



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis del diseño de cable vía en la producción de
Banano Orgánico mediante técnicas de simulación**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Astrid Karolina Gonzales Naquiche
Victoria Liseth Diaz Chiroque**

Asesores:

**Dr. Ing. Ismael Sánchez Rodríguez Morcillo;
Mgtr. Ing. Manuel Alejandro López Ortiz**

Piura, enero de 2020





Agradecimiento

Principalmente agradecemos a Dios. por ser nuestro guía y permitirnos cumplir nuestra meta.

A nuestros asesores, a nuestra familia, a los integrantes de la cooperativa agraria Vicús Chulucanas y a todas las personas que siempre nos brindaron todo su apoyo, orientación y soporte durante todo el proceso de nuestra tesis
“Todo sacrificio tiene su recompensa”



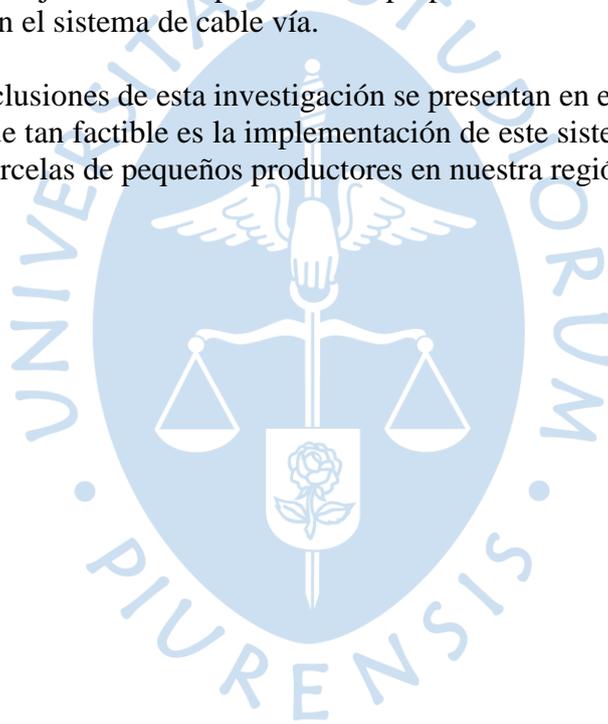
Prólogo

Esta tesis presenta el análisis del diseño y las propuestas de implementación de un sistema de cable vía en tres parcelas; Parcela Nonajulca, Parcela Cruz y Parcela Penadillo, pertenecientes a la cooperativa agraria Vicús Chulucanas la cual se dedica a la producción de banano orgánico en el distrito de Chulucanas, utilizando técnicas de simulación.

Este trabajo se realiza como parte de los requisitos para la obtención del grado del Título profesional en el programa de Ingeniería Industrial y de sistemas de la Universidad de Piura. El periodo de investigación y redacción de este trabajo ha durado desde noviembre de 2018 hasta noviembre de 2019.

A lo largo de los capítulos encontraremos la descripción del paso a paso de las actividades realizadas para el desarrollo de las simulaciones propuestas y para el análisis no solo del diseño del cable vía sino también en el ámbito económico, evaluando así la factibilidad de este sistema. Resaltando que este trabajo solamente presenta una propuesta de simulación para las parcelas que aún no cuentan con el sistema de cable vía.

Por último, las conclusiones de esta investigación se presentan en el último capítulo. Donde podremos constatar que tan factible es la implementación de este sistema en la producción del banano orgánico en parcelas de pequeños productores en nuestra región.





Resumen Analítico-Informativo

Análisis del diseño de cable vía en la producción de Banano Orgánico mediante técnicas de simulación.

Astrid Karolina Gonzales Naquiche, Victoria Liseth Diaz Chiroque.

Asesor(es): Dr. Ing. Ismael Sanchez Rodriguez Morcillo, Mgtr. Manuel López Ortiz.

Tesis.

Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, Enero de 2020

Palabras claves: Banano Orgánico/ Cable vía/ Simulación/ Parcela/ Producción/ Cosecha.

Introducción: Varias investigaciones sobre la Agroexportación han definido que para lograr un producto final de alta calidad es importante tener presente el correcto manejo de actividades durante el proceso de postcosecha, como la manipulación, transporte y almacenamiento. Sin embargo; actualmente, el uso de tecnologías o herramientas modernas en este proceso son muy escasas por la falta de investigación en este sector.

Metodología: Para el estudio, identificamos 3 parcelas con diferentes características en el traslado de la fruta y en la ubicación de la planta de empaque, de las cuales 2 parcelas son de condiciones similares de producción sin tener cable vía, y una parcela de condiciones diferentes, la cual cuenta con cable vía. De la parcela que cuenta con el sistema de cable vía se obtienen los datos del comportamiento actual de producción, y además en base a ella se desarrolla una propuesta que implemente el cable vía, para así realizar una comparación entre ellas evaluando sus condiciones propias.

Resultados: El resultado de este análisis permite demostrar que el uso de cable vía y la ubicación estratégica de la planta de empaque ayudan a reducir pérdidas por daños en la fruta que se generan al momento del transporte, costes de operación y de tiempo, y además mejora las condiciones de trabajo y la calidad de los productos; maximizando las utilidades y manteniendo la competitividad en el mercado.

Conclusiones: En esta tesis se demuestra que la implementación del sistema de cable vía en el proceso de banano orgánico garantiza mejorar no solo la calidad del banano, si no también, el aumento de la producción, por lo tanto, el aumento de las ganancias, disminución de la merma y el mejoramiento en la calidad de trabajo de los agricultores.

Fecha de elaboración del resumen: 16 de Enero de 2020

Analytical-Informative Summary

Analysis of the cable design via the production of Organic Banana through simulation techniques.

Astrid Karolina Gonzales Naquiche, Victoria Liseth Diaz Chiroque.

Advisor: Ph.D. Ismael Sanchez Rodriguez Morcillo, Mgtr. Manuel Alejandro López Ortiz Thesis.

Title of industrial and systems engineer

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura,

Keywords: Organic banana/ Cable vía/ Simulation/ Plot/ Production/ Harvest.

Introduction: Several research on Agroexportation has defined that to achieve a high quality final product it is important to keep in mind the correct management of activities during the post-harvest process, such as handling, transport and storage. Nevertheless; Currently, the use of modern technologies or tools in this process are very scarce due to the lack of research in this sector.

Methodology: For the study, we identified 3 plots with different characteristics in the transfer of the fruit and in the location of the packing plant, of which 2 plots are of similar production conditions without having cable route, and a plot of different conditions, the which has cable via. From the plot that has the cable system via the data of the current production behavior are obtained, and also based on it a proposal is developed that implements the cable via, in order to make a comparison between them evaluating their own conditions.

Results: The result of this analysis allows to demonstrate that the use of cable track and the strategic location of the packing plant help reduce losses due to damage to the fruit generated at the time of transport, operation and time costs, and also improves the working conditions and product quality; maximizing profits and maintaining competitiveness in the market.

Conclusions: This thesis shows that the implementation of the cable system via the organic banana process guarantees to improve not only the quality of the banana, but also, the increase in production, therefore, the increase in profits, decrease in the decline and improvement in the quality of work of farmers.

Summary date: January 16, 2020

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1	3
Generalidades	3
1. Antecedentes.....	3
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos	4
Capítulo 2	5
Marco Teórico	5
1. Diagrama de flujo	5
2. Gráficos descriptivos	6
2.1. Plantillas para la recolección de datos.	6
2.2. Histograma.....	7
3. Regresión lineal múltiple.....	8
4. Simulación	11
4.1. Etapas para realizar un estudio de simulación.	11
4.2. Modelos de simulación de eventos discretos.....	12
4.3. Generación de Variables aleatorias no Uniformes.....	12
Capítulo 3	15
Marco Contextual.....	15
1. Sector Agrícola	15
1.2. Sector Agrícola en el Perú.....	17
1.3. Sector Agrícola en Piura	19
2. Producción de Banano Orgánico en Piura	24
2.1. El banano orgánico en general.	24

2.2. Exportación de banano orgánico en Piura.....	26
2.3. Proceso productivo del banano orgánico convencional	28
2.4. Principales labores culturales del banano orgánico.	31
2.5. Parámetros de calidad.	37
3. Área de estudio.	41
4. Ubicación.	42
Capítulo 4	63
Toma de datos	63
1. Variables	63
Capítulo 5	79
Simulación.....	79
1. Simulación del proceso de cosecha en la parcela sin cable vía	79
2. Simulación del proceso de cosecha en la parcela con cable vía.....	97
2.1. Parcela Nonajulca.....	97
3. Simulaciones propuestas para incorporar cable vía	107
Capítulo 6	127
Análisis de productividad.....	127
1. Análisis de producción	127
2. Análisis de Costo.....	173
2.1. Análisis de costo actual.....	174
2.2. Análisis de la comparación de costos.....	176
2.3. Análisis de costos de la simulación propuesta.	178
2.4. Análisis de la comparación de costos de las simulaciones propuestas..	180
Conclusiones	185
Referencias Bibliográficas	195

Índice de tablas

Tabla 1. Valor total de la producción agrícola mundial.....	16
Tabla 2. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Costa.....	21
Tabla 3. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Sierra.....	23
Tabla 4. Valor nutricional - Banano orgánico.....	26
Tabla 5. Exportaciones del banano orgánico.....	27
Tabla 6. Exportaciones de Banano Orgánico en Piura.....	28
Tabla 7. Parámetros climáticos - Chulucanas.....	43
Tabla 8. Organizaciones de Banano Orgánico - Morropón.....	44
Tabla 9. Datos de cable vía.....	65
Tabla 10. Datos de transporte de racimos hacia el cable vía.....	65
Tabla 11. Datos de cable vía.....	66
Tabla 12. Datos de transporte de racimos hacia el cable vía.....	66
Tabla 13. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.....	67
Tabla 14. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.....	68
Tabla 15. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.....	69
Tabla 16. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.....	69
Tabla 17. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Nonajulca.....	72
Tabla 18. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Nonajulca.....	72
Tabla 19. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Nonajulca.....	73
Tabla 20. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Nonajulca.....	73
Tabla 21. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Cruz.....	74
Tabla 22. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Cruz.....	74
Tabla 23. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Cruz.....	75
Tabla 24. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Cruz.....	75
Tabla 25. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Penadillo.....	76
Tabla 26. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Penadillo.....	76
Tabla 27. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Penadillo.....	77
Tabla 28. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Penadillo.....	77
Tabla 29. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Cruz.....	89
Tabla 30. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.....	90
Tabla 31. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Penadillo por cuatro trabajadores.....	95

Tabla 32. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.	96
Tabla 33. Datos de la parcela.	98
Tabla 34. Datos iniciales de la simulación.	99
Tabla 35. Tiempo de traslado a la zona de empaque.	102
Tabla 36. Simulación del proceso de traslado de racimos.	107
Tabla 37. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Nonajulca por tres trabajadores.	108
Tabla 38. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.	110
Tabla 39. Datos de la parcela.	111
Tabla 40. Datos iniciales de la simulación.	112
Tabla 41. Tiempo de traslado a la zona de empaque.	113
Tabla 42. Simulación del proceso de traslado de racimos.	115
Tabla 43. Tiempo total del proceso de cosecha desde la plantación hasta la zona de empaque.	115
Tabla 44. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Cruz por tres trabajadores.	117
Tabla 45. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.	118
Tabla 46. Datos de la parcela.	116
Tabla 47. Datos iniciales de la simulación.	120
Tabla 48. Tiempo de traslado a la zona de empaque.	121
Tabla 49. Tiempo total del proceso de cosecha desde la plantación hasta la zona de empaque	123
Tabla 50. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Penadillo con tres trabajadores.	124
Tabla 51. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.	125
Tabla 52. Datos de cuantiles de interés de la parcela Nonajulca.	129
Tabla 53. Tiempo de traslado por racimos.	130
Tabla 54. Tiempo de traslado por racimos.	133
Tabla 55. Datos de la parcela Nonajulca.	134
Tabla 56. Datos de percentiles de la parcela Cruz.	135
Tabla 57. Tiempo de traslado por racimos.	137
Tabla 58. Datos de percentiles de la parcela Cruz con cinco hectáreas.	138
Tabla 59. Tiempo de traslado por racimos.	139
Tabla 60. Datos de la parcela Cruz con cinco hectáreas.	140

Tabla 61. Datos de percentiles de la parcela Penadillo para seis cargadores.....	141
Tabla 62. Tiempo de traslado por racimos.....	143
Tabla 63. Datos de la parcela Penadillo.....	144
Tabla 64. Datos de la parcela Penadillo con cinco hectáreas.....	144
Tabla 65. Tiempo de traslado por racimos.....	146
Tabla 66. Datos de la parcela Penadillo con cinco hectáreas.....	146
Tabla 67. Datos del proceso de la parcela Cruz y Penadillo.....	149
Tabla 68. Comparación de los indicadores de producción entre las parcelas.....	152
Tabla 69. Tiempo de traslado por racimos.....	155
Tabla 70. Tiempo de traslado por racimos.....	158
Tabla 71. Datos de tiempos de la simulación propuesta para una jornada de ocho horas.	158
Tabla 72. Tiempo de traslado por racimos.....	160
Tabla 73. Tiempo de traslado por racimos.....	163
Tabla 74. Datos del proceso de cosecha de la simulación propuesta de la parcela Cruz.....	164
Tabla 75. Tiempo de traslado por racimos.....	167
Tabla 76. Datos de la simulación propuesta de la parcela Penadillo.....	168
Tabla 77. Datos de la simulación propuesta entre las parcelas.....	169
Tabla 78. Comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.....	172
Tabla 79. Comparación de indicadores entre la parcela de Cruz actual y la propuesta.....	173
Tabla 80. Comparación de indicadores entre la parcela Penadillo actual y propuesta.....	174
Tabla 81. Datos por período del costo unitario.....	175
Tabla 82. Datos para la amortización del cable vía.....	175
Tabla 83. Amortización del cable vía en un período de 6 meses.....	176
Tabla 84. Datos por período del costo unitario.....	177
Tabla 85. Costo unitario por período de la parcela Nonajulca.....	177
Tabla 86. Diferencia de costo entre la parcela Nonajulca y Cruz.....	177
Tabla 87. Diferencia de costo entre la parcela Cruz y Penadillo.....	177
Tabla 88. Diferencia de costo entre la parcela Nonajulca y Penadillo.....	177
Tabla 89. Datos de costo unitario de la parcela Cruz.....	178
Tabla 90. Datos para la amortización del cable vía.....	179
Tabla 91. Amortización del cable vía en un período de seis meses.....	179
Tabla 92. Amortización del cable vía en un período de seis meses.....	180
Tabla 93. Datos de producción por día.....	181
Tabla 94. Comparación entre la producción actual y propuesta.....	182

Tabla 95. Datos de producción por día. 182

Tabla 96. Comparación entre la producción actual y propuesta. 183



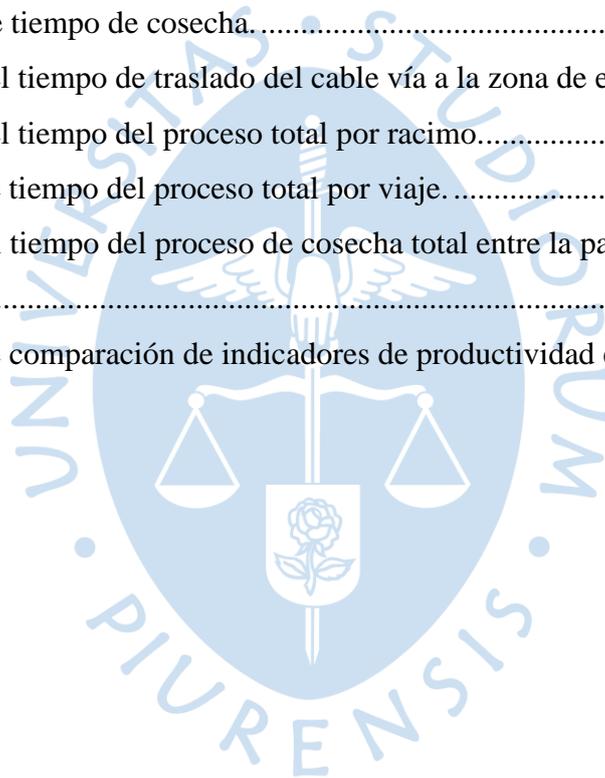
Índice de figuras

Figura 1. Simbología para elaborar Diagrama de Flujo.....	5
Figura 2. Ejemplo de Diagrama de Flujo.....	6
Figura 3. Ejemplo de representación gráfica.....	7
Figura 4. Tipos de Histogramas.....	7
Figura 5. Ejemplo de gráfico de residuos frente a valores previstos.....	9
Figura 6. Ejemplo de gráfico de residuos frente a las variables independientes.....	10
Figura 7. Forma gráfica del método de la transformada inversa.....	13
Figura 8. Cosecha de frutas en el Perú.....	17
Figura 9. Presupuesto ejecutado de Inversión.....	18
Figura 10. Superficie agrícola y no agrícola de Piura.....	20
Figura 11. Superficie agrícola de la Costa y Sierra Piurana.....	20
Figura 12. Planta de banano y sus partes.....	25
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de cosecha.....	29
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de empaque.....	32
Figura 15. Eliminación de la bellota por corte manual.....	33
Figura 16. Eliminación de las manos falsas.....	33
Figura 17. Desflore y eliminación de dedos laterales.....	34
Figura 18. Enfunde de bellota.....	34
Figura 19. Colocación de protectores.....	35
Figura 20. Plantación deshijada.....	36
Figura 21. Eliminación de hojas en mal estado.....	36
Figura 22. Eliminación de chantas secas.....	36
Figura 23. Drenaje.....	37
Figura 24. Calibración referencial de medida.....	38
Figura 25. Datos de diámetro y longitud mínimo y máximo.....	38
Figura 26. Ubicación de Chulucanas, Piura.....	43
Figura 27. Racimos de banano orgánico en el cable vía.....	45
Figura 28. Diagrama del Proceso de Cosecha de la parcela Nonajulca.....	46
Figura 29. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Nonajulca.....	47
Figura 30. Zona de recepción.....	46
Figura 31. Control de calidad.....	48
Figura 32. Proceso de desmane.....	48

Figura 33. Proceso de llenado de bandeja.	49
Figura 34. Desinfectante de fruta.	49
Figura 35. Proceso de llenado de caja.	50
Figura 36. Palé con cajas llenas.	50
Figura 37. Distribución de la parcela Nonajulca.	51
Figura 38. Diagrama del Proceso de Cosecha del Banano Orgánico de la parcela Cruz.	52
Figura 39. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Cruz.	53
Figura 40. Zona de recepción.	54
Figura 41. Proceso de desmane.	55
Figura 42. Proceso de llenado de bandeja.	55
Figura 43. Proceso de curado y etiquetado.	56
Figura 44. Distribución de la parcela Cruz.	56
Figura 45. Diagrama del Proceso de Cosecha de la parcela Penadillo.	57
Figura 46. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Penadillo.	58
Figura 47. Zona de recepción.	59
Figura 48. Proceso de desmane.	59
Figura 49. Proceso de curado y etiquetado.	60
Figura 50. Palé con cajas llenas.	60
Figura 51. Distribución de la parcela Penadillo.	61
Figura 52. Diagrama de flujo general de la simulación.	80
Figura 53. Gráfica de dispersión de Velocidad vs Distancia.	82
Figura 54. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.	83
Figura 55. Ecuación de regresión. Minitab.	83
Figura 56. Valor de la desviación, S. Minitab.	83
Figura 57. Histograma.	84
Figura 58. Gráfica de probabilidad normal.	84
Figura 59. Grafica de dispersión vs. Ajustes.	84
Figura 60. Diagrama de flujo de la simulación en la herramienta Excel.	87
Figura 61. Diagrama de flujo específico de la simulación en Excel.	88
Figura 62. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.	92
Figura 63. Ecuación de regresión. Minitab.	92
Figura 64. Valor de la desviación, S. Minitab.	92
Figura 65. Histograma.	93
Figura 66. Gráfica de probabilidad normal.	93

Figura 67. Grafica de dispersión vs. Ajustes.....	93
Figura 68. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.....	99
Figura 69. Ecuación de regresión.....	99
Figura 70. Valor de la desviación, S.	100
Figura 71. Histograma.....	100
Figura 72. Gráfica de probabilidad normal.....	100
Figura 73. Gráfica de dispersión vs ajustes.....	101
Figura 74. Gráfica de dispersión de minutos vs distancia -- Minitab	103
Figura 75. Valores de los coeficientes de la ecuación de regresión.....	104
Figura 76. Ecuación de regresión.....	104
Figura 77. Valor de la desviación, S.	104
Figura 78. Histograma.....	104
Figura 79. Gráfica de probabilidad normal.....	105
Figura 80. Gráfica de dispersión vs ajuste.....	105
Figura 81. Diagrama de flujo específico de la simulación en Excel.....	108
Figura 82. Mapa de distribución propuesta para la parcela Cruz.....	112
Figura 83. Mapa de distribución propuesta para la parcela Penadillo.....	119
Figura 84. Histograma de tiempos.....	128
Figura 85. Gráfica CDF empírica de tiempos.....	128
Figura 86. Gráfico de tiempo medio de traslado de los racimos al cable vía.....	130
Figura 87. Gráfica del tiempo medio de traslado del cable vía a la zona de empaque.....	131
Figura 88. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.....	132
Figura 89. Gráfica de tiempo del proceso total por viaje.....	133
Figura 90. Histograma de tiempos.....	134
Figura 91. Gráfica CDF empírica de tiempos.....	135
Figura 92. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.....	136
Figura 93. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.....	139
Figura 95. Gráfica CDF empírica de tiempos.....	141
Figura 96. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.....	142
Figura 97. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.....	145
Figura 98. Comparación del tiempo medio del proceso de cosecha.....	148
Figura 99. Tiempo del proceso de cosecha de la parcela Nonajulca.....	149
Figura 100. Tiempo del proceso de cosecha de la parcela Cruz y Penadillo.....	150
Figura 101. Gráfica de comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.....	153

Figura 102. Histograma de tiempos.	154
Figura 103. Gráfico de tiempo de cosecha.	154
Figura 104. Gráfica del tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.	156
Figura 105. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.....	156
Figura 106. Gráfico de tiempo del proceso total por viaje.....	157
Figura 107. Histograma de tiempos.	159
Figura 108. Gráfico de tiempo de cosecha.	160
Figura 109. Gráfica de tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.	161
Figura 110. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.....	162
Figura 112. Histograma de tiempos.	163
Figura 113. Gráfico de tiempo de cosecha.	164
Figura 114. Gráfica del tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.	165
Figura 115. Gráfica del tiempo del proceso total por racimo.....	166
Figura 116. Gráfica de tiempo del proceso total por viaje.....	167
Figura 117. Gráfica del tiempo del proceso de cosecha total entre la parcela Cruz y Penadillo.	170
Figura 118. Gráfica de comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.	173



Introducción

La presente tesis consiste en análisis de la implementación de cable vía en el proceso productivo del Banano Orgánico empleando técnicas de simulación para poder demostrar el tiempo total que se emplea en realizar el proceso de cosecha y traslado de los racimos de banano orgánico. Para ello se consideran tres parcelas con condiciones similares de área con la finalidad de poder realizar un análisis comparativo entre ellas.

En los últimos cinco años, a nivel mundial, el Perú ha sido posicionado como uno de los principales proveedores de banano orgánico debido a la excelente calidad de la fruta y la acreditación de la condición orgánica de la fruta. El banano orgánico es una de las frutas más consumidas a nivel mundial debido a los altos beneficios para la salud y el interés que se tiene actualmente por consumir productos orgánicos.

En la región Piura, se cuenta con un aproximado de 75 asociaciones de banano orgánico; y de una población de 8 000 productores se tiene un aproximado de 8 000 Ha de esta fruta. Sin embargo, en muchos casos aún no se tienen las mejores prácticas culturales para el cuidado de la fruta.

Por consiguiente, el objetivo de esta tesis es contribuir a identificar mejoras que conlleven a la reducción de tiempo e incremento de la calidad de la fruta al momento de su traslado implementando el cable vía, de la manera más eficiente, en cada una de las parcelas.

La distribución es de seis capítulos que resumen la información necesaria que permiten garantizar su viabilidad y buen desarrollo.

En los tres primeros capítulos se plasman los objetivos a lograr y la teoría de todas las herramientas y técnicas que se utilizan en el transcurso de los siguientes capítulos; además de ello, se detalla el desarrollo del sector agrícola en el Perú y en el mundo y la producción del banano orgánico en Piura.

En el cuarto capítulo se muestra la metodología empleada para realizar la toma de datos y las variables de tiempo que facilitan el estudio de tiempos.

En el capítulo 5 se presenta la simulación del proceso de cosecha de cada parcela en su estado actual además de la simulación de todas las parcelas con el cable vía implementado.

En el capítulo 6 se detallan los resultados del análisis de productividad y el análisis de costo de la producción actual y la producción con el cable vía.

Finalmente, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones obtenidas de este trabajo de investigación.



Capítulo 1

Generalidades

1. Antecedentes

El Banano orgánico es un producto muy valorado tanto en el Perú como en mercados internacionales. En la región Piura, es un producto que principalmente es cultivado por pequeños productores. Al tratarse de una fruta no estacional, les brinda la posibilidad de tener un trabajo durante todo el año, permitiéndoles obtener ingresos adicionales que favorecen al mejoramiento de su calidad de vida y la de su entorno.

Para que el banano pueda recibir la calificación de orgánico, ni la fruta ni el suelo donde se cultiva deben recibir ningún tipo de fertilizantes, herbicidas, pesticidas químicos o derivados. De esta forma, el banano orgánico es un producto con un valor agregado diferenciado, en relación con los productos convencionales. Su comercialización se orienta a un nicho específico de mercado.

A finales de los años noventa comenzó en el Perú la conversión de banano convencional a banano orgánico. Más del 80% de la producción se concentró en la región Piura, además de desarrollarse también en las regiones de Tumbes y Lambayeque. El cultivo se implementó principalmente por pequeños propietarios con fincas de menos de tres hectáreas de donde el 5% de los bananos producidos son exportados por cerca de 7000 pequeños productores.

Entre el 2010 y 2015 la producción de banano orgánico aumentó en un 94%. Actualmente casi todos los bananos exportados son orgánicos, representando alrededor del 3% de la producción mundial de banano orgánico, destinando su producción a los principales mercados de América del Norte, Europa y Asia.

Esta posición de por sí es un orgullo nacional, pero a la vez nos compromete a estar innovando y estudiando las nuevas tecnologías que los productores de banano orgánico necesitan para mejorar la eficiencia de sus procesos en un entorno cada vez más competitivo.

Muchos estudios e investigaciones relacionados con la Agroexportación han concluido que para obtener un producto final de alta calidad es determinante el correcto manejo de las actividades realizadas durante la postcosecha y en el proceso que se realiza para la cosecha de la fruta, como la manipulación, transporte y almacenamiento (Romojaro, Martínez Madrid, & Pretel, 2003).

Es por ello que se ve la necesidad y el compromiso de investigar y analizar el impacto de la implementación de la tecnología del cable vía, el cual es un sistema de transporte para productos agroindustriales que tiene como principio un cable que sirve de vía, en la producción del banano

orgánico. El uso de cable vía en la plantación de banano orgánico reduce pérdidas por daños en la fruta debido al transporte, reduce costes de operación, mejora las condiciones de trabajo y facilita la ampliación de las instalaciones.

Para poder así maximizar las utilidades y mantener la competitividad en el mercado, además de asegurar una reducción de costo y de tiempo, y sobre todo una buena calidad de los productos.

Por este motivo, se han documentado los actuales procesos productivos desde la postcosecha hasta el final del empaque del banano orgánico que utilizan en la Cooperativa Vicús, enfocándonos en el proceso de traslado de la fruta desde la planta hasta la zona de recepción de la empaquetadora. Para ello se han identificado tres productores con diferentes características en el traslado de la fruta y en la ubicación de la empaquetadora, de las cuales dos parcelas son de condiciones similares de producción y una parcela de condiciones diferentes.

Donde se ha podido ver, la gran cantidad de tiempo que emplean en realizar este proceso, además de la merma por consecuencia de golpes por el método de traslado, y el desgaste físico por parte de los trabajadores en la etapa de traslado de la fruta a la zona de empaque. Además de la gran diferencia de cantidad en la producción final de cada productor.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General. Evaluar el impacto de la instalación de la tecnología del cable vía, mediante técnicas de simulación para el proceso de postcosecha de una parcela de banano orgánico de pequeña escala en el distrito de Chulucanas.

2.2. Objetivos Específicos. Medir la eficiencia de la tecnología del cable vía en relación con la reducción de recursos y tiempos en el proceso de transporte del banano desde la plantación hasta la planta de empaque.

- Hacer una evaluación del impacto en los costos de producción en una unidad de producción de banano orgánico de pequeña escala.
- Hacer una evaluación del impacto en la ubicación de la planta de empaque en relación con los tiempos de transporte.
- Establecer una metodología que permita simular el proceso de cosecha del orgánico para pequeñas unidades productivas.

Capítulo 2

Marco Teórico

El marco teórico contiene toda la información que será de ayuda para la realización del estudio del análisis del proceso de cosecha y postcosecha del Banano Orgánico.

1. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación de un proceso por medio de una serie de actividades relacionadas. Es un instrumento que ayuda al entendimiento de todas las personas, permitiendo que se realice de tal manera que todos coincidan en el funcionamiento estableciendo valor agregado y evaluar su ciclo de vida (Pleguezuelos, 1999).

El diagrama de flujo tiene como objetivo principal ordenar los procesos de tal manera que se estructura la solución del problema y por medio de este se puede identificar cuellos de botellas, pasos innecesarios y así poder mejorar un proceso. El procedimiento de elaboración es el siguiente (F. Miranda, A. Chamorro y S. Rubio, 2007):

1. Determinar el proceso a analizar de forma clara y el resultado que se desea conseguir por medio del diagrama de flujo.
2. Determinar los límites del proceso, indicando cual será la primera y la última etapa.
3. Distinguir las etapas del proceso y representarlas utilizando la simbología estándar. En la Figura 1 se muestra la simbología estándar que se emplea en la elaboración de diagramas de flujos. Cuando ya se han establecido todas las actividades con la simbología adecuada, se colocan en serie una con otra de tal manera como se muestra en la Figura 2.
4. Revisar el diagrama completo de tal manera que lo que se ha planteado ahí concuerde con la realidad y que no se han omitido actividades o no se entienda.

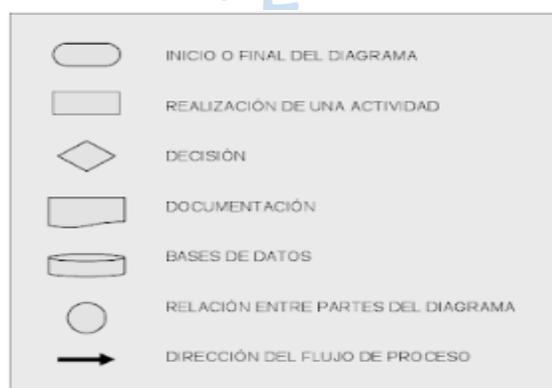


Figura 1. Simbología para elaborar Diagrama de Flujo.
Fuente: (F. Miranda, A. Chamorro y S. Rubio, 2007)

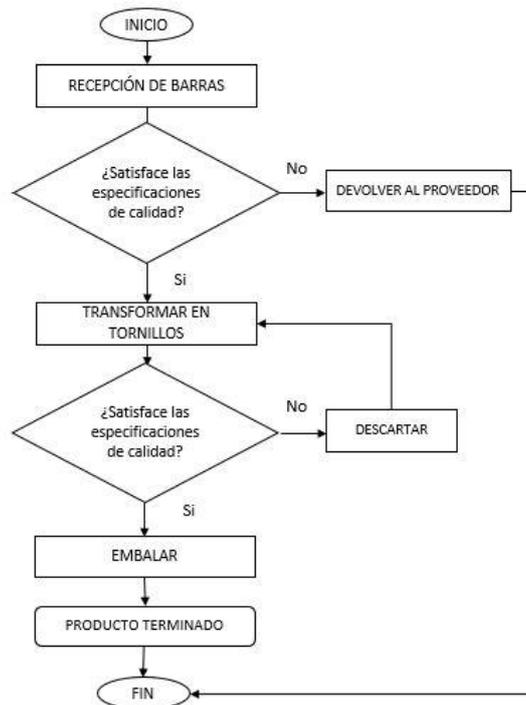


Figura 2. Ejemplo de Diagrama de Flujo.
Fuente: (F. Miranda, A. Chamorro y S. Rubio, 2007)

2. Gráficos descriptivos

Para realizar un análisis de datos, es de vital importancia la presentación gráfica para una mejor objetividad.

2.1. Plantillas para la recolección de datos. Para una mejor comprensión en la toma de datos se consideran plantillas específicas para cada caso, con el fin de obtener los datos de manera uniforme y de fácil interpretación el análisis.

El objetivo principal es que permite una rápida manera de recolectar los datos, disminuyendo la probabilidad de errores y accediendo a un análisis con mayor credibilidad (B. Fariña y Y. González., 1998).

Para recoger datos se debe tener en cuenta tres reglas:

- Ser claro al momento de anotar los datos recolectados en la plantilla que se le asignó para evitar estar pasando luego los datos.
- Anotar únicamente los datos que se van a utilizar.
- Recolectar datos que ayuden a facilitar el análisis.

Para tener un mejor enfoque sobre el problema que se tiene, se realiza con los datos recolectados una representación gráfica sencilla; diagrama de barras, gráficos de tarta, etc. como se muestra en la Figura 3 (B. Fariña y Y. González., 1998).

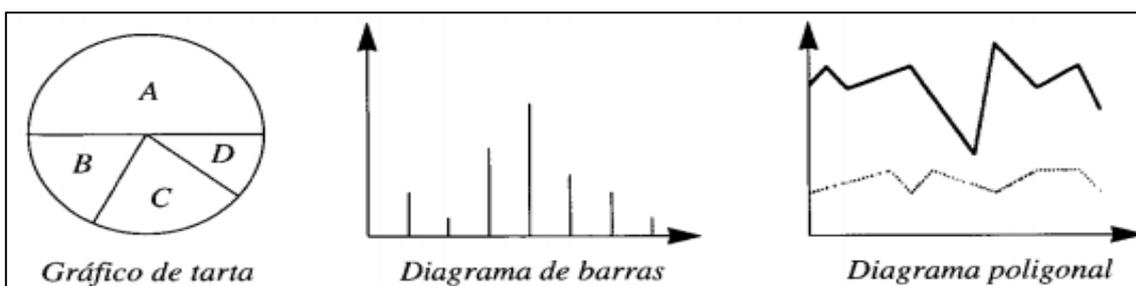


Figura 3. Ejemplo de representación gráfica.

Fuente: (B. Fariña y Y. González., 1998)

2.2. Histograma. Es una herramienta que muestra una serie de rectángulos verticales que representan un conjunto de datos de una determinada clase, cuya área corresponde a la frecuencia de cada clase. Permite interpretar, identificar y realizar el análisis de un estudio determinado a través de la frecuencia que se tiene (Gehisy, 2017).

Los histogramas se utilizan con el fin de saber cómo se puede cumplir con los requisitos de calidad, identificar las causas y eliminarlas y finalmente plantear parámetros aceptables para el estudio que se realiza.

La interpretación de los histogramas, se muestra en la Figura 4 puede darse como simétrico, conocido de forma acampanada; las variaciones se mantienen constantes, forma bimodal; dos modas con significado diferente, asimétrica a la derecha y a la izquierda, forma censurada cuando los datos sobrepasan los límites permitidos y con anomalías cuando los datos no son reales (Gehisy, 2017).

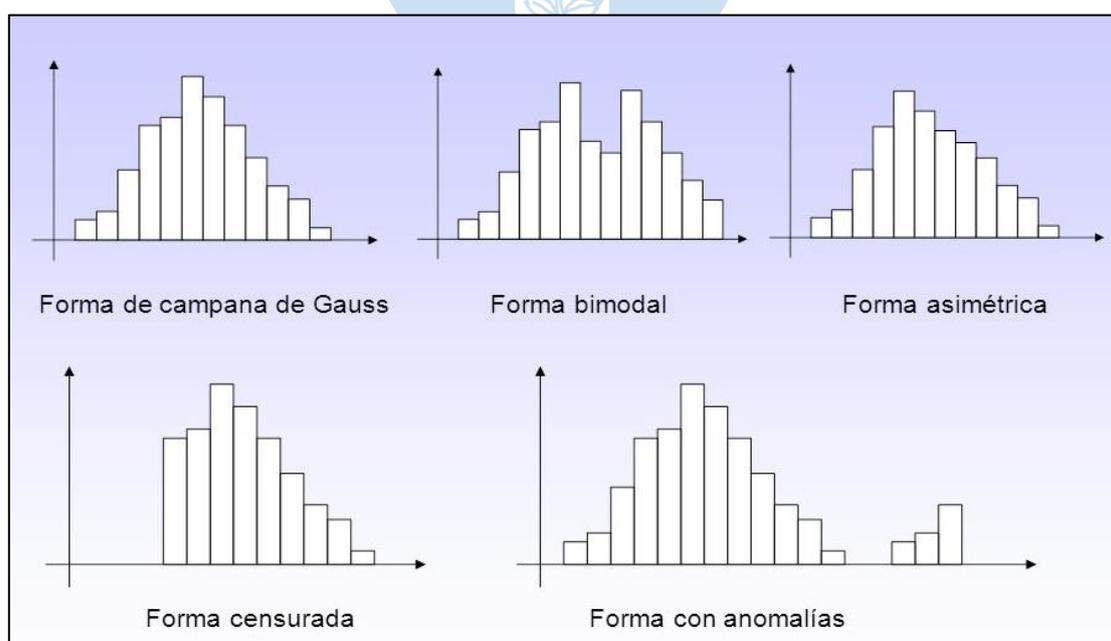


Figura 4. Tipos de Histogramas.

Fuente: Imagen de Google

3. Regresión lineal múltiple

Se utiliza regresión lineal múltiple para estudiar la posible relación entre una variable dependiente y un conjunto de variables independientes en una función de regresión lineal.

3.1. Modelo de regresión lineal múltiple. La función de regresión que relaciona las variables independientes de la variable dependiente es la siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + e_i$$

Donde Y es la variable dependiente, X_1, \dots, X_k son las variables independientes, β_0, \dots, β_k son los coeficientes de regresión y e es el error de observación que causan las variables que no son controladas.

Para realizar un análisis de regresión lineal múltiple se han planteado las siguientes hipótesis de cumplimiento de los datos:

- Linealidad: Las variables independientes se ajustan para que la variable dependiente se ajuste a una combinación lineal de ellas.
- Homocedasticidad: Indica que la varianza del error, de todas las observaciones es constante.
- Independencia: Los valores que recibe e_i son independientes entre sí.
- Normalidad: Los valores de e_i siguen una distribución normal, por lo tanto $e_i \sim N(0, \sigma^2)$ e $Y_i \sim N(\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki}, \sigma^2)$.

3.2. Contraste de significancia individual. El contraste de significancia individual estudia la posibilidad de que el modelo de regresión sea igual a cero; es decir, tiene la función de determinar las variables de X_j que son significativas para explicar la variable respuesta Y.

Si X_j no influye sobre Y, se dice que los coeficientes de regresión β_i tendrán un valor igual a cero.

Si X_j no influye sobre Y, se dice que los coeficientes de regresión β_i , puede haber varios que sea cero, pero al menos existe un valor diferente a cero.

Se representa de la siguiente manera:

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

Para el modelo de regresión $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + e_i$, con valores desde i hasta k (k igual al número de variables regresoras), se tienen que estimar los coeficientes del modelo

(β_i), a causa de que se trabaja con una muestra. Por lo tanto, el modelo se expresa como $Y = X\beta + e$ con:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & \cdots & X_{1(k-1)} & X_{1k} \\ 1 & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & \cdots & X_{n(k-1)} & X_{nk} \end{pmatrix}; \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix}; e = \begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}$$

El vector de estimadores de β_i , $\hat{\beta}$, se calcula como $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$.

Si la H_0 tiene que ser aceptada, se tiene que omitir la variable en la regresión y reestimar los parámetros para las demás variables.

El estadístico de contraste es:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{\hat{S}_R \sqrt{q_{ii}}}$$

Siendo $\hat{\beta}_i$ la estimación del parámetro β_i , \hat{S}_R es la cuasivarianza de los residuos e y q_{ii} es el i -ésimo de la diagonal de la matriz $(X'X)^{-1}$.

