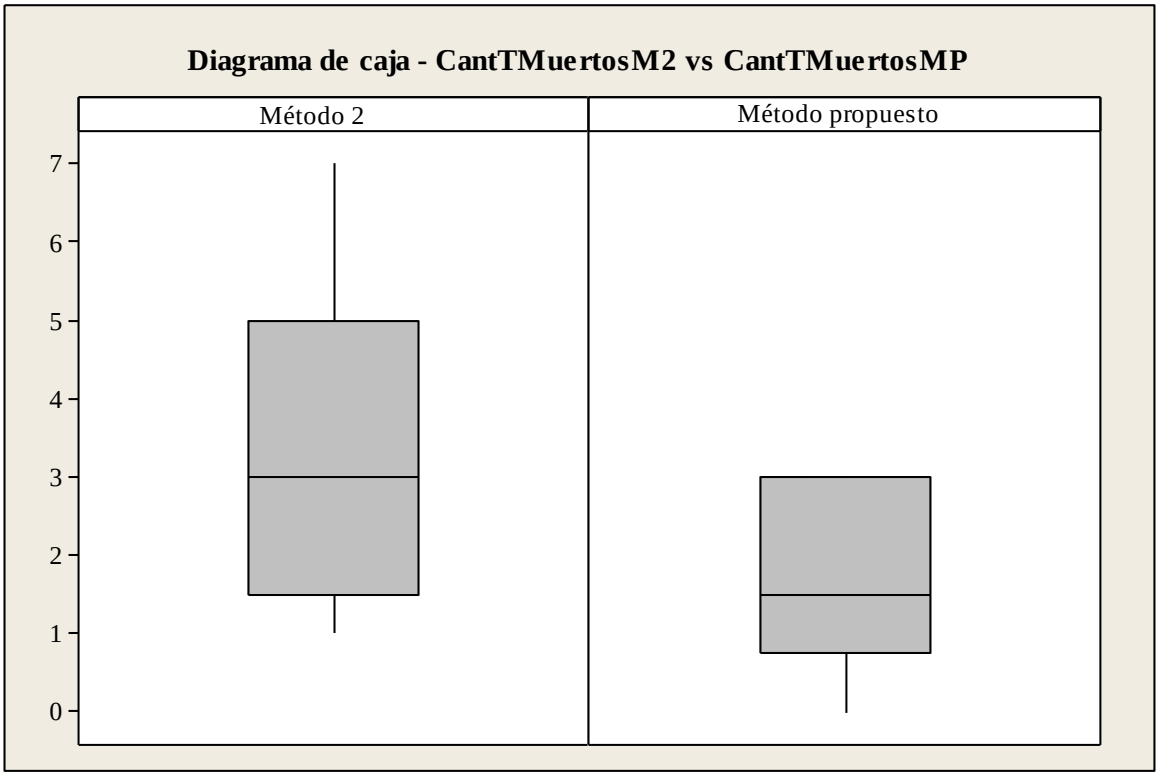


Figura 72. Diagrama de cajas – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

Tabla 20. Medidas descriptivas – Tasa de aparición de TM M2 vs MP

Medida descriptiva	CantTMuertosM2	CantTMuertosMP
Media	3.3	1.7
1° cuartil - Q_1	1.5	0.8
Mediana - Q_2	3.0	1.5
3° cuartil - Q_3	5.0	3.0
Varianza	4.5	1.6
Normalidad	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

b. Comparación analítica

Antes de realizar una comparación de medias de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 2 y del método propuesto, es necesario comparar la varianza de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 2 ($\sigma^2_{CM_2}$) con la varianza de la tasa de aparición de tiempos muertos del método propuesto ($\sigma^2_{CM_P}$) para conocer si existe igualdad entre ambas varianzas. Para dicha comparación, se tienen las siguientes hipótesis:

$$H_0: \sigma^2_{CM_2} = \sigma^2_{CM_P}$$

$$H_1: \sigma^2_{CM_2} \neq \sigma^2_{CM_P}$$

En la figura 73 se muestran los resultados de la comparación de varianzas de la tasa de aparición de tiempos muertos del método 2 y del método propuesto.

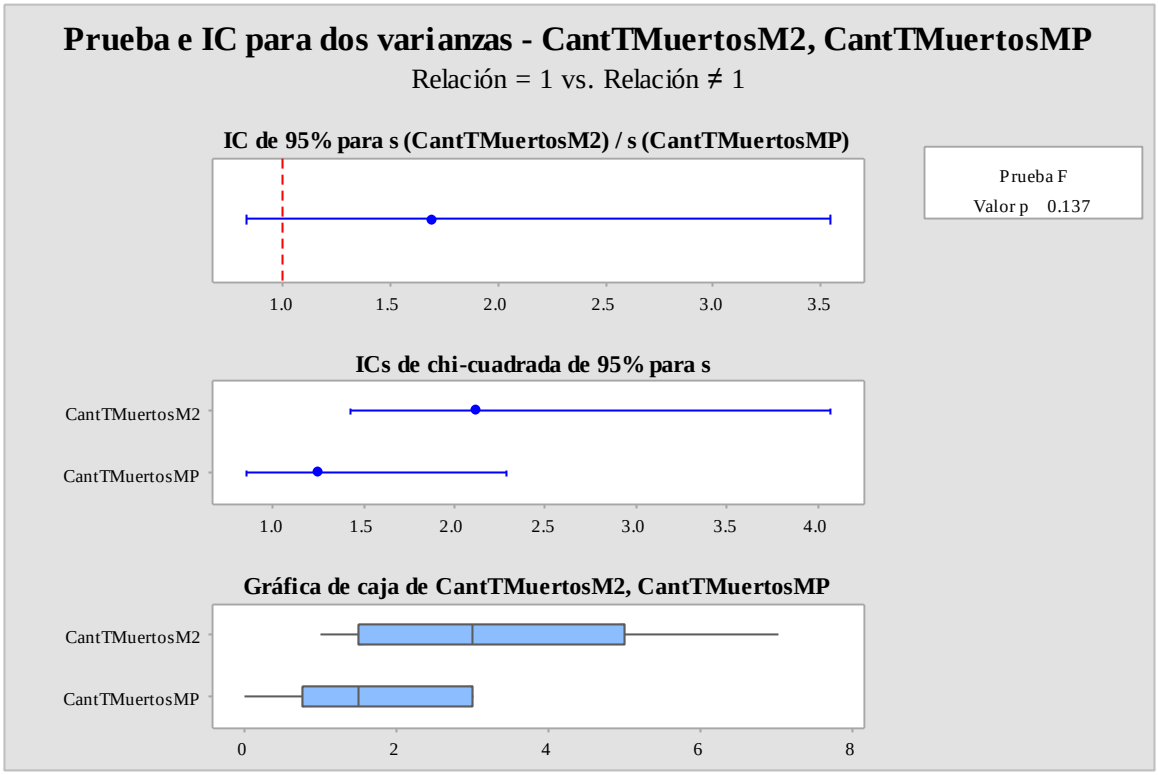


Figura 73. Comparación de varianza – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

Debido a que ambas variables son normales, se utilizará la prueba F. A la vista de los datos, se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0.14 y se rechaza la hipótesis alternativa. Por lo tanto, hay evidencia suficiente para afirmar que las variables comparadas tienen varianzas iguales.