3.3. Diagnósis del modelo. La diagnósis del modelo es un análisis el cual permite verificar si el modelo de regresión es un modelo adecuado para la descripción de datos mediante las hipótesis de linealidad y normalidad del error. Por ello, se presenta las distintas maneras de análisis que se pueden realizar (Sánchez, 2016):

- Analizando los residuos frente a valores previstos

Se presentan por medio de un gráfico de residuos frente a valores previstos, donde en el eje X se representa los valores previstos y en el eje Y los residuos; siendo así la mejor representación para la diagnósis del modelo de regresión. En la Figura 5 se muestra el ejemplo del gráfico.

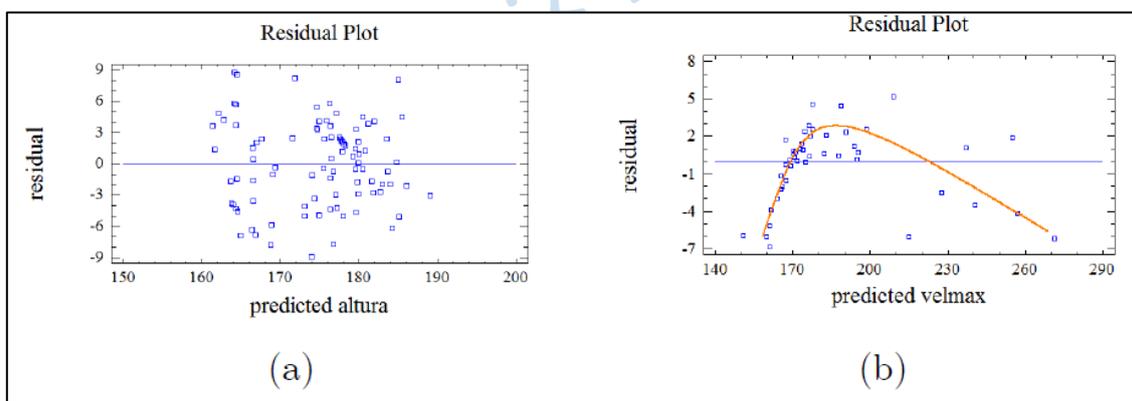


Figura 5. Ejemplo de gráfico de residuos frente a valores previstos.
Fuente: (Sánchez, 2016)

- Analizando los residuos frente a las variables independientes

La manera más sencilla de representarlo es gráficamente, por medio del gráfico de residuos frente a cada una de las variables independientes. En la Figura 6 se muestra el ejemplo del gráfico.

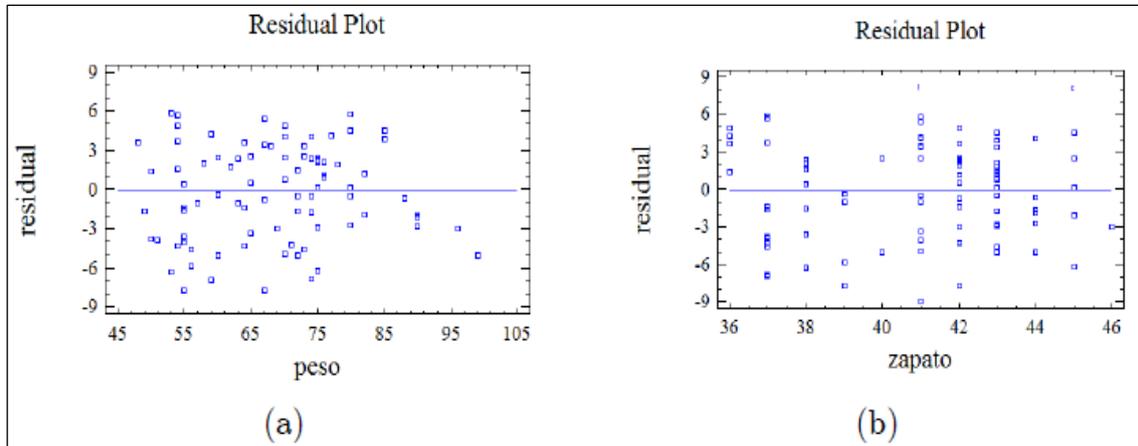


Figura 6. Ejemplo de gráfico de residuos frente a las variables independientes.

Fuente: (Sánchez, 2016)

- **Analizando la normalidad de los residuos**

Para analizar la normalidad de los residuos podemos realizar una inspección visual de los mismos, utilizando para ello:

- Histograma de residuos: El cual nos permite observar si la forma de la distribución es similar a la de la campana de Gauss (unimodal, simétrica, campana uniformé, etc.). Es un gráfico en donde el eje x se dividen los valores de la variable de interés en intervalos convenientes, y sobre cada intervalo de clase construimos los rectángulos cuya altura es igual al número de observaciones (frecuencia). Se coloca la curva de la distribución normal en forma de campana sobre el histograma, se tendrá cierta idea, si la distribución normal resulta apropiada o inapropiada. Para ello el valor de la asimetría es cero y el valor de la curtosis es tres.
- Gráfico de probabilidad normal: Es un gráfico simple para estudiar la forma de la función de distribución de probabilidad de una variable aleatoria, los residuos sobre el eje x, y en el eje y los valores esperados de esta variable, de forma que los puntos deberían aproximarse a una recta para poder admitir que son normales, aunque se debe tener en cuenta que siempre tendera a observarse una mayor desviación en los extremos. Además, este grafico también permite conocer la causa de esa desviación; si los puntos están en forma de “U” o con alguna curvatura, ellos se deben a que la distribución es asimétrica; mientras que, si presentan forma de “S”, significa que la distribución no es mesocúrtica.

El problema que presentan estos métodos gráficos es que siempre presentan un importante grado de subjetividad: la forma del histograma depende del número y amplitud de los intervalos que se consideren, y es el investigador el que ha de juzgar en qué medida los puntos se ajustan a una recta, en el caso del gráfico de probabilidad normal.

Por ello, para valorar la normalidad de los datos desde una perspectiva más objetiva, resulta necesario emplear otro tipo de procedimientos, como los denominados contrastes de probabilidad.

4. Simulación

H. Maisel y G. Gnugnoli, definen simulación como: Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo.

4.1. Etapas para realizar un estudio de simulación. Los pasos necesarios para realizar una simulación, son los siguientes:

- **Definición del sistema.** Para tener una definición clara del sistema que se desea simular, es primordial realizar un análisis preliminar del mismo, con la finalidad de identificar y determinar las restricciones, las variables que interactúan dentro y fuera de este, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener.
- **Formulación del modelo.** Este paso consta en definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa el modelo.
- **Colección de datos.** Es la información requerida para la simulación del modelo, esta se puede obtener de la realización de mediciones, de registros contables, de órdenes de compra, de opiniones de expertos, entre otros.
- **Implementación del modelo.** Teniendo ya el modelo definido, el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje o se utiliza algún programa de simulación para procesarlo en la computadora.
- **Validación.** Este es una etapa principal, ya que a través de este paso es posible detallar las deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo.

- Experimentación. Consiste en generar los datos deseados y en realizar un análisis de sensibilidad de los índices requeridos.
- Interpretación. Se interpretan los resultados que se obtienen de la simulación y en base a esto se procede a tomar una decisión. Esta interpretación ayuda a soportar decisiones.
- Documentación.

4.2. Modelos de simulación de eventos discretos. La simulación de eventos discretos es una técnica de modelado dinámico de sistemas. Al igual que la simulación de tiempo continuo, esta se caracteriza por un control en la variable del tiempo que permite avanzar a éste en intervalos variables, en función de la planificación de ocurrencia de tales eventos a un tiempo futuro.

Una condición para aplicar esta técnica informática es que las variables que definen el sistema o evento, no cambien su comportamiento durante el intervalo simulado.

Los modelos de eventos discretos son modelos dinámicos, estocásticos y discretos en los que las variables de estado cambian de valor en instantes no periódicos del tiempo sin estar dirigidos por un reloj. Estos instantes de tiempo corresponden con la ocurrencia de un evento. Por tanto, un evento se define como una acción instantánea que puede cambiar el estado del modelo.

El modelo de un sistema debe representar las dinámicas de interés del sistema, bajo unas condiciones de un estado particular.

La simulación consiste en realizar experimentos sobre el modelo del sistema de tal modo que los resultados generados por el simulador permitan prever con cierta exactitud los resultados que se obtendrían realizando el mismo experimento sobre el sistema real.

4.3. Generación de Variables aleatorias no Uniformes. En todo modelo de simulación estocástico, existen una o varias variables aleatorias interactuando. Generalmente, estas variables siguen distribuciones de probabilidad teóricas o empíricas diferentes a la distribución uniforme. Por lo tanto, para simular este tipo de variables, se necesita contar con un generador de números uniformes y una función que a través de un método específico, transforme estos números en valores de la distribución de probabilidad deseada. Existen varios procedimientos para lograr este objetivo, entre los procedimientos más comunes están: 1) El método de la transformada inversa, 2) El método de rechazo, 3) El método de composición y 4) Procedimientos especiales (Raúl Coss Bu, 2015).

- Método de la transformada inversa

El método de la transformada inversa utiliza la distribución acumulada $F(x)$ de la distribución que se va a simular. Puesto que $F(x)$ está definida en el intervalo $(0,1)$, se puede generar un número aleatorio uniforme R y tratar de determinar el valor de la variable aleatoria para la cual su distribución acumulada es igual a R , es decir, el valor simulado de la variable aleatoria que sigue una distribución de probabilidad $f(x)$, se determina al resolver la siguiente ecuación.

$$F(x) = R \text{ o } x = F^{-1}(R)$$

La dificultad principal de este método descansa en el hecho de que en algunas ocasiones es difícil encontrar la transformada inversa. Sin embargo, si esta función inversa ya ha sido establecida, generando números aleatorios uniformes se podrán obtener valores de las variables aleatorias que sigan la distribución de probabilidad deseada, ver Figura 7.

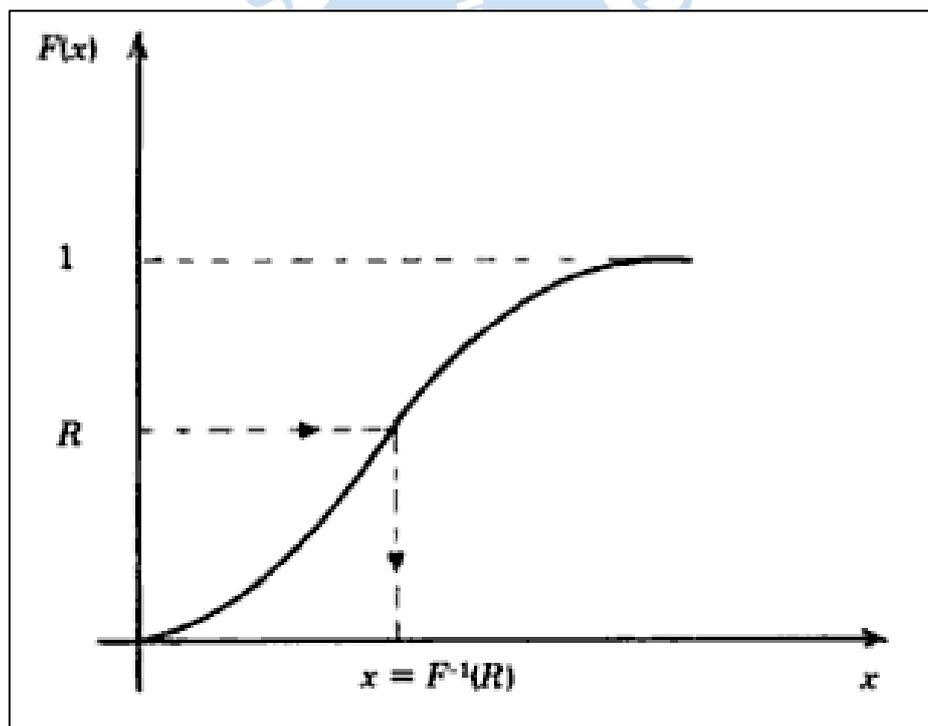


Figura 7. Forma gráfica del método de la transformada inversa.
Fuente: Raúl Coss Bu, 2015



Capítulo 3

Marco Contextual

1. Sector Agrícola

La agricultura es la actividad económica sedentaria más arcaica de la historia de la humanidad, dedicada a la labranza o cultivo de la tierra. En ciertas regiones, tales como los países en desarrollo, es el sector productivo que presenta más ocupación.

La agricultura proporciona el 80% de alimentos que consume la población que hoy habita nuestro planeta. Sin embargo, las diferencias que presenta esta actividad, se haya directamente relacionada con la ejecución, los cultivos empleados, las técnicas utilizadas y las estructuras agrarias que para la misma se adopten.

Las actividades agrarias han adoptado diferentes características, de acuerdo con las distintas sociedades a lo largo del planeta y a través del tiempo. Sin embargo, las características que presenta la organización de la producción agraria en la actualidad son consecuencia de profundos cambios demográficos, económicos y tecnológicos, que tuvieron lugar a partir de fines del siglo XIX.

Históricamente, los avances tecnológicos se constituyeron en los medios fundamentales para el desarrollo de la agricultura. La Revolución industrial, cuyo sector clave lo constituyó la industria siderúrgica se encuentra profundamente ligada, a la adopción de nuevas tecnologías en la agricultura durante los últimos dos siglos.

En lo que respecta a esta actividad, podemos notar la aparición de maquinarias, que en un principio funcionaban a tracción animal, para luego ser reemplazadas por aquellas que lo hacían con motores a vapor o de combustión (Gonzales., 2005).

Sin embargo, esta difusión de los adelantos se vio restringida en la primera mitad del siglo XIX, a causa de las limitaciones en los medios de transporte, ya que las máquinas sólo se transportaban en barcos. Cuestión que tras la aparición del ferrocarril facilitó su expansión y permitió un uso más extendido de los mismos.

Paralelamente, se desarrollaron nuevos productos químicos también tendientes a optimizar la producción. Así, se incorporaron nutrientes, como el nitrato, para lograr mejores cultivos.

Con posteridad a la Segunda Guerra Mundial, las investigaciones realizadas en relación con los cambios tecnológicos que podrían ser aplicados a la agricultura, generaron un proceso de cambio conocido con el nombre de Revolución verde.

El eje central de este proceso, lo constituyó el desarrollo y la puesta en uso de variedades de alto rendimiento de diferentes especies cultivadas, obtenidas las mismas mediante la

hibridación (cruzamiento de individuos de la misma especie con características genéticas diferentes).

Estas modificaciones permiten obtener mayor producción por hectárea cultivada, facilitando la doble cosecha anual al obtenerse cultivos de ciclo corto, permitiendo la resistencia de las plantas a ciertas eventualidades climáticas, como inundaciones y sequías o a ciertas enfermedades y posibilitando la producción de algunos cultivos en áreas que no eran las propiamente más apta para estos (Gonzales., 2005).

1.1. Sector Agrícola en el mundo. La agricultura representa uno de los sectores económicos más importantes del mundo; según Taguchi "Se estima que más de 800 millones de personas están involucradas en agricultura urbana y periurbana" (FAO, 2014).

Taguchi explicó que, en los países industrializados, el cultivo en las ciudades se practica casi como un "hobby". En los países en vías de desarrollo, en cambio, la agricultura urbana surge de la necesidad (FAO, 2014).

En la Tabla 1 se puede ver el grado de participación y contribución de la agricultura al desarrollo económico en las regiones del mundo (Anónimo, 2006).

Tabla 1. Valor total de la producción agrícola mundial

Regiones	Millones de personas relacionadas con la agricultura	Superficie total cultivada (%)	Producción total mundial (%)	Valor total (%) Producción mundial de Granos básicos
Norte América	3.7	9.8%	11%	14%
América Latina y el Caribe	44.5	11.3%	9.8%	10.6%
Europa / Ex URSS	43.6	21.8%	18.5%	23%
Asia Occidental / África del Norte	41.9	26.8%	5.4%	5.3%
África del Sur del Sahara	167.1	3.7%	13.0%	5.2%
Asia Oriental	517.8	38.7%	14.0%	22.6%
Asia Meridional	334.0	38%	18.9%	11.6%
Asia Sudoriental	132.6	17.4%	7.7%	5.5%
Oceanía	2.5	5.2%	1.8%	2.1%
Total	1 287.7 millones de personas relacionadas con la agricultura			

Fuente: Elaboración propia basada en (Anónimo, 2006)

Nuestro planeta ha experimentado un rápido crecimiento en la población mundial, así como una mayor esperanza de vida. Esto implica un importante crecimiento de la necesidad de producción de alimentos. Los agricultores de todo el mundo tienen el gran reto de producir más con menos recursos y ser sostenibles (Lampadia, 2016).

Para poder enfrentar este reto en algunos lugares del mundo, empresas agrícolas recogen grandes cantidades de información de rendimiento de los cultivos, mapean los suelos, utilizan fertilizantes, datos meteorológicos, maquinaria, etc., implementando lo que se conoce como la “agricultura inteligente” (Smart agriculture) o la “agricultura de precisión”, haciendo uso de tecnologías con el objetivo de aumentar la calidad y cantidad de la producción agrícola.

Actualmente se cuenta con 10 ciudades latinoamericanas que destacan en la agricultura.

1.2. Sector Agrícola en el Perú. El sector agrícola es uno de los motores que impulsa a la economía nacional peruana desde tiempos pre-incaicos.

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).

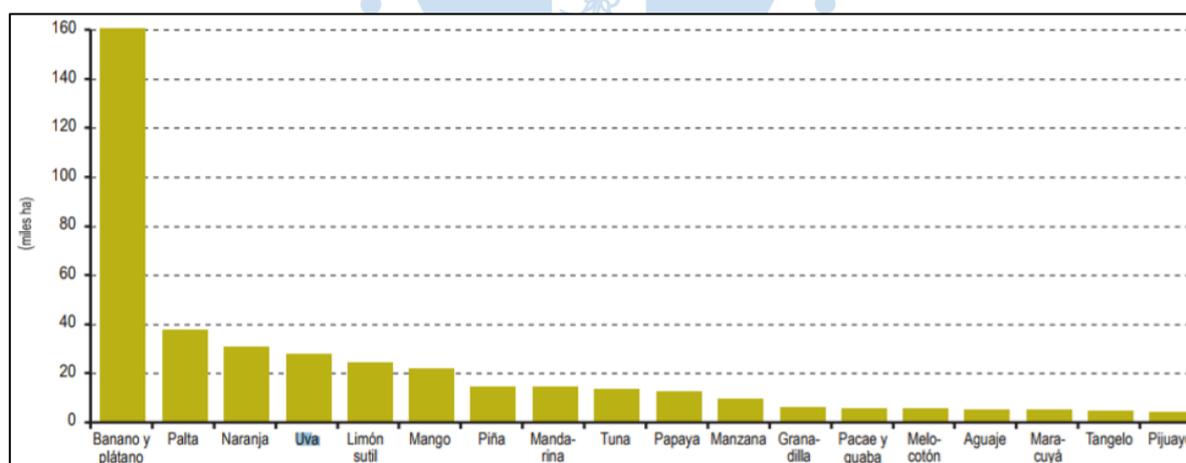


Figura 8. Hectáreas de siembra de frutas en el Perú.

Fuente: (Huemura, 2018)

En la Figura 8, se representan las frutas con mayor cantidad de área sembrada en el territorio peruano, destacando el banano con 160 mil hectáreas aproximadamente. seguidos por la palta, la naranja, la uva y el limón (Huemura, 2018).

Desde 1990, la productividad de la agricultura peruana ha ido creciendo permanentemente comparada con otros países de Latinoamérica, duplicándose en relación con décadas pasadas y aumentando a una tasa promedio anual de 2 a 3%. (Banco Mundial, 2018).

A partir del 2000 al 2015 el aporte de la agricultura al producto bruto interno (PBI) en el Perú creció un promedio de 3.3% al año, más que sus pares regionales y estructurales (MINAGRI, 2018). En este periodo, la productividad en la Costa creció en 7.2%, en la selva retrocedió -0.2% y en la sierra es solo 0.2%.

La agricultura es una de las actividades económicas en la que participan la mayor cantidad de peruanos que pertenecen a la Población económicamente activa (PEA) “En definitiva el crecimiento del sector agrícola ayuda a diversificar la economía y reducir la dependencia en las industrias extractivas no renovables, y puede ser un gran impulsor de la reducción de la pobreza en el Perú” dice Rodríguez, 2018.

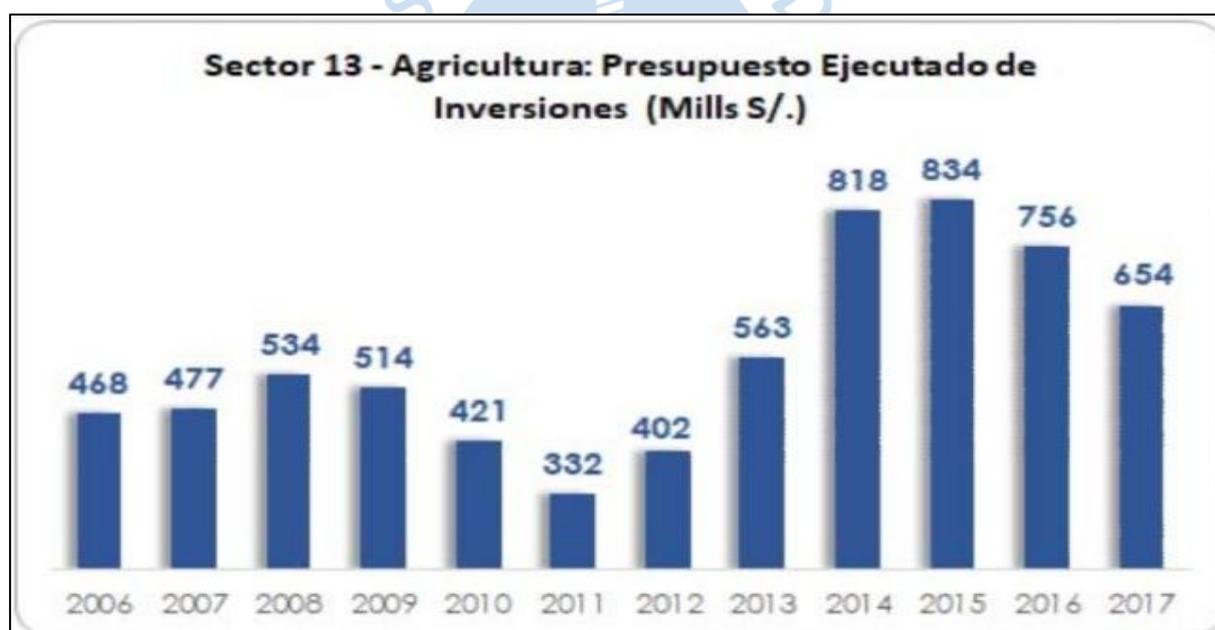


Figura 9. Presupuesto ejecutado de Inversión.

Fuente: (Rodríguez, 2018)

En la Figura 9, se puede apreciar el presupuesto ejecutado desde el año 2006 hasta el 2017 en proyectos de inversión pública en el sector agricultura. Invirtiendo el año 2017, un monto de S/ 654 millones la cual se considera una cifra baja en relación con la inversión de los últimos 4 años.

1.2.1. Producción agrícola orgánica en el Perú. La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos naturales de la explotación agrícola.

Aparece como una alternativa de desarrollo sostenible, ecológico, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y, al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables, así como evitar el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos (agroquímicos), para de este modo proteger el medio ambiente y la salud humana.

Es, por tanto, la mejor opción de desarrollo económico y crecimiento que existe para la mayor parte del país. Además, es la opción que viene impulsando el actual gobierno.

La agricultura orgánica en el Perú es un fenómeno reciente, pero con un dinamismo notable. En el 2001 en el Perú, se estimaban en 8 146 productores orgánicos certificados formalmente, y en 25 mil las hectáreas involucradas, según el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). En el 2009 SENASA calculó en 55 049 los pequeños productores orgánicos y en 445 352 has involucradas.

De esta forma, se estima que para esa fecha los productores orgánicos sean 7 veces más que en el 2001, y las hectáreas para producción orgánica casi dieciocho veces más. De este total, 259 234 hectáreas corresponden a bosques certificados y la recolección de castañas de estos. Casi 200 000 hectáreas vienen desarrollando agricultura con productos orgánicos como el café, el cacao, el banano, el mango, etc.

En el Perú; como ya se mencionó antes, la mayor parte de las explotaciones agrícolas son pequeñas parcelas, entre 0 y 10 hectáreas (0 y 25 acres).

Más de 60 000 productores asociados y más de 100 000 familias peruanas están directamente involucradas con los productos orgánicos, destacando el café, banano —mercados orgánicos en los cuales somos los primeros exportadores mundiales— y el cacao, así como otro grupo importante de productos como el mango, aceituna, palmito, maca, yacón, azúcar, hierbas aromáticas y medicinales, entre otros. De la misma forma, en la actualidad se han identificado incentivos para promover la producción de piña y palta orgánicos.

1.3. Sector Agrícola en Piura. El departamento de Piura tiene una superficie total de 35 657.49 Km^2 . Hay 386 777.44 Ha cultivables, de las cuales 262 157.17 Ha (67.77 %) se conducen bajo riego y 124 683.30 Ha (32.23 %) son de secano (INEI, 2016).

Piura es considerada como una de las regiones del país con más hectáreas de cultivos orgánicos y ecológicos importante en cuanto a superficie bajo riego (Anpe, 2017). Ver Figura 10.

Provincia	Superficie agrícola				Superficie no agrícola					
	Total				Total	Pastos naturales			Montes y bosque	Otra clase de tierras
		Total	Bajo riego	En seco		Total	Manejados	No manejados		
Total	1 895 878,36	386 777,44	262 157,17	124 683,30	1 509 100,85	1 209 554,29	34 539,23	1 175 015,09	247 664,45	51 882,26
Piura	659 909,98	131 576,71	106 340,28	25 236,43	528 333,27	310 835,12	749,77	310 085,35	197 044,50	20 453,64
Ayabaca	244 227,45	71 821,72	28 270,01	43 614,71	172 405,77	150 577,90	22 694,65	127 883,26	15 524,83	6 303,06
Huancabamba	132 626,35	46 268,02	22 605,68	23 662,34	86 358,33	75 451,73	6 764,49	68 687,24	8 733,43	2 173,17
Morropón	129 967,06	41 370,61	31 156,28	10 214,34	88 596,45	78 876,23	3 940,76	74 935,48	8 090,09	1 630,15
Paíta	73 366,54	36 020,93	19 101,13	16 919,81	37 345,49	13 170,25	26,63	13 143,62	7 147,57	17 027,79
Sullana	73 061,43	43 568,95	38 581,91	4 987,05	29 492,49	17 424,75	212,18	17 212,58	8 026,02	4 041,71
Talara	3 316,11	43,67	43,67	-	3 272,44	2 914,82	-	2 914,82	353,00	4,62
Sechura	579 403,44	16 106,83	16 058,21	48,62	563 296,61	560 303,49	150,75	560 152,74	2 745,01	248,12

Figura 10. Superficie agrícola y no agrícola de Piura.

Fuente: (Anpe, 2017)

Desglosando las cifras por región, en la Figura 11 se muestran los siguientes datos: a) la costa piurana tiene 103 474 Ha de superficie agrícola, de las que 101 945 Ha (98.5 %) son bajo riego y 1 529 Ha (1,5 %) son de secano; y, b) la sierra piurana tiene 140 886 Ha de superficie agrícola, de las que 75 024 Ha (53.3 %) son bajo riego y 65 862 Ha (46.7 %) son de secano.

Se tienen aproximadamente treinta mil productores, entre agricultores y ganaderos, de la región Piura que se encuentran asociados hasta el año 2018. De los cuales 13 950 trabajan directamente en el campo promoviendo la asociatividad, como una herramienta para una mayor competitividad.

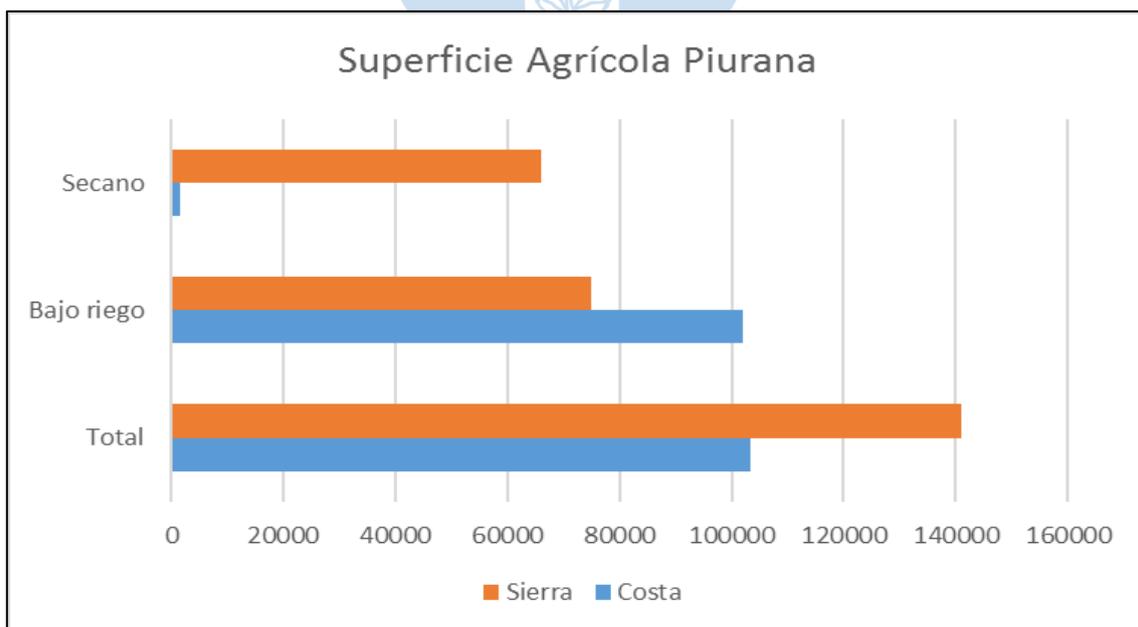


Figura 11. Superficie agrícola de la Costa y Sierra Piurana.

Fuente: (Anpe, 2017)

Además, existen en la región un total de 142 mil pequeños productores, de los cuales en el año 2014 estaban asociados solo el 12%, pero en los dos últimos años esta cifra se incrementó alcanzando un 21% de asociatividad (Dirección Regional de Agricultura, 2016).

Carlos Pagador Moya, titular del INDERH, dijo que “la agricultura en Piura es pujante y en franco desarrollo, lo que se percibe no sólo en el estudio sino también en la cantidad de empresas agroexportadoras afincadas”. Se ha obtenido un crecimiento muy grande de áreas, y esto gracias a que el clima de la región es el apropiado, y los recursos hídricos son abundantes. Piura cuenta con diferentes aspectos que benefician a la agricultura, entre el clima, la infraestructura y recursos, lo que falta es disciplinarnos para crear cadenas de producción y mayor proactividad, asociaciones y equipos de trabajo (INDERH, 2016).

En la Tabla 2 y Tabla 3, se pueden ver las características que tienen los productos agrícolas de la costa y la sierra piuranas. En donde observamos marcadas diferencias entre ellas como: a) mientras la producción costeña beneficia en su mayor parte de riego regulado, la producción serrana es básicamente de secano; y, b) respecto a destino, la producción de costa se orienta al mercado regional pero básicamente, en cuanto a sus cultivos principales, se orienta al mercado nacional y a mercados internacionales; mientras que la producción de sierra mayoritariamente se destina al autoconsumo y a los mercados locales (MINAGRI, 2008).

Tabla 2. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Costa.

Productos	Aspectos que favorecen	Principales desafíos	Estado actual de los servicios requeridos
Arroz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recurso hídrico suficiente. ▪ Precio. ▪ Mercado. ▪ Clima. ▪ Crédito informal. ▪ Hábito de consumo. ▪ Conocimiento de manejo de cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de módulos de riego. ▪ Conflictos entre arroceros y otros cultivos. ▪ Mejoramiento genético. ▪ Mejoramiento sistema de drenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiente asistencia técnica. ▪ Falta de organización de productores. ▪ Deficiente servicio de molinera. ▪ Comercialización deficiente. ▪ Servicio financiero no adecuado.
Algodón	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima favorable. ▪ Recurso hídrico suficiente. ▪ Conocimiento del manejo de cultivo. ▪ Alta calidad de fibra (pima). ▪ Presencia de programa pima. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precio justo. ▪ Mejoramiento genético. ▪ Asociativa empresarial. ▪ Uso de semilla certificada. ▪ Romper monopolio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausencia de crédito. ▪ Incumplimiento del reglamento del cultivo. ▪ Comercialización informal. ▪ Manejo de desmotadoras.

Fuente: Elaboración propia a partir de MINAGRI, 2008

Tabla 2. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Costa (continuación).

Productos	Aspectos que favorecen	Principales desafíos	Estado actual de los servicios requeridos
Frejol Castilla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Mercado. ▪ Agua. ▪ Rendimiento. ▪ Precio. ▪ Mejoramiento de suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organización de productores. ▪ Mejoramiento genético. ▪ Semilla certificada. ▪ Planta procesadora de los productores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crédito insuficiente. ▪ Comercio irregular. ▪ Falta de asistencia técnica. ▪ Deficiente servicio de la distribución de agua.
Maíz amarillo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Agua. ▪ Mercado interno y externo. ▪ Producto principal para granjas pecuarias. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organización de productores. ▪ Mejoramiento genético. ▪ Asistencia técnica. ▪ Semilla certificada. ▪ Adaptabilidad al cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiente servicio de la distribución de agua.
Mango	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima, agua. ▪ Mercado interno y externo. ▪ Asistencia técnica. ▪ Calidad. ▪ Suelos aptos para el cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organización en productores. ▪ Herramientas de gestión. ▪ Valor agregado. ▪ Incrementar la investigación en la fisiología del cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comercialización deficiente. ▪ Inestabilidad de precios (acopiadores terceros).
Limón	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima, agua, suelo. ▪ Mercado nacional e internacional. ▪ Conocimiento del cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nuevas variedades por exigencia de mercado. ▪ Asociatividad de organizaciones. ▪ Mejoramiento de calidad. ▪ Las organizaciones asuman la comercialización. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de asistencia técnica. ▪ Crédito deficiente.
Ajíes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Suelo. ▪ Agua. ▪ Mercado interno y externo. ▪ Precio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación del cultivo. ▪ Planificación. ▪ Inversión privada. ▪ Control fitosanitario. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de asistencia técnica. ▪ No hay crédito. ▪
Uva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Suelo. ▪ Mercado interno y externo. ▪ Inversión privada. ▪ Manejo eficiente de agua. ▪ Disponibilidad de mano de obra. ▪ Cultivos de alta rentabilidad. ▪ Recursos hídricos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débil asociatividad del pequeño productor. ▪ Alto costo de producción. ▪ Financiamiento con alto respaldo. ▪ Escasa investigación. ▪ Deficiente sistema de drenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Servicios financieros sin acceso para el pequeño productor. ▪ Escasos especialistas en el cultivo.

Fuente: Elaboración propia a partir de MINAGRI, 2008

Tabla 2. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Costa (continuación).

Productos	Aspectos que favorecen	Principales desafíos	Estado actual de los servicios requeridos
Banano orgánico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Suelo. ▪ Agua. ▪ Buena asociatividad. ▪ Mercados externos asegurados. ▪ Buen manejo del cultivo. ▪ Cultivos rentables. ▪ Baja incidencia de plagas y enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variabilidad climática. ▪ Mitigar el efecto del fenómeno del niño. ▪ Manejo de post cosecha. ▪ Producción de semillas certificadas. ▪ Fortalecimiento de cultura organizacional. ▪ Alta demanda de agua. ▪ Gestión del riesgo frente a peligros. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exportación directa de los pequeños productores. ▪ Competencia empresarial. ▪ Credibilidad internacional del producto. ▪ Producto bandera de la región.
Forestales, algarrobo, zapote y otros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima. ▪ Suelo. ▪ Población de ganadería menor y apicultura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tala agresiva. ▪ Incendios forestales. ▪ Ampliación de frontera agrícola. ▪ Cambio de uso de suelo. Plagas y enfermedades. ▪ Gestión de riesgo frente a peligros. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escasa tecnología para productos de transformación. ▪ Demanda insatisfecha de producción al mercado externo.

Fuente: Elaboración propia a partir de MINAGRI, 2008

Tabla 3. Características para el desarrollo de los productos agrícolas en la Sierra.

Productos	Aspectos que favorecen	Principales desafíos	Estado actual de los servicios requeridos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papa ▪ Maíz Amiláceo ▪ Trigo ▪ Arveja ▪ Frijol ▪ Café ▪ Caña de azúcar ▪ Cacao ▪ Alcachofa ▪ Granadilla ▪ Tara ▪ Lúcumá ▪ Palta ▪ Chirimoya ▪ Plátano ▪ Forestales ▪ Pastos cultivados ▪ Maní ▪ Durazno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima, suelo y agua ▪ Variedades ▪ Hábito de consumo ▪ Energía eléctrica ▪ Biodiversidad ▪ Existencia de zonas de vida y climas diversos ▪ Formalización de propiedad ▪ Paramos y bosques naturales generadores de recursos hídricos ▪ Presencia de institutos tecnológicos ▪ Sierra exportadora 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Introducción de variedades mejoradas ▪ Innovación tecnológica ▪ Valor agregado ▪ Fortalecimiento de organizaciones agrarias ▪ Adaptación a cambios climáticos ▪ Promover asistencia privada ▪ Vías de comunicación ▪ Culminación de la electrificación rural ▪ Equidad de género ▪ Promover manejo sostenible y crear áreas de protección ▪ Investigación agraria 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débil presencia del sector (recursos humanos y logísticos) ▪ Débil organización agraria ▪ Deficiente infraestructura de riego ▪ Débil articulación de mercado ▪ Limitados programas de financiamiento ▪ Débil accesos a tecnologías de la información ▪ Tala indiscriminada ▪ Baja producción y productividad

Fuente: Elaboración propia a partir de MINAGRI, 2008

2. Producción de Banano Orgánico en Piura

Según la página de Andina Noticias (2018) Minagri financió cuatro proyectos de Reconversión Productiva Agropecuaria que beneficiaron a 105 productores que cambiaron su producción de arroz por banano orgánico con la intención de incrementar sus ingresos en la inserción de la cadena exportadora. Dicho cofinanciamiento incluyó plantas de banano, preparación de terreno de 75.76 ha, insumos orgánicos, control fitosanitario, materiales y equipos para el proceso productivo en la cosecha y postcosecha, asistencia técnica y el cofinanciamiento de certificaciones Orgánica y Global GAP.

Andina Noticias (2018) anuncia que, en el 2016, Minagri aprobó cuatro proyectos en las provincias de Morropón, Paita y Sullana con una inversión de 7.7 millones de soles. En Sullana, la Cooperativa Agraria Alto Grande Santa Sofía de Sullana, lograron potenciar su producción de banano orgánico pasando de producir un contenedor a la semana en el 2014, a producir, en el 2017, cuatro contenedores semanales a Europa, lo que es igual a 80 toneladas de banano orgánico.

2.1. El banano orgánico en general. Se considera a una fruta orgánica cuando en ninguna etapa de su proceso productivo se le agrega directamente, algún tipo de fertilizantes y pesticidas químicos, o en el suelo donde es cultivado.

El banano es definido como una planta herbácea, formada por pseudotallos que se originan de cormos carnosos, en los que desarrollan numerosos hijos. Las hojas tienen una distribución helicoidal.

En la Figura 12 se muestran las partes de la planta de banano orgánico. Esta planta se caracteriza por (Extensionistas en Banano Orgánico, Poyecto Norte Emprendedor-Swisscontact & Swing Torres., 2012):

- Tener un sistema radicular, lo cual indica que es una planta constituida por una alta cantidad de raíces que pueden llegar a tener de 5 a 10 metros de longitud.
- Su corno o tallo que es un bulbo solido de forma cilíndrica de contextura gruesa y con alto contenido de agua. En la parte interna es donde se originan las raíces y produce muchos hijuelos.
- Su sistema foliar que está conformado por las vainas foliares; formada por las modificaciones de las hojas que están insertadas formando vainas envolventes que dan origen al pseudotallo, el pseudopeciolo que es el extremo superior de la vaina foliar que se adelgaza hacia la lámina foliar y la lámina foliar que es una lámina delgada formada por las venas mayores que resaltan en la cara haz.

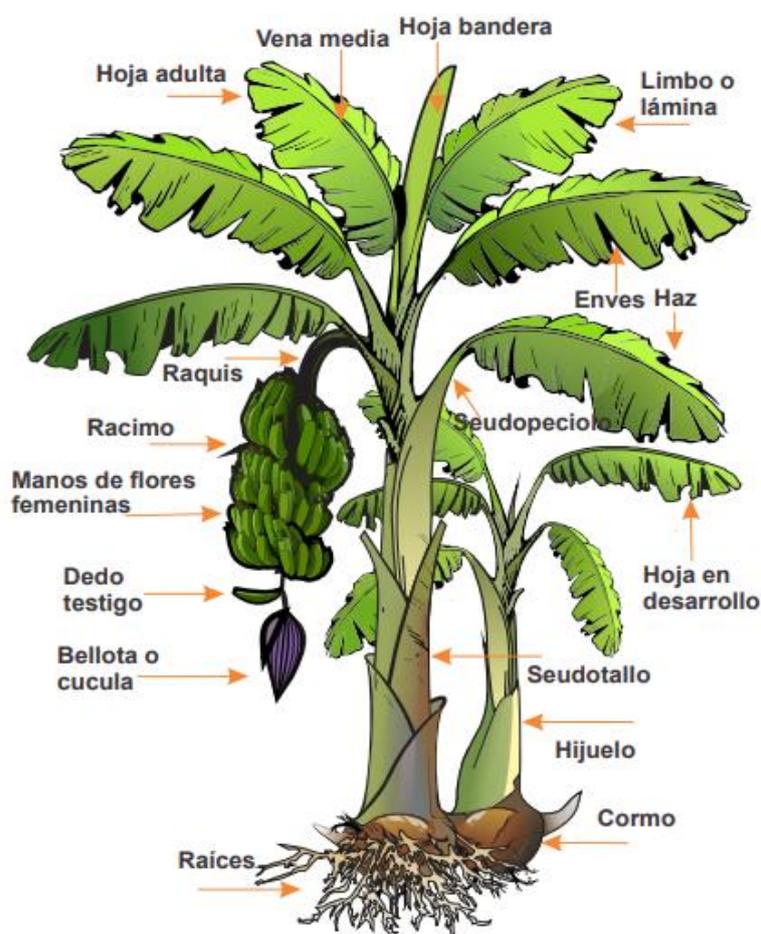


Figura 12. Planta de banano y sus partes.

Fuentes: (Extensionistas en Banano Orgánico, Proyecto Norte Emprendedor-Swisscontact & Swing Torres., 2012)

- La bellota se origina de los brotes de las flores, que da un número predeterminado de dedos y manos. Las flores femeninas son conocidas como las manos de banano orgánico, tienen una distribución de forma helicoidal a lo largo del eje floral, y el conjunto de estas manos forman el racimo.
- El banano orgánico es un fruto carnoso y suave. La fruta se puede desarrollar en un tiempo de 70 a 90 días; pero si la zona de siembra presenta bajas temperaturas, entre 20° y 26°, el desarrollo de la fruta puede durar de 98 a 112 días.
- El clima recomendable para su buen desarrollo es con una altitud de 30 msnm, pero el banano se puede adaptar hasta una altura de 2 200 msnm. Requiere de una elevada cantidad de agua, debido a su naturaleza, como del 85% al 88% del peso del banano es agua entonces se requiere un suministro de 1 200 a 1 300 m^3/ha al mes durante todo el año. La temperatura óptima es de 25°C a 30°C, mientras más baja sea, el ciclo del cultivo se prolonga.

El nombre común del banano orgánico es Plátano y su nombre científico es *Musa Paradisiaca*. Es una fruta de origen tropical, de forma oblonga. Puede contener hasta 20 manos y cada mano hasta 20 frutos.

Dentro de las principales propiedades del banano orgánico es su elevado valor energético, brindando vitaminas B y C. Contiene un bajo contenido de grasa y discreto contenido proteico. En la Tabla 4 se muestra el valor nutricional de una ración de 100 gramos de banano orgánico. Contiene sales minerales como hierro, fósforo, potasio y calcio. Tiene propiedades medicinales como:

- La disminución de la hipertensión arteriales.
- Casos de nefritis.
- Cálculos renales.
- Regula la digestión.
- Mejora la salud cardiovascular.
- Calma quemaduras e irritación.
- Mejora el estado de ánimo. calma los nervios.
- Previene infartos.

Los plátanos verdes mejoran el tránsito intestinal porque contiene almidón e hidratos de carbono no asimilables logrando combatir la acidosis, calmando el ardor estomacal, previniendo la retención de líquidos y la formación de edemas.

Tabla 4. Valor nutricional - Banano orgánico

Valor nutricional del banano orgánico, por cada 100 gramos		
Agua (g)		75.7
Proteínas (g)		1.1
Lípidos (g)		0.2
Carbohidratos	Total (g)	22.2
	Fibras(g)	0.6
Vitaminas	A (UI)	190
	B1 (mg)	0.05
	B2 (mg)	0.06
	B6 (mg)	0.32
	Ácido nicotínico (mg)	0.6
	Ácido pantoténico (mg)	0.2
	C (mg)	10
Otros componentes orgánicos	Ácido málico (mg)	500
	Ácido cítrico (mg)	150

Fuente: Elaboración propia

2.2. Exportación de banano orgánico en Piura. En el año 2000 empezaron las primeras exportaciones a mercados externos, de banano orgánico del valle del Chira, apoyadas por el

“Programa de banano orgánico”, que el estado asumió promover a través de MINAGRI. Desde 1998, mediante este Programa, el MINAGRI empezó a apoyar a los pequeños bananeros con transferencia de tecnología, construcción de empacadoras fijas y móviles y con apoyo a la certificación orgánica. Exportando un total de 744.98 T.M., dicho año.

Teniendo un crecimiento importante, tanto en área instalada como en cantidad exportada, en el año 2007 y 2008 se exportaron 59 110.78 T.M. y 72 677.01 T.M. respectivamente, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Exportaciones del banano orgánico.

Año	Kilogramo	Exportación Piura (TM)
2000	856 295	744.98
2001	7 996 080	6 956.59
2002	22 675 000	19 727.25
2003	21 594 959	18 787.61
2004	29 974 869	25 994.98
2005	46 464 586	40 553.25
2006	58 530 938	52 283.56
2007	68 049 082	59 110.78
2008	83 196 294	72 677.01

Fuente: (MINAGRI. 2008)

En base a diversos testimonios recogidos, podemos señalar que la primera exportación la realizó en abril del 2000 una empresa creada por el MINAGRI, bajo la influencia del ministro Muñante. Esta empresa se denominaba Producción Orgánica de Piura (POPSAC), que vendía su producción a la transnacional Dolé, en Ecuador. En esa época, la calidad de la fruta era mala, ya que no se exportaba directamente en contenedores (MINAGRI, 2008).

La mayor cantidad de producción y exportación de banano orgánico se da en la provincia de Sullana (Valle del Chira), en donde entre los años 2013 y 2017, las asociaciones pasaron de exportar de 4 a 17 contenedores de banano orgánico semanales.

Teniendo presencia exportadora en cinco países de Europa y Asia (MINAGRI, 2017).

En el 2016, se aprobó el programa de compensación para la competitividad (AGROIDEAS), el cual llevo a desarrollar cuatro proyectos que se implementaron en las provincias de Morropón, Paita y Sullana, teniendo una inversión de 7.7 millones de soles.

Actualmente el 80% de la producción bananera está en la provincia de Sullana (Valle del Chira) y el 20% en las provincias del alto Piura y San Lorenzo. En la región existen un total de 8 500 productores de banano orgánico (MINAGRI, 2018). Ver Tabla 6.

Tabla 6. Exportaciones de Banano Orgánico en Piura.

Variables	Unidad de Medida	Banano Orgánico/ Campaña 2017/ 2018
Producción	TM	336 934
Áreas	Has	15 477
Rendimiento/Has	TM	21 77
Precio Chacra/Kg	S/	1.13
Exportación	\$	147 216 147
Volumen	TM	200 532.94
Mercados	-	Países Bajos 42%, EE. UU 23%, Alemania 13%.
Línea de Comercialización	-	Bélgica 7%, Corea 5%, Finlandia 4%, otros 5%.
Fruta Fresca Mercado nacional	TM	136 161.06

Fuente: Revista de Agricultura del Gobierno Regional de Piura, 2018

2.3. Proceso productivo del banano orgánico convencional. El proceso productivo del banano orgánico convencional inicia desde el estudio del suelo para verificar que sea una tierra apta para la siembra. Una vez lista la tierra, se empieza con la siembra, la cual se realiza en columnas separadas por 3 metros cada columna y en filas separadas por 2 a 3 metros, de tal manera que las plantas tengan un espacio prudente una de otra para el proceso de desarrollo.

Las plantas son separadas debido a que cuando una planta da un racimo de plátanos esta planta ya termina su ciclo de vida, pero alrededor de ella crecerán más plantas pequeñas. De todas estas plantas, solo quedará una planta para dar su fruto, las demás son descartadas y utilizadas como abono.

Cuando las plantas ya están con la flor que da un indicio de la aparición de un racimo de plátano, se le coloca una cinta de color. El color que se elige lo asignan las personas encargadas del cuidado de las plantas, y significa la semana en la que se ha salido la flor. Cuando ya se cumple el tiempo de 9 a 12 meses, que es el tiempo que tarda en obtenerse la primera cosecha de banano orgánico con las especificaciones de calibración y tamaño que el mercado requiere, la cinta permite identificar las plantas que están aptas para cosechar.

Dicho proceso se va a dividir en dos etapas (Agrobanco., 2012): cosecha y empaque.

- **Proceso de cosecha**

- **Proceso de cosecha sin cable vía:** Este proceso inicia con la verificación de los colores de la cinta que corresponden ser cosechados en una determinada semana. De acuerdo con el tiempo

transcurrido, se busca la fruta que tiene la cinta del color elegido, y que deberá cumplir con los requisitos de calibre y tamaño y finaliza con el corte del racimo. Ver Figura 13.

- ✓ Cosecha o puya: Esta actividad consiste en recorrer las plantaciones de tal manera que se corten todos los racimos que cumplen con los requerimientos planteados. Esta actividad se realiza cada semana, y tiene una duración de 2 a 3 días, de acuerdo con los objetivos de producción que requiere el mercado. El nombre de puya viene porque a la persona encargada de cortar se le conoce como puyero.
- ✓ Colear: El cargador, quien es la persona encargada de recibir el racimo, tiene que colocarse una almohadilla en el hombro. El puyero corta el racimo y el cargador tiene que trasladarla hasta la zona de empaque, de manera cuidadosa. La cantidad de cargadores por lo general es de 4 a 6 personas, mientras que el puyero es una sola persona.

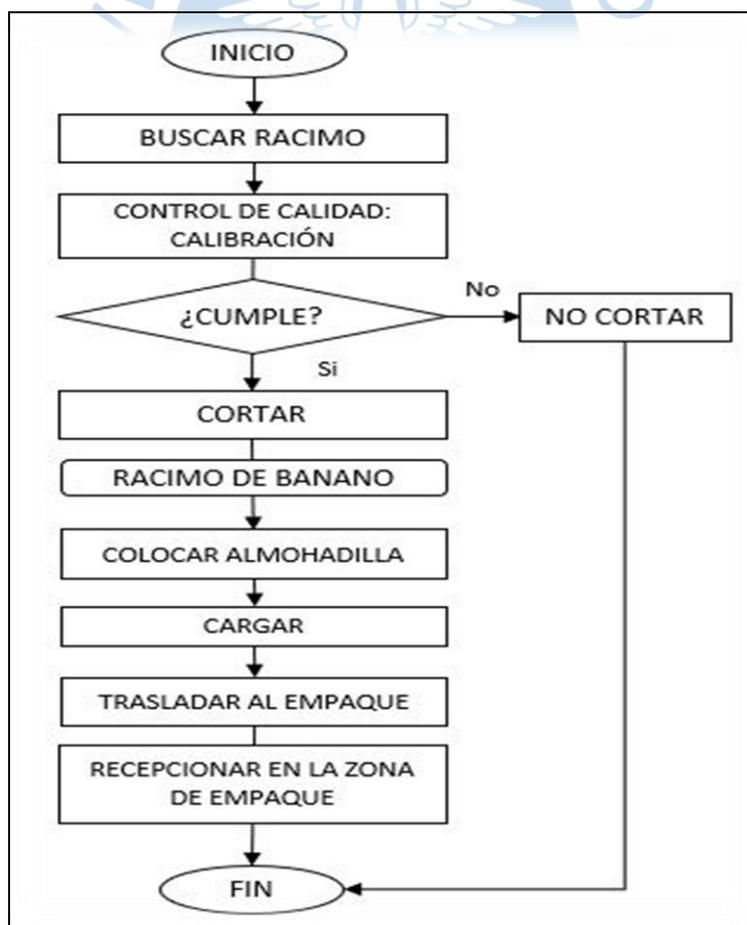


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de cosecha.

Fuente: Elaboración propia

- Proceso de cosecha con cable vía: El proceso convencional con cable vía se realiza de la misma manera que el proceso convencional sin cable vía con la diferencia que en el proceso de postcosecha, de traslado de racimos a la zona de empaque, utiliza el cable vía como medio de transporte para los racimos.

El cable vía es un medio de transporte que permite el traslado de los racimos, desde la plantación hasta la zona de empaque o viceversa. Está constituido por un cable principal y varios secundarios y conectados por un canal de drenaje (CEDEPAS Norte, 2018).

La implementación de este sistema ayuda a reducir costes en el proceso de postcosecha del banano orgánico obteniendo con ello mayores beneficios como; el traslado de una mayor distancia en un menor tiempo, reducción de distancias para el traslado de racimos, reducción de costos de mano de obra y reducción considerable de los daños de la fruta durante el traslado.

▪ Proceso de empaque:

En proceso inicia cuando los racimos llegan a la zona de empaque, donde se realizarán las actividades de preparación de la fruta para ser colocadas en su respectiva caja. Ver Figura 14.

- Acopio: En esta zona se colocan los racimos cosechados, consiste en colocarlos en vigas para que se pueda hacer un control de calidad a los racimos y puedan verificar qué manos de banano orgánico son aptas.
- Desmane: Por medio de una herramienta desmanadora, en forma de cuchilla, se separan las manos del racimo y se colocan en una tina de agua evitando el derrame del látex, que es la sustancia de aspecto lechoso que aparece cuando se hace un corte en la corona de las manos de banano.
- Cluster: En esta actividad, una persona es la encargada de cortar las manos en gajos o cluster más pequeños, de acuerdo a las especificaciones que se han brindado. Habitualmente, se cortan en gajos de 4 a 6 dedos. Una vez realizados los gajos, se colocan en la tina de desleche para que no emitan más látex.
- Llenado de bandeja: En esta actividad, los gajos de banano se colocan en una bandeja de 3 filas de acuerdo con su tamaño: en la primera fila van los más pequeños, en la segunda fila se colocan los medianos y en la tercera fila se ubican los bananos más grandes.

- Desinfección de la fruta: Una vez llena la bandeja con fruta, se seca el látex en las coronas y se le aplica un desinfectante que va a garantizar un cubrimiento en las coronas evitando el contagio de alguna enfermedad.
- Plastidol y etiquetado: Para evitar que en la corona ingresen bacterias, una vez colocado el desinfectante se le coloca el plastidol o parafil, es un papel con un plástico pequeño que cubre la corona sellando el corte y evitando que en algún momento llegue con pudriciones. Además, se le coloca la etiqueta en cada dedo y se encinta en caso sea necesario.
- Empacado de cajas: Se arma la caja con el plástico y el papel que debe contener, se colocan los gajos de banano ya listos hasta llenar la caja, y finalmente se pesa. El peso aproximado es de 19.400 kg a 20.400 kg. Finalmente se procede a cerrar la caja con una tapa.
- Paletizado: Esta última actividad consiste en agrupar las cajas sobre un palé, hasta una altura de 4 cajas, cuidando la calidad de la fruta.

2.4. Principales labores culturales del banano orgánico. Las labores culturales son un conjunto de actividades que se realizan durante la producción del banano orgánico para darle un mejor cuidado, de tal manera que el desarrollo del banano sea óptimo y cumpla con los requerimientos del mercado extranjero.

Según (Extensionistas en Banano Orgánico, Proyecto Norte Emprendedor-Swisscontact & Swing Torres., 2012) las labores que se realizan en el campo deben seguir un proceso cuidadoso que inicia con las siguientes labores:

- **Eliminación de la bellota:** Esta actividad se realiza cuando ya se ha terminado de formar la última mano del racimo y para aumentar el peso del racimo y que se pueda distribuir entre las manos de banano, se tiene que cortar la bellota. En la Figura 15 se muestra el momento en que se corta la bellota.

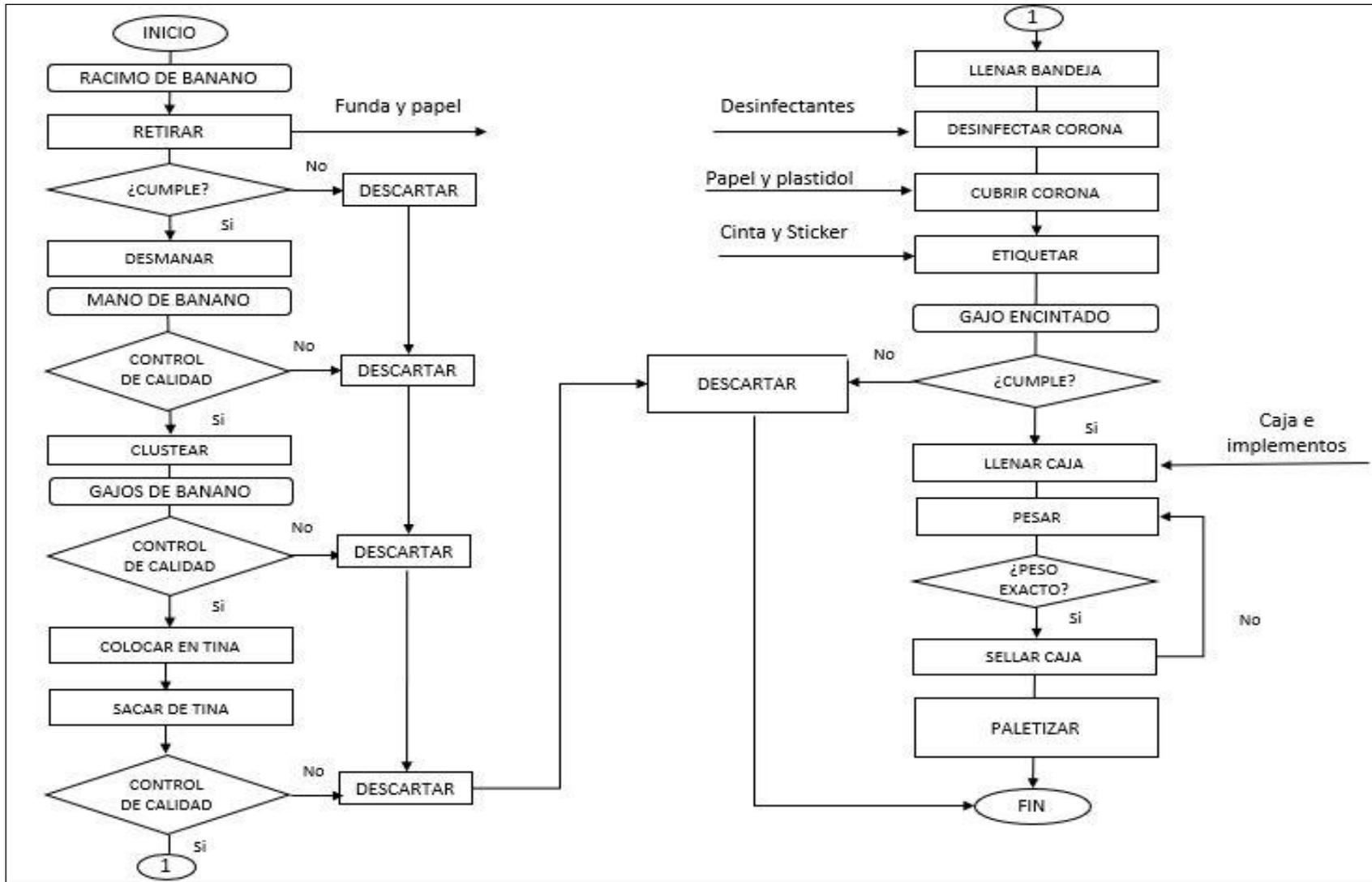


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de empaque.
Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Eliminación de la bellota por corte manual.
Fuente: Elaboración propia

- Eliminación de las manos: Esta actividad se realiza con la finalidad de incrementar el tamaño y peso de la fruta. Se eliminan las primeras manos, de abajo hacia arriba, dejando un dedo con el objetivo de evitar que el racimo se pudra. La cantidad a eliminar depende del tamaño del racimo. Ver Figura 16.



Figura 16. Eliminación de las manos falsas.
Fuente: Elaboración propia

- Desflore y eliminación de dedos laterales: Consiste en eliminar las flores en las primeras dos semanas de haber salido el racimo y junto a ello se eliminan los dedos triangulares laterales de cada mano del racimo. Ver Figura 17.



Figura 17. Desflore y eliminación de dedos laterales.
Fuente: Elaboración propia

- **Enfunde y encinte:** Una vez que la planta madre ha dado el fruto, se le coloca la funda alrededor del racimo para protegerlo de insectos o algún daño que pueden generar las hojas cuando chocan con el banano. La cinta se coloca del color que le corresponde, de acuerdo con la semana de maduración. Ver Figura 18 y Figura 19.



Figura 18. Enfunde de bellota.
Fuente: Elaboración propia

- **El deshermane:** La función de esta actividad es de identificar la futura planta madre y eliminar, a ras del suelo, los hermanos porque no serán de gran importancia para generar una buena producción.



Figura 19. Colocación de protectores.

Fuente: Elaboración propia

Deshije de formación; se lleva a cabo cuando las plantas hijos han llegado a 1 metro de altura, o cuando se da la floración de la planta madre. Se puede realizar de 3 métodos distintos:

- Un hijo; se elige solo uno, se conoce como primario, y se eliminan los demás hijos.
- Dos hijos; se eligen dos únicos hijos, los más desarrollados, y deben ubicarse uno frente al otro alrededor de la planta madre mientras que los demás hijos se eliminan.
- Tres hijos; también conocido como hexagonal o pata de gallina, se eligen 3 hijos cuya ubicación debe formar un triángulo alrededor de la planta madre. Y se eliminan los demás hijos.

Deshije de mantenimiento; se realiza para mantener los hijos de formación, ya seleccionados, y con una frecuencia de dos meses.

Formas de deshije; cuando se elige los hijos a eliminar se les corta el pseudotallo en forma diagonal a 10 cm del suelo. sin lastimar la planta madre. Se le coloca el sacabocado en la parte central del pseudotallo, 20 cm hacia abajo, y se presiona y se retira. Esto se realiza con la finalidad de extraer el punto de crecimiento para que el hijo no rebrote, ver Figura 20.

- El deshoje: Esta actividad consiste en quitar las hojas secas o en mal estado, de la planta. La mejor manera de quitarlas es cortándolas de abajo hacia arriba, quitando el codo, para evitar que la causa de heridas que puedan generar enfermedades o ingreso de bacterias. La cantidad óptima de hojas, para la obtención de un buen racimo, es de 14 hojas como mínimo. Ver Figura 21.



Figura 20. Plantación deshijada.

Fuente: Elaboración propia

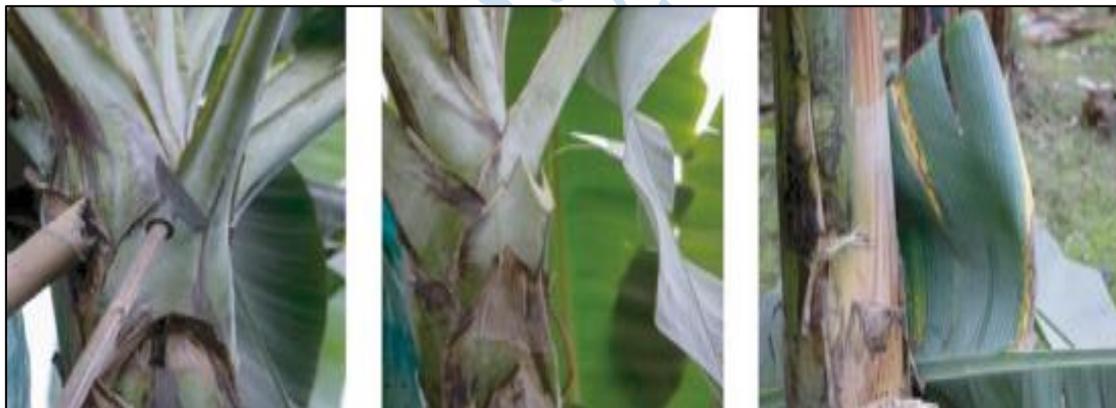


Figura 21. Eliminación de hojas en mal estado.

Fuente: Elaboración propia

- El deschante: Consiste en eliminar solamente las vainas que están totalmente secas del pseudotallo. No se deben eliminar las vainas verdes porque funcionan como un sistema de protección de la planta. Ver Figura 22.



Figura 22. Eliminación de chantas secas.

Fuente: Elaboración propia

- **Manejo de malezas:** La maleza siempre va a competir por obtener rayos solares, agua, espacio y nutrientes con las plantas de banano. Además, facilitan que las plagas se instalen, así como que se presenten enfermedades que impliquen una pérdida muy grande. La manera más práctica de eliminarlas es cortándolas con un machete.
- **Riego:** La planta de banano, por ser de naturaleza herbácea, requiere de un suministro de agua alto. Normalmente, está constituido entre 85% y 88% de agua, es por ello que es necesario construir drenajes con el fin de retirar el agua para proporcionar una mejor aireación y evitar que las raíces se pudran. Ver Figura 23.



Figura 23. Drenaje.

Fuente: Elaboración propia

2.5. Parámetros de calidad. Los parámetros de calidad para el banano orgánico van a depender únicamente del mercado al que se va a vender. Para ello, se van a presentar cómo se debe tratar a la planta durante su proceso de desarrollo para que, al momento de ser cosechada, cumpla con los requisitos del mercado extranjero.

Los bananos deben cosecharse cuando aún están de color verde con un grado óptimo de madurez y para ello se debe hacer uso de un calibre de medida; la calibración se hace un día antes de cosechar la fruta. Ver Figura 24.

Normalmente, la cosecha se realiza en la semana 12 desde que la bellota ha florecido. En verano, se puede cosechar entre a semana 10 a 11 y para invierno puede llegar hasta la semana 14.

La edad de la fruta permite asegurar que la fruta llegue a su destino final con la madurez que se requiere. Para ello, se debe medir el tiempo de transporte y almacenamiento, la época en la

que se envía y las edades de cosecha. Es por ello que, cada semana, los racimos se marcan con cintas de diferentes colores.



Figura 24. Calibración referencial de medida.

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que mientras el clima es cálido o lluvioso la fruta tiene una rápida maduración, mientras que en el clima frío o en invierno, la fruta tiene una maduración más lenta.

La calibración de la fruta es un factor que indica si el racimo está en una etapa adecuada para ser cosechado. Por ello, es necesario medir el grosor y el largo de la fruta, esto va a depender del mercado al que va dirigido, normalmente el diámetro debe medir, como mínimo, 39 mm en la parte central de la segunda mano, mirada desde abajo hacia arriba, hasta 46 mm en la parte central de la penúltima mano del racimo; la longitud debe ser como mínimo de 20 cm, como se puede ver en la Figura 25.

CALIBRE	MÍNIMO	MÁXIMO
DIÁMETRO (grados)	39 grados	46 grados
LONGITUD (pulgadas)	8"	11"

Figura 25. Datos de diámetro y longitud mínimo y máximo.

Fuente: Sistema integrado de información de comercio exterior (SIICEX)

Para cuidar la calidad de la fruta y generar beneficios aumentando las opciones de mercadeo el traslado del racimo hacia la zona de empaque se debe realizar de manera cuidadosa, una vez que llega a la zona de empaque se debe verificar que no tenga daños ocasionados por insectos y hongos; en algunas oportunidades se verifica la consistencia de la parte interna de la fruta.

Existe una serie de enfermedades que afectan el desarrollo del banano, orgánico originando diferentes tipos de malformaciones y/o heridas en la fruta, estas son:

- Virus del rayado del banano (BSV): El Banana Streak Virus es un pararetrovirus, se presenta como un rayado, que puede ser de color amarilla, clorótica, negra o marrón, en las hojas. Este daño puede ser visible o no en todas las hojas, pero se presenta de manera severa en la reducción de peso del racimo o en el retraso de aparición y cosecha de la misma; en el fruto, puede causar distorsión del fruto y rajaduras en la cáscara. Estos síntomas varían con los cambios de la temperatura.

Una característica que tiene este virus es la manera episomal en la que se puede transmitir, en casos extremos, como un ADN viral que se instala en el citoplasma por medio de la alteración que sufre cuando se reproducen de la planta madre hacia las plantas hermanas (P. Susan, J. Noa, N. Flores & C. Córdova., 2016).

La mejor manera de reducción de síntomas que se puede plantear es:

- Reduciendo el estrés que se genera por añadir una cantidad, no adecuada, de agua.
- Aplicando de manera apropiada las reparaciones orgánicas.
- Reduciendo las malezas, plagas y enfermedades.

- Pudrición acuosa del Pseudotallo: La bacteria *Erwinia caratovora* es la causante de la destrucción y pudrición del pseudotallo y que luego ocasiona el doblamiento de este mismo. Esta enfermedad se propaga con mayor frecuencia en tiempo de verano y se puede dar en cualquier etapa del desarrollo de la planta.

Estas bacterias se pueden transmitir por falta de desinfección en las herramientas, pues se puede cortar una planta afectada y con la misma herramienta se corta una planta sana que será afectada. La mejor manera de sanar esa es eliminándola o sustituyendo la planta por semillas sanas y cumpliendo con la desinfección de las herramientas de corte en las actividades del deshoje, deshije, etc.

Existen ciertas plagas que se pueden presenciar en la fruta del banano orgánico, estas pueden ser (Extensionistas en Banano Orgánico, Proyecto Norte Emprendedor-Swisscontact & Swing Torres., 2012).

- Trips de la mancha roja: Estas manchas rojas son causadas por las especies de insectos *Chaetanaphothrips orchidii* y *chaetanaphothrips signipennis*. Sus huevos eclosionan de 6 a 9

días y a partir del día 8 migra al suelo y luego de 6 a 10 días es un adulto que emerge y en 24 horas nuevamente infesta el fruto.

Los adultos y las ninfas de esta especie de insectos se posicionan entre los dedos de la fruta; después de que los pétalos de las flores se han secado. Estos insectos insertan su estilete causando un exudado de la savia que se oxida y toma un color café rojizo.

El daño que causan a la fruta es de una mancha rojiza en la epidermis de la cáscara de la fruta justo donde se rozan dos frutos; ocasionando así que la cáscara pierda su brillo natural y torne una textura áspera.

- Trips del salpullido o erupción del fruto: Este salpullido es causado por el insecto *Frankliniella párvula* y se encuentra en los extremos de los frutos, en la flor femenina y masculina. La hembra pone los huevos sobre la cáscara de las frutas y; una vez que eclosionan, se forman unos puntos rugosos y de color oscuro. La primera reacción que se realiza frente a este hallazgo es descartar la fruta que está muy afectada. Normalmente, se posicionan en el interior de las flores y en lugares donde encuentren tejido joven para alimentarse, protegiéndose de los rayos solares.

- Picudos del banano: El picudo negro como el picudo rayado, son insectos que ocasionan mucha destrucción. Se distribuyen por medio de la semilla propagativa o a través del material de plantación infestado. El daño que ocasionan las larvas del picudo se sitúa en los túneles del corno y del pseudotallo, lo que impide el paso de los nutrientes hacia la parte alta de la planta, afectando el crecimiento, productividad, estabilidad y nutrición.

Para mantener controlado el picudo se debe utilizar material de plantación sano, teniendo un buen manejo del hábitat. Es necesario saber cómo se comportan los insectos y encontrar un sistema de cultivo apropiado.

- Mosca blanca: El aparato bucal de la mosca blanca, tipo picador, le permite succionar la savia de la planta. Su sistema digestivo elimina azúcares con lo cual se genera el crecimiento de hongos que causan la fumagina. La hembra posiciona sus huevos en la hoja o en la fruta, estos huevos tienen un color blanco, pero entre los días 9 a 11 se van oscureciendo.

Las temperaturas frías y lluvias los afectan y les impiden desarrollarse. Para una producción orgánica, se puede controlar de tal manera que se eliminen los peciolos de las hojas secas que están alrededor del pseudotallo.

- **Cochinilla:** Las cochinillas son transmisoras del virus del rayado del banano. Algunas especies de esta plaga suelen posicionarse en el suelo para poder alimentarse de raíces. Son muy activas en su alimentación, es por ello que se trasladan rápidamente hasta llegar al racimo. Su tiempo de vida es de 50 y 81 días. La manera más práctica de controlar los insectos es por medio de la limpieza en los campos.

Las asociaciones de productores deben cumplir con ciertas certificaciones que hagan valer su producto. Le permiten dar veracidad a la producción que tienen al momento de alimentar a las plantas con insumos naturales y buenas prácticas en la aplicación de compost, minerales, etc. Y verificando que no se utilicen fertilizantes. Así también, deben contar con un programa que les ayude en cuanto al precio que desea pagar el mercado exterior, de tal manera que no se plantee un precio mínimo garantizado por el producto que se exporta.

3. Área de estudio. La cooperativa con la que se trabajara es la cooperativa agraria Vicus Chulucanas, la cual está constituida por productores bananeros del distrito de Chulucanas, su representate legal es el Señor Jorge Cruz. Inició sus actividades el 23 de enero del 2017.

Una de las características de esta cooperativa es el tamaño de hectáreas que posee cada productor, cada uno en promedio tiene un campo de cinco a ocho hectáreas, a comparación de las cooperativas del valle del chira en donde los productores poseen campos con hectáreas muy pequeñas, de una hectárea por productor.

La empresa exportadora a quien le vende es Agronegocios Los Ángeles, la cual es la segunda exportadora más grande de banano, su representante legal es el Señor José Ferreira Cospina.

En el 2014, la agroexportadora tenía su personal de trabajo, encargado de ir al campo a recoger la fruta que les compraba a los productores. No se realizaba el proceso de empaque, solo se vendían por racimos y no había un control del día en que se iba a realizar el corte de los racimos.

En agosto de 2016, decidieron agruparse para ya no vender como productores individuales conformando así la cooperativa y poder vender la fruta maquilada y empaquetada. Con este fin, comenzaron a adquirir máquinas y herramientas para dicho proceso.

El ente principal máximo es la asamblea general de socios, fundadores de la organización, que lo conforman 11 socios, de los cuales siete de los productores tienen más de una parcela.

Además, consta de cuatro órganos importantes:

- Consejo administrativo:
 - Presidente.
 - Vicepresidente.

- Secretario.
- Suplente.
- El consejo de vigilancia: como un ente auditor, el cual supervisa las cuentas. Le envía información al consejo administrativo.
- Consejo de educación: crea boletines informativos, capacita a los trabajadores.
- Comité electoral:

El 2 de febrero del 2017 inician las labores de cosecha y empaque en algunas de las parcelas de la cooperativa.

En el año 2018 fueron acreedores de tres becas en la Universidad de Piura para realizar un diplomado en agronegocios

Recientemente, en el 2019 han obtenido financiamiento para la realización de las certificaciones de GLOBAL GAP y ORGANIC, gracias al programa INNOVATE PERU.

La producción actual de la cooperativa es de 1.5 a 2 contenedores semanalmente con siete productores.

De los siete productores con los que cuenta la cooperativa, se consideran tres parcelas de distintos productores y con características, tanto de producción como de distribución de las plantas y zona de empaque, diferentes. Estas tres parcelas corresponden a:

- Parcela Sr. Nonajulca: Parcela Nonajulca
- Parcela Sr. Cruz: Parcela Cruz
- Parcela Sr. Penadillo: Parcela Penadillo

La finalidad de la elección de las tres parcelas se debe a la búsqueda de valor que se desea dar mediante una propuesta de mejora en el proceso de traslado en la cosecha, implementando una tecnología aceptable para este sector.

4. Ubicación. El estudio se ha realizado en una de las asociaciones de productores de banano orgánico de la capital de Morropón, distrito de Chulucanas, en el departamento de Piura; cuenta con 3 818 km² de superficie y alberga 162 027 habitantes, siendo 82 521 habitantes¹ que pertenecen a Chulucanas con una superficie de 871.19 km². Ver Figura 26.

Actualmente, la temperatura media anual es de 24.8 °C. Debido al calentamiento global, hay un aumento gradual de precipitaciones, causando lluvias torrenciales durante el verano, llegando a obtener una precipitación aproximada de 100 mm por día. Ver Tabla 7.

Censo Nacional de Población (2017)

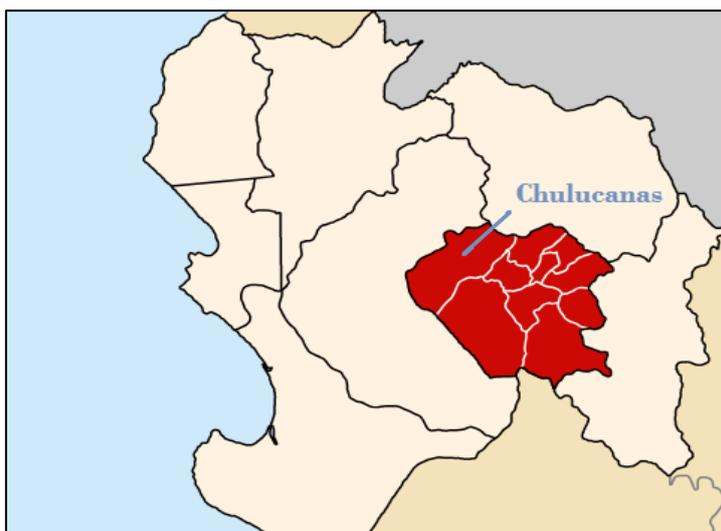


Figura 26. Ubicación de Chulucanas, Piura.

Fuente: Wikipedia

Tabla 7. Parámetros climáticos - Chulucanas.

Parámetros climáticos promedio de Chulucanas													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	41	42	43	39.5	36.8	35.2	35.0	35.2	37.2	37.0	37.8	39	43
Temp. máx. media (°C)	33	34	34	33	31	29	28	28	29	30	30	32	30.9
Temp. media (°C)	26.7	27.6	27.5	26.6	25	23.1	22.2	22.1	23	23.6	23.7	25.5	24.7
Temp. mín. media (°C)	20.4	21.2	21.0	20.3	19.4	17.3	16.5	16.2	16.8	17.2	17.5	19.0	18.6
Temp. mín. abs. (°C)	12.3	13	17.3	15.4	14	10	11.4	11	12	12	13	14	10
Precipitación total (mm)	17	49	95	33	2	0	0	0	0	1	2	2	201

Fuente: Climate-data.org

Según la Dirección Regional de Agricultura Piura, se tienen 8 organizaciones de Banano Orgánico, las cuales son nombradas en la Tabla 8:

Tabla 8. Organizaciones de Banano Orgánico - Morropón.

Nº	Asociación	Sector	Distrito
1	Asociación de productores agropecuarios orgánicos San Rafael.	Pueblo Nuevo	Buenos Aires
2	Asociación de productores orgánicos solidarios Manuel Bruno Suarez.	La Matanza	Chulucanas
3	Cooperativa de productores de banano orgánico y otros cultivos.	Buenos Aires	Buenos Aires
4	Asociación de productores agropecuarios del Distrito de Morropón.	Morropón	Morropón
5	Cooperativa agraria de productores de banano orgánico Piura La vieja Batanes.	Batanes	Chulucanas
6	Asociación de pequeños productores de banano orgánico La Huaquilla.	Morropón	Morropón
7	Cooperativa de pequeños productores agrarios Santo Tome Grande.	Carrasquillo	Morropón
8	Asociación San Martín de San Juan de Bigote.	San Juan de Bigote	San Juan de Bigote
9	Cooperativa agraria de productores de banano orgánico Vicús – Chulucanas.	Chulucanas	Chulucanas

Fuente: Gobierno Regional Piura

3.4. Proceso productivo

▪ Parcela Nonajulca

Esta parcela está ubicada en el distrito de Chulucanas, en el sector de Huapalas. Cuenta con cinco hectáreas de banano orgánico y una empaquetadora que se ubica en un extremo de la parte delantera. La plantación cuenta con el cable vía, que conecta la zona de las plantas con la zona de empaque. El cable vía tiene una longitud de 400 metros. Esta parcela pertenece al señor Máximo Alfonso Nonajulca Huayama.

La distribución de las plantas se realiza por columnas, con una separación de tres metros entre cada columna y en filas de dos a tres metros, de tal manera que las plantas tengan un espacio prudente una de otra para el proceso de desarrollo. Teniendo así una población de 1 600 a 1 800 plantas por hectárea.

El cable vía se instaló de manera estratégica, para facilitar el traslado de los racimos de banano orgánico, como se muestra en la Figura 27, formando una L. El cable vía tiene capacidad de 20 racimos por viaje.