Para comparar las tasas medias de aparición de tiempos muertos de ambos métodos, se definen las hipótesis asumiendo que tienen varianzas iguales. En este caso, ya que la media del método 2 es mayor que la del método propuesto, importa conocer si la tasa media de aparición de tiempos muertos del método 2 (μ_{CM_2}) es mayor que la tasa media de aparición de tiempos muertos del método propuesto (μ_{CM_P}). Para ello, se realiza un contraste unilateral con las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{CM_2} \leq \mu_{CM_P}$$

$$H_1: \mu_{CM_2} > \mu_{CM_P}$$

En la figura 74 se muestran los resultados del contraste unilateral.

El p-valor del contraste es casi 0.03, valor menor que el nivel de significación (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. A la vista de los datos, hay evidencia suficiente para afirmar que la tasa media de aparición de tiempos muertos del método propuesto es menor que el del método 2. Por lo tanto, concluimos que con el método propuesto el proceso se detiene menos veces en promedio.

```
T de dos muestras para CantTMuertosM2 vs. CantTMuertosMP

                                    Error
                                   estándar
                                    de la
                N  Media  Desv.Est.  media
CantTMuertosM2  9   3.33       2.12   0.71
CantTMuertosMP  10  1.70       1.25   0.40


Diferencia = mu (CantTMuertosM2) - mu (CantTMuertosMP)
Estimado de la diferencia:  1.633
Límite inferior 95% de la diferencia:  0.261
Prueba T de diferencia = 0 (vs. >): Valor T = 2.07  Valor P = 0.027  GL = 17
Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 1.7167
```

Figura 74. Comparación de media – M2 vs MP – Tasa de aparición de tiempos muertos
Fuente: Minitab

8.2 Variables de costos

En este apartado, se detallarán los cálculos del costo de implementación diario de cada método y el costo ocasionado por tiempos muertos. Asimismo, con base en esos cálculos, se realizará una comparación de ambos métodos respecto a dichas variables.

8.2.1 Toma de datos

Tal como se mencionó en el capítulo 6, los precios unitarios de la mano de obra y maquinaria fueron brindados por la empresa y los montos están en dólares porque la empresa registra los costos e ingresos en dólares con la finalidad de llevar un orden contable. Por otro lado, para determinar la cantidad de recursos para el método propuesto y sea comparable con el método 2 se consideró una producción promedio de 6000 jabas por día, tal y como se consideró en el capítulo 6.

8.2.2 Comparación de ambos métodos

8.2.2.1 Costo de implementación diario

En términos de costos, se va a comparar cuánto cuesta implementar diariamente cada método en un centro de acopio. En la tabla 21 se puede ver el costo de implementación diario de cada método. Los tractores y las carretas, al ser propios y ya encontrarse depreciados, no se consideran como parte del costo.

Tabla 21. Costo de implementación diario – M2 vs MP

Ítem	P.U. ($)	Método 2		Método propuesto	
		Cantidad	Cantidad	Cantidad	Costo ($)
Alquiler montacargas	40	2	80	1	40
Gas montacargas	8	2	16	1	8
Mano de obra (montacarguista)	14	2	29	1	14

Ítem	P.U. ($)	Método 2		Método propuesto	
		Cantidad	Cantidad	Cantidad	Costo ($)
Mano de obra (tractorista)	15	4	60	2	30
Combustible tractor	15	4	60	2	30
Alquiler portabins	60	3	180	2	90
Mano de obra (desinfectar)	14	1	29	1	14
Total ($)			**439**		**257**

Fuente: Elaboración propia

Considerando la producción estimada diaria a 8 horas de los métodos, se puede determinar el costo por jaba trasladada. Para el método propuesto, se divide el costo de implementación ($ 257) entre la producción estimada diaria, 10 214 jabas (102 144 jabas en total / 10 días de muestra), se obtiene que el costo de la jaba es $ 0.025/jaba. Este costo es significativamente menor que el costo por jaba del método 1 ($ 0.068/jaba) y del método 2 ($ 0.073/jaba). Por lo tanto, con el ajuste en la asignación de recursos se reduce el costo de jaba trasladada en 65%.

Con las variaciones en la cantidad de maquinaria utilizada, el nuevo costo de implementación, para la misma cantidad de producción de 6000 jabas por día completo, es 171% menos que del método 2. Esto refleja que en el método 2 no se utiliza la cantidad correcta de cada recurso. Con el ajuste realizado, el método propuesto incluso tiene un menor costo de implementación que el método 1.

8.2.2.2 Costo de tiempos muertos

Para el costo incurrido por tiempo de muerto en mano de obra en el método propuesto se ha considerado solo 1 montacarguista, ya que como se mencionó anteriormente, en promedio se trabaja con 2 tractores con portabin en el centro de acopio (ver tabla 22).

Tabla 22. Costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra – M2 vs MP

Mano de obra	P.U. ($)	Método 2		Método propuesto	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Montacarguista	14	2	29	1	14
Total ($)			**29**		**14**

Fuente: Elaboración propia

8.3 Conclusiones de la evaluación

En la tabla 23, se muestra el mejor método en promedio, según herramientas de estadística, para cada variable evaluada en el capítulo.

Tabla 23. Resumen – Mejor método para cada variable

Variable	Método 1 por jabas	Método 2 por bloques	Método propuesto
Tasa de llenado		Mejor método	Mejor método
Tiempo muerto		Mejor método	Mejor método
Tasa de aparición de tiempos muertos			Mejor método
Costo de implementación	$276	$439	Mejor método $257
Costo de tiempos muertos	$58	$29	Mejor método $14

Fuente: Elaboración propia

En el capítulo 6, el método 2 es más eficiente que el método 1 en términos de tiempo. Asimismo, el costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra es menor que el método 1. Sin embargo, el costo de implementación del método 2 es más elevado respecto al método 1. El alto costo de implementación deja la duda si los recursos se usan de manera correcta.

Por las razones mencionadas, el planteamiento del método propuesto se basa en el método 2. El método propuesto mantiene la ventaja respecto a las variables de tiempo, e incluso es mejor en cuanto a la tasa de aparición de tiempos muertos respecto al método 2.