Este campo cuenta con cinco trabajadores fijos para el proceso de cosecha, tres personas encargadas de trasladar los racimos al cable vía y dos personas encargadas de trasladar el cable vía hacia la zona de empaque.

Esta parcela tiene una producción anual de 3 000 cajas por hectárea.



Figura 27. Racimos de banano orgánico en el cable vía.
Fuente: Elaboración propia

En esta parcela, el proceso de cosecha inicia cuando el cortador busca los racimos, de acuerdo con las especificaciones requeridas por el cliente; como la calibración, el tamaño, etc. Si los racimos no cumplen con las especificaciones se deja para ser cosechado en las próximas semanas, pero si ya están listos iniciará el proceso de corte. Este proceso se realiza con ayuda de una escalera para que la persona encargada pueda alcanzar hasta el tallo del racimo, le ata una cadena alrededor del tallo y la corta con una cuchilla apropiada.

En la parte de abajo se encuentra el cargador con una almohada en el hombro, listo para cargar el racimo y llevarla hasta el riel. Una vez que se deja el racimo en el riel, regresa por otro racimo. Mientras, otro cargador ya está llevando otro racimo hasta el riel, y así se continua hasta que completen el riel. La capacidad del riel en esta parcela es de 20 ganchos. Al inicio del trabajo, una vez completado un grupo de 20 ganchos con racimos de banano, se traslada hacia la zona de empaque usando el cable vía; luego se completan 10 o 15 ganchos y se trasladan hacia la zona de empaque.

Todo el proceso de cosecha se muestra en la Figura 28.

En la zona de empaque, hay una persona encargada de recepcionar los racimos que van llegando de la parcela. En esta zona, el encargado va quitando el plástico y el papel de los racimos para que inicie el proceso de desmane. Cuando ya se ha desmanado todo el racimo, se baja del gancho el tallo del racimo y se ubica aparte, para al final tener un control de la cantidad de racimos que se han utilizado en un día de producción. Ver Figura 29.

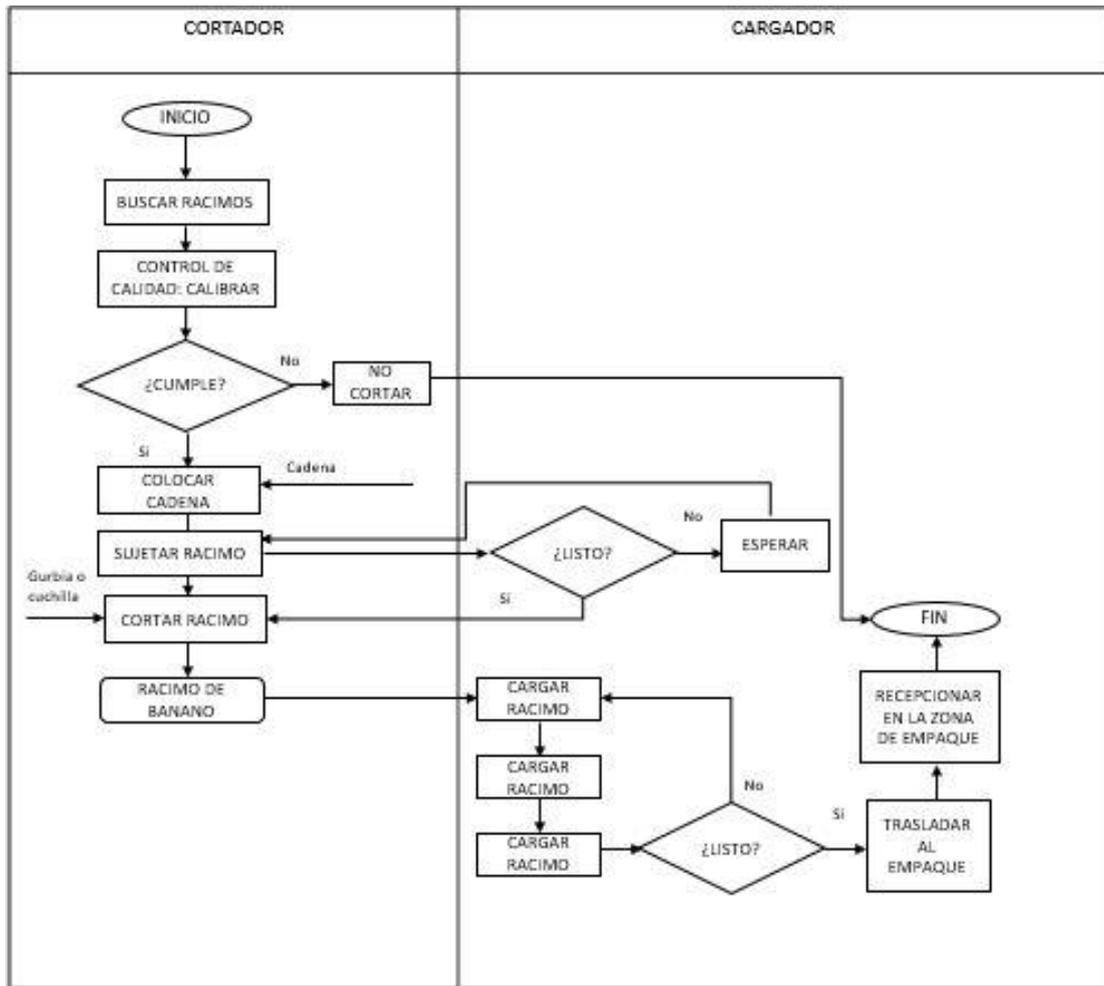


Figura 28. Diagrama del Proceso de Cosecha de la parcela Nonajulca.
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Zona de recepción.
Fuente: Elaboración propia

El proceso productivo que realizan es el que se muestra en la Figura 30.

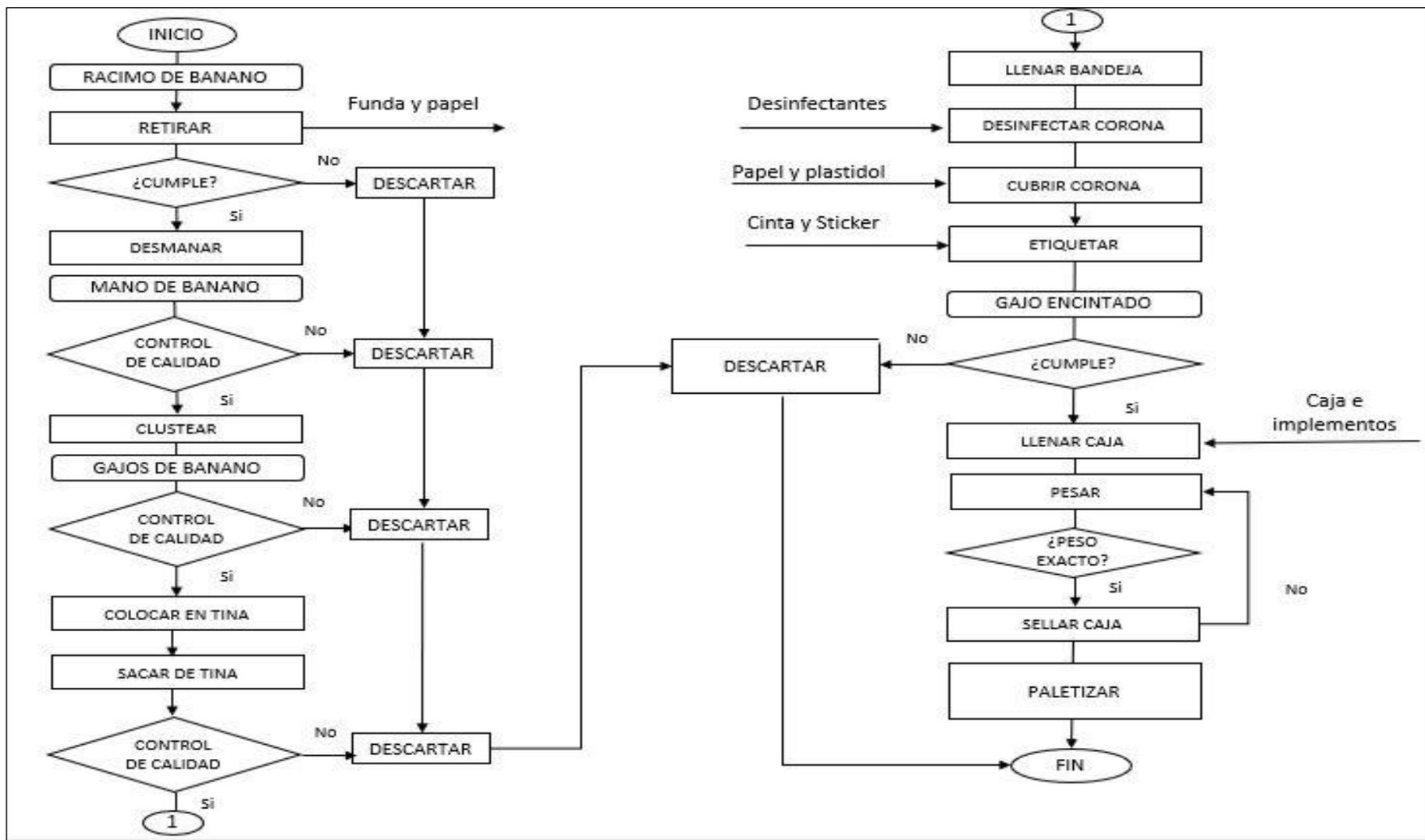


Figura 30. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Nonajulca.
Fuente: Elaboración propia

En esta zona, también se realiza aleatoriamente un control de calidad de manera visual verificando si el banano está listo o necesita ser descartado. Ver Figura 31.



Figura 31. Control de calidad.

Fuente: Elaboración propia

▪ **Desmane:** En la zona de empaque se ubica una tina de 3 metros de largo y 1.5 metros de ancho, con una capacidad de $2.25 m^3$; la cual contiene agua, ésta recepciona las manos de banano dejándolas remojar de tal manera que se enjuaguen, se limpien y se les corte el látex. Hay una persona encargada de cortar las manos en gajos pequeños de tres a seis dedos, así como se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Proceso de desmane.

Fuente: Elaboración propia

▪ **Llenado de bandeja:** En la Figura 33 se muestra el momento en que el encargado retira los gajos de la tina para colocarlos en la bandeja. En esta actividad los gajos se colocan en una bandeja de 3 filas de acuerdo con su tamaño; en la primera fila van los más pequeños, en la segunda fila se colocan los medianos y en la tercera fila se ubican los bananos más grandes.



Figura 33. Proceso de llenado de bandeja.
Fuente: Elaboración propia

- Desinfección de la fruta: Una vez llena la bandeja con fruta, se le aplica un desinfectante líquido, que va a garantizar un cubrimiento en las coronas para evitar que ingresen bacterias por esa zona. Ver Figura 34.



Figura 34. Desinfectante de fruta.
Fuente: Elaboración propia

- Curado y etiquetado: Una vez colocado el desinfectante se le coloca un papel y se le cubre con el plástidol para sellar el corte. Se le coloca la etiqueta en cada dedo y se encinta en caso sea necesario, en caso lo requiera el cliente.
- Llenado de cajas: Se arman las cajas que contendrán la fruta, la cual contiene una bolsa plástica y papel con la finalidad de proteger a la fruta al momento del transporte. Una vez

armada, se colocan los gajos de banano ya listos hasta llenar la caja, y finalmente se pesa, en la balanza eléctrica. El peso aproximado es de 19.4 kg a 20.4 kg. Finalmente se procede a cerrar la caja con una tapa. Almacenan estas cajas en un pale. Ver Figura 35.



Figura 35. Proceso de llenado de caja.

Fuente: Elaboración propia

- Paletizado: Esta última actividad consiste en agrupar las cajas sobre un palé, hasta una altura de 4 cajas, cuidando de no dañar la fruta. Ver Figura 36.



Figura 36. Palé con cajas llenas.

Fuente: Elaboración propia

La distribución que presenta la parcela se muestra en la Figura 37.

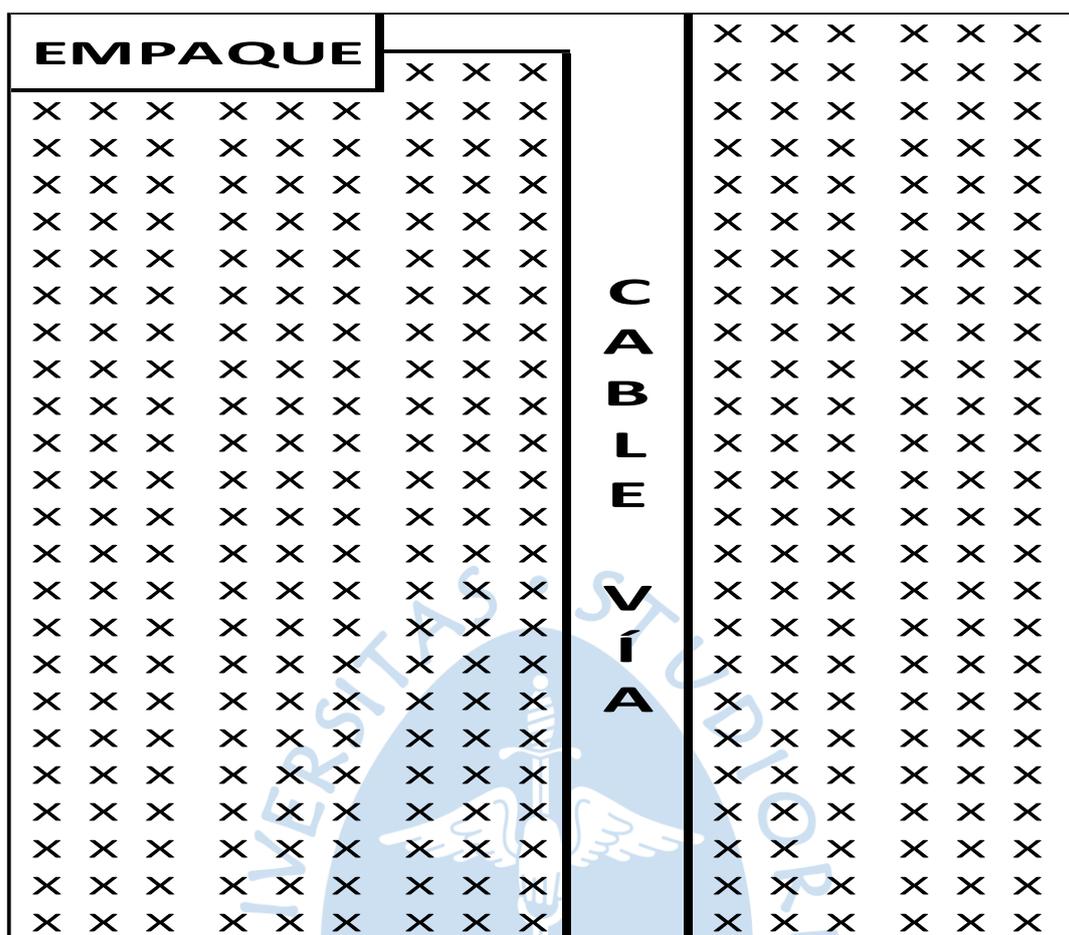


Figura 37. Distribución de la parcela Nonajulca.

Fuente: Elaboración propia

- Parcela Cruz

Esta parcela está ubicada en el distrito de Chulucanas. Cuenta con 4.1 hectáreas de banano orgánico y una empaquetadora que se ubica en el centro del campo. Esta parcela no cuenta con cable vía. Pertenece al cooperativista Jorge Cruz.

La distribución de las plantas se realiza por columnas, con una separación de tres metros cada columna y dos metros entre filas, de tal manera que las plantas tengan un espacio para su desarrollo. Tiene una población de entre 1 600 a 1 800 plantas por hectárea.

Este campo cuenta con cuatro trabajadores fijos para el proceso de cosecha, encargados de trasladar los racimos a la zona de empaque.

Esta parcela tiene una producción anual de 2 500 cajas por hectárea.

En esta parcela, el proceso de cosecha inicia cuando el cortador busca los racimos, de acuerdo con las especificaciones requeridas por el cliente. Si los racimos no cumplen con las especificaciones se deja para ser cosechado en otra ocasión. El proceso de corte se realiza con

ayuda de una escalera para que la persona encargada pueda alcanzar hasta el tallo del racimo, le ata una cadena que sujeta el tallo y lo corta con una cuchilla apropiada.

En la parte de abajo se encuentra el cargador con una almohada en el hombro, listo para cargar el racimo y llevarla caminando hasta la zona de recepción del empaque.

Todo el proceso de cosecha se muestra en la Figura 38.

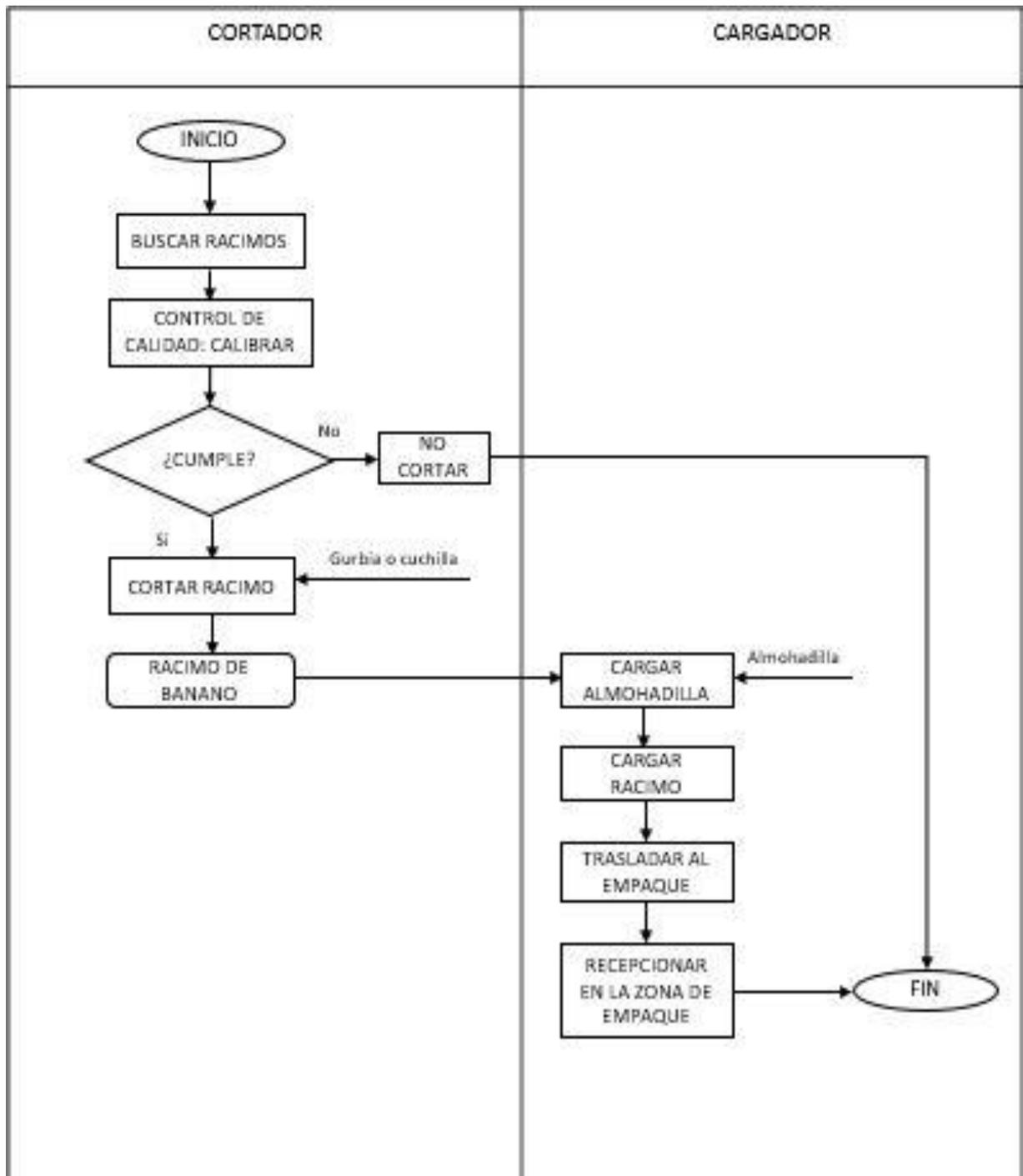


Figura 38. Diagrama del Proceso de Cosecha del Banano Orgánico de la parcela Cruz.

Fuente: Elaboración propia

El proceso productivo que realizan es el que se muestra en la Figura 39.

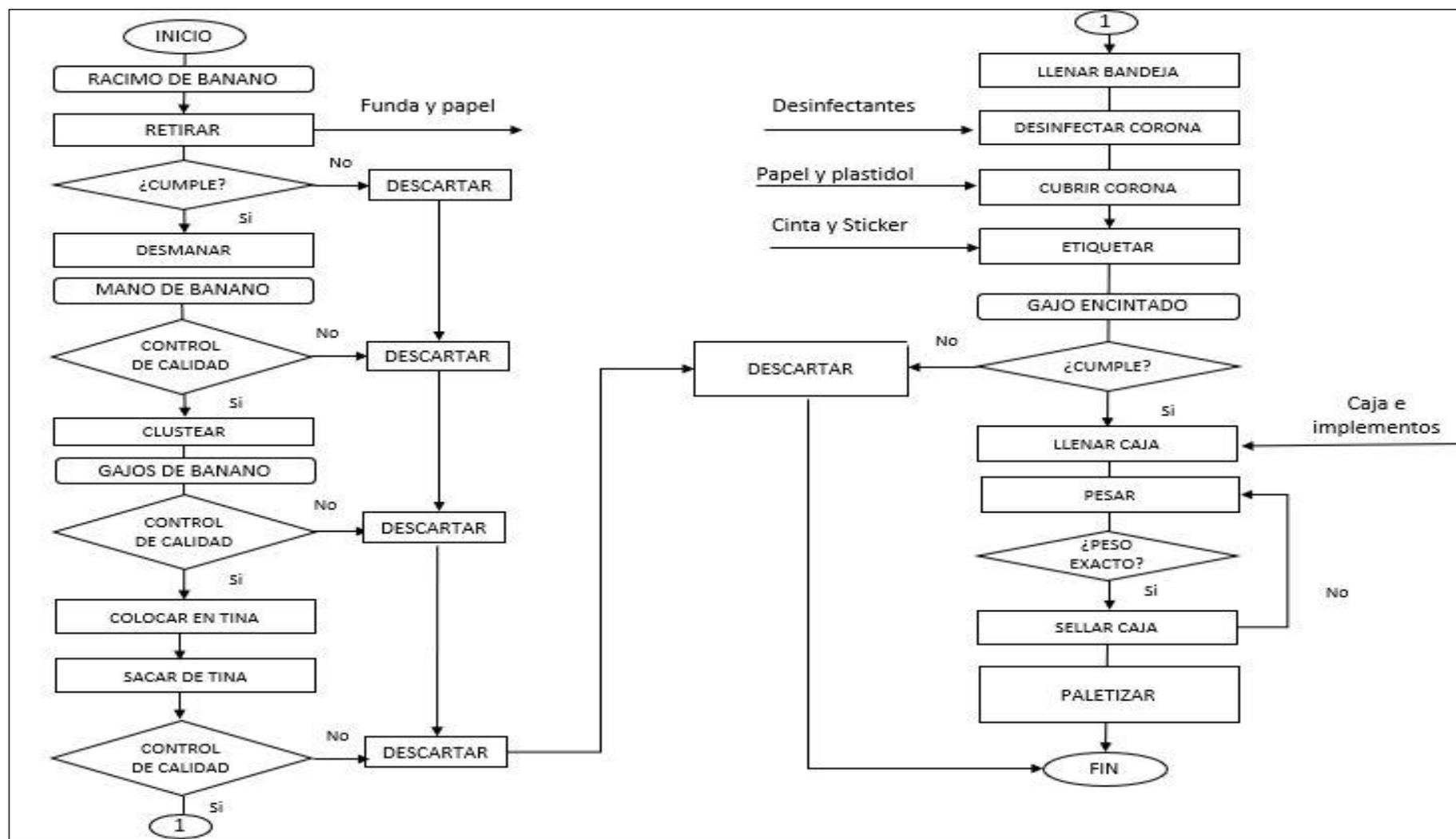


Figura 39. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Cruz.
Fuente: Elaboración propia

En la zona de empaque, hay una persona encargada de recepcionar los racimos que traen de la parcela, los cuales son colocados en un palo de madera con la ayuda de una soga que sostiene los racimos mientras están colgados, pudiendo mantener una cantidad de 10 racimos. En esta zona, el encargado va quitando el plástico y papel de los racimos para que inicie el proceso de desmane. Cuando ya se ha desmanado todo el racimo, el tallo se coloca en la zona de descarte; para al final tener un control de la cantidad de racimos que se han utilizado en un día de producción. Ver Figura 40.



Figura 40. Zona de recepción.
Fuente: Elaboración propia

- Desmane y Cluster: En la zona de empaque se ubican dos tinajas; una de 1.5 m³ y otra de 2.5 m³ las cuales contienen agua. En la primera se reciben las manos de banano dejándolas remojar de tal manera que se enjuaguen, luego de ello se retiran de la tina y se procede a clustear la mano en gajos; después, se colocan en la segunda tina, para una mejor limpieza retirando todo tipo de impurezas y el látex. Hay una persona encargada de cortar las manos en gajos pequeños, de tres a seis dedos. Ver Figura 41.
- Llenado de bandeja: En esta actividad, los gajos de banano se colocan en una bandeja de tres filas de acuerdo a su tamaño: en la primera fila van los más pequeños, en la segunda fila se colocan los medianos y en la tercera fila se ubican los bananos más grandes. Ver Figura 42.



Figura 41. Proceso de desmane.

Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Proceso de llenado de bandeja.

Fuente: Elaboración propia

- **Desinfección de la fruta:** Una vez llena la bandeja con fruta, se le aplica un desinfectante que va a garantizar un cubrimiento en las coronas que las protejan de bacterias.

- **Curado y etiquetado:** Una vez aplicado el desinfectante se le coloca el plastidol para sellar el corte. Se le coloca la etiqueta en cada dedo y se encinta en caso sea necesario. Ver Figura 43.

- **Empacado de cajas:** Se arma la caja con el plástico y el papel que debe contener, se colocan los gajos de banano ya listos hasta llenar la caja, y finalmente se pesa. El peso aproximado es de 19.400 kg a 20.400 kg. Finalmente se procede a cerrar la caja con una tapa.

- Parcela Penadillo

Esta parcela cuenta con aproximadamente ocho hectáreas de banano orgánico y una empaquetadora, la cual se encuentra ubicada en el centro de la parte delantera, lo que alarga las distancias para el traslado de los racimos, dado que no se cuenta con un cable vía.

La distribución de las plantas se realiza por columnas, con una separación de tres metros cada columna y tres metros entre filas, de tal manera que las plantas tengan un espacio prudente una de otra para el proceso de desarrollo.

Este campo cuenta con seis trabajadores fijos para el proceso de cosecha, encargados de trasladar los racimos a la zona de empaque.

Esta parcela tiene una producción anual de 1500 – 1800 cajas por hectárea.

El proceso de cosecha de esta parcela se muestra en la Figura 45.

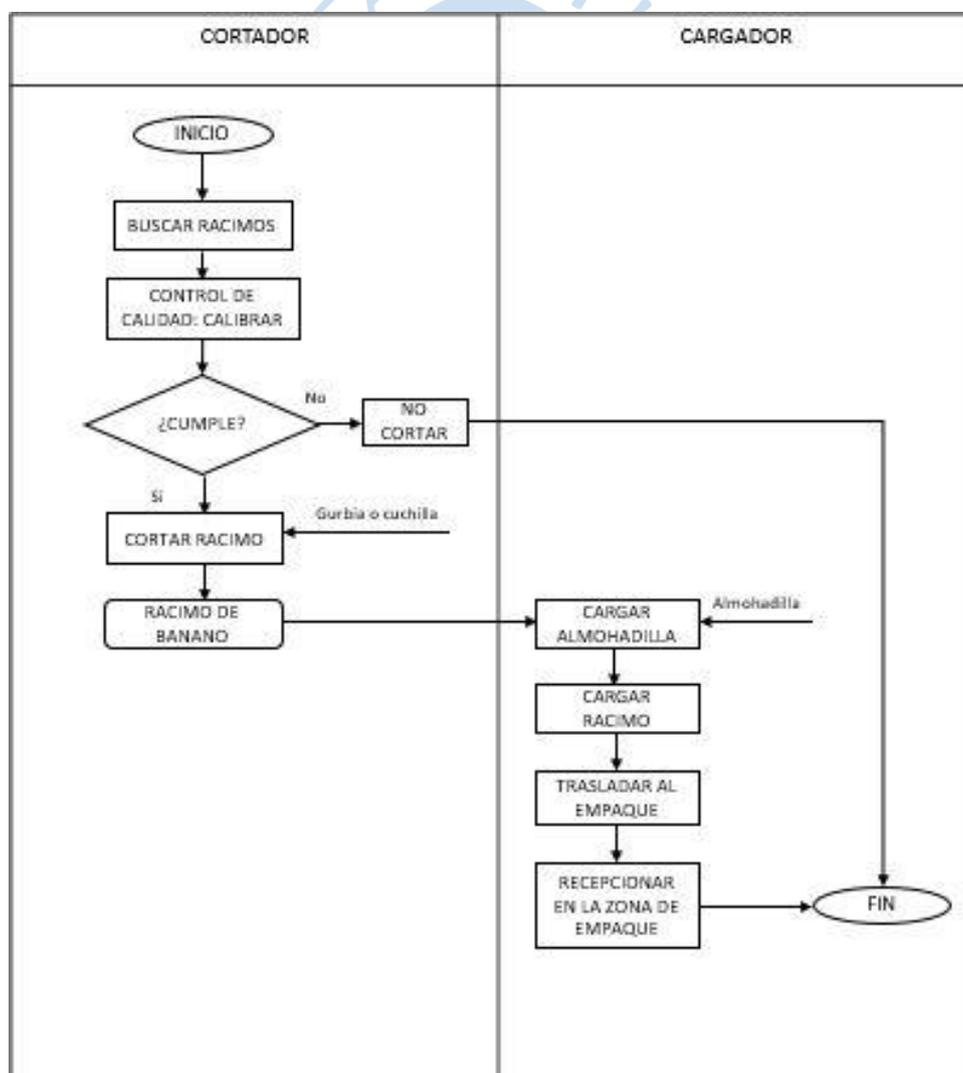


Figura 45. Diagrama del Proceso de Cosecha de la parcela Penadillo.

Fuente: Elaboración propia

El proceso productivo que realizan es el que se muestra en la Figura 46.

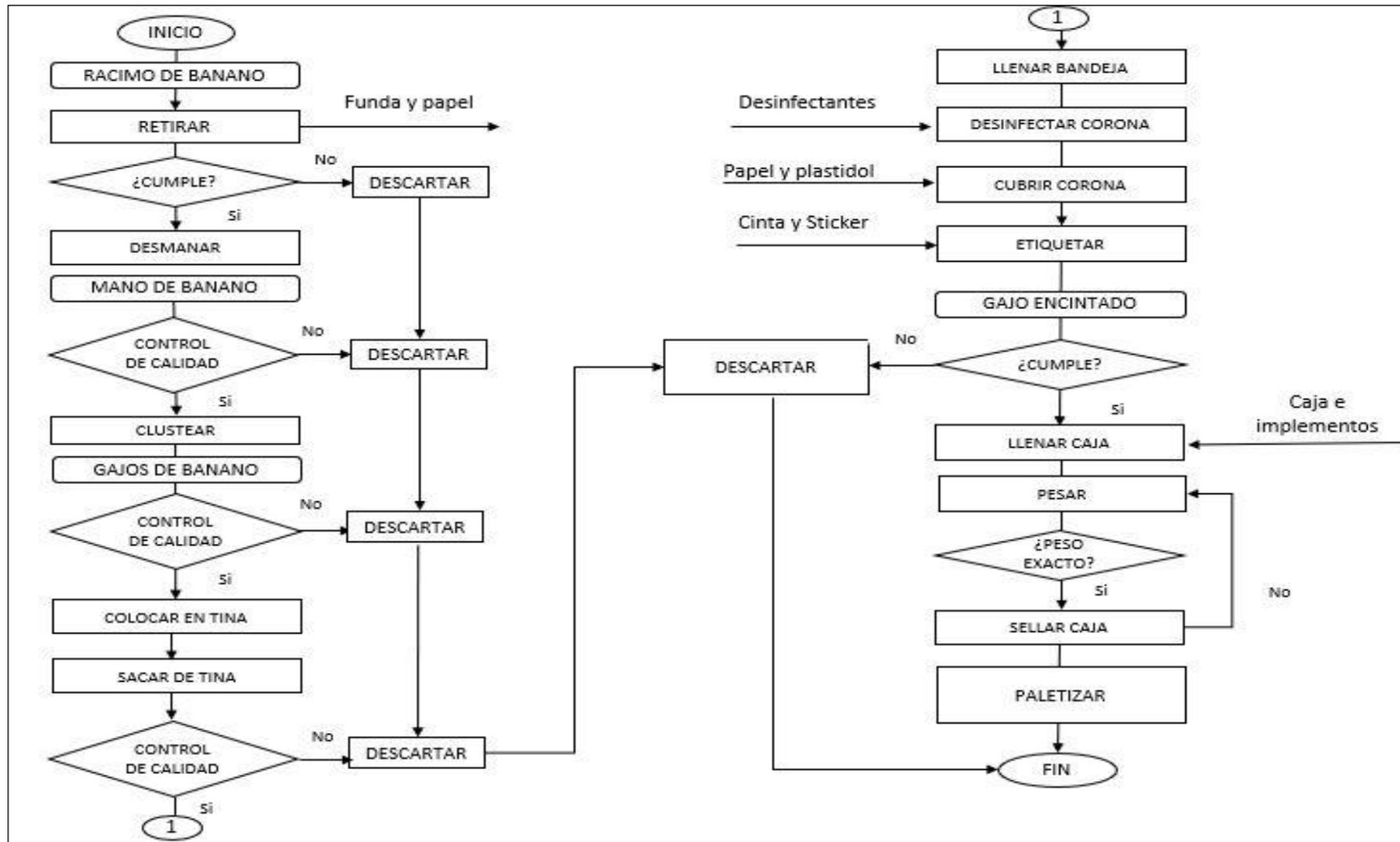


Figura 46. Diagrama del Proceso de Empaque de la parcela Penadillo.

Fuente: Elaboración propia

En esta parcela, el proceso de cosecha es similar al proceso descrito en la parcela anterior, a continuación, se muestran las imágenes de cada etapa del proceso:

- Recepción de racimos: En la Figura 47 se muestran los racimos ubicados en la zona de recepción.



Figura 47. Zona de recepción.

Fuente: Elaboración propia

- Desmane y Clúster: En el proceso de desmane, se cuentan con dos tinas, en la primera se desmana del racimo y en la segunda se corta en gajos pequeños. Ver Figura 48.



Figura 48. Proceso de desmane.

Fuente: Elaboración propia

- Curado y etiquetado: De acuerdo a lo solicitado por el mercado, en esta zona se etiquetan y encintan según el requerimiento. Ver Figura 49.



Figura 49. Proceso de curado y etiquetado.

Fuente: Elaboración propia

- Empacado de cajas: En esta zona se almacenan las cajas listas de banano orgánico. Ver Figura 50.



Figura 50. Palé con cajas llenas.

Fuente: Elaboración propia

La distribución de la parcela Penadillo se muestra en la Figura 51.

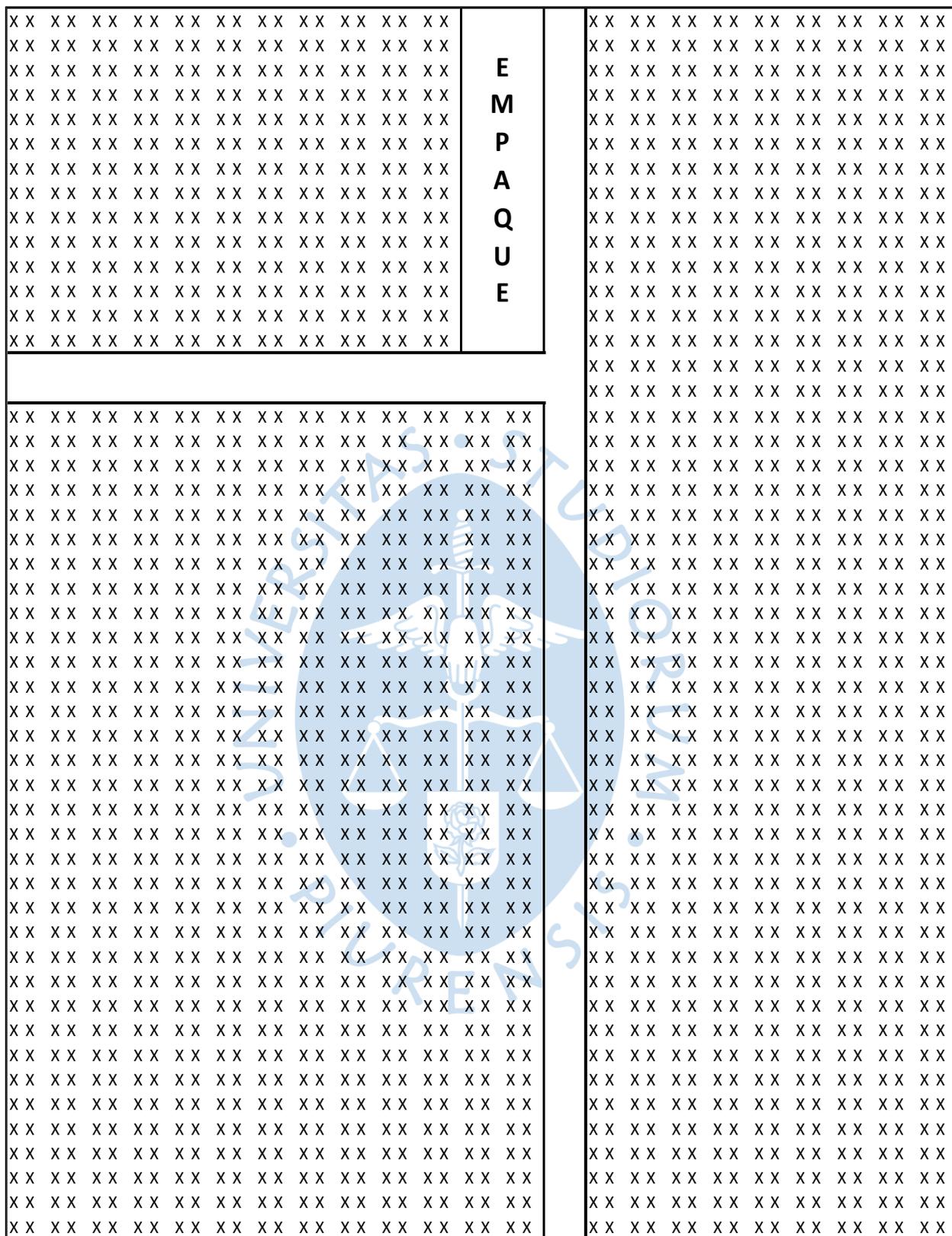


Figura 51. Distribución de la parcela Penadillo.
 Fuente: Elaboración propia



Capítulo 4

Toma de datos

Como se mencionó en el capítulo anterior, las parcelas en las que se realiza la toma de datos serán tres, los cuales pertenecen a la Cooperativa Agraria Vicús Chulucanas. Habiendo seleccionado estas parcelas, se tuvo que realizar una primera visita a cada una, para la obtención y verificación de características (ubicación de la empaquetadora, cantidad de población, N° de trabajadores fijos, variedad de plantas, modo de riego, etc.).

Luego de ello se tomaron dos muestras en cada parcela, en días diferentes, en las cuales se obtuvieron los datos tanto del traslado de la fruta hasta la zona de empaque, como de su manipulación posterior hasta que el banano orgánico está listo en la caja para ser paletizado.

Los datos pueden clasificarse en dos grupos. Por una parte, se tienen los datos sobre tiempos de recogida y transporte de la fruta hasta la zona de empaque. Estos datos son los que posteriormente se han utilizado para realizar las simulaciones con el fin de analizar el impacto del cable vía. Un segundo tipo de datos son los relacionados con la manipulación de la fruta en la zona de empaque. Esta data es abundante, y dada la extensión del presente documento, no ha recibido ningún tratamiento adicional, por lo que queda abierta la posibilidad de utilizarse en posteriores investigaciones.

1. Variables

Se seleccionaron todas las posibles variables que se pueden obtener para el análisis y comparación del proceso, que inicia con el corte de la fruta y finaliza con el empaque del banano orgánico en las cajas. Con la finalidad de poder realizar un buen estudio, se opta por clasificarlas en variables de tiempo y variables de costo. Este análisis se realizó para los tres productores de banano orgánico que seleccionamos durante la producción del año 2018 en la cooperativa Vicús.

1.1. Variables de tiempo

1.1.1. Variables de traslado: Este proceso abarca desde el corte, del racimo de banano de la planta, hasta la zona de recepción de la empaquetadora.

Para todas las parcelas, consideramos la siguiente variable:

- Trabajador: indica el nombre del trabajador que se encarga de trasladar el racimo desde la planta hasta la zona de recepción del empaque.

- Color: color de cinta del racimo según lo asignado de acuerdo con la semana de cosecha.

Para parcelas con cable vía, consideramos las siguientes variables:

- Tiempo de traslado al cable vía: indica el tiempo que tarda el trabajador en trasladar el racimo desde que se corta de la planta hasta que llega al cable vía.
- Tiempo de traslado del cable vía a la zona de recepción: indica el tiempo que tarda el trabajador en trasladar los racimos desde el cable vía hasta la zona de recepción del empaque.
- Distancia desde la planta hasta el cable vía: indica el recorrido desde la ubicación de la plantación hasta el cable vía.
- Distancia desde el cable vía a la zona de recepción: indica el recorrido desde el cable vía hasta la zona de recepción del empaque, se mide en metros.

Para parcelas sin cable vía, consideramos las siguientes variables:

- Tiempo de traslado a la zona de recepción: tiempo que tarda el trabajador en trasladar el racimo desde que es cortado de la planta hasta la zona de recepción del empaque.
- Distancia desde la planta hasta la zona de recepción: distancia entre la ubicación de la plantación y la zona de recepción del empaque.

▪ Parcela Nonajulca

Para la parcela Nonajulca se han considerado dos muestras que contienen los datos de las variables de traslado para parcela con cable vía.

- Muestra 1

Esta muestra contiene datos de un día de trabajo. En la Tabla 9 se han considerado trece recorridos de cable vía; desde la zona de corte hasta la zona de empaque. Para cada recorrido se tienen datos de la cantidad de racimos que se han transportado, la distancia que se ha recorrido y el tiempo que ha tardado.

En la Tabla 10 se muestran los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia el cable vía.

Tabla 9. Datos de cable vía.

CABLE VÍA	Nº RACIMOS	DISTANCIA Cable vía – Zona empaque	DURACIÓN (minutos)
1	20	400.00 m	07:58.00
2	10	370.00 m	07:19.63
3	20	350.00 m	07:02.46
4	10	348.00 m	07:00.35
5	10	330.00 m	06:42.53
6	10	325.00 m	06:30.92
7	20	300.00 m	06:03.50
8	10	285.00 m	05:48.20
9	10	250.00 m	05:18.30
10	10	230.00 m	04:38.40
11	10	200.00 m	03:57.20
12	20	165.00 m	03:14.60
13	10	130.00 m	02:39.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Datos de transporte de racimos hacia el cable vía.

Nº RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN (minutos)	DISTANCIA Planta – Cable vía	COLOR
1	JHOEL	1,29	65 m	AZUL
2	MERCEDES	1,28	67 m	AZUL
3	JHONY	1,40	65 m	AZUL
4	JHOEL	1,05	64 m	AZUL
5	CESAR	1,34	58 m	AZUL
6	CESAR	1,53	58 m	VERDE
7	MERCEDES	2,06	61 m	NEGRA
8	CESAR	1,07	50 m	BLANCA
9	CESAR	2,17	39 m	NEGRA
10	CESAR	1,52	37 m	AZUL
.
.
56	JHOEL	0,60	16 m	VERDE
57	JHONY	0,78	18 m	NEGRA
58	MERCEDES	0,89	20 m	AZUL
59	JHOEL	0,57	16 m	VERDE

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 2

Se considera una segunda muestra, tomada en un día diferente a la muestra 1, para poder tener una mayor variabilidad de observaciones al tratarse de días diferentes. En la

Tabla 11 se han considerado los recorridos de cable vía; para cada recorrido se tienen datos de la cantidad de racimos que se han transportado, la distancia que se ha recorrido y el tiempo que ha tardado.

Tabla 11. Datos de cable vía.

CABLE VÍA	Nº RACIMOS	DISTANCIA Cable vía – Zona empaque	DURACIÓN (minutos)
1	20	360.00 m	07:25,87
2	20	300.00 m	06:02,56
3	20	400.00 m	08:01,31
4	10	320.00 m	06:25,11
5	20	210.00 m	04:13,74
6	10	280.00 m	05:42,95
7	20	175.00 m	03:47,43
8	20	150.00 m	03:30,88
9	10	260.00 m	05:20,41
10	20	120.00 m	02:35,97
11	10	230.00 m	04:44,62
12	20	370.00 m	07:33,76
13	20	100.00 m	02:05,28

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 se muestran los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia el cable vía.

Tabla 12. Datos de transporte de racimos hacia el cable vía.

Nº RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN	DISTANCIA Planta - Cable Vía
1	MERCEDES	1,56	87 m
2	JHONY	1,03	49 m
3	JHONY	1,08	54 m
4	JHONY	0,48	9 m
5	JHONY	1,25	65 m
6	JHONY	0,83	37 m
7	JHONY	0,50	13 m
8	JHONY	0,59	24 m
9	JHONY	0,40	11 m
10	JHONY	1,17	35 m
11	JHONY	0,47	10 m
12	JHONY	0,72	25 m
13	JHONY	0,94	44 m
14	JHONY	0,94	41 m
15	JHONY	0,86	43 m
16	JHONY	0,91	35 m
17	JHONY	0,78	29 m
18	JHONY	1,09	31 m
19	JHONY	1,03	50 m
20	JHONY	0,79	41 m
21	JHONY	1,11	46 m

Fuente: Elaboración propia

- Parcela Cruz

Para la parcela Cruz se han considerado dos muestras que contienen los datos de las variables de traslado para parcela sin cable vía.

- Muestra 1

Esta muestra contiene datos de un día de trabajo. En la Tabla 13 se han considerado los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia la zona de empaque.

Tabla 13. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.

N° RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN	DISTANCIA Planta – Recepción
1	LUIS GARCÍA	1,53	94 m
2	LUIS GARCÍA	0,98	38 m
3	LUIS GARCÍA	1,46	59 m
4	LUIS GARCÍA	1,96	114 m
5	ALCIDES CHUMACERO	1,53	70 m
6	ALCIDES CHUMACERO	1,44	75 m
7	ALCIDES CHUMACERO	0,89	47 m
8	ALCIDES CHUMACERO	0,79	44 m
9	ALCIDES CHUMACERO	1,99	104 m
10	LUIS GARCÍA	2,12	127 m
11	LUIS GARCÍA	1,78	92 m
12	ALCIDES CHUMACERO	2,60	118 m
13	LUIS GARCÍA	0,55	17 m
14	ALCIDES CHUMACERO	0,65	30 m
15	ALCIDES CHUMACERO	1,77	70 m
16	ALCIDES CHUMACERO	0,97	44 m
17	LUIS GARCIA	0,79	40 m
18	LUIS GARCIA	0,91	42 m
19	LUIS GARCIA	2,16	121 m
20	ALCIDES CHUMACERO	2,19	119 m
21	ALCIDES CHUMACERO	3,61	205 m
22	WILMER PEÑA	1,11	67 m

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 2:

Se considera una segunda muestra para poder tener una secuencia de datos. En la Tabla 14 se han considerado los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia la zona de empaque.

Tabla 14. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.

N° RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN	DISTANCIA
1	ALCIDES CHUMACERO	2,85	150 m
2	WILMER PEÑA	2,10	123 m
3	ALCIDES CHUMACERO	2,28	135 m
4	LUIS GARCÍA	3,66	202 m
5	LUIS GARCIA	2,71	140 m
6	ALCIDES CHUMACERO	1,85	102 m
7	ALCIDES CHUMACERO	2,01	113 m
8	WILMER PEÑA	2,03	111 m
9	LUIS GARCIA	1,34	85 m
10	LUIS GARCÍA	1,44	78 m
11	WILMER PEÑA	1,65	64 m
12	ALCIDES CHUMACERO	1,62	90 m
13	ALCIDES CHUMACERO	1,48	94 m
14	ALCIDES CHUMACERO	3,41	200 m
15	LUIS GARCIA	0,91	43 m
16	LUIS GARCIA	2,21	120 m
17	LUIS GARCIA	2,16	115 m
18	WILMER PEÑA	1,85	118 m
19	LUIS GARCIA	3,78	215 m
20	LUIS GARCIA	2,97	175 m
21	ALCIDES CHUMACERO	0,79	42 m
22	ALCIDES CHUMACERO	0,71	37 m

Fuente: Elaboración propia

- Parcela Penadillo

Para la parcela Penadillo se han considerado dos muestras que contienen los datos de las variables de traslado para parcela sin cable vía.

- Muestra 1

Esta muestra contiene datos de un día de trabajo. En la Tabla 15 se han considerado los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia la zona de empaque.

- Muestra 2:

Se considera una segunda muestra para poder tener una secuencia de datos. En la Tabla 16 se han considerado los datos recolectados en el proceso de cosecha y transporte hacia la zona de empaque.

Tabla 15. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.

Nº RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN (minutos)	DISTANCIA Planta - Recepción
1	IVAN NIMA MAZA	4,60	260 m
2	JORGE CORDOVA	3,66	240 m
3	PEDRO DOMINGUEZ	3,66	263 m
4	SABINO MORE	3,35	257 m
5	SABINO MORE	4,72	260 m
6	HERMES NIMA	3,90	225 m
7	IVAN NIMA MAZA	3,52	232 m
8	JORGE CORDOVA	3,71	224 m
9	HERMES NIMA	3,50	188 m
10	JORGE CORDOVA	4,19	242 m
11	IVAN NIMA MAZA	3,66	192 m
12	PEDRO DOMINGUEZ	3,71	230 m
13	SABINO MORE	3,31	144 m
14	JORGE CORDOVA	4,75	275 m
15	HERMES NIMA	3,88	228 m
16	PEDRO DOMINGUEZ	3,38	195 m
17	IVAN NIMA MAZA	3,50	200 m
18	JORGE CORDOVA	4,45	250 m
19	HERMES NIMA	3,79	198 m
20	SABINO MORE	3,10	173 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Datos de transporte de racimos hacia la zona de empaque.

Nº RACIMO	TRABAJADOR	DURACIÓN	DISTANCIA
1	PEDRO DOMINGUEZ	3,68	211 m
2	PEDRO DOMINGUEZ	3,82	220 m
3	IVAN NIMA MAZA	3,42	180 m
4	HERMES NIMA	3,71	193 m
5	HERMES NIMA	3,45	204 m
6	HERMES NIMA	4,31	252 m
7	IVAN NIMA MAZA	3,59	236 m
8	SABINO MORE	3,84	222 m
9	SABINO MORE	3,55	205 m
10	IVAN NIMA MAZA	3,21	179 m
11	IVAN NIMA MAZA	3,54	186 m
12	JORGE CORDOVA	3,66	198 m
13	JORGE CORDOVA	3,73	214 m
14	JORGE CORDOVA	4,42	258 m
15	PEDRO DOMINGUEZ	4,57	262 m
16	SABINO MORE	4,20	243 m
17	PEDRO DOMINGUEZ	3,48	182 m
18	HERMES NIMA	3,78	215 m
19	SABINO MORE	4,23	247 m
20	SABINO MORE	3,27	170 m

Fuente: Elaboración propia.

1.1.2. Variables de empaque. Este proceso abarca desde la recepción de los racimos en la zona de empaque hasta el llenado final de la caja de banano orgánico.

Para todas las parcelas, se consideran las siguientes variables:

- Trabajador: indica el nombre del trabajador que se encarga de realizar diferentes actividades en la zona de empaque.
- N° racimos: indica la cantidad de racimos que utilizaron en las muestras.
- Cantidad de manos del racimo: indica la cantidad de manos que obtuvieron al realizar el proceso de desmane de cada racimo.
- Tiempo de desmane: es el tiempo, en minutos, que tarda el trabajador en desmanar el racimo.
- N° de manos: indica la cantidad de manos que utilizaron en las muestras.
- Cantidad de gajos de la mano: indica la cantidad de gajos que obtuvieron al realizar el proceso de clúster de cada mano de banano.
- Tiempo de cluster: es el tiempo que tarda el trabajador en desmanar la mano en gajos.
- N° bandejas: indica la cantidad de bandejas utilizadas en las muestras.
- Cantidad de gajos en una bandeja: indica la cantidad de gajos empleados para llenar cada bandeja.
- Tiempo de llenado de bandeja: es el tiempo que tarda un trabajador en llenar una bandeja con gajos.
- N° bandejas - proceso: indica la cantidad de bandejas utilizadas en las muestras.
- Tiempo de proceso: es el tiempo que tardan los trabajadores en realizar el proceso de fumigación, colocación del papel y plástico, etiquetado y encintado.
- N° cajas: indica la cantidad de caja utilizadas en la muestra.
- Trabajador: es la persona encargada de llenar la caja.
- Cantidad de gajos para una caja: indica la cantidad de gajos utilizados para llenar la caja.
- Peso: indica el peso correspondiente de cada caja.
- Tiempo de llenado de caja: es el tiempo que emplea un trabajador en llenar una caja.
- N° cajas totales: indica la cantidad total de cajas que fueron producidas ese día.
- Cantidad de racimos cortados: indica la cantidad total de racimos utilizados en la producción del día.
- Horario de trabajo: es el horario de trabajo empleado para la producción del día.

- Merma: indica la cantidad, en unidades, de banano que se obtuvo del proceso de descarte, control de calidad, por malformaciones (tamaño, formas, calibre), o golpes y heridas.

- Parcela Nonajulca

Para la parcela Nonajulca se han considerado dos muestras que contienen los datos de las variables de empaque. En la Tabla 17 y Tabla 19 se muestran la cantidad de cajas que se llenaron en un día de trabajo, y en la Tabla 18 y Tabla 20 los datos recolectados en el proceso de empaque.

- Parcela Cruz

Para la parcela Cruz se han considerado dos muestras que contienen los datos de tiempo de las variables de empaque. En la Tabla 21 y Tabla 23 se muestran la cantidad de cajas que se llenaron en un día de trabajo y el tiempo en que se realizó, y en la Tabla 22 y Tabla 24 los datos recolectados en el proceso de empaque desde que llega a la recepción del empaque hasta que se paletizan las cajas.

- Parcela Penadillo

Para la parcela Penadillo se han considerado dos muestras que contienen los datos de tiempo de las variables de empaque. En la Tabla 25 y Tabla 27 la cantidad de cajas que se llenaron en un día de trabajo y el tiempo en que se realizó y en la Tabla 26 y Tabla 28 los datos recolectados en el proceso de empaque desde que llega a la recepción del empaque hasta que se paletizan las cajas.

- Muestra 1:

Tabla 17. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Nonajulca.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid.)
160	129	07:00 AM - 03:00 PM	950

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Nonajulca.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS - RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANO	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO LLENAR BANDEJA	Nº BANDEJA - PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAJOS - CAJA	PESO	TIEMPO LLENAR CAJA
1	9	1,44	1	2	0,14	1	18	1,52	1	3,45	1	GUILLERMO	17	19,50 kg	3,46
2	10	1,88	2	3	0,18	2	16	1,25	2	3,02	2	GUILLERMO	17	19,40 kg	3,15
3	10	1,91	3	3	0,19	3	18	1,38	3	2,99	3	GUILLERMO	16	19,65 kg	3,19
4	9	1,61	4	2	0,15	4	18	1,30	4	3,06	4	GUILLERMO	18	20,90 kg	3,47
5	9	1,40	5	2	0,14	5	18	1,47	5	2,99	5	GUILLERMO	18	19,40 kg	3,41
6	9	1,56	6	3	0,21	6	17	1,36	6	3,40	6	GUILLERMO	16	20,25 kg	3,58
7	9	1,44	7	3	0,15	7	18	1,41	7	3,16	7	GUILLERMO	16	19,45 kg	2,95
8	6	0,89	8	3	0,16	8	17	1,28	8	3,20	8	GUILLERMO	18	20,45 kg	2,84
9	6	0,94	9	2	0,16	9	17	1,35	9	3,82	9	GUILLERMO	18	20,30 kg	2,71
10	6	0,76	10	4	0,24	10	17	1,27	10	3,91	10	GUILLERMO	17	19,40 kg	2,85
11	10	1,83	11	3	0,20	11	17	1,30	11	3,06	11	GUILLERMO	18	20,60 kg	2,49
12	9	1,46	12	2	0,15	12	18	1,51	12	3,48	12	GUILLERMO	17	20,30 kg	2,29
13	10	1,87	13	2	0,15	13	17	1,39	13	3,45	13	GUILLERMO	14	19,75 kg	3,84
14	8	1,30	14	2	0,13	14	15	1,09	14	3,50	14	GUILLERMO	15	20,20 kg	3,80
15	8	1,36	15	4	0,25	15	15	1,04	15	3,25	15	GUILLERMO	16	20,40 kg	3,59
16	8	1,38	16	3	0,20	16	16	1,27	16	3,33	16	GUILLERMO	14	19,80 kg	2,78
17	8	1,37	17	3	0,19	17	18	1,46	17	3,76	17	GUILLERMO	15	19,70 kg	3,04
18	8	1,28	18	2	0,16	18	17	1,33	18	4,86	18	GUILLERMO	19	20,50 kg	3,74
19	8	1,36	19	2	0,14	19	17	1,40	19	4,14	19	GUILLERMO	13	19,95 kg	3,17
20	6	0,93	20	2	0,14	20	16	1,28	20	4,47	20	GUILLERMO	16	20,15 kg	3,59
21	6	0,97	21	2	0,15	21	18	1,41	21	3,89	21	GUILLERMO	18	20,80 kg	3,13
22	6	0,93	22	3	0,21	22	18	1,47	22	4,22	22	GUILLERMO	17	20,45 kg	3,33
23	8	1,49	23	3	0,19	23	18	1,51	23	4,39	23	GUILLERMO	17	20,70 kg	3,15
24	7	1,26	24	4	0,20	24	18	1,49	24	4,02	24	HÉCTOR	18	20,35 kg	2,79

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 2:

Tabla 19. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Nonajulca.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid,)
180	152	07:00 AM - 03:00 PM	931

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Nonajulca.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS - RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANO	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO LLENAR BANDEJA	Nº BANDEJA - PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAJOS - CAJA	PESO	TIEMPO LLENAR CAJA
1	8	1,35	1	3	0,20	1	16	1,09	1	3,05	1	JOSE LUIS	15	19,70 kg	2,96
2	9	1,50	2	3	0,19	2	17	1,38	2	3,48	2	HECTOR	16	20,25 kg	3,19
3	7	1,18	3	4	0,22	3	15	0,90	3	2,98	3	JOSE LUIS	15	5,00 kg	2,99
4	10	1,55	4	2	0,14	4	15	0,86	4	3,19	4	JOSE LUIS	15	19,40 kg	2,96
5	9	1,43	5	3	0,16	5	15	0,98	5	3,48	5	HECTOR	16	19,50 kg	3,18
6	9	1,38	6	2	0,14	6	17	1,35	6	3,17	6	HECTOR	16	19,50 kg	3,25
7	8	1,29	7	3	0,19	7	16	1,18	7	3,37	7	HECTOR	16	19,40 kg	3,31
8	8	1,27	8	3	0,20	8	16	1,24	8	3,02	8	HECTOR	15	20,30 kg	3,17
9	10	1,48	9	3	0,20	9	16	1,16	9	3,65	9	JOSE LUIS	15	20,40 kg	2,99
10	7	1,26	10	3	0,16	10	16	1,27	10	3,05	10	JOSE LUIS	15	19,75 kg	2,98
11	9	1,35	11	3	0,16	11	17	1,33	11	3,20	11	JOSE LUIS	15	19,50 kg	2,82
12	8	1,31	12	3	0,17	12	16	1,14	12	3,47	12	HECTOR	16	19,30 kg	3,21
13	9	1,41	13	3	0,18	13	16	1,21	13	3,57	13	HECTOR	15	20,20 kg	3,24
14	9	1,48	14	3	0,19	14	16	1,28	14	3,47	14	HECTOR	16	20,30 kg	3,16
15	8	1,31	15	5	0,28	15	16	1,15	15	3,46	15	JOSE LUIS	15	20,50 kg	3,03
16	10	1,43	16	2	0,14	16	15	0,91	16	3,18	16	JOSE LUIS	15	19,80 kg	2,99
17	9	1,46	17	3	0,16	17	17	1,31	17	3,50	17	JOSE LUIS	16	20,30 kg	2,96
18	9	1,40	18	2	0,14	18	15	0,93	18	3,04	18	JOSE LUIS	16	19,70 kg	3,02
19	8	1,32	19	3	0,15	19	16	0,88	19	3,03	19	HECTOR	15	19,90 kg	3,24
20	9	1,39	20	3	0,18	20	16	0,93	20	3,33	20	HECTOR	16	20,40 kg	3,18
21	7	1,02	21	3	0,17	21	17	1,29	21	3,05	21	HECTOR	15	20,20 kg	3,21
22	10	1,54	22	3	0,16	22	15	1,06	22	3,26	22	HECTOR	16	19,80 kg	3,29
23	8	1,27	23	3	0,16	23	16	1,24	23	3,05	23	JOSE LUIS	15	19,75 kg	3,05
24	9	1,38	24	3	0,16	24	15	0,96	24	3,33	24	JOSE LUIS	16	19,50 kg	3,02

Fuente: Elaboración propia

Muestra 1:

Tabla 21. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Cruz.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid.)
162	148	06:00 AM - 04:00 PM	1250

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Cruz.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS DEL RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANO	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO DE LLENADO DE	Nº BANDEJA - PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAJOS - CAJA	PESO	TIEMPO DE LLENADO DE CAJA
1	6	1,11	1	3	0,18	1	16	1,34	1	4,63	1	JULIO	15	19,40 kg	2,42
2	5	0,86	2	2	0,13	2	15	0,89	2	4,03	2	HECTOR	15	19,25 kg	2,58
3	6	1,17	3	3	0,17	3	16	1,16	3	5,14	3	JULIO	15	19,70 kg	2,49
4	5	0,71	4	4	0,24	4	17	1,39	4	4,43	4	HECTOR	14	19,80 kg	3,27
5	5	0,76	5	4	0,25	5	15	1,14	5	4,97	5	JULIO	14	20,00 kg	2,42
6	7	1,15	6	3	0,19	6	16	1,34	6	4,74	6	HECTOR	15	19,50 kg	2,48
7	7	1,07	7	3	0,17	7	16	1,23	7	4,70	7	JULIO	14	19,30 kg	2,46
8	5	0,79	8	4	0,21	8	15	0,91	8	4,63	8	HECTOR	15	19,25 kg	3,10
9	6	0,86	9	3	0,16	9	15	1,12	9	4,88	9	JULIO	14	19,40 kg	2,46
10	8	1,23	10	3	0,16	10	16	1,08	10	5,02	10	HECTOR	15	20,00 kg	2,58
11	5	0,97	11	2	0,14	11	16	1,34	11	4,87	11	JULIO	15	19,50 kg	2,44
12	5	0,71	12	2	0,14	12	15	1,06	12	4,67	12	HECTOR	14	19,30 kg	3,04
13	5	0,77	13	3	0,17	13	17	1,30	13	5,04	13	JULIO	14	19,80 kg	2,82
14	5	0,87	14	3	0,20	14	15	1,17	14	4,65	14	HECTOR	15	19,45 kg	2,72
15	6	0,87	15	2	0,14	15	16	1,30	15	5,04	15	JULIO	14	19,80 kg	2,79
16	5	0,87	16	4	0,19	16	16	1,33	16	4,97	16	HECTOR	14	19,80 kg	3,32
17	6	1,06	17	3	0,18	17	17	1,36	17	4,66	17	JULIO	15	19,75 kg	2,78
18	6	0,98	18	4	0,21	18	15	1,16	18	5,05	18	HECTOR	15	19,40 kg	3,32
19	5	0,83	19	3	0,18	19	15	1,17	19	4,82	19	JULIO	14	19,50 kg	3,00
20	5	0,90	20	2	0,14	20	15	1,15	20	5,66	20	HECTOR	14	19,75 kg	3,22
21	6	1,03	21	2	0,14	21	16	1,24	21	4,67	21	JULIO	15	19,40 kg	3,31
22	7	0,96	22	3	0,20	22	16	1,23	22	4,64	22	HECTOR	15	19,25 kg	2,97
23	6	0,95	23	3	0,20	23	17	1,36	23	5,10	23	JULIO	15	19,75 kg	2,99
24	6	0,99	24	4	0,23	24	15	1,04	24	4,97	24	HECTOR	14	19,40 kg	2,89

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 2:

Tabla 23. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Cruz.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid.)
155	140	7:00 am - 4:00 pm	1280

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Cruz.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS DEL RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANO	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO LLENAR BANDEJA	Nº BANDEJA - PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAJOS - CAJA	PESO	TIEMPO LLEAR CAJA
1	6	1,16	1	3	0,21	1	16	1,31	1	5,04	1	JULIO	15	19,40 kg	2,50
2	5	0,98	2	3	0,16	2	16	1,32	2	4,83	2	JULIO	15	20,00 kg	2,82
3	6	0,99	3	4	0,19	3	16	1,32	3	4,98	3	HECTOR	15	19,50 kg	3,29
4	6	1,07	4	3	0,16	4	15	1,14	4	4,72	4	HECTOR	14	19,70 kg	3,15
5	5	0,84	5	4	0,17	5	16	1,24	5	4,63	5	JULIO	15	19,80 kg	2,82
6	5	0,72	6	3	0,21	6	15	1,16	6	4,56	6	JULIO	15	19,40 kg	2,99
7	6	0,97	7	4	0,17	7	15	1,14	7	5,04	7	JULIO	15	19,25 kg	2,69
8	5	0,68	8	3	0,17	8	15	1,16	8	4,99	8	HECTOR	14	19,30 kg	2,97
9	7	1,17	9	2	0,15	9	16	1,29	9	5,05	9	HECTOR	15	19,50 kg	3,05
10	6	0,99	10	4	0,22	10	16	1,35	10	4,94	10	HECTOR	15	19,60 kg	2,88
11	5	0,89	11	3	0,20	11	15	1,12	11	5,04	11	HECTOR	14	20,00 kg	2,99
12	6	0,94	12	4	0,22	12	16	1,22	12	5,09	12	JULIO	15	19,80 kg	2,86
13	5	0,68	13	3	0,16	13	17	1,34	13	5,04	13	JULIO	15	19,70 kg	2,90
14	6	0,96	14	4	0,17	14	17	1,32	14	4,96	14	JULIO	14	19,80 kg	2,70
15	5	0,82	15	4	0,19	15	15	1,12	15	4,80	15	HECTOR	15	19,40 kg	3,13
16	5	0,87	16	4	0,22	16	16	1,32	16	5,02	16	HECTOR	15	19,50 kg	2,99
17	5	1,00	17	3	0,16	17	16	1,15	17	5,15	17	JULIO	15	19,50 kg	2,82
18	6	0,84	18	3	0,17	18	15	1,09	18	5,07	18	HECTOR	14	19,60 kg	3,04
19	5	0,73	19	2	0,14	19	17	1,37	19	4,65	19	JULIO	14	19,30 kg	2,82
20	6	0,92	20	4	0,21	20	15	1,14	20	4,82	20	HECTOR	14	19,40 kg	2,89
21	7	0,99	21	4	0,24	21	15	1,15	21	5,02	21	JULIO	14	19,40 kg	2,66
22	6	1,09	22	4	0,23	22	16	1,21	22	5,00	22	HECTOR	15	19,50 kg	2,90
23	5	1,01	23	3	0,16	23	16	1,21	23	4,82	23	HECTOR	15	19,80 kg	2,95
24	6	1,06	24	4	0,23	24	15	1,04	24	5,34	24	JULIO	15	19,50 kg	2,82

Fuente: Elaboración propia.

- Muestra 1:

Tabla 25. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Penadillo.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid.)
140	200	06:00 AM - 04:30 PM	1740

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Penadillo.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS - RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANOS	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO LLENAR BANDEJA	Nº BANDEJA PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAJOS - CAJA	PESO	TIEMPO LLENAR CAJA
1	6	1,19	1	3	0,17	1	18	1,25	1	5,58	1	JULIO	18	19,55 kg	2,85
2	4	0,99	2	2	0,15	2	17	1,09	2	5,87	2	JULIO	17	19,60 kg	2,89
3	5	1,07	3	2	0,14	3	17	1,12	3	4,80	3	JULIO	18	19,75 kg	2,83
4	6	1,15	4	3	0,18	4	17	1,18	4	4,48	4	JULIO	18	19,25 kg	2,95
5	5	0,90	5	2	0,14	5	18	1,38	5	5,17	5	JULIO	17	19,75 kg	2,88
6	5	0,96	6	3	0,20	6	16	0,97	6	5,06	6	HECTOR	18	19,40 kg	3,56
7	5	0,87	7	3	0,18	7	18	1,34	7	5,82	7	HECTOR	18	19,40 kg	3,40
8	5	1,05	8	2	0,16	8	17	1,17	8	5,94	8	JULIO	17	19,75 kg	3,02
9	5	0,99	9	3	0,20	9	16	1,05	9	4,87	9	JULIO	18	19,40 kg	3,10
10	5	1,14	10	4	0,23	10	16	1,09	10	5,97	10	HECTOR	17	19,25 kg	3,67
11	5	0,86	11	2	0,16	11	17	1,18	11	5,78	11	HECTOR	18	19,70 kg	3,77
12	5	0,94	12	3	0,21	12	17	1,15	12	4,95	12	HECTOR	18	19,75 kg	3,73
13	5	0,95	13	2	0,16	13	17	1,10	13	5,65	13	JULIO	18	19,40 kg	3,04
14	5	0,85	14	3	0,21	14	18	1,38	14	5,64	14	JULIO	18	19,75 kg	2,99
15	6	1,04	15	2	0,14	15	18	1,47	15	5,77	15	JULIO	17	19,25 kg	3,04
16	4	0,76	16	3	0,20	16	17	1,21	16	5,17	16	HECTOR	17	19,40 kg	3,91
17	4	0,81	17	3	0,21	17	17	1,27	17	5,65	17	HECTOR	17	19,50 kg	3,59
18	5	0,89	18	2	0,16	18	17	1,20	18	5,71	18	JULIO	18	19,50 kg	3,07
19	5	0,90	19	2	0,18	19	18	1,44	19	5,51	19	HECTOR	18	19,40 kg	3,64
20	6	1,05	20	2	0,16	20	18	1,51	20	5,80	20	JULIO	17	19,75 kg	2,97
21	5	0,84	21	4	0,22	21	17	1,15	21	5,65	21	JULIO	17	19,25 kg	2,99
22	5	0,89	22	3	0,19	22	18	1,54	22	4,89	22	JULIO	18	19,40 kg	3,04
23	5	0,86	23	3	0,21	23	17	1,04	23	5,70	23	HECTOR	18	19,50 kg	3,49
24	4	0,79	24	2	0,16	24	18	1,49	24	4,98	24	HECTOR	18	19,40 kg	3,53

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 2:

Tabla 27. Cantidad de cajas en un día de trabajo de la parcela Penadillo.

Nº CAJAS	Nº RACIMOS 2	HORARIO DE TRABAJO	MERMA (unid.)
160	250	06:00 AM - 04:30 PM	1890

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Datos de tiempo en la zona de empaque de la parcela Penadillo.

CUADRO N° 1			CUADRO N° 2			CUADRO N° 3			CUADRO N° 4		CUADRO N° 5				
Nº RACIMO	CANT. MANOS - RACIMO	TIEMPO DE DESMANE	Nº MANO	CANT. GAJOS - MANO	TIEMPO DE CLÚSTER	Nº BANDEJA	CANT. GAJOS - BANDEJA	TIEMPO LLENAR BANDEJA	Nº BANDEJA - PROCESO	TIEMPO DE PROCESO	Nº CAJA	TRABAJADOR	CANT. GAOS - CAJA	PESO	TIEMPO LLENAR CAJA
1	5	0,97	1	2	0,155	1	17	1,13	1	5,08	1	JULIO	17	20,00 kg	2,99
2	5	0,92	2	3	0,172	2	17	1,18	2	5,00	2	HECTOR	18	19,75 kg	3,05
3	6	1,07	3	2	0,174	3	17	1,26	3	5,16	3	HECTOR	17	19,50 kg	3,04
4	5	0,98	4	2	0,154	4	18	1,42	4	4,82	4	JULIO	18	19,60 kg	2,83
5	5	0,87	5	2	0,139	5	18	1,19	5	5,06	5	JULIO	18	19,80 kg	2,98
6	4	0,89	6	3	0,205	6	16	0,97	6	5,68	6	HECTOR	17	19,70 kg	2,97
7	4	0,81	7	3	0,192	7	18	1,41	7	4,99	7	HECTOR	17	19,40 kg	2,99
8	5	0,85	8	4	0,255	8	17	1,26	8	5,08	8	JULIO	18	19,40 kg	2,90
9	6	1,11	9	2	0,178	9	16	0,95	9	5,35	9	JULIO	18	19,75 kg	2,88
10	6	1,21	10	4	0,211	10	18	1,48	10	5,82	10	JULIO	18	19,40 kg	3,03
11	5	0,97	11	3	0,206	11	16	1,17	11	5,67	11	HECTOR	17	19,25 kg	3,16
12	5	0,89	12	3	0,214	12	17	1,04	12	4,97	12	HECTOR	17	19,50 kg	3,04
13	4	0,81	13	3	0,214	13	16	1,00	13	5,66	13	HECTOR	17	19,40 kg	3,04
14	5	0,87	14	2	0,157	14	16	0,92	14	4,84	14	HECTOR	18	19,25 kg	3,10
15	6	1,22	15	3	0,170	15	18	1,50	15	5,51	15	HECTOR	17	19,80 kg	3,51
16	6	1,15	16	2	0,157	16	16	0,95	16	5,65	16	JULIO	17	19,60 kg	2,97
17	5	1,04	17	3	0,197	17	17	1,12	17	5,08	17	JULIO	18	19,45 kg	2,99
18	5	0,89	18	2	0,164	18	16	0,99	18	4,99	18	HECTOR	18	19,50 kg	3,04
19	4	0,76	19	2	0,151	19	16	0,96	19	5,34	19	JULIO	18	19,80 kg	2,84
20	5	0,85	20	3	0,211	20	16	0,94	20	4,97	20	HECTOR	17	19,75 kg	3,08
21	4	0,89	21	4	0,232	21	17	1,16	21	4,87	21	JULIO	17	19,40 kg	2,96
22	5	0,92	22	3	0,191	22	17	1,34	22	5,66	22	HECTOR	17	19,50 kg	3,16
23	5	0,95	23	3	0,181	23	18	1,51	23	5,32	23	JULIO	18	19,50 kg	2,99
24	6	1,06	24	2	0,142	24	17	1,31	24	5,09	24	HECTOR	17	19,40 kg	3,06

Fuente: Elaboración propia



Capítulo 5

Simulación

En este capítulo se realizará la explicación de la simulación que se llevó a cabo con el fin de analizar el impacto del cable vía y diseñar una configuración apropiada del mismo en parcelas que no lo tengan.

1. Simulación del proceso de cosecha en la parcela sin cable vía

En este apartado se busca simular el proceso actual de cosecha en la parcela Cruz y en la parcela Penadillo. Para ello se consideran los tiempos de traslado hacia la zona de empaque de acuerdo con la cantidad de trabajadores que se tiene.

La parcela cuenta con cuatro cargadores para el proceso de cosecha. Es por ello que la serie de la simulación se realiza en función a la cantidad de cargadores con la que cuenta la parcela hasta completar la cantidad de racimos requeridos para ese día.

Se tiene además una hora de inicio en el trabajo que se contabiliza desde cero para el primer racimo, momento que está listo para ser cortado, del segundo al cuarto racimo se da un tiempo estimado de un minuto entre racimos para que el cortador tenga listo el siguiente racimo. A partir del quinto racimo en adelante, este tiempo es igual al tiempo total utilizado en el primer racimo y así respectivamente para los siguientes racimos.

En la Figura 52 se muestran los pasos generales, que se han seguido en el desarrollo de cada simulación.

1.1. Parcela Cruz. Por medio de esta simulación se busca reproducir el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la zona de empaque. En cada parcela, se simulará la cosecha de 160 racimos, debido a que en la parcela Nonajulca (la que está en mejores condiciones) se puede apreciar la cantidad promedio de racimos que cosechan en una jornada de trabajo, lo que proporcionaría una simulación del tiempo total de cosecha. Esta simulación de la cosecha se repite un número elevado de veces con el fin de obtener la función de distribución de los tiempos de cosecha.

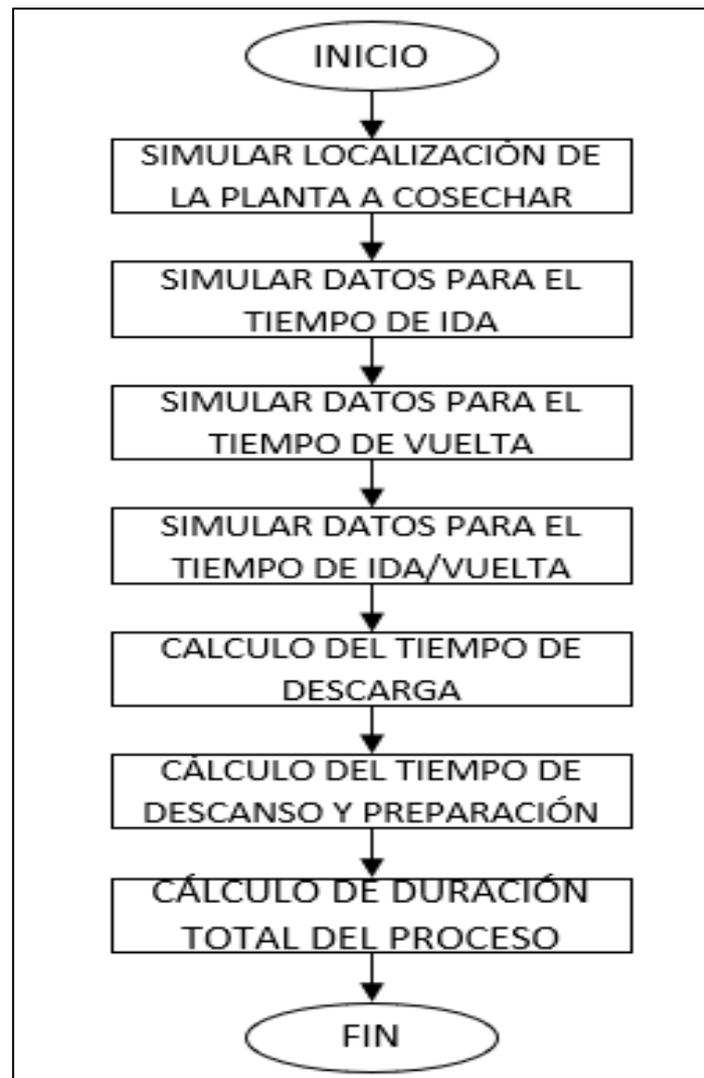


Figura 52. Diagrama de flujo general de la simulación.
Fuente: Elaboración propia

1.1.1. Descripción del Proceso de Simulación

A. Simulación de la localización de la planta a cosechar

Para realizar la simulación de la localización se tiene en cuenta las dimensiones de la parcela: 160 metros de ancho y 312 metros de largo (ver Figura 44). Por la simetría de la parcela, y dado que la zona de empaque está en el centro de la parcela, es útil considerar un eje cartesiano con el origen en el centro de la parcela, donde el eje X representa el ancho, con un valor máximo de 80 metros y la variable Y representa el largo, con un valor máximo de 156 metros. De esta forma, para simular el lugar donde se encuentra la planta que se va a cosechar se obtienen las coordenadas X e Y. Debido a la simetría, es suficiente con simular localizaciones de plantas en un cuadrante, pues las distancias serían las mismas en cualquier otro cuadrante. La coordenada X se simula obteniendo un valor de una uniforme $U(0,1)$ y multiplicándolo por 80. Para la

coordenada Y simulamos otro valor $U(0,1)$ y lo multiplicamos por 156. Estos valores (X, Y) representan la ubicación del racimo de banano que está listo para ser cortado.