En términos de costo, el método propuesto es mejor tanto en el costo de implementación, como en el costo incurrido por tiempo muerto de mano de obra. Incluso, el método propuesto tiene un menor costo de implementación que el método 1.

Por lo tanto, el método propuesto es mejor en las 5 variables que el método 1 y el método 2, a excepción de las dos primeras variables, en la que es equivalente al método 2.

Capítulo 9
Conclusión y recomendaciones

9.1 Conclusiones

1. En este estudio, se valida que el método propuesto reduce el tiempo de traslado de la uva de mesa y el costo unitario por jaba desde el campo hasta la planta de empaque respecto a ambos métodos iniciales.

2. El método propuesto se basa en el método de traslado por bloques que consiste en armar bloques de 60 jabas con uva fuera del lote y trasladarlos en un tractor con portabin hasta el centro de acopio. Una vez ahí, un montacargas coloca el bloque sobre un camión formando pilas de dos. Cuando se carga todo el camión, este se dirige hasta la planta de empaque. Sin embargo, en la propuesta se ha considerado determinar la cantidad ideal de recursos para una producción establecida previamente.

3. Al comparar el método 1 (por jabas) y el método 2 (por bloques), se comprueba que el método 2 es significativamente mejor en las 3 variables relacionadas con el tiempo, es decir, en la tasa de llenado, en la duración de tiempos muertos y en la tasa de aparición de tiempos muertos. Sin embargo, en términos de costo, se encuentra una diferencia importante en el costo de implementación a favor del método 1, y en el costo incurrido por tiempos muertos a favor del método 2.

4. El método propuesto tiene un menor costo de implementación diario que ambos métodos iniciales y además un menor costo unitario por jaba. A pesar de seguir el esquema del método 2, el cual tiene un alto costo de implementación, se logró disminuir el costo con ecuaciones que ayudan en el cálculo de los recursos de acuerdo con la producción.

5. Al comparar el método propuesto con el método 1 (por jabas) y el método 2 (por bloques), se comprueba que el método propuesto mantiene los tiempos medios del método 2, e incluso es significativamente mejor en cuanto a la tasa de aparición de tiempos muertos. Por otro lado, el método propuesto logra disminuir el costo de implementación diario respecto al método 2 y es menor que el costo del método 1. Además, el método propuesto tiene menor costo incurrido por tiempos muertos.

6. Para una capacidad de camión constante, comparando el método 2 (por bloques) y el método propuesto, se concluye que cuando aumenta la capacidad del camión, la tasa media de llenado aumenta en 0.02 unidades. Asimismo, cuando se utiliza el método propuesto la tasa de llenado es 4.63 unidades mayor por término medio que la tasa de llenado el método 2 (por bloques).

9.2 Recomendaciones

1. La empresa debe seguir implementando el método propuesto en futuras campañas, ya que ayuda a conservar la calidad de la fruta y a disminuir el costo de la cosecha, en el cual está incluido el traslado.
2. Para realizar una mejor medición, se pueden considerar otros factores como el tiempo de armado de los bloques para el método 2, tiempo de traslado desde el campo hasta la planta de empaque (de acuerdo con el sector donde se ubica el centro de acopio).
3. Se recomienda que, antes de realizar la medición de tiempos, se tome una muestra piloto con el fin de calcular el tamaño muestral necesario para que la estimación de la media de cada variable tenga un margen de error adecuado.
4. Cada cierto tiempo, se debe analizar la funcionalidad del método, con la finalidad de verificar si el método sigue siendo eficiente para la producción de la empresa. Asimismo, se debe estar pendiente de nuevas técnicas y tecnologías utilizadas para la carga y traslado de la fruta. De esta manera, se logrará mejor calidad a menor precio.
5. Evaluar el impacto financiero de la compra de portabins, puesto que actualmente estos son alquilados. Cabe resaltar, que estos serán utilizados en las futuras campañas.
6. Se recomienda realizar un análisis financiero más exhaustivo para validar el grado del impacto de la implementación de este nuevo método en la rentabilidad de la empresa.
7. Se recomienda que el área de Aseguramiento de la calidad esté encargada de verificar la aplicación de desinfectantes en la tolva de los camiones que trasladan la fruta. De esta manera, se protege la fruta y los trabajadores toman conciencia sobre el cuidado sanitario que se debe tener.
8. Se recomienda realizar una adecuada gestión del mantenimiento de las maquinarias. Este es importante para lograr la fluidez que todo proceso debe tener. Así, se evita que el proceso pare por tener una máquina parada dentro o fuera del centro de acopio, complicando el tránsito de los demás.
9. Al transitar por caminos de tierra, se recomienda regar los caminos y el centro de acopio antes y durante el desarrollo de la actividad. Esto con la finalidad de que la tierra no se levante y tenga contacto con la fruta. De esta manera, se protege la fruta y se agiliza el empaquetado en planta.

Bibliografía

1. 21 Food and beverage online. (2017). *Crimson Seedless Fruit*. Obtenido de http://www.21food.com/products/crimson-seedless-fruit-361199.html
2. Academic. (2012). *Enciclopedia universal*. Obtenido de http://enciclopedia_universal.esacademic.com/73716/Carpelo
3. Agrobit. (s.f.). *Microemprendimientos*. Obtenido de Cultivo de uva: http://www.agrobit.com/Documentos/G_2_Microemp/431_mi000001uv[1].htm
4. Agroindustrial Danper. (20 de Junio de 2015). *La uva peruana: pequeña en tamaño, pero grande en beneficios*. Obtenido de http://www.danper.com/blog/uva-peruana-beneficios/
5. Agromecaniza. (2017). *Carros autocargables - Portabins autocargables*. Obtenido de http://www.agromecaniza.com/catalogo/carros_autocargables/porta_bins_autocargables/#.WgRV81vWzIU
6. Agronegocios Génesis. (2011). Variedades para uva de mesa. *Catálogo de Vid 2011*, 16-21. Obtenido de http://www.agrogenesis.com/images/producto/pdf/vid.pdf
7. Angulo Bustíos, C. (2011). *Estadística.* Piura, Piura, Perú: Universidad de Piura.
8. Apoexpa. (2014). *Uvas para el mundo / Grapes for the world.* Obtenido de http://www.apoexpa.es/uploads/catalogo-uva.pdf
9. AUSCAL Viticulture. (Junio de 2015). *Table grape breeding programs and new varieties.* Obtenido de Module 10: http://www.7itgs2014.org/wp-content/uploads/2015/06/16a-MODULE-10-Table-Grape-Varieties-final.pdf
10. Barrachina, C. (2014). *Enología y procesos químicos: la viña y la uva*. Obtenido de http://www.lalinternadeltraductor.org/n10/vina-uva.html
11. Bautista Cabezas, R. (Marzo de 2012). *Distribución F*. Obtenido de https://es.slideshare.net/GinOasis/2012-3-distribucionffisher
12. Columela, F. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Taxonomía y Origen de la Vid: https://es.scribd.com/document/70933358/1-Taxonomia-y-Origen-de-La-Vid

13. Corporación andina de fomento & FAO. (2006). *Nota de análisis sectorial: Agricultura y desarrollo rural.* Recuperado el 05 de Junio de 2017, de http://www.fao.org/3/a-ak169s.pdf

14. Definiciona. (Enero de 2015). *Bilocular*. Obtenido de https://definiciona.com/bilocular/

15. Dirección Regional Agraria de Ica. (24 de Diciembre de 2014). *Gobierno Regional*. Obtenido de Destacado: Uva iqueña presente en 54 mercados internacionales: http://www.agroica.gob.pe/?q=node/531

16. EcuRed. (2016). *Gineceo*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Gineceo

17. El mercurio. (15 de Diciembre de 2014). *Cómo elegir el portainjerto adecuado para las vides de mesa*. Obtenido de http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Redes/2014/08/07/portainjerto.aspx

18. El mercurio. (7 de Diciembre de 2015). *Las últimas innovaciones en el manejo de coberturas para uva de mesa*. Obtenido de http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2015/12/07/Las-ultimas-innovaciones-en-el-manejo-de-coberturas-para-uva-de-mesa.aspx

19. Eroski Consumer. (s.f.). *Frutas: Guía práctica de frutas*. Obtenido de Uva: Origen y variedades: http://frutas.consumer.es/uva/origen-y-variedades

20. Fresh Cargo Perú. (2016). *Tendencia económica y comercial de uva de mesa.* Lima: Fresh Cargo.

21. Garavito Calmet, L. (3 de Abril de 2017). Experiencia con uva de mesa en Ica. (N. Huemura Merino, Entrevistador)

22. Garcilazo Cornejo, J. M. (2015). *Manejo postcosecha de la uva de mesa.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/329569428/Manejo-Postcosecha-de-La-Uva-de-Mesa

23. Gonzáles, T., Puelles, L., Villacorta, J., & Vizcardo, G. (07 de enero de 2013). *Pontificia Universidad Católica del Peú.* Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Peú: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1677

24. González Farias, I. (2017). *Tema 5 Regresión múltiple.* Piura: Universidad de Piura.

25. Grapeman farms. (2017). *About Crimson Seedless*. Obtenido de http://pacificvinegrapes.com/our-varieties/crimson-seedless/

26. Grapeman farms. (2017). *About Red Globe*. Obtenido de http://pacificvinegrapes.com/our-varieties/red-globes/

27. Grapeman farms. (2017). *About Seedless Flames*. Obtenido de http://pacificvinegrapes.com/our-varieties/seedless-flames/

28. Grapeman farms. (2017). *About Sugraone*. Obtenido de http://pacificvinegrapes.com/our-varieties/sugraone/

29. Hernández Ramírez, C. (Noviembre de 2014). *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*. Obtenido de Principios básicos de viticultura : http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3658/T20265%20HERNANDEZ%20RAMIREZ%2C%20CRISTIAN%20YONATHAN%20%20TESIS.pdf?sequence=1

30. Ilzarbe, L., & Vegas, S. (2008). *Herramientas para la gestión de la calidad: Teoría y aplicaciones prácticas* (Primera edición ed.). Piura, Perú: Universidad de Piura.

31. Instituto Tecnológico de Apizaco, México. (2015). *Herramientas de análisis para la mejora de la calidad*. Obtenido de http://abyperez.weebly.com/diagrama-de-proceso-de-decisioacuten.html

32. Intagri. (2017). *Plantas hermafroditas, monoicas y dioicas*. Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/plantas-hermafroditas-monoicas-y-dioicas

33. Jasten, J. (12 de Julio de 2016). *Técnicas de calidad.* Obtenido de SlideShare: https://www.slideshare.net/Jastenjesus/1-tecnicas-para-solucin-de-problemas

34. Ljubetic, D., Soza, J., & Valdivieso, V. (Julio de 2007). *Portainjertos en uva de mesa.* Obtenido de Viticultura & Fruticultura: http://www.prokambium.cl/clases/Portainjertos

35. López, S., & Rodríguez, P. (2 de Mayo de 2017). *Emaze*. Obtenido de Cartas de control de calidad: https://www.emaze.com/@AQFIQCQC/CARTAS-DE-CONTROL-DE

36. Migiva Group. (22 de Setiembre de 2014). *El futuro de las variedades sin semilla*. Obtenido de http://www.migivagroup.com/blog-migiva/el-futuro-de-las-variedades-sin-semilla/

37. Ministerio de Agricultura y Riego. (Mayo de 2014). *Plan estratégico institucional 2012-2016.* Obtenido de http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2014/mayo/pei-2012-2016.pdf

38. Ministerio de Agricultura y Riego. (Julio de 2015). *Plan estratégico sectorial multianual 2015-2021*. Obtenido de http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/pnapes/pesem_2015-2021.pdf

39. Ministerio de Agricultura y riego. (Diciembre de 2016). *Plan operativo institucional 2017.* Obtenido de http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2016/diciembre/tomo1-rm629-2016.pdf

40. Ministerio de Agricultura y Riego. (Agosto de 2017). *Anuario Estadístio de la Producción Agrícola y Ganadera 2016.* Obtenido de

http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016_210917_0.pdf

41. Monge Vargas, R. (2017). *Operación logística internacional*. Piura: Universidad de Piura.

42. Moyca . (2017). *Variedades*. Obtenido de http://www.moyca.org/varieties.html?id=2&i=#loaded

43. New Era. (Mayo de 2014). *Namibia Grape Company team back from Egypt*. Obtenido de https://www.newera.com.na/2014/05/20/namibia-grape-company-team-egypt/

44. Parihuelas de madera. (2017). *Parihuelas con durmientes*. Obtenido de http://www.parihuelasdemadera.com/component/content/article.html?id=58:parihuelas-con-durmientes

45. Peña, D. (2015). *Fundamentos de estadística.* Madrid: Alianza Editorial.

46. Peppi, C. (2013). *Portainjertos para vides: Respuestas frente a la sequía.* Santiago de Chile: Universidad de Chile.