B. Simulación del tiempo de ida, hasta la planta

Se considera que la persona que va a transportar el racimo se encuentra inicialmente en el lugar de empaque – coordenada $(0,0)$ - por lo que ha de dirigirse al lugar donde se localiza la planta que se acaba de simular -coordenadas (X, Y) -. La distancia euclídea será la distancia óptima que debe recorrer un cargador para llegar a la planta. Sin embargo, por causas de irregularidades en el recorrido (imperfecciones del suelo, cables de unión entre plantas, hojas utilizadas para abono, canales de riego, etc.), se considera un factor de incremento de la distancia de ida. Con este fin, se simula un aumento de entre un 0% y un 20% de la distancia euclídea de acuerdo a una distribución uniforme $U(0,0.2)$. De esta forma se tiene la simulación de la distancia ‘real’ que recorrerá el cargador desde el punto de empaque a la planta.

Una vez definida la distancia a recorrer, ésta debe transformarse en tiempo. En las Tabla 13 y Tabla 14 se tienen registrados los tiempos empleados en ir desde la planta a la zona de empaque con la racima cargada al hombro. Los tiempos desde la zona de empaque hasta la planta, que son los que se necesitan ahora, no se tienen registrados, al ser un comportamiento muy irregular. La razón es que el cargador puede llegar cansado a la zona de empaque, por lo que a veces se queda en esta zona descansando unos minutos, o ayudando en las tareas de dicha zona, o regresa de nuevo a la zona de las plantas a ritmo irregular esperando que le toque de nuevo el turno para cargar una nueva racima. Con el fin de incorporar este tiempo desde la zona de empaque hasta la planta en las simulaciones se han utilizado los datos que se muestran en la Tabla 13 y Tabla 14 para calcular una velocidad de avance. Si dividimos la distancia recorrida entre el tiempo empleado que se encuentra en dichas tablas podemos calcular las velocidades a las que avanzaron los cargadores cuando transportan la racima. La Figura 53 se muestra que el cargador avanza a una velocidad lenta (entre 2.8 km/h y 3.8 km/h) existiendo una relación creciente entre velocidad (en metros por minuto) y distancia (metros): cuando el cargador debe recorrer una distancia más larga, lo hace caminando algo más rápido con el fin de no tener que soportar el peso de la racima por mucho tiempo.

A la vista de la Figura 53 se va a considerar que el cargador avanza hacia la planta a una velocidad de 65 m/min que es, aproximadamente, la velocidad máxima a la que ha caminado en la otra dirección (unos 3.9 km/h que, dada la complejidad del terreno, es una velocidad aceptable). Para introducir algo de incertidumbre a esta velocidad de avance, vamos asumir que la velocidad es una variable aleatoria de media 65 y con desviación típica igual a 0.2.

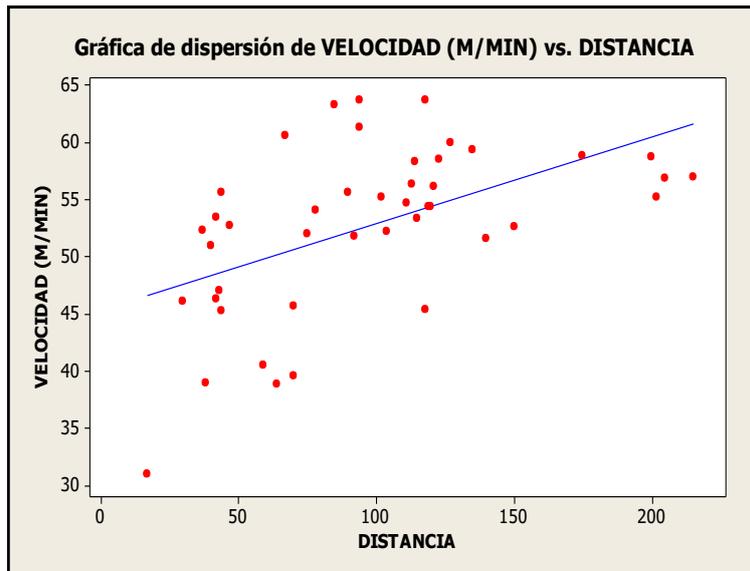


Figura 53. Gráfica de dispersión de Velocidad vs Distancia.
Fuente: Elaboración propia

En la práctica, equivale a asumir que la velocidad media con que caminan hacia la planta está con probabilidad de casi el 100% entre 64 y 66 m/min (3.84 y 3.96 km/h). Aplicando el método de la inversa sobre la función de distribución de dicha normal, obtendremos una velocidad de avance. El tiempo que demora el cargador desde la zona de empaque hasta la planta será entonces la distancia simulada hasta la planta dividida entre la velocidad de avance simulada.

C. Simulación del tiempo de transporte de la racima hasta la zona de empaque

En primer lugar, y como paso previo, vamos a describir la modelización del tiempo de traslado de la racima desde la planta al lugar de empaque. La modelización se basa en el análisis de los datos de esta parcela que se muestran la Tabla 13 y la Tabla 14. La Figura 54 muestra el gráfico de dispersión de la distancia recorrida (eje X) y el tiempo empleado en recorrerla (eje Y). Se muestra también la recta de regresión simple. Esta figura muestra que hay una relación lineal bastante definida. Además, muestra que no hay diferencias entre los datos de ambos días, lo que refuerza la representatividad de las muestras. Si, por el contrario, se hubiese encontrado una relación diferente en cada día se tendría la incertidumbre de qué tipo de relación se esperaría cualquier otro día, y la simulación no sería representativa.

A continuación, estimamos la recta de regresión de mínimos cuadrados $Y_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i + e_i$, de ello se obtiene el modelo que se muestra en la Figura 55.

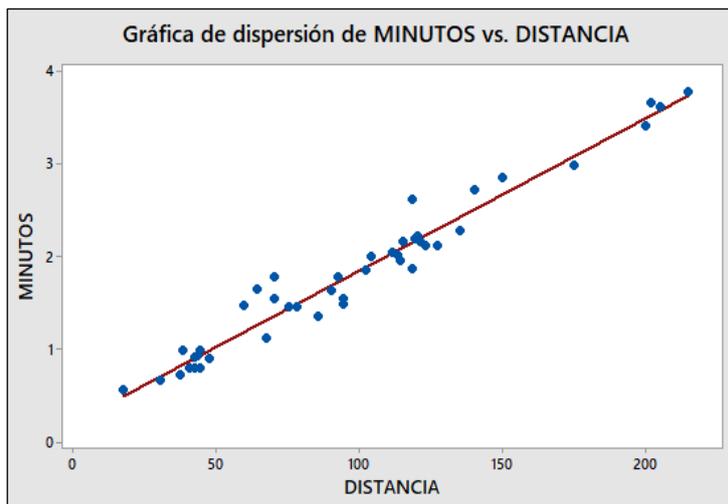


Figura 54. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.
Fuente: Elaboración propia

$$\text{MINUTOS} = 0.2080 + 0.016420 \text{ DISTANCIA}$$

Figura 55. Ecuación de regresión. Minitab.
Fuente: Elaboración propia

En esta ecuación, los coeficientes de regresión resultan ambos significativos. La Figura 56 muestra el valor de la desviación estándar de los residuos, que permite cuantificar la dispersión de los puntos alrededor de la recta estimada. También nos muestra el coeficiente $R^2 = 95.85\%$ que es muy elevado. Más del 95% de la variabilidad del tiempo de traslado viene explicada por la distancia recorrida, independientemente del lugar de la parcela en la que se encuentren.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.173987	95.85%	95.75%	95.55%

Figura 56. Valor de la desviación, S. Minitab.
Fuente: Elaboración propia

Desde la Figura 57 hasta la 59 se muestran el análisis de los residuos. El histograma de los residuos junto con el gráfico probabilístico normal nos permiten asumir la hipótesis de normalidad. De estas figuras se puede concluir también que no hay valores atípicos.

En la Figura 59 se observa que los residuos no muestran ningún tipo de estructura no lineal ni heterocedástica, por lo que el modelo empleado es correcto.

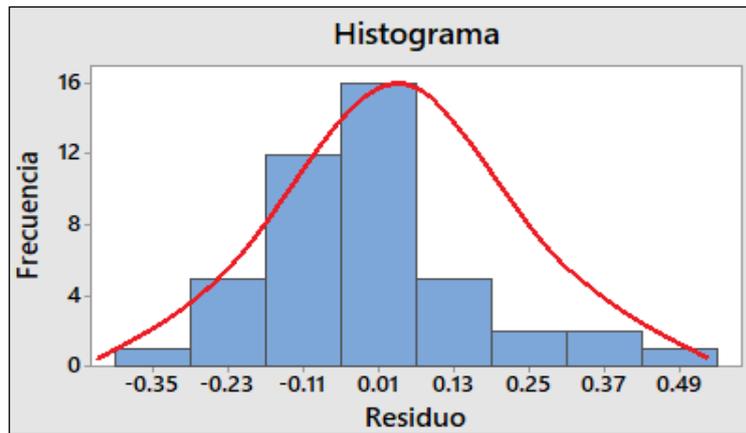


Figura 57. Histograma.
Fuente: Elaboración propia

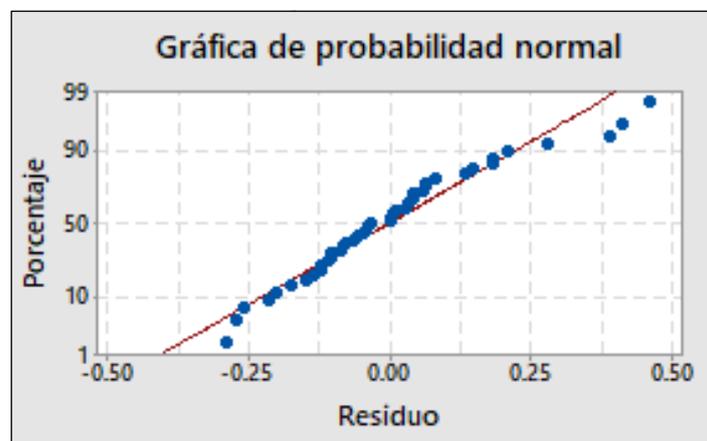


Figura 58. Gráfica de probabilidad normal.
Fuente: Elaboración propia

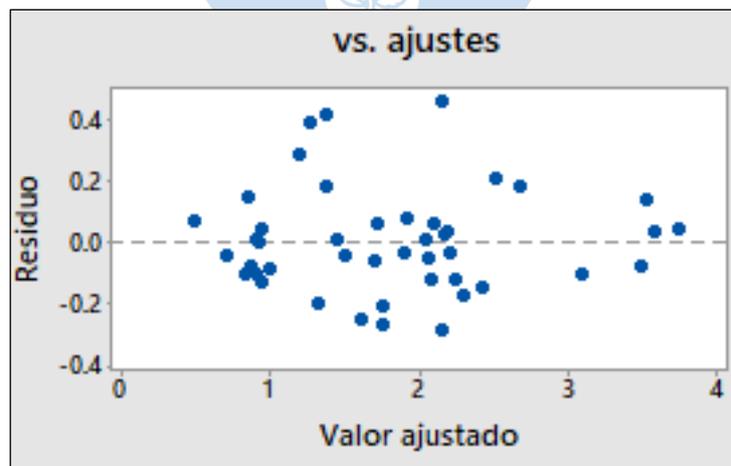


Figura 59. Gráfica de dispersión vs. Ajustes
Fuente: Elaboración propia

Por tanto, dada una distancia a recorrer, el tiempo empleado sigue el siguiente modelo

$$Y|X \sim N(0.2080 + 0.01642 X; 0.174^2)$$

A partir de este modelo podemos simular el tiempo de traslado de la racima. Los pasos son los siguientes:

- Dada la coordenada (X, Y) en la que se encuentra la planta, se calcula la distancia euclídea al punto de empaque.
- Al igual que se hizo con la distancia hasta la planta, se incrementa esta distancia para reflejar que el terreno no permitirá avanzar en línea recta. Con este fin, se simula un aumento de entre un 0% y un 20% de la distancia euclídea de acuerdo a una distribución uniforme $U(0,0.2)$.
- La distancia obtenida, X, se introduce en el modelo de regresión $\hat{Y} = 0.2080 + 0.01642 X$, que proporciona el tiempo medio de viaje.
- Usando el método de la inversa, generamos un valor del modelo $N(0.2080 + 0.01642 X; 0.174^2)$, que será el tiempo simulado desde la planta al punto de empaque.

La duración total de recorrido es la suma del tiempo de ida y el tiempo de vuelta. Además, se calcula la hora a la que se realiza la descarga de la racima en el punto de empaque, que es igual a la suma de la hora de inicio, cuando comenzó su andadura hacia la planta, y la duración total del recorrido ida/vuelta.

Después de la descarga de la racima se tiene en cuenta un tiempo de descanso y preparación, para que el cortador busque el racimo que está en condiciones adecuadas para ser cortado. Este tiempo está basado en lo observado durante la toma de datos. A diferencia de las plantaciones con cable vía, los cargadores de esta plantación necesitan un descanso entre racima y racima. Un cargador de esta plantación puede llegar a transportar 40 racimas en una jornada de 6 horas. Como cada racima pesa unos 30 kilos, el cargador transportará unos 1 200 kilos sin ningún tipo de ayuda mecánica. Al comienzo de la jornada los descansos serán más corto, pero a medida que progresa la jornada, el cansancio y el calor hace que los descansos se prolonguen incluso por más de 10 minutos. Para modelizar este tiempo se ha usado una normal de media 5 y desviación típica 3.33, de manera que haya poca probabilidad de que se generen descansos mayores de 10 minutos. Además, se considera un valor mínimo de un minuto. El resultado es una distribución con asimetría positiva. Finalizado este tiempo, el cargador se dirige a recoger la siguiente racima.

Finalmente, se obtiene la duración total, que es igual a la suma del tiempo de descarga y el tiempo de descanso y preparación, considerados anteriormente. Se calcula asimismo la hora en la que se encuentran en ese momento, tomando como referencia que el inicio de la cosecha es la hora cero. Esta hora se utiliza como referencia en la hora de inicio del proceso recogida de las racimas a partir del número cinco (son cuatro cargadores). El proceso de recogida de la

quinta racima comienza cuando queda disponible el primer cargador después de descargar la primera racima; la recogida de la sexta comienza cuando queda libre el segundo cargador después de descargar la segunda racima, y así sucesivamente hasta contabilizar un total de 160 racimas.

En la Figura 61 se muestra la serie de procesos que se siguen para realizar la simulación del proceso de cosecha. En la Tabla 29 ofrece una muestra de las simulaciones obtenidas por este procedimiento, donde cada fila corresponde a un racimo.

Una vez simulada una cosecha de 160 racimas, se obtiene la duración total de la misma. En la simulación de la Tabla 29 se observa que la duración fue de 6.07 horas. Esta simulación se repite 1 000 veces, obteniéndose 1 000 valores diferentes de duración de cosecha, que recogerán a variabilidad de dicho proceso. Para obtener estas simulaciones utilizamos la opción de 'Tabla de Datos' de Excel, que se encuentra dentro de las opciones de 'Datos/Análisis de Hipótesis'.

En la Tabla 30 se muestran los datos de duración total en minutos y en horas de estas 1 000 cosechas simuladas, cada una con 160 racimas simuladas.

1.2. Parcela Penadillo. Por medio de esta simulación se busca reproducir el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la zona de empaque.

1.2.1. Descripción del Proceso de Simulación. Al igual que en la parcela Cruz el proceso para la simulación será el mismo; simulación de la localización de la planta a cosechar, simulación del tiempo de ida hasta la planta y la simulación del tiempo de transporte del racimo hasta la zona de empaque, con la diferencia que cambiarán los datos propios de la parcela. También se simulará la cosecha de 160 racimos, dado que en la simulación a realizar se ajustará la cantidad de hectáreas a igual proporción para las tres parcelas.

A. Simulación de la localización de la planta a cosechar

Para la simulación de la localización se tiene en cuenta las dimensiones de la parcela: 120 metros de ancho y 660 metros de largo (ver Figura 51). Considerando un eje cartesiano con el origen en el centro de la parcela, donde el eje X representa el ancho, con un valor máximo de 60 metros y la variable Y representa el largo, con un valor máximo de 330 metros.

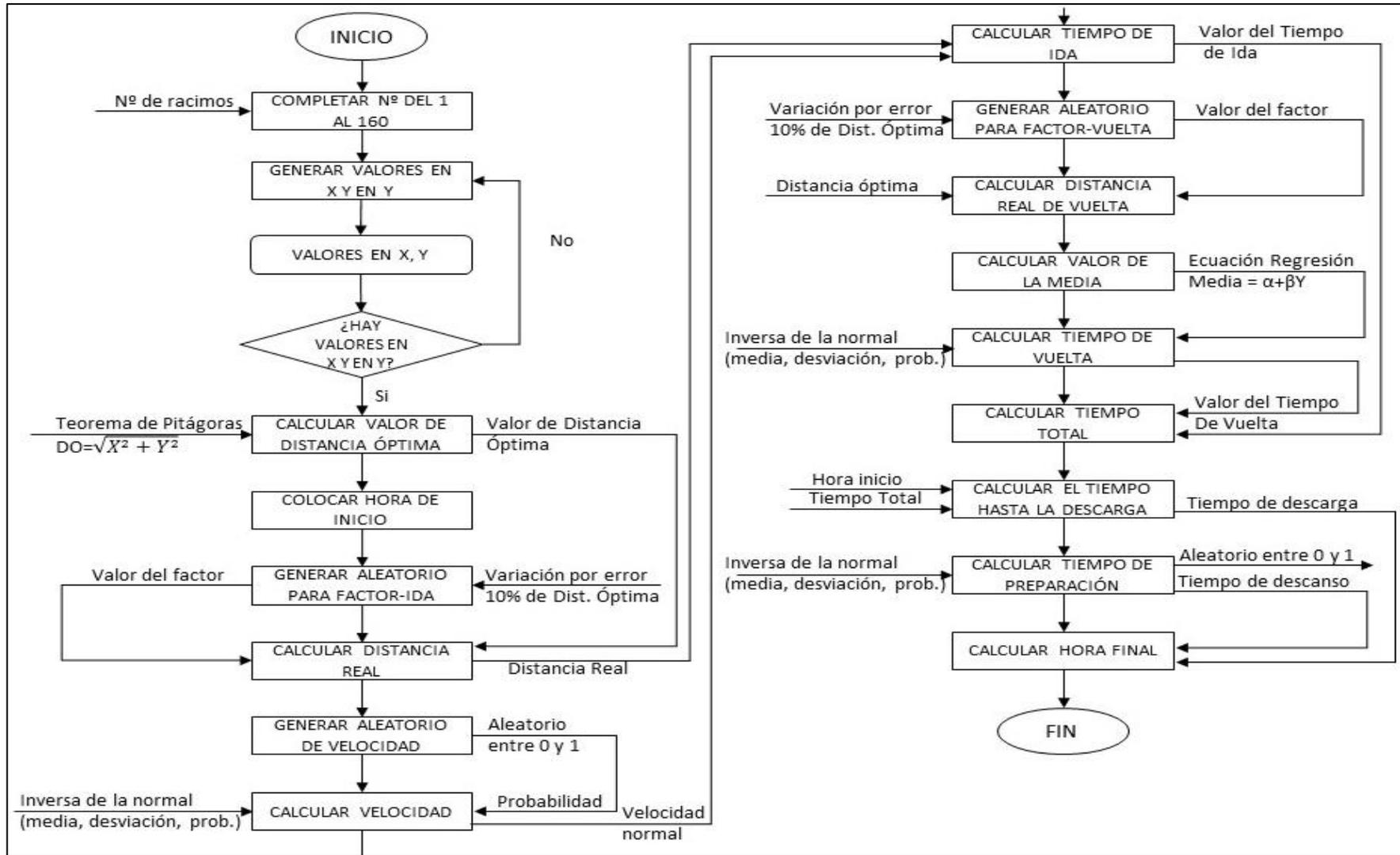


Figura 60. Diagrama de flujo de la simulación en la herramienta Excel.
Fuente: Elaboración propia

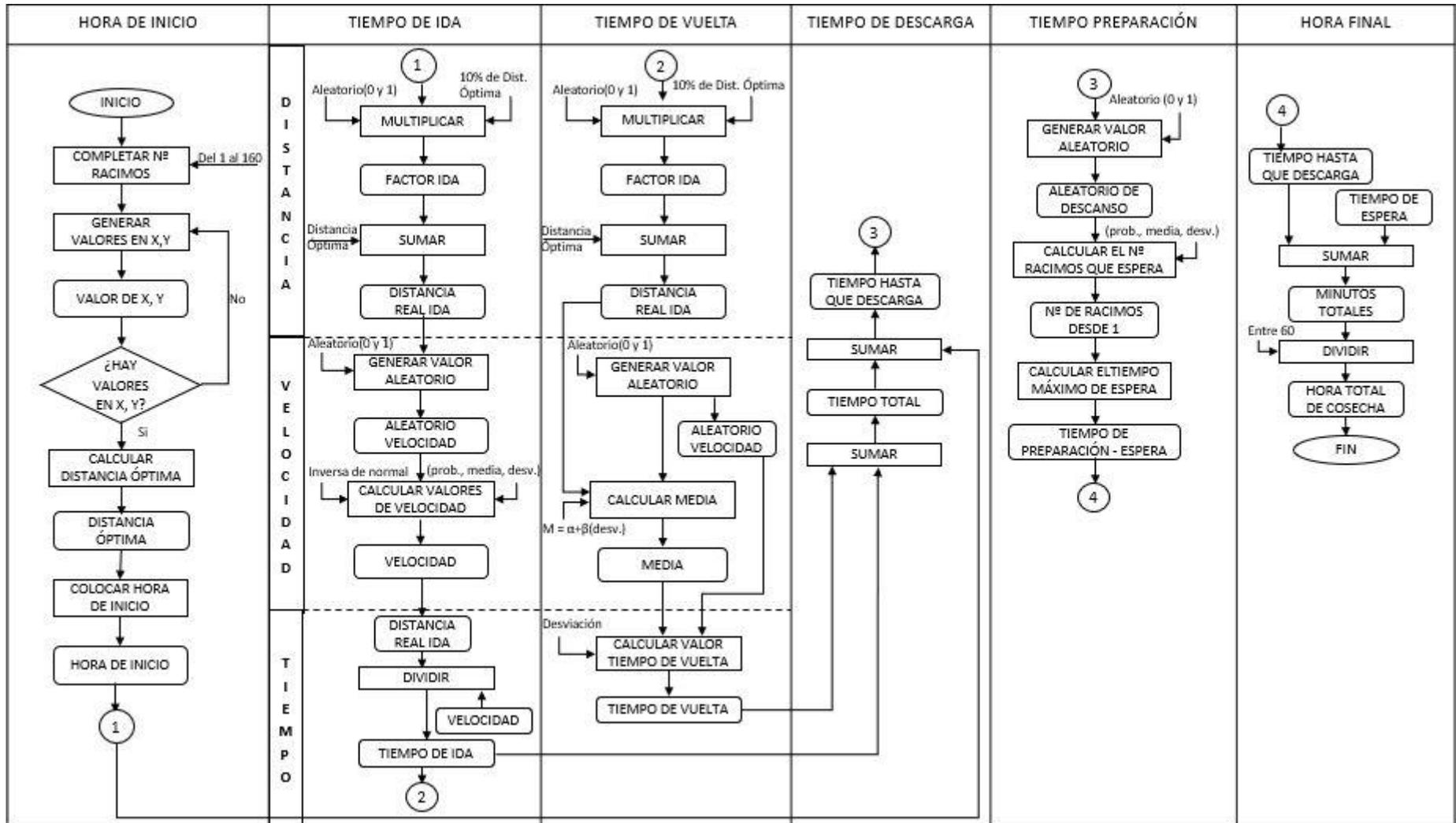


Figura 61. Diagrama de flujo específico de la simulación en Excel.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Cruz.

Nº DE RACIMO	UBICACIÓN		DISTANCIA ÓPTIMA	HORA INICIO	TIEMPO - IDA					TIEMPO - VUELTA					TIEMPO TOTAL	TIEMPO DE DESCARGA	DESCANSA Y PREPARACIÓN		HORA FINAL		
	X	Y			DISTANCIA		VELOCIDAD		TIEMPO	DISTANCIA		REGRESION		TIEMPO			ALEATORIO	TIEMPO DE DESCANSO Y	MINUTOS	HORA	
					FACTOR-IDA	DISTANCIA REAL DE IDA	ALEATORIO	NORMAL	TIEMPO DE IDA	FACTOR - VUELTA	DISTANCIA REAL DE	ALEATORIO	MEDIA	TIEMPO DE VUELTA							
1	31,3	31,6	44,5	0,00	1,3	45,8	0,1	64,8	0,7	1,8	46,3	0,668	1,004	1,096	1,804	1,804	0,731	7,055	8,858	0,15	
2	7,3	53,2	53,7	1,00	4,2	57,9	0,1	64,7	0,9	3,1	56,8	0,062	1,176	0,849	1,744	2,744	0,760	7,353	10,097	0,17	
3	0,3	63,2	63,2	2,00	0,5	63,7	0,3	64,9	1,0	3,3	66,5	0,485	1,336	1,328	2,311	4,311	0,222	2,447	6,758	0,11	
4	53,0	47,1	70,9	3,00	6,8	77,7	0,8	65,2	1,2	3,9	74,8	0,887	1,474	1,730	2,922	5,922	0,135	1,325	7,247	0,12	
5	10,5	101,5	102,0	8,86	7,4	109,4	0,5	65,0	1,7	4,8	106,8	0,455	2,002	1,978	3,661	12,519	0,977	11,646	24,165	0,40	
6	44,6	62,9	77,2	10,10	4,4	81,6	0,3	64,9	1,3	3,9	81,1	0,427	1,577	1,537	2,794	12,890	0,008	1,000	13,890	0,23	
7	79,2	60,1	99,4	6,76	2,8	102,2	0,8	65,2	1,6	1,5	100,9	0,473	1,904	1,890	3,458	10,216	0,079	1,000	11,216	0,19	
8	57,7	32,7	66,4	7,25	3,7	70,0	0,8	65,1	1,1	1,7	68,1	0,359	1,362	1,286	2,361	9,608	0,107	1,000	10,608	0,18	
9	24,7	44,2	50,7	24,17	1,5	52,2	0,1	64,7	0,8	3,4	54,0	0,983	1,131	1,582	2,389	26,554	0,974	11,481	38,035	0,63	
10	61,0	40,7	73,4	13,89	0,8	74,1	0,7	65,1	1,1	5,8	79,2	0,300	1,546	1,434	2,573	16,463	0,785	7,630	24,093	0,40	
11	40,9	112,9	120,1	11,22	0,2	120,3	0,0	64,6	1,9	4,0	124,1	0,604	2,287	2,343	4,204	15,420	0,050	1,000	16,420	0,27	
12	55,3	82,1	99,0	10,61	6,0	104,9	0,8	65,2	1,6	7,9	106,9	0,334	2,003	1,912	3,521	14,129	0,403	4,180	18,309	0,31	
13	47,4	101,2	111,7	38,03	2,3	114,0	0,6	65,0	1,8	9,3	121,0	0,824	2,236	2,434	4,187	42,221	0,563	5,530	47,751	0,80	
.
.
.
145	8,0	114,6	114,9	339,60	7,2	122,1	0,4	64,9	1,9	1,2	116,0	0,604	2,154	2,209	4,089	343,690	0,145	1,478	345,168	5,75	
146	60,1	86,6	105,4	309,47	9,0	114,4	0,2	64,8	1,8	1,7	107,1	0,326	2,006	1,910	3,676	313,144	0,629	6,098	319,242	5,32	
147	2,2	154,9	154,9	302,25	10,6	165,5	0,0	64,6	2,6	9,9	164,8	0,093	2,958	2,614	5,174	307,426	0,476	4,795	312,221	5,20	
148	54,5	59,5	80,7	280,49	7,9	88,7	0,7	65,1	1,4	6,6	87,4	0,549	1,681	1,707	3,069	283,563	0,395	4,113	287,677	4,79	
149	67,7	102,8	123,1	345,17	11,8	134,8	0,7	65,1	2,1	5,3	128,4	0,069	2,357	2,043	4,114	349,282	0,223	2,464	351,746	5,86	
150	53,6	16,1	56,0	319,24	1,6	57,5	0,5	65,0	0,9	4,5	60,4	0,921	1,236	1,536	2,421	321,663	0,413	4,270	325,933	5,43	
151	63,5	84,7	105,9	312,22	7,4	113,3	0,6	65,1	1,7	5,7	111,6	0,723	2,080	2,206	3,947	316,168	0,136	1,350	317,518	5,29	
152	48,0	128,5	137,2	287,68	2,1	139,3	0,0	64,6	2,2	8,6	145,8	0,297	2,644	2,531	4,687	292,364	0,750	7,245	299,609	4,99	
153	19,9	20,4	28,5	351,75	0,7	29,2	0,5	65,0	0,4	0,2	28,7	0,072	0,713	0,404	0,853	352,599	0,139	1,384	353,983	5,90	
154	50,6	90,3	103,5	325,93	4,3	107,8	0,5	65,0	1,7	4,9	108,4	0,667	2,027	2,118	3,777	329,710	0,649	6,274	335,984	5,60	
155	67,8	92,7	114,8	317,52	8,6	123,4	0,1	64,8	1,9	8,4	123,2	0,217	2,272	2,106	4,011	321,529	0,810	7,925	329,454	5,49	
156	60,0	79,5	99,6	299,61	8,6	108,2	0,5	65,0	1,7	1,4	101,0	0,117	1,905	1,653	3,317	302,926	0,708	6,820	309,746	5,16	
157	7,9	75,8	76,3	353,98	2,3	78,6	1,0	65,6	1,2	2,4	78,6	0,874	1,537	1,780	2,977	356,960	0,723	6,975	363,935	6,07	
158	44,1	36,2	57,1	335,98	0,7	57,7	0,4	65,0	0,9	1,6	58,7	0,689	1,207	1,311	2,200	338,184	0,043	1,000	339,184	5,65	
159	79,8	122,9	146,6	329,45	9,6	156,1	0,2	64,8	2,4	6,4	153,0	0,058	2,764	2,430	4,839	334,292	0,341	3,632	337,925	5,63	
160	62,5	98,2	116,4	309,75	11,5	127,9	0,4	65,0	2,0	9,2	125,6	0,099	2,312	1,938	3,907	313,653	0,674	6,506	320,158	5,34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas. Parcela Cruz.

TIEMPOS TOTALES		TIEMPOS TOTALES	
DURACIÓN MÁXIMA (MINUTOS)	505,8	DURACIÓN MÁXIMA (HORAS)	8,43
1	510,7	1	8,51
2	491,7	2	8,20
3	461,6	3	7,69
4	505,9	4	8,43
5	486,3	5	8,10
6	454,6	6	7,58
7	481,3	7	8,02
8	495,5	8	8,26
9	461,9	9	7,70
10	488,5	10	8,14
11	492,2	11	8,20
12	475,6	12	7,93
13	463,9	13	7,73
14	527,4	14	8,79
15	498,5	15	8,31
⋮	⋮	⋮	⋮
991	488,5	991	8,14
992	488,1	992	8,13
993	504,8	993	8,41
994	488,1	994	8,13
995	493,0	995	8,22
996	497,7	996	8,30
997	491,3	997	8,19
998	471,9	998	7,86
999	500,0	999	8,33
1000	483,5	1000	8,06

Fuente: Elaboración propia

La coordenada X se simula obteniendo un valor de una uniforme $U(0,1)$ y multiplicándolo por 60. Para la coordenada Y simulamos otro valor $U(0,1)$ y lo multiplicamos por 330. Estos valores (X, Y) representan la ubicación del racimo de banano que está listo para ser cortado.

B. Simulación del tiempo de ida, hasta la planta

Aquí también se considera que la persona que va a transportar el racimo ha de dirigirse al lugar donde se localiza la planta que se acaba de simular -coordenadas (X, Y)-. Considerando un factor de incremento en la distancia de ida, por causas de irregularidades en el recorrido. Simulando un aumento entre 0% y 30% de la distancia euclídea de acuerdo a una distribución uniforme $U(0,0.3)$. De esta forma se tiene la simulación de la distancia 'real' que recorrerá el cargador desde el punto de empaque a la planta.

Ya habiendo definido la distancia a recorrer, ésta se transforma en tiempo. Debido a que se tiene un comportamiento muy irregular; no se tiene un registro de estos tiempos, desde la zona de empaque hasta la planta, por lo que se utilizarán los datos de las Tablas 15 y 16 que corresponden al tiempo empleado en ir desde la planta a la zona de empaque con el racimo cargado en el hombro, para calcular con ello una velocidad de avance.

Dado que, aplicando el método de la inversa sobre la función de distribución de dicha normal, hallaremos la velocidad de avance, con lo que se obtendrá el tiempo que demora el cargador desde la zona de empaque hasta la planta. Dividiendo la distancia simulada hasta la planta entre la velocidad de avance simulada.

C. Simulación del tiempo de transporte de la racima hasta la zona de empaque

Como se realizó en el proceso de la parcela Cruz, el siguiente paso comienza con la modelización del tiempo de traslado de la racima desde la planta al lugar de empaque, la cual se basa en el análisis de los datos de esta parcela (Ver Tabla 13 y Tabla 14).

La Figura 62 muestra el gráfico de dispersión de la distancia recorrida (eje X) y el tiempo empleado en recorrerla (eje Y), además de la recta de regresión simple. Donde se puede ver que hay una relación lineal bastante definida. Además, muestra que no hay diferencias entre los datos de ambos días, validando la representatividad de las muestras.

Estimando la recta de regresión de mínimos cuadrados, se obtiene el modelo que se muestra en la Figura 63.

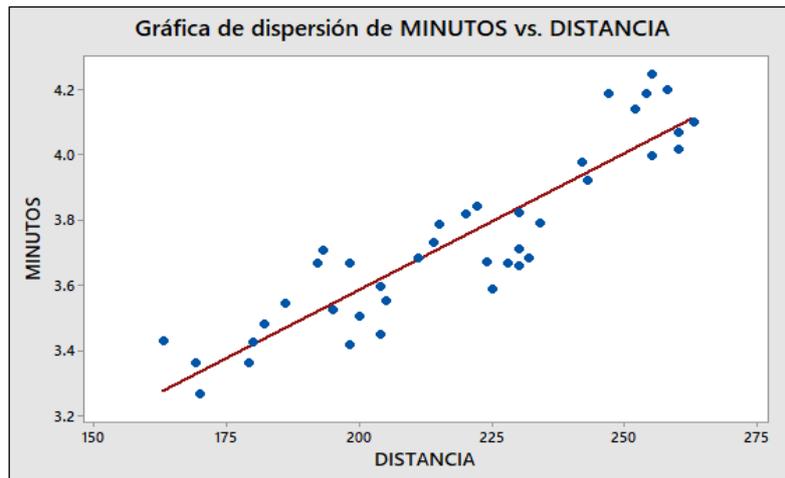


Figura 62. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.
Fuente: Elaboración propia

$$\text{MINUTOS} = 1.907 + 0.008379 \text{DISTANCIA}$$

Figura 63. Ecuación de regresión. Minitab.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 64 muestra el valor de la desviación estándar de los residuos y valor del coeficiente $R^2 = 81.93\%$, el cual representa la variabilidad del tiempo de traslado que viene explicada por la distancia recorrida, independientemente del lugar de la parcela en la que se encuentren.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.114322	81.93%	81.46%	80.06%

Figura 64. Valor de la desviación, S. Minitab.
Fuente: Elaboración propia

En las Figura 65 a la Figura 67 se muestran el análisis de los residuos; el histograma junto con el gráfico probabilístico normal y el gráfico de dispersión vs ajuste que nos permiten asumir la hipótesis de normalidad y además concluir que no hay valores atípicos.

De acuerdo a esto, dada una distancia a recorrer, el tiempo empleado sigue el siguiente modelo:

$$Y|X \sim N(1.907 + 0.008379 X; 0.114^2)$$

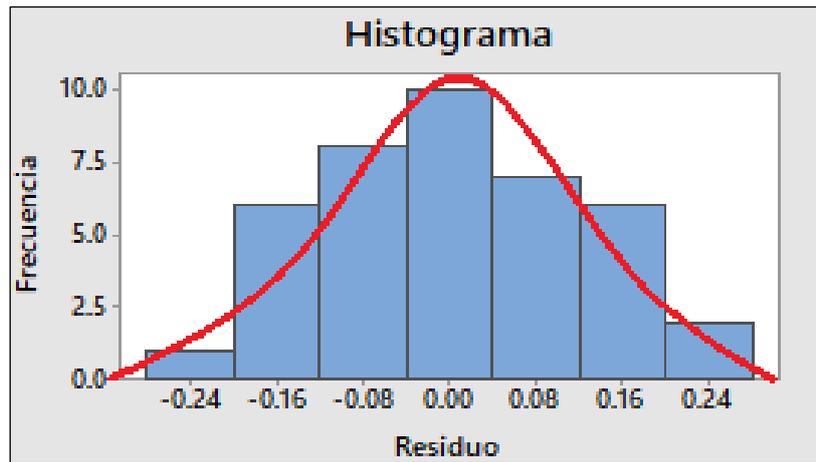


Figura 65. Histograma.

Fuente: Elaboración propia



Figura 66. Gráfica de probabilidad normal.

Fuente: Elaboración propia

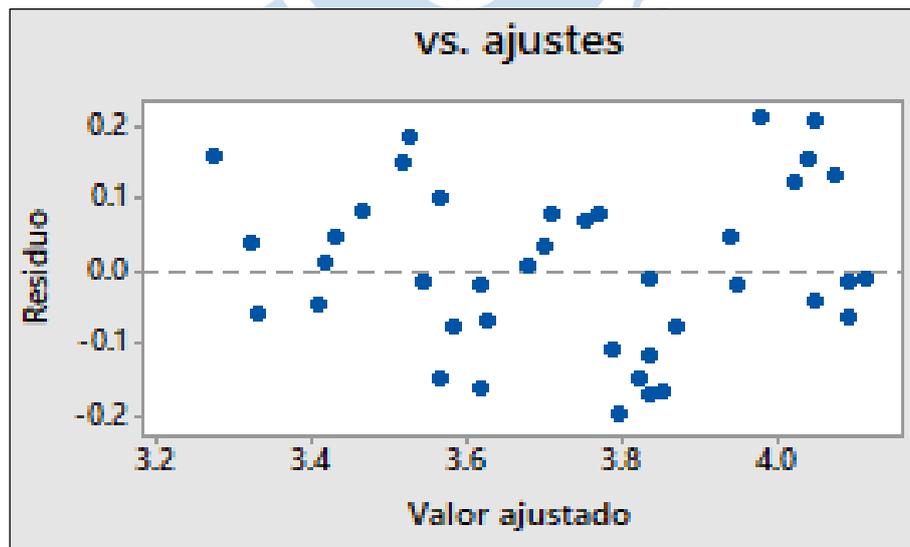


Figura 67. Grafica de dispersión vs. Ajustes

Fuente: Elaboración propia

A partir de este modelo podemos simular el tiempo de traslado de la racima, siguiendo los mismos pasos que en la parcela Cruz. Con la distancia obtenida, X , se introduce en el modelo de regresión $\hat{Y} = 1.907 + 0.008379 X$, que da el tiempo medio de viaje y usando el método de la inversa, generamos un valor del modelo $N(1.907 + 0.008379 X; 0.114^2)$, que será el tiempo simulado desde la planta al punto de empaque.

Además, se calcula la hora a la que se realiza la descarga de la racima en el punto de empaque, que es igual a la suma de la hora de inicio, cuando comenzó su andadura hacia la planta, y la duración total del recorrido ida/vuelta.

Luego de la descarga del racimo se tiene en cuenta un tiempo de descanso y preparación. Este tiempo ira incrementando conforme vaya pasando el día o jornada de trabajo dado que un cargador de esta plantación puede llegar a transportar 27 racimas en una jornada de 8 horas.

Para modelizar este tiempo se ha usado una normal de media 10 y desviación típica 6.67, de manera que haya poca probabilidad de que se generen descansos mayores de 10 minutos. Además, se considera un valor mínimo de un minuto. El resultado es una distribución con asimetría positiva. Finalizado este tiempo, el cargador se dirige a recoger la siguiente racima.

Finalmente, se obtiene la duración total, que es igual a la suma del tiempo de descarga y el tiempo de descanso y preparación, considerados anteriormente. Se calcula asimismo la hora de inicio en la que se encuentran en ese momento, tomando como referencia que el inicio de la cosecha es la hora cero hasta el racimo cuatro (son cuatro cargadores). El proceso de recogida de la quinta racima comienza cuando queda disponible el primer cargador después de descargar la primera racima; la recogida de la sexta comienza cuando queda libre el segundo cargador después de descargar la segunda racima, y así sucesivamente hasta contabilizar el total de racimos.

La Tabla 31 se muestra la simulación con 4 cargadores, cantidad real de cargadores con los que cuenta esta parcela, en donde cada fila corresponde a un racimo.