47. Peru Opportunity Fund. (15 de Julio de 2011). *Diagnóstico de la agricultura en el Perú.* Obtenido de http://www.peruopportunity.org/uploads/posts/34/Diagno_stico_de_la_Agricultura_en_el_Peru__-_web.pdf

48. Pfenniger Herramientas agrícolas. (2017). *Herramientas agrícolas*. Obtenido de Raleo & Cosecha: http://www.pfenagri.cl/productos/ver-14/9/tijera-de-cosecha-y-raleo.html

49. Plantas para curar. (2017). *La planta de uva*. Obtenido de http://www.plantasparacurar.com/la-planta-de-uva/

50. Portal Frutícola. (29 de Enero de 2016). *Altos precios para variedades de uva sin semilla contrasta con el mercado de Red Globe en EE.UU.* Obtenido de https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/01/29/altos-precios-para-variedades-de-uva-sin-semilla-contrasta-con-el-mercado-de-red-globe-en-ee-uu/

51. Portal Frutícola. (24 de Abril de 2017). *Columna de opinión: Acceso de los exportadores de fruta a la justicia norteamericana*. Obtenido de http://www.portalfruticola.com/noticias/2017/04/24/columna-opinion-acceso-los-exportadores-fruta-la-justicia-norteamericana/

52. Provid. (2017). *Exportaciones de uva de mesa campaña 2016-2017.* Lima: Provid.

53. PXS School of Excellence. (2015). *Siete herramientas básicas de la calidad. El diagrama de flujo. Caminar y docimentar el proceso*. Obtenido de http://blog.pxsglobal.com/2017/01/09/siete-herramientas-basicas-de-la-calidad-el-diagrama-de-flujo-caminar-y-documentar-el-proceso/

54. Romojaro, Martínez Madrid, & Pretel. (2003). *Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios.* Obtenido de http://www.horticom.com/pd/imagenes/65/906/65906.pdf

55. Sánchez, I. (2016). *Inferencia con dos poblaciones.* Piura: Universidad de Piura.

56. Sánchez, I. (2016). *Inferencia con muestras grandes.* Piura: Universidad de Piura.

57. Sánchez, I. (2016). *Introducción a la regresión múltiple.* Piura: Universidad de Piura.

58. Santamaría, O. (s.f.). *Variedades de uva de mesa que exporta el Perú.* Obtenido de Scribd: https://es.scribd.com/document/347391449/VARIEDAD-UVAS-pdf

59. Sbrocco International. (s.f.). *Grapes*. Obtenido de http://www.good4ufreshfruit.com/grapes/

60. SNFL Group. (s.f.). *Magenta*. Obtenido de http://snfl-group.eu/product/magenta/#tab-additional_information

61. Sociedad Agrícola Saturno S.A. (2016). *Buenas prácticas agrícola para cosecha.* Piura.

62. Sociedad Agrícola Saturno S.A. (2016). *Protocolo de conducción de cultivo vid.* Piura.

63. Statgraphics. (2006). *Transformación de box cox.* Obtenido de http://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/Transformaciones%20de%20Box-Cox.pdf

64. Universidad Autónoma de Madrid. (2013). *Estadística.* Obtenido de http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jgonzalo/Est/Tema-BIO4.pdf

65. Universidad de Barcelona. (2009). *Inferencia estadística*. Obtenido de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-1.htm

66. Universidad de Granada. (1 de Octubre de 2009). *Bioestadística*. Obtenido de http://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica2/

67. Universidad de Valencia. (s.f.). *Análisis de datos unidimensionales*. Obtenido de https://www.uv.es/ceaces/base/descriptiva/Descrip1.htm

68. Universidad Nacional de Colombia. (Junio de 2006). *Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza.* Obtenido de https://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29_1_57CorreaIral.pdf

69. Universidad Nacional del Nordeste. (2016). *Morfología de plantas vasculares*. Obtenido de Tema 5: Flor: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema5/5_1sexualidad.htm

70. Universidad Pública de Navarra. (2016). *Herbario de la Universidad Pública de Navarra*. Obtenido de Flora Arvense de Navarra: http://www.unavarra.es/herbario/htm/plantula.htm

71. Uvanova: Comisión de investigación para el desarrollo de la uva de mesa. (Noviembre de 2015). *Variedades de uva de mesa.* Obtenido de http://static.elmercurio.cl/Repositorio/Campo/2015/11/CAROLINACRUZ.pdf

72. Uvas doce: Productores, exportadores e importadores de uva. (2017). *Tipos y variedades*. Obtenido de http://uvasdoce.com/tipos-y-variedades/

73. Vivero Los Viñedos. (18 de Setiembre de 2016). *Experiencias en el manejo de portainjertos de vid en el Perú.* Obtenido de https://issuu.com/vivero-los-vinedos/docs/portainjertos

Anexos

Anexo 1 - Datos tomados del método 1 (por jabas)

Tasa de llenado

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
08/11/2016	400	8:07	8:33	26	15
08/11/2016	400	12:01	12:25	24	17
08/11/2016	600	12:36	13:01	25	24
08/11/2016	700	11:02	11:39	37	19
08/11/2016	800	9:37	10:22	45	18
09/11/2016	400	9:40	10:01	21	19
09/11/2016	400	10:27	10:49	22	18
09/11/2016	400	11:00	11:21	21	19
09/11/2016	400	13:46	14:06	20	20
09/11/2016	400	13:59	14:25	26	15
09/11/2016	500	8:50	9:09	19	26
09/11/2016	500	14:41	15:04	23	22
10/11/2016	400	9:55	10:17	22	18
10/11/2016	400	10:24	10:42	18	22
10/11/2016	400	11:56	12:15	19	21
10/11/2016	800	8:43	9:25	42	19
10/11/2016	800	11:00	11:47	47	17
11/11/2016	360	7:27	7:47	20	18
11/11/2016	400	8:01	8:22	21	19
11/11/2016	400	8:15	8:36	21	19
11/11/2016	400	8:46	9:13	27	15
11/11/2016	400	9:36	9:57	21	19
12/11/2016	400	8:22	8:35	13	31
12/11/2016	400	9:48	10:13	25	16
12/11/2016	400	10:28	10:56	28	14
12/11/2016	500	7:45	8:13	28	18
12/11/2016	600	9:00	9:26	26	23
14/11/2016	400	8:05	8:25	20	20
14/11/2016	400	10:20	10:41	21	19
14/11/2016	400	11:30	12:00	30	13
16/11/2016	400	8:26	8:46	20	20
16/11/2016	400	10:32	11:06	34	12
16/11/2016	400	11:40	12:07	27	15
16/11/2016	450	8:57	9:17	20	22
16/11/2016	500	9:36	10:00	24	21
17/11/2016	400	9:27	9:50	23	17
17/11/2016	400	10:09	10:36	27	15
17/11/2016	400	10:56	11:23	27	15
17/11/2016	400	11:32	12:06	34	12