Una vez simulada una cosecha de 160 racimas, se obtiene la duración total de la misma. En la simulación de la Tabla 32 se muestran los datos de duración total en minutos y horas de estas 1000 cosechas simuladas, cada una con 160 racimas simuladas; obteniéndose 1000 valores diferentes de duración de cosecha, que recogerán a variabilidad de dicho proceso. Para obtener estas simulaciones utilizamos la opción de 'Tabla de Datos' de Excel, que se encuentra dentro de las opciones de 'Datos/Análisis de Hipótesis'.

Tabla 31. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Penadillo por cuatro trabajadores.

N° DE RACIMO	UBICACIÓN		DISTANCIA ÓPTIMA	HORA INICIO	TIEMPO - IDA					TIEMPO - VUELTA					TIEMPO TOTAL	TIEMPO DE DESCARGA	DESCANSA Y PREPARACIÓN		HORA FINAL		
	X	Y			DISTANCIA		VELOCIDAD		TIEMPO	DISTANCIA		REGRESION		TIEMPO			ALEATORIO	TIEMPO DE DESCANSO Y REPARACIÓN	MINUTOS	HORA	
					FACTOR-IDA	DISTANCIA REAL DE IDA	ALEATORIO	NORMAL	TIEMPO DE IDA	FACTOR-VUELTA	DISTANCIA REAL VUELTA	ALEATORIO	MEDIA	TIEMPO DE VUELTA							
1	53,3	209,3	216,0	0,00	28,3	244,2	0,2	65,8	3,7	6,3	222,3	0,337	3,866	3,784	7,494	7,494	0,486	9,769	17,263	0,29	
2	0,1	9,6	9,6	1,00	1,0	10,5	0,0	65,6	0,2	0,4	10,0	0,101	1,155	0,905	1,066	2,066	0,092	1,158	3,224	0,05	
3	11,7	23,2	26,0	2,00	5,1	31,1	0,0	65,6	0,5	3,0	29,0	0,404	1,397	1,349	1,824	3,824	0,488	9,804	13,628	0,23	
4	11,9	14,6	18,8	3,00	2,2	21,1	0,7	66,1	0,3	0,6	19,4	0,910	1,275	1,536	1,855	4,855	0,015	1,000	5,855	0,10	
5	56,1	148,8	159,0	17,26	11,5	170,5	0,7	66,1	2,6	12,5	171,5	0,971	3,217	3,587	6,165	23,428	0,624	12,108	35,537	0,59	
6	50,9	51,4	72,3	3,22	0,9	73,2	0,7	66,1	1,1	11,9	84,2	0,437	2,103	2,072	3,179	6,403	0,602	11,731	18,134	0,30	
7	41,8	160,1	165,5	13,63	6,9	172,4	0,3	65,9	2,6	28,0	193,5	0,392	3,498	3,444	6,053	19,687	0,622	12,079	31,766	0,53	
8	28,6	120,3	123,7	5,86	4,1	127,8	0,1	65,8	1,9	23,0	146,7	0,436	2,900	2,869	4,811	10,666	0,162	3,431	14,097	0,23	
9	9,9	76,5	77,2	35,54	13,8	91,0	0,5	66,0	1,4	3,3	80,5	0,649	2,055	2,129	3,509	39,045	0,145	2,933	41,978	0,70	
10	51,2	147,6	156,2	18,13	19,2	175,4	0,1	65,7	2,7	8,1	164,2	0,096	3,124	2,870	5,537	23,671	0,267	5,852	29,523	0,49	
11	29,6	209,4	211,5	31,77	28,3	239,8	0,1	65,7	3,6	30,4	241,9	0,946	4,116	4,431	8,080	39,846	0,816	15,994	55,840	0,93	
12	50,9	181,3	188,3	14,10	13,3	201,6	0,0	65,5	3,1	25,9	214,2	0,462	3,762	3,743	6,820	20,917	0,340	7,253	28,170	0,47	
13	16,4	55,5	57,9	41,98	7,3	65,2	0,3	65,9	1,0	8,8	66,6	0,751	1,878	2,011	3,000	44,977	0,567	11,119	56,097	0,93	
.
.
145	33,8	76,0	83,2	592,58	10,2	93,4	0,9	66,2	1,4	12,1	95,3	0,618	2,244	2,303	3,714	596,295	0,820	16,095	612,390	10,21	
146	19,1	60,2	63,2	510,00	3,9	67,1	0,7	66,1	1,0	10,1	73,3	0,688	1,963	2,059	3,073	513,074	0,532	10,532	523,606	8,73	
147	34,5	188,0	191,2	550,39	35,9	227,1	0,6	66,0	3,4	18,5	209,7	0,029	3,704	3,334	6,774	557,164	0,382	7,992	565,156	9,42	
148	19,4	201,4	202,3	470,60	0,4	202,8	0,0	65,5	3,1	17,3	219,6	0,551	3,832	3,856	6,951	477,547	0,348	7,390	484,938	8,08	
149	12,3	76,0	77,0	612,39	8,7	85,7	0,0	65,6	1,3	12,2	89,2	0,938	2,166	2,467	3,773	616,162	0,178	3,847	620,009	10,33	
150	18,8	48,1	51,6	523,61	6,2	57,8	1,0	66,4	0,9	4,5	56,1	0,198	1,744	1,578	2,448	526,054	0,230	5,079	531,133	8,85	
151	3,1	192,9	192,9	565,16	24,8	217,7	1,0	66,3	3,3	26,1	219,0	0,797	3,824	3,986	7,267	572,424	0,762	14,757	587,180	9,79	
152	47,6	149,5	156,9	484,94	10,7	167,6	0,0	65,4	2,6	28,6	185,5	0,131	3,395	3,176	5,737	490,675	0,467	9,452	500,127	8,34	
153	32,3	122,4	126,6	620,01	15,9	142,6	0,7	66,1	2,2	15,2	141,9	0,276	2,838	2,722	4,879	624,888	0,931	19,904	644,792	10,75	
154	19,0	59,2	62,2	531,13	2,0	64,2	0,4	65,9	1,0	5,1	67,3	0,664	1,887	1,969	2,943	534,076	0,933	19,994	554,071	9,23	
155	46,6	6,0	46,9	587,18	6,1	53,0	0,2	65,8	0,8	7,0	53,9	0,568	1,715	1,749	2,554	589,734	0,012	1,000	590,734	9,85	
156	3,8	186,7	186,8	500,13	8,0	194,7	0,2	65,8	3,0	9,5	196,3	0,974	3,534	3,912	6,869	506,997	0,314	6,772	513,769	8,56	
157	36,3	172,2	176,0	644,79	33,9	209,9	0,8	66,2	3,2	22,8	198,8	0,814	3,566	3,740	6,912	651,704	0,128	2,439	654,144	10,90	
158	51,1	206,9	213,1	554,07	37,0	250,1	0,3	65,9	3,8	22,7	235,8	0,594	4,038	4,084	7,881	561,951	0,482	9,700	571,652	9,53	
159	10,4	125,6	126,0	590,73	3,4	129,5	0,3	65,9	2,0	13,8	139,9	0,105	2,813	2,568	4,533	595,268	0,138	2,724	597,991	9,97	
160	31,0	174,8	177,5	513,77	3,3	180,8	0,2	65,8	2,7	8,4	185,9	0,814	3,401	3,576	6,323	520,092	0,571	11,200	531,292	8,85	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.

TIEMPOS TOTALES		TIEMPOS TOTALES	
DURACIÓN MÁXIMA (MINUTOS)	498,1	DURACIÓN MÁXIMA (HORAS)	8,30
1	479,6	1	7,99
2	459,6	2	7,66
3	465,3	3	7,76
4	483,9	4	8,07
5	509,1	5	8,48
6	494,6	6	8,24
7	493,3	7	8,22
8	440,3	8	7,34
9	492,1	9	8,20
10	468,7	10	7,81
11	504,6	11	8,41
12	503,5	12	8,39
13	529,7	13	8,83
14	473,5	14	7,89
15	477,3	15	7,96
⋮	⋮	⋮	⋮
991	495,6	991	8,26
992	459,0	992	7,65
993	449,7	993	7,50
994	470,7	994	7,85
995	524,5	995	8,74
996	478,1	996	7,97
997	445,2	997	7,42
998	501,5	998	8,36
999	489,1	999	8,15
1000	509,0	1000	8,48

Fuente: Elaboración propia

2. Simulación del proceso de cosecha en la parcela con cable vía

En este apartado se busca simular el proceso actual de cosecha en la parcela Nonajulca. Considerando los tiempos de traslado desde la ubicación de la planta hasta el riel del cable vía y el tiempo de traslado desde la posición del cable vía hasta la zona de empaque, considerando la cantidad de trabajadores con los que se cuenta, de los cuales uno realiza la actividad de corte y los otros la actividad de traslado de los racimos de banano orgánico hacia el riel de cable vía.

2.1. Parcela Nonajulca. Con esta simulación se busca representar el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la zona de empaque. Simulando una cosecha de 160 racimos.

Para realizar esta simulación, se deben considerar datos de regresión para el traslado del riel del cable vía hasta la zona de empaque, y datos de regresión para el traslado de los racimos hasta el riel del cable vía, por medio de los cargadores.

2.1.1. Descripción del Proceso de Simulación. Para esta simulación se consideraran los siguientes datos: la longitud del cable vía, de 500 metros; la longitud del riel, igual a 20 metros, que se mide de acuerdo a la cantidad de garruchas disponibles para el día de trabajo, sabiendo que distan un metro de distancia una de otra; la distancia mínima y máxima, de 5 a 50 metros respectivamente, que puede haber desde la ubicación aleatoria de la planta hasta la ubicación del riel que se encuentra en el cable vía; además se consideran las probabilidades de ocurrencia de acuerdo a la cantidad de racimos que se carga, determinando tres probabilidades de 50%, 40% y 10% para las cantidades de 10, 15 y 20 racimos, respectivamente y el valor del factor de vuelta, de 0.80, que indica un ajuste en el tiempo de regreso del cable vía de la zona de empaque a una determinada ubicación (debido que el cable vía y el cargador regresan sin carga, lo que facilita el traslado). Ver Tabla 33.

A. Simulación del traslado del riel del cable vía a la zona de empaque y viceversa

Para desarrollar la simulación del traslado del cable vía a la zona de empaque se tiene en cuenta los datos de la Tabla 33.

i. Simulación de la distancia del cable vía a la zona de empaque

En esta simulación se comienza generando, el número de viajes que se emplean para cumplir con el requerimiento de racimos en una jornada diaria; la distancia inicial y final a la que se encuentra el riel de cable vía de la zona de empaque; la cantidad de racimos que se trasladan en cada viaje y la cantidad de racimos acumuladas en ese momento.

Tabla 33. Datos de la parcela.

Racimas	160
Longitud cable vía	500
Longitud del riel	20
Max. Ancho del campo	50
Probabilidad 10	50%
Probabilidad 15	40%
Probabilidad 20	10%
Min. Ancho del campo	5
Factor vuelta	0,8

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la simulación de la distancia inicial y final del riel del cable vía se tiene en cuenta la longitud de este: 500 metros. La distancia inicial hace referencia al punto de inicio donde se encuentra el riel en el momento determinado del viaje, el cual se haya de forma aleatoria entre 0 y 500 metros; y la distancia final hace referencia al punto donde termina la sección del riel que se está empleando en ese momento, siendo este la suma entre la distancia inicial y la longitud del riel.

Además, se simula la cantidad de racimos que se cosechan en cada viaje para ello se han determinado las probabilidades de 50%, 40% y 10% para las cantidades de 10, 15 y 20 racimos, respectivamente. Y para la cantidad de racimos acumulados es la suma total de estos por viaje a medida que aumenta el tiempo.

En la Tabla 34 se muestra la simulación para esta parte del proceso.

ii. Simulación del tiempo de transporte del riel del cable vía hasta la zona de empaque

Una vez definida la distancia inicial del riel, distancia a recorrer, desde donde se van a transportar los racimos hasta la zona de empaque – 0 a 500 metros, se comienza describiendo la modelización del tiempo de traslado del riel del cable vía a la zona de empaque.

La modelización se basa en el análisis de los datos de esta parcela que se muestran en la Tabla 9 y Tabla 11. La Figura 68 se muestra el gráfico de dispersión de la distancia recorrida (eje X) y el tiempo empleado en recorrerla (eje Y). Se muestra también la recta de regresión simple. Mostrando así, que hay una relación lineal bastante definida. Además, no se muestran diferencias entre los datos de ambos días, lo que refuerza la representatividad de las muestras.

Tabla 34. Datos iniciales de la simulación.

Viaje	Distancia del Cable vía- zona de empaque (metros)		Racimas	
	Inicial	Final	Por viaje	Acumuladas
1	478	498	20	20
2	0	20	20	40
3	25	40	15	55
4	45	60	15	70
5	70	80	10	80
6	80	100	20	100
7	110	120	10	110
8	130	140	10	120
9	145	160	15	135
10	170	180	10	145
11	185	200	15	160

Fuente: Elaboración propia

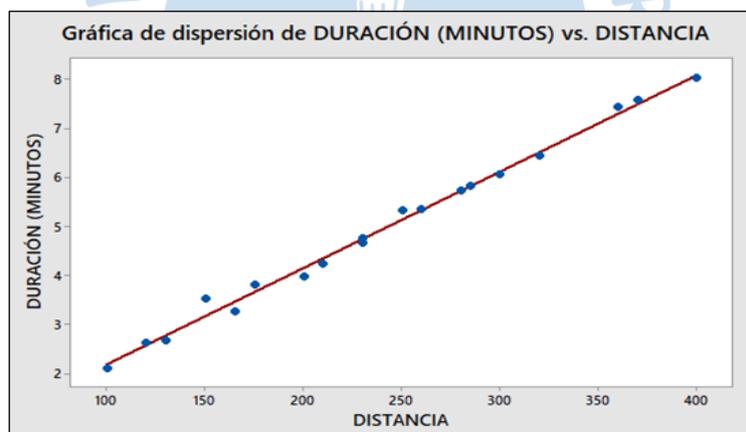


Figura 68. Gráfica de dispersión de minutos vs. distancia - Minitab.

Fuente: Elaboración propia

Con esto, estimamos la recta de regresión de mínimos cuadrados $Y_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i + e_i$, obteniéndose el modelo que se muestra en la Figura 69.

$$\text{DURACIÓN (MINUTOS)} = 0.1807 + 0.019761 \text{ DISTANCIA}$$

Figura 69. Ecuación de regresión.

Fuente: Elaboración propia

En esta ecuación, los coeficientes de regresión son ambos significativos. Mostrando en la Figura 70 el valor de la desviación estándar de los residuos, además del coeficiente $R^2 = 99.39\%$ que es muy elevado.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.137601	99.39%	99.35%	99.24%

Figura 70. Valor de la desviación, S.

Fuente: Elaboración propia

Las Figuras 71 a la 73 muestran el análisis de los residuos. El histograma de los residuos, el gráfico probabilístico normal, lo cuales nos permiten asumir la hipótesis de normalidad. De estas figuras se puede concluir también que no hay valores atípicos y que no muestran ningún tipo de estructura no lineal ni heterocedástica.

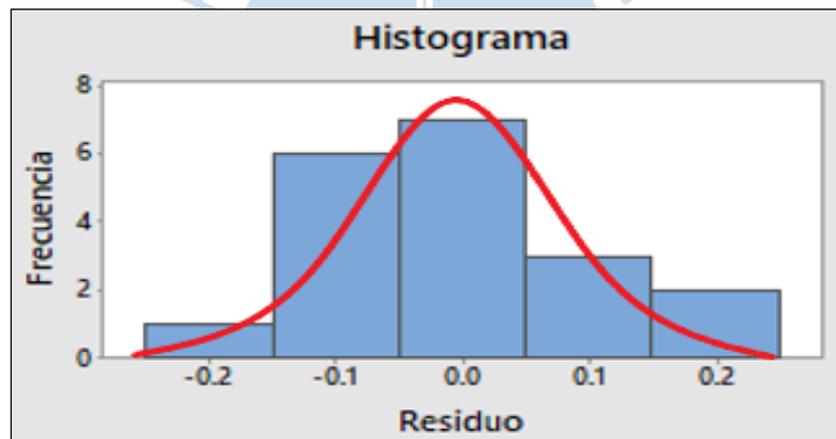


Figura 71. Histograma.

Fuente: Elaboración propia



Figura 72. Gráfica de probabilidad normal.

Fuente: Elaboración propia

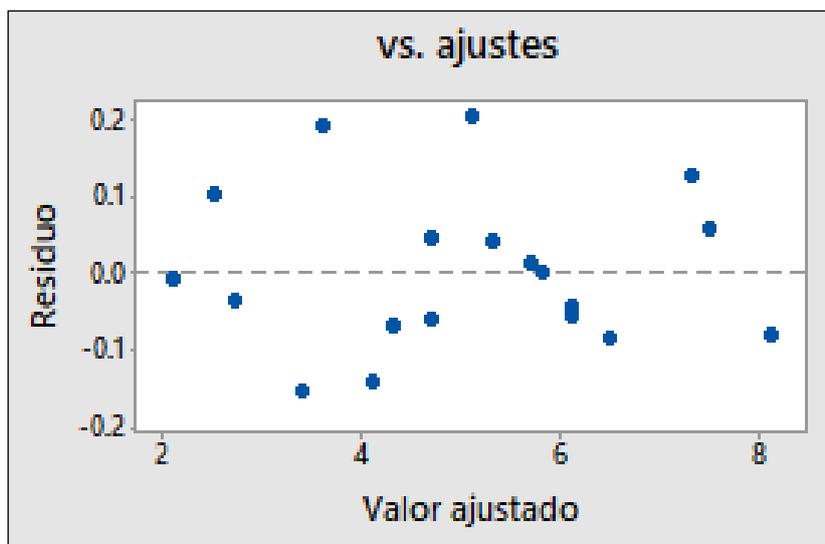


Figura 73. Gráfica de dispersión vs ajustes.

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, dada una distancia a recorrer, el tiempo empleado sigue el siguiente modelo

$$Y|X \sim N(0.1807 + 0.019761 X; 0.1376^2)$$

A partir de este modelo podemos simular el tiempo de traslado del riel. Los pasos son los siguientes:

- Definir la distancia inicial en la que se encuentra el riel.
- Con esta distancia se procede a obtener el tiempo medio de viaje.
- Usando el método de la inversa, generamos un valor del modelo $N(0.1807 + 0.019761 X; 0.1376^2)$, que será el tiempo simulado desde el riel a la zona de empaque.

Con ello se puede simular un tiempo medio, y así calcular el tiempo medio de vuelta más adecuado de acuerdo a las condiciones reales de la parcela.

i. Simulación del tiempo de ida, hasta el riel del cable vía

Los tiempos desde la zona de empaque hasta el riel del cable vía, que son los que se necesitan ahora, no se tienen registrados. Con el fin de incorporar este tiempo en las simulaciones se utilizan los datos de la ecuación de regresión. Simulando este tiempo con la función inversa de la normal multiplicado por el factor (0.8), debido a que en este tramo del traslado lo realizan sin peso alguno, el riel este vacío, lo cual les facilita el recorrido.

En la Tabla 35 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas por este procedimiento, donde cada fila corresponde a un viaje del riel del cable vía hasta la zona de empaque.

Tabla 35. Tiempo de traslado a la zona de empaque.

Viaje	Traslado a la zona de empaque		
	Tiempo medio	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida
1	5,65	5,51	4,66
2	6,05	6,08	4,84
3	6,45	6,62	5,22
4	6,85	6,92	5,51
5	7,25	7,43	5,72
6	7,65	7,62	6,03
7	8,05	8,07	6,41
8	8,45	8,41	6,79
9	8,85	8,82	7,09
10	9,25	9,26	7,33
11	9,65	9,66	7,68
11	10,05	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

B. Simulación del traslado de los racimos al cable vía

En esta simulación se busca representar el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la ubicación del riel del cable vía. Para este caso se realizará la simulación de acuerdo a la cantidad de racimos determinados para cada viaje, de manera independiente hasta completar los 160 racimos, establecidos para esa jornada de trabajo.

i. Simulación de tiempo de transporte del racimo hasta el cable vía

Para la simulación del tiempo de transporte del racimo hasta el cable vía, se inicia simulando la distancia a la que se encuentra la planta a cosecharse, para ello se tiene en cuenta las dimensiones de la parcela: 100 metros de ancho y 500 metros de largo (ver Figura 44). Dado que en este caso el cable vía se encuentra en medio de la parcela; se considera un eje cartesiano con el origen en el centro de la parcela (ubicación del riel del cable vía), donde el eje X representa el ancho, con un valor máximo de 50 metros y un valor mínimo de 5, y la variable Y representa el largo, el cual no se tendrá en cuenta debido a que se cosecharan los racimos de la zona donde se encuentre el riel.

Considerando que la persona que va a transportar el racimo se encuentra inicialmente en la ubicación del riel – coordenada (0,0)- por lo que ha de dirigirse al lugar donde se localiza la planta que se acaba de simular -coordenadas (X,0)- distancia lineal.

Una vez definida la distancia a recorrer, ésta debe convertirse en tiempo. En la Tabla 13 y Tabla 12 se tienen registrados los tiempos empleados en ir desde la planta al riel del cable vía con el racimo cargado en el hombro, hallando con estos datos un tiempo medio, el cual nos ayudara a describir la modelización del tiempo que se está simulando, para así estimar la línea de regresión a partir del método de la gráfica de dispersión con regresión, que muestra la gráfica que mejor se ajusta a la recta que minimiza la suma de los cuadrados de los residuos. Comprobando que los valores de nuestras no se ajustan muy bien a la recta, podemos estimar que siguen una distribución no lineal, determinando trabajar con la función logarítmica, siendo la mejor alternativa después de haber realizado varios análisis con diferentes funciones.

Con estos datos, ajustados a la recta que se obtiene de la función logarítmica (ver Figura 74), se van a simular los posibles tiempos que se tarda cada trabajador en trasladar un racimo de banano orgánico hasta la ubicación del riel del cable vía.

Estimamos que la recta que mejor se ajusta es $Log_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_i + \beta_1 Y_i + \partial_1 Z_i$, obteniéndose el modelo que se muestra en la Figura 76.

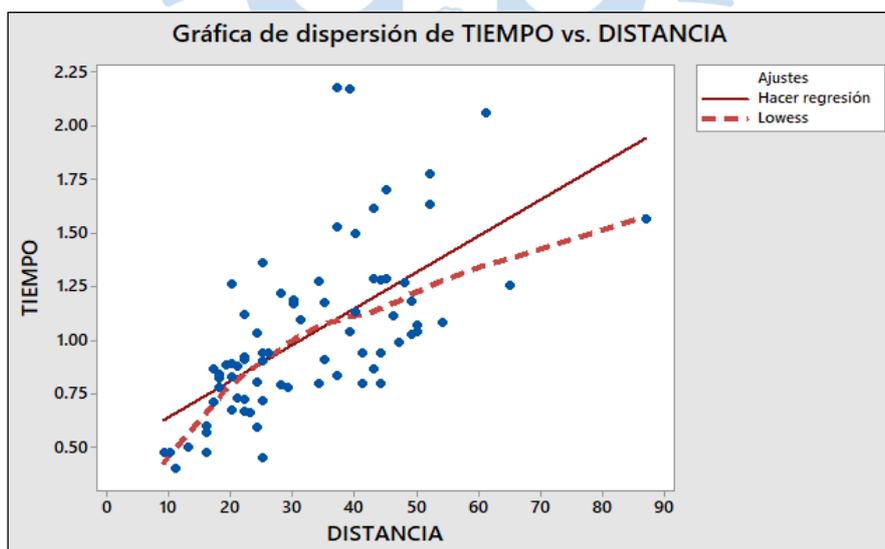


Figura 74. Gráfica de dispersión de minutos vs distancia -- Minitab
Fuente: Elaboración propia

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-1.4190633956	0.285	-4.97	0.000	
DISTANCIA	0.0814070633	0.0240	3.39	0.001	136.62
D2	-0.0013542334	0.000586	-2.31	0.024	527.27
D3	0.0000077248	0.000004	1.85	0.069	154.47

Figura 75. Valores de los coeficientes de la ecuación de regresión.
Fuente: Elaboración propia

$$\log T = -1.419 + 0.0814 \text{DISTANCIA} - 0.001354 \text{D2} + 0.000008 \text{D3}$$

Figura 76. Ecuación de regresión.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 77 muestra el valor de la desviación estándar de los residuos, que permite cuantificar la dispersión de los puntos alrededor de la recta estimada. También nos muestra el coeficiente $R^2 = 53.96\%$.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.255632	53.96%	51.99%	35.92%

Figura 77. Valor de la desviación, S.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 78 y la Figura 79 muestran el análisis de los residuos, de lo que se puede concluir también que no hay valores atípicos.

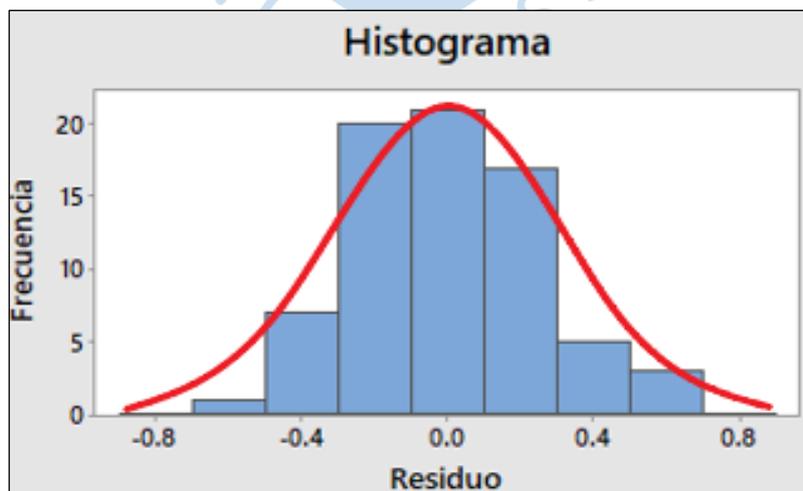


Figura 78. Histograma.
Fuente: Elaboración propia

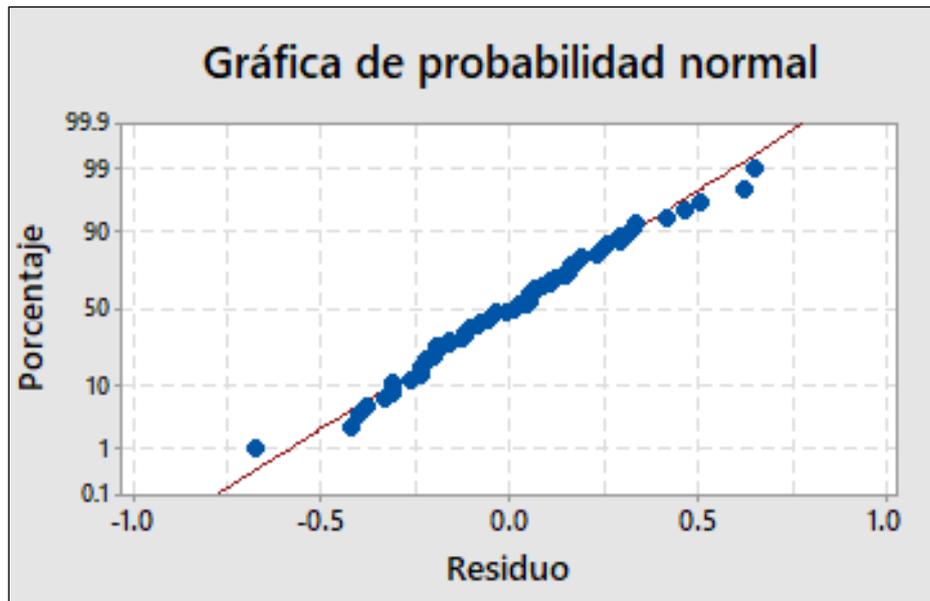


Figura 79. Gráfica de probabilidad normal.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 80 se observa que los puntos de dispersión se mantienen dentro de un límite superior e inferior, no sigue un patrón de comportamiento. Se utiliza esta gráfica para detectar varianzas no constante y valores atípicos.

Teniendo los valores definidos para la recta de regresión y comprobándolo mediante las gráficas, que el modelo de regresión es el más adecuado, se puede simular el tiempo de traslado desde donde se encuentra el racimo que será cosechado hasta la ubicación del riel del cable vía.

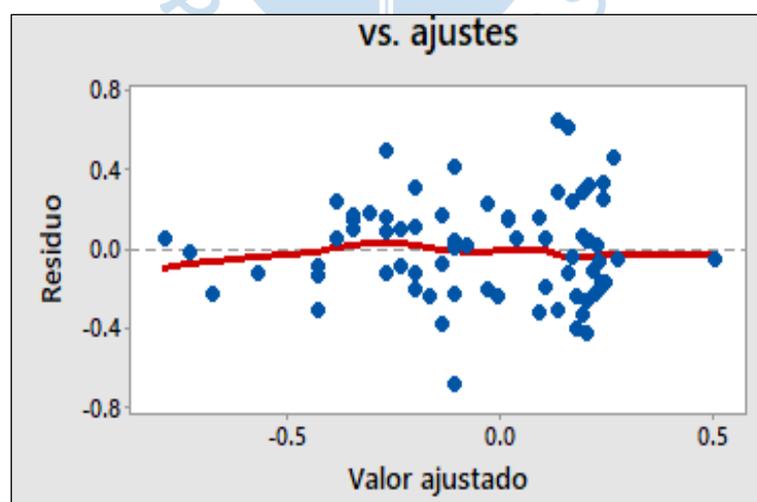


Figura 80. Gráfica de dispersión vs ajuste.

Fuente: Elaboración propia

ii. Simulación del tiempo de ida, hasta la planta

Con los tiempos anteriores, se procede a simular el tiempo desde el riel del cable vía hasta la planta a cosechar, de los cuales no se tienen un registro de muestras.

Teniendo ya el tiempo de vuelta, simulamos el tiempo de ida, el cual equivale al 80% de este tiempo, debido a que se considera que, para el tiempo de ida, dado que van vacíos, será menor.

La duración total de recorrido es la suma del tiempo de ida y el tiempo de vuelta. Además, se simula la hora de inicio y la hora final. Considerando que la hora de inicio se contabiliza desde cero para el primer racimo en cada viaje, momento que está listo para ser cortado; para el segundo racimo se da un tiempo estimado de un minuto para que el cortador tenga listo el siguiente racimo, siendo este su hora de inicio; para el tercer racimo (debido a que son 3 cargadores, pero 1 se queda apoyando a colocar los racimos en el riel o en la zona de empaque descargando los racimos), la hora de inicio comienza cuando queda libre el primer cargador después de descargar el primer racimo, y así sucesivamente hasta contabilizar la cantidad de racimos determinados para ese viaje. La hora final es igual a la suma de la hora de inicio y el tiempo total de traslado por cada racimo.

Después de realizar las simulaciones de todos los racimos correspondientes para cada viaje, se halla el tiempo acumulado por viaje, que es igual al máximo valor del tiempo final de todos los racimos en ese viaje. Siendo este el tiempo total por viaje que se tardan en trasladar una cierta cantidad de racimos.

En la Tabla 36 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas para esta parte del proceso, donde cada fila corresponde a la cosecha de una determinada cantidad de racimos para cada viaje del riel del cable vía, en una jornada de trabajo.

Finalmente, ya habiendo simulado todas las partes del proceso de traslado desde la planta hasta la zona de empaque, se procede a simular el tiempo total del proceso, el cual equivale la suma de los siguientes tiempos: el tiempo total a la zona de empaque; el tiempo total al cable vía; y el tiempo de descarga, tiempo establecido para la descarga de racimos en la zona de empaque, el cual es simulado aleatoriamente entre un rango determinado de tiempo de acuerdo a la cantidad de racimos que se están trasladando en el viaje, teniendo que para 20 racimos el tiempo de descarga estará entre 8 a 10 minutos, para 15 racimos estará entre 6 a 8 minutos, para 10 racimos entre 5 a 3 minutos y para 5 racimos entre 1 a 3 minutos.

En la Figura 81 se muestra la serie de procesos que se siguen para realizar la simulación del proceso de cosecha. En la Tabla 37 ofrece una muestra total de las simulaciones obtenidas por este procedimiento.

Tabla 36. Simulación del proceso de traslado de racimos.

Viaje	1						
	Distancia (metros)	Tiempo medio	Tiempo de ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final
1	12	0,54	0,48	0,39	0,87	0,00	0,87
2	28	0,97	1,35	1,08	2,42	0,00	2,42
3	34	1,09	1,52	1,22	2,74	0,00	2,74
4	8	0,43	0,47	0,37	0,84	0,00	0,84
5	44	1,22	1,55	1,24	2,79	0,00	2,79
6	46	1,24	1,04	0,83	1,86	0,00	1,86
7	33	1,07	1,69	1,36	3,05	0,00	3,05
8	6	0,38	0,44	0,35	0,79	0,00	0,79
9	28	0,97	0,67	0,54	1,21	0,00	1,21
10	49	1,25	1,28	1,03	2,31	0,00	2,31
11	42	1,20	1,52	1,21	2,73	0,00	2,73
12	36	1,12	0,76	0,61	1,37	0,00	1,37
12	22	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Una vez simulada una cosecha de 160 racimos, se obtiene la duración total de la misma. En la simulación de la Tabla 38 se observa que la duración fue de 258.36 minutos equivalentes a 4.31 horas. Esta simulación se repite 1000 veces, obteniéndose 1000 valores diferentes de duración de cosecha, que recogerán a variabilidad de dicho proceso. Para obtener estas simulaciones utilizamos la opción de ‘Tabla de Datos’ de Excel, que se encuentra dentro de las opciones de ‘Datos/Análisis de Hipótesis’.

3. Simulaciones propuestas para incorporar cable vía

Aquí se van a simular las propuestas para el proceso de cosecha con cable vía en la parcela Cruz y en la parcela Penadillo. Para ello se consideran, los tiempos de las muestras realizadas para cada parcela en el proceso de traslado desde la ubicación de la planta hasta la ubicación del cable vía, en función de los valores de velocidad, distancia y tiempo, respectivamente; y los tiempos de las muestras realizadas para el proceso de traslado de la ubicación del cable vía hasta la zona de empaque, los datos de la parcela Nonajulca. Teniendo en cuenta las mismas características para todas las parcelas. En estas simulaciones se establece trabajar con tres cargadores y una persona encargada del corte de los racimos, al igual que en la parcela Nonajulca, para una mejor optimización del proceso de cosecha.

Además, se tiene en cuenta que el número de racimos programados para una jornada de trabajo, es de 160 racimos.

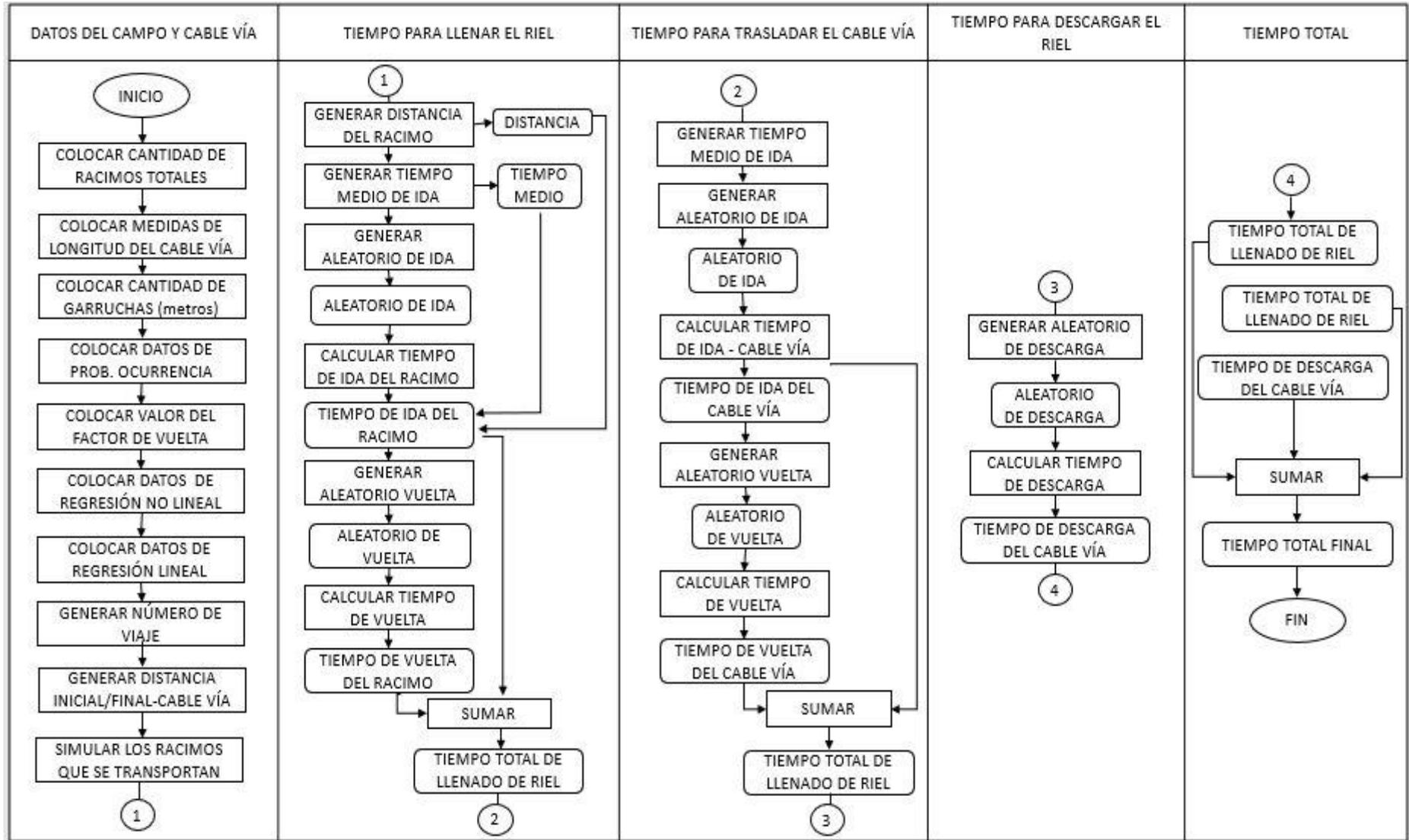


Figura 81. Diagrama de flujo específico de la simulación en Excel.
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Nonajulca por tres trabajadores.

Viaje	Racimas		Tiempo total al cable vía	Tiempo total a la zona de empaque	Descarga del cable vía	Tiempo total	Traslado a la zona de empaque			1						...	20						Tiempo acumulado por viaje
	Por viaje	Acumuladas					Tiempo medio de ida	Tiempo de Ida	Tiempo de Vuelta	Distancia	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final	Distancia	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final		
1	20	20	12,57	4,04	4,00	20,61	2,31	2,23	1,80	19	0,89	0,71	1,60	0,00	1,60		38	1,09	0,44	1,53	11,03	12,57	12,57
2	10	30	10,98	4,77	1,00	37,36	2,71	2,55	2,22	34	1,42	1,14	2,56	0,00	2,56		7	0,00	0,00	0,00	10,98	10,98	10,98
3	20	50	14,33	5,84	1,00	58,53	3,11	3,27	2,56	20	1,02	0,82	1,84	0,00	1,84		38	0,92	0,27	1,19	13,14	14,33	14,33
4	10	60	9,46	6,60	1,00	75,58	3,51	3,70	2,90	31	0,74	0,59	1,34	0,00	1,34		5	0,00	0,00	0,00	9,46	9,46	9,46
5	15	75	15,41	6,97	2,00	99,96	3,91	4,01	2,96	9	0,38	0,30	0,68	0,00	0,68		11	0,00	0,00	0,00	15,41	15,41	15,41
6	10	85	9,03	7,74	3,00	119,73	4,31	4,37	3,36	30	0,92	0,74	1,66	0,00	1,66		6	0,00	0,00	0,00	9,03	9,03	9,03
7	20	105	17,59	8,34	2,00	147,66	4,71	4,50	3,85	21	0,54	0,43	0,97	0,00	0,97		14	0,32	0,59	0,91	16,68	17,59	17,59
8	10	115	8,17	9,55	2,00	167,38	5,11	5,31	4,23	43	1,09	0,87	1,96	0,00	1,96		49	0,00	0,00	0,00	8,17	8,17	8,17
9	10	125	8,04	9,99	2,00	187,40	5,51	5,47	4,51	10	0,46	0,37	0,83	0,00	0,83		41	0,00	0,00	0,00	8,04	8,04	8,04
10	10	135	8,81	10,44	3,00	209,65	5,91	5,72	4,72	19	0,66	0,53	1,19	0,00	1,19		8	0,00	0,00	0,00	8,81	8,81	8,81
11	20	155	13,84	11,49	1,00	235,99	6,31	6,42	5,07	39	1,60	1,28	2,87	0,00	2,87		14	0,74	0,48	1,22	12,62	13,84	14,33
12	5	160	8,04	12,33	2,00	258,36	6,71	6,89	5,45	36	1,46	1,17	2,62	0,00	2,62		13	0,00	0,00	0,00	8,04	8,04	8,04
12	0	160	0,00	0,00	0,00	258,36	7,11	0,00	0,00	17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0	160	0,00	0,00	0,00	258,36	7,51	0,00	0,00	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0	160	0,00	0,00	0,00	258,36	7,91	0,00	0,00	37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0	160	0,00	0,00	0,00	258,36	8,31	0,00	0,00	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38 Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.