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
18/11/2016	400	8:24	8:47	23	17
18/11/2016	400	8:48	9:16	28	14
18/11/2016	400	8:58	9:37	39	10
18/11/2016	400	10:20	10:42	22	18
18/11/2016	400	11:37	12:06	29	14
18/11/2016	500	7:50	8:16	26	19
18/11/2016	500	9:43	10:13	30	17
18/11/2016	500	10:50	11:23	33	15
19/11/2016	300	9:22	9:40	18	17
19/11/2016	400	7:37	7:52	15	27
19/11/2016	400	7:43	8:02	19	21
19/11/2016	400	10:10	10:28	18	22
19/11/2016	400	10:25	10:52	27	15
19/11/2016	500	8:32	9:07	35	14
19/11/2016	500	8:46	9:14	28	18
19/11/2016	500	9:23	10:04	41	12
19/11/2016	500	10:45	11:15	30	17

Tiempo muerto

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo muerto	Motivo
08/11/2016	7:43	8:07	24	Falta de camión
08/11/2016	7:56	8:07	11	Falta de camión
08/11/2016	9:23	9:36	13	Sobreabastecimiento
08/11/2016	10:15	10:47	32	Sobreabastecimiento
08/11/2016	10:22	10:43	21	Sobreabastecimiento
08/11/2016	10:32	10:41	9	Sobreabastecimiento
08/11/2016	11:39	11:54	15	Falta de mano de obra
08/11/2016	11:44	11:54	10	Falta de mano de obra
08/11/2016	12:30	12:36	6	Sobreabastecimiento
09/11/2016	8:50	8:59	9	Sobreabastecimiento
09/11/2016	8:50	9:08	18	Sobreabastecimiento
09/11/2016	9:46	9:56	10	Sobreabastecimiento
09/11/2016	9:48	10:02	14	Sobreabastecimiento
09/11/2016	10:43	11:00	17	Falta de camión
09/11/2016	10:50	11:01	11	Falta de camión
09/11/2016	12:14	12:20	6	Falta de mano de obra
10/11/2016	9:20	9:32	12	Sobreabastecimiento
10/11/2016	10:12	10:19	7	Sobreabastecimiento
10/11/2016	10:24	10:36	12	Sobreabastecimiento
10/11/2016	10:24	10:35	11	Sobreabastecimiento
10/11/2016	10:41	10:57	16	Sobreabastecimiento

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo muerto	Motivo
10/11/2016	11:50	11:58	8	Sobreabastecimiento
10/11/2016	11:38	12:07	29	Falta de mano de obra
10/11/2016	11:49	11:59	10	Sobreabastecimiento
11/11/2016	8:08	8:18	10	Falta de camión
11/11/2016	8:12	8:19	7	Falta de camión
11/11/2016	9:05	9:10	5	Sobreabastecimiento
12/11/2016	8:46	10:10	84	Falta de camión
12/11/2016	9:15	11:18	123	Sobreabastecimiento
12/11/2016	9:29	10:13	44	Falta de camión
12/11/2016	10:20	11:08	48	Sobreabastecimiento
12/11/2016	11:20	11:33	13	Sobreabastecimiento
12/11/2016	11:44	12:10	26	Sobreabastecimiento
14/11/2016	8:30	8:39	9	Sobreabastecimiento
14/11/2016	9:18	9:28	10	Sobreabastecimiento
14/11/2016	9:50	9:56	6	Sobreabastecimiento
14/11/2016	10:54	11:06	12	Sobreabastecimiento
14/11/2016	10:55	11:06	11	Sobreabastecimiento
16/11/2016	9:06	9:17	11	Sobreabastecimiento
16/11/2016	9:06	9:17	11	Sobreabastecimiento
16/11/2016	9:33	9:45	12	Sobreabastecimiento
16/11/2016	10:17	10:29	12	Sobreabastecimiento
16/11/2016	10:25	10:37	12	Sobreabastecimiento
16/11/2016	11:32	11:57	25	Falta de mano de obra
17/11/2016	8:14	8:22	8	Sobreabastecimiento
17/11/2016	9:22	9:28	6	Sobreabastecimiento
17/11/2016	10:04	10:31	27	Sobreabastecimiento
17/11/2016	10:30	10:47	17	Sobreabastecimiento
17/11/2016	11:01	11:10	9	Sobreabastecimiento
17/11/2016	11:12	11:21	9	Sobreabastecimiento
18/11/2016	7:42	7:49	7	Sobreabastecimiento
18/11/2016	8:34	8:57	23	Sobreabastecimiento
18/11/2016	9:16	9:45	29	Falta de camión
18/11/2016	9:24	9:36	12	Sobreabastecimiento
18/11/2016	9:50	9:56	6	Sobreabastecimiento
19/11/2016	7:33	7:47	14	Falta de camión
19/11/2016	8:13	8:23	10	Sobreabastecimiento
19/11/2016	8:19	8:43	24	Sobreabastecimiento
19/11/2016	8:39	9:00	21	Sobreabastecimiento
19/11/2016	9:20	9:44	24	Sobreabastecimiento
19/11/2016	9:25	9:58	33	Sobreabastecimiento
19/11/2016	9:37	10:25	48	Sobreabastecimiento
19/11/2016	11:08	11:30	22	Falta de mano de obra

Tasa de aparición de tiempos muertos

Fecha	Cantidad de tiempos muertos
8/11/2016	10
9/11/2016	7
10/11/2016	8
11/11/2016	3
12/11/2016	4
14/11/2016	5
16/11/2016	6
17/11/2016	6
18/11/2016	5
19/11/2016	8

Anexo 2 – Datos tomados del método 2 (por bloques)

Tasa de llenado

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
08/11/2016	240	8:08	8:18	10	24
08/11/2016	420	9:13	9:30	17	25
08/11/2016	480	8:52	9:07	15	32
08/11/2016	480	11:00	11:15	15	32
08/11/2016	480	9:40	9:55	15	32
08/11/2016	480	10:19	10:36	17	28
08/11/2016	480	11:52	12:08	16	30
09/11/2016	360	11:12	11:26	14	26
09/11/2016	660	13:08	13:28	20	33
09/11/2016	840	10:14	10:35	21	40
10/11/2016	420	10:24	10:36	12	35
10/11/2016	480	10:41	10:56	15	32
10/11/2016	480	8:29	8:40	11	44
10/11/2016	480	9:47	9:56	9	53
10/11/2016	480	10:57	11:15	18	27
10/11/2016	600	9:18	9:36	18	33
10/11/2016	660	11:58	12:18	20	33
10/11/2016	660	8:57	9:11	14	47
11/11/2016	420	9:22	9:34	12	35
11/11/2016	420	12:30	12:43	13	32
11/11/2016	480	8:19	8:33	14	34
11/11/2016	480	8:53	9:07	14	34
11/11/2016	480	11:56	12:13	17	28
11/11/2016	600	11:30	11:44	14	43
11/11/2016	660	10:45	11:00	15	44
11/11/2016	840	10:02	10:24	22	38
12/11/2016	240	7:22	7:32	10	24
12/11/2016	420	10:42	11:08	26	16
12/11/2016	420	7:42	8:00	18	23
12/11/2016	480	9:57	10:20	23	21
12/11/2016	480	8:05	8:21	16	30
12/11/2016	660	8:25	8:51	26	25
12/11/2016	660	11:38	12:08	30	22
12/11/2016	840	9:06	9:36	30	28
14/11/2016	480	11:06	11:24	18	27
14/11/2016	600	8:56	9:19	23	26
14/11/2016	600	11:58	12:20	22	27
14/11/2016	660	9:27	9:55	28	24
14/11/2016	840	10:35	10:56	21	40

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
14/11/2016	840	8:15	8:41	26	32
17/11/2016	420	10:59	11:08	9	47
17/11/2016	660	11:40	11:56	16	41
17/11/2016	840	10:08	10:25	17	49
18/11/2016	360	10:35	10:42	7	51
18/11/2016	360	7:55	8:04	9	40
18/11/2016	420	9:20	9:27	7	60
18/11/2016	420	11:59	12:06	7	60
18/11/2016	480	8:58	9:10	12	40
18/11/2016	480	11:01	11:08	7	69
18/11/2016	600	9:51	10:06	15	40
18/11/2016	600	12:13	12:24	11	55
18/11/2016	660	10:15	10:26	11	60
18/11/2016	840	11:35	11:49	14	60
18/11/2016	840	8:23	8:41	18	47
19/11/2016	420	10:35	10:43	8	53
19/11/2016	480	10:08	10:20	12	40
19/11/2016	600	8:14	8:24	10	60
19/11/2016	600	10:56	11:17	21	29
19/11/2016	660	8:49	9:04	15	44
19/11/2016	660	11:27	11:46	19	35
19/11/2016	840	9:50	10:01	11	76

Tiempo muerto

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo muerto	Motivo
08/10/2016	9:07	9:13	6	Sobreabastecimiento
09/10/2016	7:50	7:56	6	Sobreabastecimiento
09/10/2016	8:04	8:13	9	Sobreabastecimiento
09/10/2016	9:35	9:41	6	Sobreabastecimiento
09/10/2016	9:36	9:43	7	Sobreabastecimiento
09/10/2016	9:51	9:58	7	Sobreabastecimiento
09/10/2016	10:11	10:19	8	Sobreabastecimiento
09/10/2016	10:21	10:42	21	Falta de camión
10/10/2016	9:49	10:04	15	Sobreabastecimiento
10/10/2016	11:07	11:20	13	Sobreabastecimiento
11/10/2016	8:07	8:20	13	Sobreabastecimiento
11/10/2016	9:31	9:36	5	Sobreabastecimiento
11/10/2016	9:35	9:41	6	Sobreabastecimiento
11/10/2016	10:36	10:43	7	Sobreabastecimiento
12/10/2016	9:51	9:58	7	Sobreabastecimiento
12/10/2016	10:11	10:19	8	Sobreabastecimiento

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo muerto	Motivo
12/10/2016	10:21	10:50	29	Falta de camión
12/10/2016	10:47	11:01	14	Sobreabastecimiento
12/10/2016	11:07	11:20	13	Sobreabastecimiento
12/10/2016	11:15	11:36	21	Sobreabastecimiento
14/10/2016	9:10	9:15	5	Sobreabastecimiento
14/10/2016	10:07	10:15	8	Sobreabastecimiento
14/10/2016	10:33	10:54	21	Falta de camión
17/10/2016	10:05	10:15	10	Sobreabastecimiento
17/10/2016	10:45	10:50	5	Sobreabastecimiento
18/10/2016	10:38	10:54	16	Sobreabastecimiento
19/10/2016	10:33	10:48	15	Sobreabastecimiento
19/10/2016	10:44	10:54	10	Sobreabastecimiento
19/10/2016	11:07	11:27	20	Falta de camión
19/10/2016	11:10	11:27	17	Falta de camión

Tasa de aparición de tiempos muertos

Fecha	Cantidad de tiempos muertos
8/10/2016	1
9/10/2016	7
10/10/2016	2
11/10/2016	4
12/10/2016	6
14/10/2016	3
17/10/2016	2
18/10/2016	1
19/10/2016	4

Anexo 3 – Datos tomados del método propuesto

Tasa de llenado

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
09/10/2017	480	7:53	8:02	9	53
09/10/2017	480	8:12	8:27	15	32
09/10/2017	480	8:34	8:43	9	53
09/10/2017	480	8:49	9:01	12	40
09/10/2017	480	9:13	9:20	7	69
09/10/2017	480	9:28	9:42	14	34
09/10/2017	480	9:52	10:00	8	60
09/10/2017	480	10:12	10:21	9	53
09/10/2017	480	10:31	10:43	12	40
09/10/2017	480	10:51	11:00	9	53
09/10/2017	480	11:09	11:30	21	23
09/10/2017	480	11:41	11:50	9	53
09/10/2017	480	11:59	12:11	12	40
10/10/2017	480	7:51	8:08	17	28
10/10/2017	480	8:18	8:32	14	34
10/10/2017	480	8:43	9:00	17	28
10/10/2017	480	9:08	9:23	15	32
10/10/2017	480	9:36	9:49	13	37
10/10/2017	480	10:03	10:17	14	34
10/10/2017	480	10:21	10:38	17	28
10/10/2017	480	10:47	11:02	15	32
10/10/2017	480	11:08	11:18	10	48
10/10/2017	480	11:25	11:36	11	44
10/10/2017	480	11:40	11:52	12	40
11/10/2017	480	7:30	7:45	15	32
11/10/2017	480	7:51	8:05	14	34
11/10/2017	480	8:34	8:43	9	53
11/10/2017	480	8:49	9:01	12	40
11/10/2017	480	9:13	9:20	7	69
11/10/2017	480	9:28	9:42	14	34
11/10/2017	480	9:52	10:00	8	60
11/10/2017	480	10:12	10:21	9	53
11/10/2017	480	10:31	10:43	12	40
11/10/2017	480	10:51	11:00	9	53
11/10/2017	480	11:07	11:20	13	37
11/10/2017	480	11:25	11:34	9	53
11/10/2017	480	11:37	11:49	12	40
11/10/2017	480	11:53	12:09	16	30
11/10/2017	480	12:15	12:23	8	60

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
12/10/2017	480	7:41	7:56	15	32
12/10/2017	480	8:09	8:20	11	44
12/10/2017	480	8:25	8:40	15	32
12/10/2017	480	8:50	9:02	12	40
12/10/2017	480	9:06	9:20	14	34
12/10/2017	480	9:28	9:42	14	34
12/10/2017	480	9:52	10:00	8	60
12/10/2017	480	10:07	10:20	13	37
12/10/2017	480	10:29	10:45	16	30
12/10/2017	480	10:56	11:08	12	40
12/10/2017	480	11:14	11:28	14	34
12/10/2017	480	11:35	11:49	14	34
12/10/2017	480	11:59	12:10	11	44
13/10/2017	480	7:16	7:31	15	32
13/10/2017	480	7:36	7:50	14	34
13/10/2017	480	7:57	8:09	12	40
13/10/2017	480	8:15	8:30	15	32
13/10/2017	480	8:40	8:51	11	44
13/10/2017	480	8:58	9:11	13	37
13/10/2017	480	9:19	9:36	17	28
13/10/2017	480	9:43	9:56	13	37
13/10/2017	480	10:10	10:24	14	34
13/10/2017	480	10:32	10:50	18	27
13/10/2017	480	11:01	11:17	16	30
13/10/2017	480	11:30	11:42	12	40
14/10/2017	480	7:12	7:28	16	30
14/10/2017	480	7:35	7:46	11	44
14/10/2017	480	7:50	8:00	10	48
14/10/2017	480	8:04	8:16	12	40
14/10/2017	480	8:21	8:35	14	34
14/10/2017	480	8:41	8:57	16	30
14/10/2017	480	9:01	9:10	9	53
14/10/2017	480	9:16	9:32	16	30
14/10/2017	480	9:42	9:58	16	30
14/10/2017	480	10:05	10:20	15	32
14/10/2017	480	10:24	10:33	9	53
14/10/2017	480	10:38	10:52	14	34
14/10/2017	480	10:58	11:14	16	30
14/10/2017	480	11:18	11:27	9	53
14/10/2017	480	11:31	11:46	15	32
14/10/2017	480	11:52	12:03	11	44
16/10/2017	480	7:34	7:51	17	28
16/10/2017	480	8:01	8:16	15	32

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
16/10/2017	480	8:20	8:36	16	30
16/10/2017	480	8:42	8:55	13	37
16/10/2017	480	9:02	9:16	14	34
16/10/2017	480	9:24	9:33	9	53
16/10/2017	480	9:40	9:55	15	32
16/10/2017	480	10:07	10:17	10	48
16/10/2017	480	10:25	10:37	12	40
16/10/2017	480	10:43	10:57	14	34
16/10/2017	480	11:08	11:20	12	40
16/10/2017	480	11:25	11:36	11	44
16/10/2017	480	11:42	11:56	14	34
17/10/2017	480	7:23	7:32	9	53
17/10/2017	480	7:38	7:50	12	40
17/10/2017	480	7:57	8:08	11	44
17/10/2017	480	8:13	8:27	14	34
17/10/2017	480	8:34	8:46	12	40
17/10/2017	480	8:53	9:05	12	40
17/10/2017	480	9:18	9:31	13	37
17/10/2017	480	9:42	9:57	15	32
17/10/2017	480	10:08	10:21	13	37
17/10/2017	480	10:30	10:44	14	34
17/10/2017	480	10:55	11:05	10	48
17/10/2017	480	11:14	11:26	12	40
17/10/2017	480	11:37	11:51	14	34
18/10/2017	480	7:51	8:02	11	44
18/10/2017	480	8:10	8:22	12	40
18/10/2017	480	8:31	8:40	9	53
18/10/2017	480	8:49	9:01	12	40
18/10/2017	480	9:12	9:28	16	30
18/10/2017	480	9:39	9:50	11	44
18/10/2017	480	9:59	10:12	13	37
18/10/2017	480	10:23	10:35	12	40
18/10/2017	480	10:44	10:53	9	53
18/10/2017	480	11:01	11:16	15	32
18/10/2017	480	11:28	11:41	13	37
18/10/2017	480	11:50	11:58	8	60
19/10/2017	480	7:40	7:52	12	40
19/10/2017	480	8:01	8:10	9	53
19/10/2017	480	8:20	8:31	11	44
19/10/2017	480	8:42	8:50	8	60
19/10/2017	480	8:58	9:08	10	48
19/10/2017	480	9:16	9:28	12	40
19/10/2017	480	9:36	9:45	9	53

Fecha	Cantidad de jabas	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de llenado	Jabas/ minuto
19/10/2017	480	9:52	10:03	11	44
19/10/2017	480	10:11	10:20	9	53
19/10/2017	480	10:32	10:42	10	48
19/10/2017	480	10:51	11:02	11	44
19/10/2017	480	11:06	11:15	9	53
19/10/2017	480	11:19	11:29	10	48
19/10/2017	480	11:33	11:44	11	44
19/10/2017	480	11:50	11:58	8	60

Tiempo muerto

Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo muerto	Motivo
09/10/2017	8:36	8:49	13	Sobreabastecimiento
10/10/2017	9:01	9:08	7	Sobreabastecimiento
10/10/2017	10:13	10:21	8	Sobreabastecimiento
10/10/2017	11:15	11:25	10	Sobreabastecimiento
11/10/2017	7:35	7:51	16	Falta de camión
11/10/2017	11:18	11:25	7	Sobreabastecimiento
12/10/2017	8:38	8:50	12	Sobreabastecimiento
14/10/2017	7:41	7:50	9	Sobreabastecimiento
14/10/2017	8:34	8:41	7	Sobreabastecimiento
14/10/2017	11:07	11:18	11	Sobreabastecimiento
16/10/2017	7:46	8:01	15	Sobreabastecimiento
16/10/2017	11:13	11:25	12	Sobreabastecimiento
16/10/2017	11:34	11:42	8	Sobreabastecimiento
17/10/2017	8:03	8:13	10	Sobreabastecimiento
19/10/2017	10:58	11:06	8	Sobreabastecimiento
19/10/2017	11:08	11:19	11	Sobreabastecimiento
19/10/2017	11:14	11:19	5	Sobreabastecimiento

Tasa de aparición de tiempos muertos

Fecha	Cantidad de tiempos muertos
9/10/2017	1
10/10/2017	3
11/10/2017	2
12/10/2017	1
13/10/2017	0
14/10/2017	3
16/10/2017	3

Fecha	Cantidad de tiempos muertos
17/10/2017	1
18/10/2017	0
19/10/2017	3