TIEMPOS TOTALES		TIEMPOS TOTALES	
DURACIÓN MÁXIMA (horas)	279,38	DURACIÓN MÁXIMA (horas)	4,66
1	269,22	1	4,49
2	253,82	2	4,23
3	330,26	3	5,50
4	300,63	4	5,01
5	265,25	5	4,42
6	286,09	6	4,77
7	339,61	7	5,66
8	313,77	8	5,23
9	326,14	9	5,44
10	283,41	10	4,72
11	327,86	11	5,46
12	361,41	12	6,02
13	325,66	13	5,43
14	280,85	14	4,68
15	299,03	15	4,98
⋮	⋮	⋮	⋮
991	328,80	991	5,48
992	319,55	992	5,33
993	278,89	993	4,65
994	334,73	994	5,58
995	369,75	995	6,16
996	311,63	996	5,19
997	268,40	997	4,47
998	302,83	998	5,05
999	293,34	999	4,89
1000	284,63	1000	4,74

Fuente: Elaboración propia

Considerando los datos de regresión para el traslado del riel del cable vía hasta la zona de empaque, y datos de regresión para el traslado de los racimos hasta el riel del cable vía, por medio de los cargadores.

3.1. Parcela Cruz. Para realizar esta simulación, se consideran los mismos datos que en la parcela Nonajulca, con la diferencia que la longitud del cable vía para esta parcela es de 100 metros y la distancia máxima a recorrer por los cargadores es de 60 metros. Ver Tabla 39.

Tabla 39. Datos de la parcela.

Racimas	160
Longitud cable vía	100
Longitud del riel	20
Max. Ancho del campo	60
Probabilidad 10	50%
Probabilidad 15	40%
Probabilidad 20	10%
Min. Ancho del campo	5
Factor vuelta	0,8

Fuente: Elaboración propia

Dado que se desea ver el comportamiento de esta parcela con la implementación del cable vía, en la Figura 82 se propone instalar dos tramos de cable vía a lo ancho de la parcela, por las dimensiones con las que cuenta este campo. Para la simulación solo se tendrá en cuenta un tramo dado que las condiciones son similares para ambos lados de la zona de empaque.

A. Simulación del traslado del riel del cable vía a la zona de empaque y viceversa

Para realizar la simulación del traslado del cable vía a la zona de empaque se tiene en cuenta lo siguiente:

i. Simulación de la distancia del cable vía a la zona de empaque

Al igual que en la simulación anterior se inicia generando, el número de viajes que se emplean para completar con el requerimiento de racimos en una jornada diaria; la distancia inicial y final a la que se encuentra el riel de cable vía de la zona de empaque; la cantidad de racimos que se trasladan en cada viaje y la cantidad de racimos acumuladas en ese momento.

Tomando en cuenta la longitud del cable vía para esta parcela, 100 metros, se simula la distancia inicial y final del riel del cable vía. Siendo la distancia inicial el punto de inicio donde se encuentra el riel en el momento determinado del viaje, hallándose de forma aleatoria entre 0 y 100 metros; y la distancia final que es igual a la suma entre la distancia inicial y la longitud del riel.

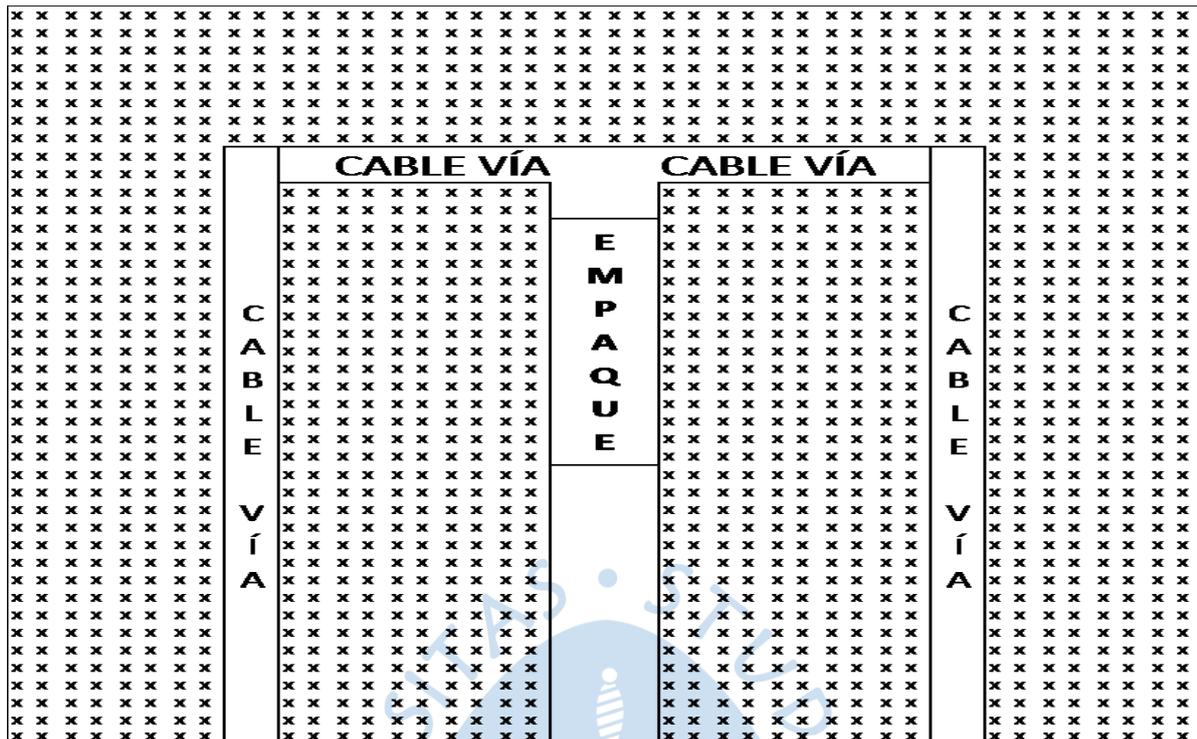


Figura 82. Mapa de distribución propuesta para la parcela Cruz.

Fuente: Elaboración propia

Luego se simula la cantidad de racimos que se cosechan en cada viaje de acuerdo a las probabilidades determinadas para cada cantidad de racimos, respectivamente; y la cantidad de racimos acumulados que es la suma total de estos por viaje a medida que pasa el tiempo.

En la Tabla 40 se muestra la simulación para esta parte del proceso.

Tabla 40. Datos iniciales de la simulación.

Viaje	Distancia del Cable vía- zona de empaque (metros)		Racimas	
	Inicial	Final	Por viaje	Acumuladas
1	5	25	20	20
2	25	45	20	40
3	55	65	10	50
4	75	85	10	60
5	85	20	20	80
6	30	40	10	90
7	40	60	20	110
8	60	80	20	130
9	80	100	20	150
10	110	20	10	160

Fuente: Elaboración propia

ii. Simulación del tiempo de transporte del riel del cable vía hasta la zona de empaque

Establecida la distancia inicial del riel – 5 a 110 metros – se comienza a describir la modelización del tiempo de traslado del riel del cable vía a la zona de empaque

Tal como se mencionó anteriormente, se utilizarán los datos de la simulación de la Parcela Nonajulca, teniendo en cuenta los datos propios de la parcela como su dimensionamiento, la ubicación del cable vía, la ubicación del empaque, entre otros.

Con los datos de la recta de regresión se simula el tiempo medio, y con este se simula el tiempo de vuelta más adecuado de acuerdo a las condiciones reales de la parcela.

iii. Simulación del tiempo de ida, hasta el riel del cable vía

Para esta parte de la simulación se tomarán los valores y los gráficos obtenidos en la simulación anterior de la parcela Nonajulca.

Con el tiempo medio y el tiempo de traslado del riel del cable vía hasta la zona de empaque, se puede simular el tiempo que se requiere ahora, tiempo desde la zona de empaque hasta el riel del cable vía, siendo este tiempo igual a la función de la inversa de la normal multiplicado por el factor.

En la Tabla 41 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas por este procedimiento, donde cada fila corresponde a un viaje del riel del cable vía hasta la zona de empaque.

Tabla 41. Tiempo de traslado a la zona de empaque.

Viaje	Traslado a la zona de empaque		
	Tiempo medio de ida	Tiempo de Ida	Tiempo de Vuelta
1	0,85	0,83	0,55
2	1,25	1,44	0,94
3	1,65	1,75	1,17
4	2,05	1,71	1,70
5	2,45	2,53	1,99
6	2,85	2,88	2,18
7	3,25	3,23	2,65
8	3,65	3,76	2,77
9	4,05	4,26	3,17
10	4,45	4,41	3,51
10	4,85	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

B. Simulación del traslado de los racimos al cable vía

Buscando con ello representar el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la ubicación del riel del cable vía.

i. Simulación de tiempo de transporte del racimo hasta el cable vía

Para la simulación de este tiempo, el cual se tiene un registro de acuerdo a las muestras realizadas en la Tabla 13 y Tabla 14 y considerando que la ubicación inicial de la persona que va a transportar el racimo será – coordenada (0,0)- y la ubicación donde se localiza la planta, estará en un rango de 5 a 60 metros -coordenadas (X,0)- distancia lineal. Se procede a estimar la línea de regresión a partir del método de la gráfica de dispersión con regresión y con esto calcular el tiempo medio, el cual nos permitirá describir la modelización del tiempo que se desea simular.

Con los datos que se obtienen de la recta de la función logarítmica, se van a simular los posibles tiempos que tarda cada trabajador en trasladar un racimo de banano orgánico hasta la ubicación del riel del cable vía.

ii. Simulación del tiempo de ida, hasta la planta

Luego de tener el tiempo medio y el tiempo de traslado hasta el riel del cable vía, se simula el tiempo de ida, hasta la planta. Con el propósito de incorporar este tiempo y de acuerdo a la experiencia vista en el proceso real, este tiempo equivale al 80% del tiempo de vuelta, debido a que no se considera el peso del racimo, dado que van vacíos, por lo tanto, realizaran el traslado en menor tiempo.

La duración total de recorrido es la suma del tiempo de ida y el tiempo de vuelta. También, se simula la hora de inicio y la hora final. Teniendo las mismas consideraciones que en la parcela Nonajulca. Después de realizar las simulaciones de todos los racimos correspondientes para cada viaje, se halla el tiempo acumulado por viaje, siendo este el tiempo total por viaje que se tardan en trasladar una cierta cantidad de racimos.

En la Tabla 42 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas para esta parte del proceso, donde cada fila corresponde a la cosecha de una determinada cantidad de racimos para cada viaje del riel del cable vía, en una jornada de trabajo.

Tabla 42. Simulación del proceso de traslado de racimos.

Viaje	1						
	Distancia (metros)	Tiempo medio	Tiempo de ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final
1	26	0,67	0,68	0,46	1,14	0,00	1,14
2	49	1,05	1,21	1,08	2,29	0,00	2,29
3	52	1,10	1,18	0,95	2,13	0,00	2,13
4	6	0,34	0,32	0,20	0,52	0,00	0,52
5	41	0,92	1,02	0,95	1,97	0,00	1,97
6	33	0,78	0,64	0,55	1,19	0,00	1,19
7	8	0,37	0,46	0,78	1,23	0,00	1,23
8	51	1,08	0,82	0,77	1,59	0,00	1,59
9	18	0,54	0,81	0,50	1,31	0,00	1,31
10	9	0,39	0,51	0,34	0,85	0,00	0,85
10	21	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Además, se considera un tiempo de descarga del cable vía, el cual se simula dependiendo de la cantidad de racimos que se van a descargar.

Para culminar con esta simulación se calcula el tiempo final del proceso de cosecha, desde la ubicación de la plantación hasta la zona de empaque, y se representa por medio de la suma del tiempo total de racimos, el tiempo total a la zona de empaque y el tiempo de descarga; obteniendo al final el tiempo de duración total de la jornada de acuerdo con la cantidad de racimo requeridos. En la Tabla 43 se muestra el resumen de los tiempos totales del proceso realizado y en la Tabla 45 se muestra la simulación completa de esta parcela.

Tabla 43. Tiempo total del proceso de cosecha desde la plantación hasta la zona de empaque.

Viaje	Tiempo total al cable vía	Tiempo total a la zona de empaque	Descarga del cable vía	Tiempo total
1	11,40	3,53	6,00	20,93
2	10,28	4,37	6,00	41,58
3	12,03	5,04	2,00	60,65
4	12,93	5,75	6,00	85,33
5	10,49	6,63	4,00	106,46
6	7,66	7,06	5,00	126,18
7	8,77	8,01	4,00	146,96
8	12,37	8,64	5,00	172,97
9	9,84	9,56	3,00	195,36
9	0,00	0,00	0,00	195,36

Fuente: Elaboración propia

Una vez simulada una cosecha de 160 racimas, se obtiene la duración total de la misma. En la simulación de la Tabla 44 se observa que la duración fue de 220.78 minutos equivalentes a 3.68 horas. Esta simulación se repite 1000 veces, obteniéndose 1000 valores diferentes de la duración total de cosecha. En la Tabla 45 se muestran los datos de duración total en minutos y horas de estas cosechas simuladas, cada una con 160 racimas simuladas.

3.1.Parcela Penadillo. Para esta simulación, como ya se ha mencionado anteriormente, se tomarán en consideración los datos con los que se trabajó en la parcela Nonajulca, teniendo en cuenta algunos datos propios de la parcela como: la diferencia que la longitud del cable vía para esta parcela es de 600 metros y la distancia máxima a recorrer por los cargadores es de 60 metros. Ver Tabla 44.

Tabla 44. Datos de la parcela.

Racimas	160
Longitud cable vía	600
Longitud del riel	20
Max. Ancho del campo	60
Probabilidad 10	50%
Probabilidad 15	40%
Probabilidad 20	10%
Min. Ancho del campo	5
Factor vuelta	0,8

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 83 se muestra el plano propuesto, con la mejor optimización para el traslado, incluyendo la implementación del cable vía en la parcela Penadillo. Donde se puede ver un gran parecido con la distribución de la Parcela Nonajulca.

A. Simulación del traslado del riel del cable vía a la zona de empaque y viceversa

Para el desarrollo de esta parte del proceso se tiene en cuenta lo siguiente:

Tabla 45. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Cruz por tres trabajadores.

Viaje	Racimas		Tiempo total al cable vía	Tiempo total a la zona de empaque	Descarga del cable vía	Tiempo total	Traslado a la zona de empaque			1						...	20						Tiempo acumulado por viaje
	Por viaje	Acumuladas					Tiempo medio de ida	Tiempo de Ida	Tiempo de Vuelta	Distancia	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final	Distancia	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final		
1	20	20	10,39	1,55	5,00	16,93	0,73	0,89	0,65	7	0,35	0,39	0,75	0,00	0,75		14	1,05	0,10	1,15	9,24	10,39	11,24
2	10	30	10,73	2,05	2,00	31,71	1,13	1,18	0,87	19	0,59	0,50	1,09	0,00	1,09		44	0,00	0,00	0,00	10,73	10,73	10,73
3	10	40	7,58	2,77	4,00	46,06	1,53	1,45	1,32	22	0,52	0,61	1,13	0,00	1,13		51	0,00	0,00	0,00	7,58	7,58	7,58
4	20	60	12,25	3,46	4,00	65,78	1,93	1,92	1,53	41	0,83	0,86	1,69	0,00	1,69		23	0,67	0,60	1,27	10,99	12,25	12,25
5	10	70	7,67	4,38	3,00	80,82	2,33	2,49	1,89	31	0,86	0,71	1,57	0,00	1,57		6	0,00	0,00	0,00	7,67	7,67	7,67
6	20	90	10,95	4,77	4,00	100,55	2,73	2,66	2,11	19	0,93	0,30	1,23	0,00	1,23		25	0,52	0,30	0,82	10,14	10,95	11,39
7	15	105	12,53	5,75	4,00	122,82	3,13	3,18	2,56	43	0,82	0,78	1,60	0,00	1,60		52	0,00	0,00	0,00	12,53	12,53	12,53
8	10	115	9,90	6,18	2,00	140,90	3,53	3,18	3,00	56	1,17	0,75	1,92	0,00	1,92		24	0,00	0,00	0,00	9,90	9,90	9,90
9	20	135	10,88	6,91	4,00	162,70	3,93	3,77	3,15	45	1,21	1,17	2,38	0,00	2,38		33	0,94	0,40	1,34	9,54	10,88	10,88
10	10	145	8,56	7,57	4,00	182,83	4,33	4,22	3,35	29	0,65	0,65	1,31	0,00	1,31		9	0,00	0,00	0,00	8,56	8,56	8,56
11	10	155	8,70	8,49	4,00	204,03	4,73	4,67	3,82	43	0,79	0,79	1,58	0,00	1,58		9	0,00	0,00	0,00	8,70	8,70	8,70
12	5	160	5,23	9,52	2,00	220,78	5,13	5,25	4,27	20	0,60	0,34	0,94	0,00	0,94		30	0,00	0,00	0,00	5,23	5,23	5,23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.

TIEMPOS TOTALES		TIEMPOS TOTALES	
DURACIÓN MÁXIMA (minutos)	188,80	DURACIÓN MÁXIMA (horas)	3,15
1	215,75	1	3,60
2	252,54	2	4,21
3	226,17	3	3,77
4	273,77	4	4,56
5	271,53	5	4,53
6	208,82	6	3,48
7	215,65	7	3,59
8	255,57	8	4,26
9	272,42	9	4,54
10	247,40	10	4,12
11	239,47	11	3,99
12	249,59	12	4,16
13	251,87	13	4,20
14	239,58	14	3,99
15	223,04	15	3,72
⋮	⋮	⋮	⋮
991	248,04	991	4,13
992	284,08	992	4,73
993	240,99	993	4,02
994	235,49	994	3,92
995	307,78	995	5,13
996	260,50	996	4,34
997	248,40	997	4,14
998	238,44	998	3,97
999	261,46	999	4,36
1000	223,01	1000	3,72

Fuente: Elaboración propia

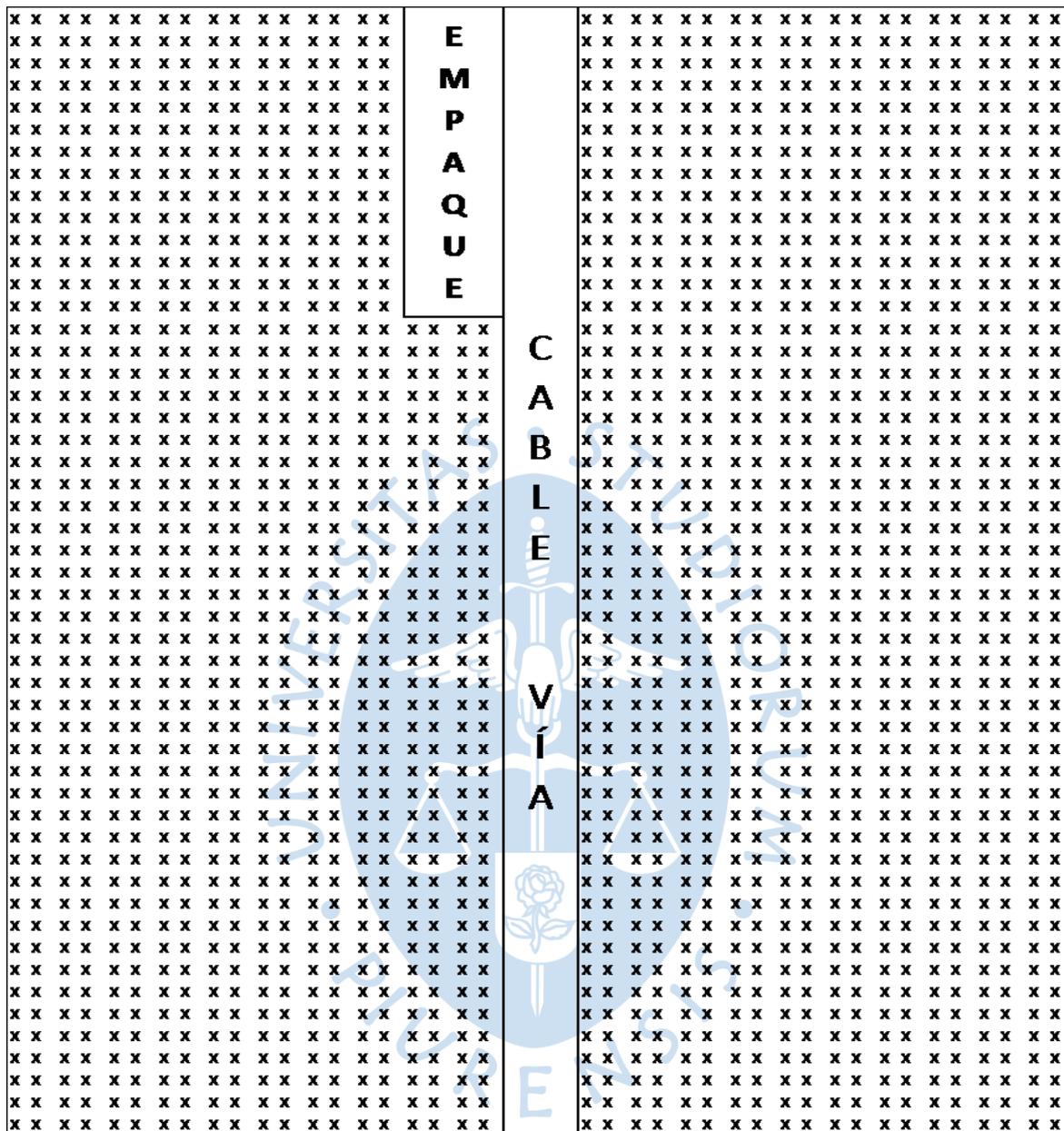


Figura 83. Mapa de distribución propuesta para la parcela Penadillo.
Fuente: Elaboración propia

i. Simulación de la distancia del cable vía a la zona de empaque

Se inicia generando el número de viajes que se emplean para completar con el requerimiento de racimos en una jornada diaria; la distancia inicial y final a la que se encuentra el riel de cable vía de la zona de empaque (tomando en cuenta que la longitud del cable vía para esta parcela es de 600 metros); la cantidad de racimos que se trasladan en cada viaje y la cantidad de racimos acumuladas en ese momento. Todos estos datos son simulados de la misma manera que se desarrolló en las parcelas anteriores, parcela Nonajulca y parcela Cruz.

En la Tabla 47 se muestra la simulación para esta parte del proceso.

ii. Simulación del tiempo de transporte del riel del cable vía hasta la zona de empaque

Para esta parte de la simulación se tomarán los valores y los gráficos obtenidos en la simulación anterior de la parcela Nonajulca. Dado que se trabajarán con estos resultados anteriores.

Con los datos de la recta de regresión se simula el tiempo medio, para poder así calcular el tiempo de vuelta más adecuado de acuerdo a las condiciones reales de la parcela.

Tabla 47. Datos iniciales de la simulación.

Viaje	Distancia del Cable vía- zona de empaque (metros)		Racimas	
	Inicial	Final	Por viaje	Acumuladas
1	186	206	20	20
2	206	226	20	40
3	226	246	20	60
4	246	266	15	75
5	266	286	20	95
6	286	306	20	115
7	306	326	15	130
8	326	346	20	150
9	346	366	10	160

Fuente: Elaboración propia

iii. Simulación del tiempo de ida, hasta el riel del cable vía

Con el tiempo medio y el tiempo de traslado del riel del cable vía hasta la zona de empaque, se puede simular el tiempo que se necesita ahora. Siendo este tiempo igual a la función de la inversa de la normal multiplicado por el factor.

En la Tabla 48 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas por este procedimiento, donde cada fila corresponde a un viaje del riel del cable vía hasta la zona de empaque.

A. Simulación del traslado de los racimos al cable vía

En esta simulación, se utilizan los datos de la simulación anterior de la Parcela Penadillo. Dado que se desea ver el comportamiento de esta parcela con la implementación del cable vía, se tienen en cuenta los datos propios como: su dimensionamiento, la ubicación del cable vía, la ubicación del empaque, entre otros. Buscando con esto representar el tiempo total que se demoran los trabajadores en realizar el proceso de traslado de cada racimo desde la planta hasta la ubicación del riel del cable vía.

i. Simulación de tiempo de transporte del racimo hasta el cable vía

Para la simulación de este tiempo, del cual se tiene un registro de acuerdo a las muestras realizadas en la Tabla 15 y Tabla 16, las cuales se tomarán como referencia, y sabiendo que la ubicación inicial de la persona que va a transportar el racimo será – coordenada (0,0)- y la ubicación donde se localiza la planta, estará en un rango de 5 a 60 metros. Se sigue a estimar la línea de regresión a partir del método de la gráfica de dispersión con regresión y con esto calcular el tiempo medio.

Tabla 48. Tiempo de traslado a la zona de empaque.

Viaje	Traslado a la zona de empaque		
	Tiempo medio de ida	Tiempo de Ida	Tiempo de Vuelta
1	11,47	11,27	9,08
2	11,87	12,01	9,48
3	0,47	0,51	0,27
4	0,87	1,07	0,76
5	1,27	1,21	1,06
6	1,67	1,70	1,30
7	2,07	1,85	1,80
8	2,47	2,49	1,87
9	2,87	2,91	2,33
10	3,27	3,27	2,51
11	3,67	3,59	2,99
11	4,07	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos que se obtuvieron de la recta de la función logarítmica, se van a simular los posibles tiempos que tarda cada trabajador en trasladar un racimo de banano orgánico hasta la ubicación del riel del cable vía.

ii. Simulación del tiempo de ida, hasta la planta

Luego de tener el tiempo medio y el tiempo de traslado hasta el riel del cable vía, se simula el tiempo de ida, hasta la planta. El cual equivale al 80% del tiempo de vuelta.

La duración total de recorrido es la suma del tiempo de ida y el tiempo de vuelta. También, se simula la hora de inicio y la hora final. Teniendo las mismas consideraciones que en la parcela Nonajulca y en la parcela Cruz. Después de realizar las simulaciones de todos los racimos de acuerdo a cada viaje, se halla el tiempo acumulado por viaje, siendo este el tiempo total por viaje que se tardan en trasladar una cierta cantidad de racimos.

En la Tabla 49 se muestra un ejemplo de las simulaciones obtenidas para esta parte del proceso.

Tabla 49. Simulación del proceso de traslado de racimos

Viaje	Proceso de traslado de racimos						
	Distancia (metros)	Tiempo medio	Tiempo de ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final
1	6	1,96	1,90	1,96	3,86	0,00	3,86
2	50	2,33	2,29	2,33	4,63	0,00	4,63
3	24	2,11	2,08	2,12	4,20	0,00	4,20
4	5	1,95	1,80	2,22	4,02	0,00	4,02
5	55	2,37	2,44	2,42	4,86	0,00	4,86
6	28	2,14	2,11	2,14	4,25	0,00	4,25
7	36	2,21	2,15	2,40	4,55	0,00	4,55
8	17	2,05	2,15	2,20	4,35	0,00	4,35
9	43	2,27	2,37	2,34	4,71	0,00	4,71
10	43	2,27	2,22	2,17	4,39	0,00	4,39
11	21	2,08	2,07	1,99	4,05	0,00	4,05
11	5	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Para culminar con esta simulación se calcula el tiempo final del proceso de cosecha, desde la ubicación de la plantación hasta la zona de empaque, y se representa por medio de la suma del tiempo total de racimos, el tiempo total a la zona de empaque y el tiempo de descarga, el cual se simula dependiendo de la cantidad de racimos que se van a descarga. Obteniendo como resultado el tiempo de duración total de la jornada de acuerdo con la cantidad de racimo requeridos. En la Tabla 50 se muestra el resumen de los tiempos totales del proceso realizado y en la Tabla 51 se muestra la simulación completa de esta parcela.

Una vez simulada una cosecha de 160 racimas, se obtiene la duración total de la misma. En la simulación de la Tabla 52 se observa que la duración fue de 220.78 minutos equivalentes a 3.68 horas. Esta simulación se repite 1000 veces, obteniéndose 1000 valores diferentes de la duración total de cosecha. En la Tabla 52 se muestran los datos de duración total en minutos y horas de estas cosechas simuladas, cada una con 160 racimas simuladas

Tabla 50. Tiempo total del proceso de cosecha desde la plantación hasta la zona de empaque.

Viaje	Tiempo total al cable vía	Tiempo total a la zona de empaque	Descarga del cable vía	Tiempo total
1	31,74	14,54	6,00	52,28
2	44,02	15,25	4,00	115,55
3	44,17	15,81	2,00	177,53
4	45,43	16,68	4,00	243,63
5	44,47	17,43	4,00	309,53
6	30,85	18,17	6,00	364,56
7	30,44	18,87	4,00	417,87
8	42,54	19,70	4,00	484,11
9	30,89	20,46	4,00	539,46
10	45,20	20,77	2,00	607,43
11	44,67	21,75	3,00	676,85
12	44,06	0,92	2,00	723,83
12	13,86	0,00	0,00	737,69

Fuente: Elaboración propia



Tabla 51. Datos de la simulación del proceso de cosecha de la parcela Penadillo con tres trabajadores.

Viaje	Racimas		Tiempo total al cable vía	Tiempo total a la zona de empaque	Descarga del cable vía	Tiempo total	Traslado a la zona de empaque			1							...	20						Tiempo acumulado por viaje
	Por viaje	Acumuladas					Tiempo medio de ida	Tiempo de Ida	Tiempo de Vuelta	Distancia	Tiempo medio	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final	Distancia	Tiempo medio	Tiempo de Ida	Tiempo de vuelta	Tiempo de ida/vuelta	Hora inicio	Hora final	
1	20	20	31,55	2,26	2,00	35,81	1,13	1,33	0,93	21	2,08	2,11	2,07	4,18	0,00	4,18	18	2,06	2,10	2,02	4,12	27,43	31,55	31,55
2	20	40	31,66	2,85	2,00	72,32	1,53	1,57	1,28	33	2,18	2,05	2,00	4,05	0,00	4,05	44	2,28	2,33	2,09	4,41	27,25	31,66	31,66
3	20	60	31,77	3,41	1,00	108,50	1,93	1,88	1,52	32	2,18	2,32	2,36	4,68	0,00	4,68	8	1,97	1,88	1,93	3,81	27,96	31,77	31,77
4	10	70	42,90	4,07	2,00	157,46	2,33	2,22	1,85	8	1,97	2,10	1,97	4,07	0,00	4,07	11	2,00	2,00	2,00	4,00	38,89	42,90	45,04
5	20	90	30,98	4,82	1,00	194,26	2,73	2,74	2,09	56	2,38	2,32	2,36	4,68	0,00	4,68	35	2,20	2,17	2,12	4,29	26,69	30,98	30,98
6	10	100	44,77	5,57	2,00	246,61	3,13	3,13	2,45	32	2,18	2,12	2,21	4,34	0,00	4,34	34	2,19	2,15	2,26	4,40	40,37	44,77	44,77
7	10	110	44,56	6,34	0,00	297,51	3,53	3,58	2,76	21	2,08	2,01	2,03	4,04	0,00	4,04	20	2,07	1,93	2,24	4,17	40,39	44,56	44,56
8	15	125	43,95	7,36	0,00	348,82	3,93	4,13	3,23	44	2,28	2,34	2,52	4,86	0,00	4,86	34	2,19	2,21	2,40	4,62	39,33	43,95	43,95
9	15	140	42,50	7,65	0,00	398,98	4,33	4,24	3,42	28	2,14	2,25	1,91	4,16	0,00	4,16	40	2,24	2,42	2,29	4,71	37,79	42,50	43,87
10	10	150	44,63	8,41	0,00	452,02	4,73	4,64	3,77	20	2,07	1,95	2,30	4,25	0,00	4,25	9	1,98	2,21	2,19	4,40	40,23	44,63	44,63
11	10	160	43,21	9,18	0,00	504,42	5,13	5,06	4,12	41	2,25	2,24	2,21	4,44	0,00	4,44	24	2,11	2,13	1,90	4,03	39,18	43,21	43,21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Tiempos totales de 1000 simulaciones, en minutos y horas.

TIEMPOS TOTALES		TIEMPOS TOTALES	
DURACIÓN MÁXIMA (minutos)	648,08	DURACIÓN MÁXIMA (horas)	10,80
1	668,88	1	11,15
2	657,46	2	10,96
3	694,37	3	11,57
4	587,35	4	9,79
5	767,76	5	12,80
6	731,26	6	12,19
7	653,18	7	10,89
8	644,83	8	10,75
9	814,78	9	13,58
10	703,86	10	11,73
11	733,36	11	12,22
12	708,40	12	11,81
13	677,17	13	11,29
14	778,98	14	12,98
15	742,63	15	12,38
⋮	⋮	⋮	⋮
991	638,22	991	10,64
992	783,18	992	13,05
993	602,51	993	10,04
994	707,96	994	11,80
995	753,20	995	12,55
996	576,32	996	9,61
997	673,54	997	11,23
998	714,61	998	11,91
999	775,68	999	12,93
1000	674,67	1000	11,24

Fuente: Elaboración propia



Capítulo 6

Análisis de productividad

En este capítulo, se realizará un análisis de la producción actual y propuesta además de un análisis de los costos que se intervienen en dicha producción para cada parcela; comparando así los beneficios y viabilidad que tiene el implementar un sistema de cable vía en las parcelas para el proceso de traslado de los racimos. La implantación del cable vía arroja un aumento notable en la cantidad de cajas producidas y por lo tanto un incremento en los ingresos en la parcela.

1. Análisis de producción

Se realiza el análisis de producción para cada simulación que se ha desarrollado en las tres parcelas; para ello, se analizan los resultados obtenidos de las parcelas con sus hectáreas reales de manera individual. Además, se realiza el análisis de producción de cada simulación propuesta realizadas con la implementación del cable vía en las dos parcelas que no lo tienen para observar en cuanto aumenta la producción con la implementación del sistema de acuerdo con la mejor distribución posible.

1.1. Análisis de producción actual. Para facilitar la comparación de productividad de las diferentes parcelas, se simulará la cosecha de 160 racimos en cada una de ellas, pero con la cantidad de trabajadores que tiene cada parcela actualmente.

Las dimensiones de cada parcela son 5 Ha, 4.1 Ha y 8 Ha para las parcelas Nonajulca, Cruz y Penadillo, respectivamente. Con el fin de facilitar la comparación en las tres parcelas, se decide ajustar las dimensiones de estas en las simulaciones de tal manera que tengan cinco hectáreas cada una para la parcela Cruz y Penadillo.

1.1.1. Parcela Nonajulca. De los valores de tiempo obtenidos para esta parcela en la simulación, de la sección 2.1 del capítulo 5, se genera un histograma donde se puede ver la distribución que siguen los tiempos de duración de la cosecha.

Como se posee un elevado número de valores de duración, es posible caracterizar su distribución sin necesidad de ser ajustada a ninguna distribución concreta. Sin embargo, según el histograma que se muestra en la Figura 84 resulta que se ajusta a una distribución normal, lo cual es razonable debido a que los valores de los tiempos totales de esta simulación corresponden al total de la suma de los tiempos de las actividades de ida, vuelta y descarga.

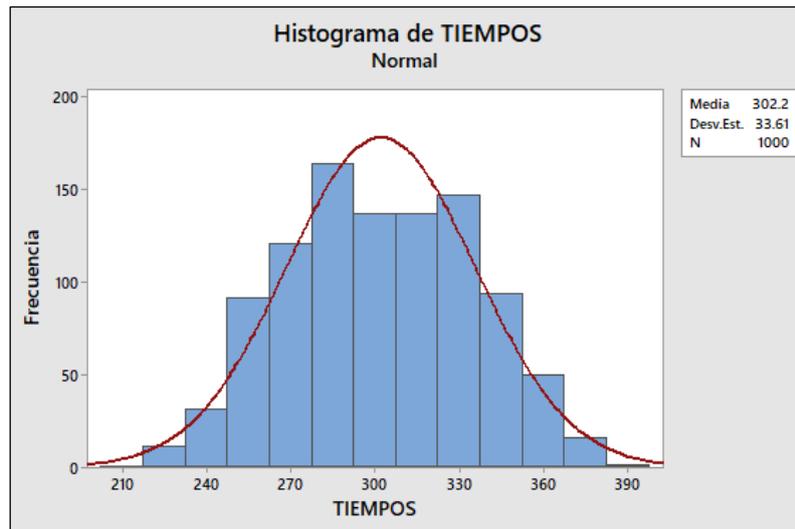


Figura 84. Histograma de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de duración se realiza la gráfica de distribución de frecuencias acumuladas empírica (de sus siglas en inglés, CDF empírica), en Minitab, para evaluar el ajuste de la distribución a los datos y observar los percentiles estimados de los tiempos y percentiles reales de los valores de la muestra.

En Minitab, en la CDF empírica se grafica el valor de cada observación en relación con el porcentaje de valores de la muestra que son inferiores o iguales a ese valor.

Como resultado, se tiene una línea escalonada y una línea ajustada correspondiente a la función de distribución acumulada (CDF) ajustada a la normal. La Figura 85 muestra la gráfica CDF empírica que es similar a una gráfica de probabilidad.

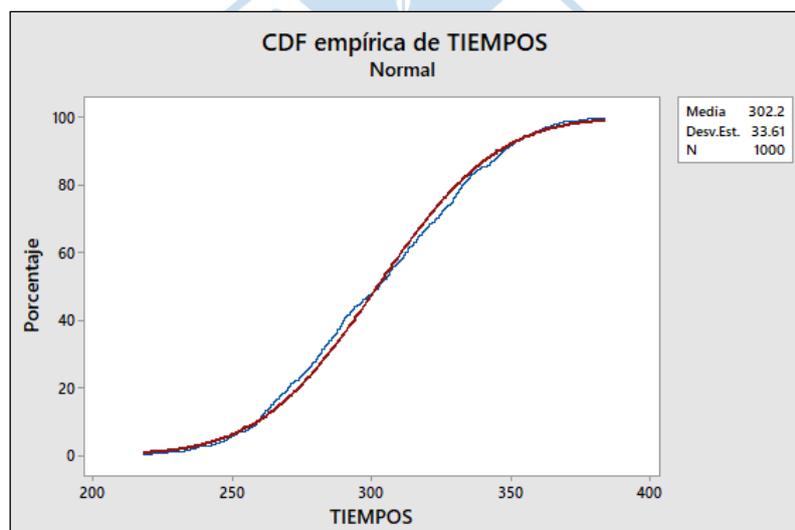


Figura 85. Gráfica CDF empírica de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los valores de duración máxima, mínima, cuantiles, percentiles y además cuantiles, se puede utilizar tanto Minitab como Excel. Ver Tabla 53.

Tabla 53. Datos de cuantiles de interés de la parcela Nonajulca.

Cuantiles	Minutos	Horas
Percentil (0.025)	258,2	4,30
Percentil (0.50)	315,6	5,26
Percentil (0.975)	378,6	6,31

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene que;

- Cuantil 2.5: los valores que están por debajo de 258.2 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 2.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 97.5%.
- Cuantil 97.5: los valores que están por debajo de 378.6 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 97.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 2.5%.
- Hay una probabilidad del 95% de que la cosecha tenga una duración entre 258.2 minutos y 378.6 minutos.
- Percentil 50%, los valores que están por debajo de 315.6 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 50% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 50%.

Además, encontramos que la media de los tiempos totales del proceso es igual a 315.1 minutos, que equivale a 5.25 horas.

Teniendo estos datos se verifica que, en una jornada normal de trabajo, el proceso de cosecha invierte en promedio 5.25 horas con tres personas encargadas de trasladar un total de 160 racimos. Para este caso, se consideran dos etapas en el proceso de cosecha:

A. Traslado de los racimos desde la plantación hacia la ubicación del cable vía

Para calcular el tiempo promedio de cosecha que invierte un trabajador en el proceso de ida y vuelta desde la plantación hasta el cable vía y viceversa; se considera realizar la suma de los tiempos correspondientes de cada proceso, lo cual representa el tiempo total por proceso. Como se desea obtener el tiempo promedio por trabajador, se divide la suma de los tiempos entre la

cantidad total de trabajadores, con estos valores se halla el porcentaje del tiempo de ida y vuelta, en la primera etapa del proceso de cosecha, por trabajador en una jornada diaria. Ver Figura 86.

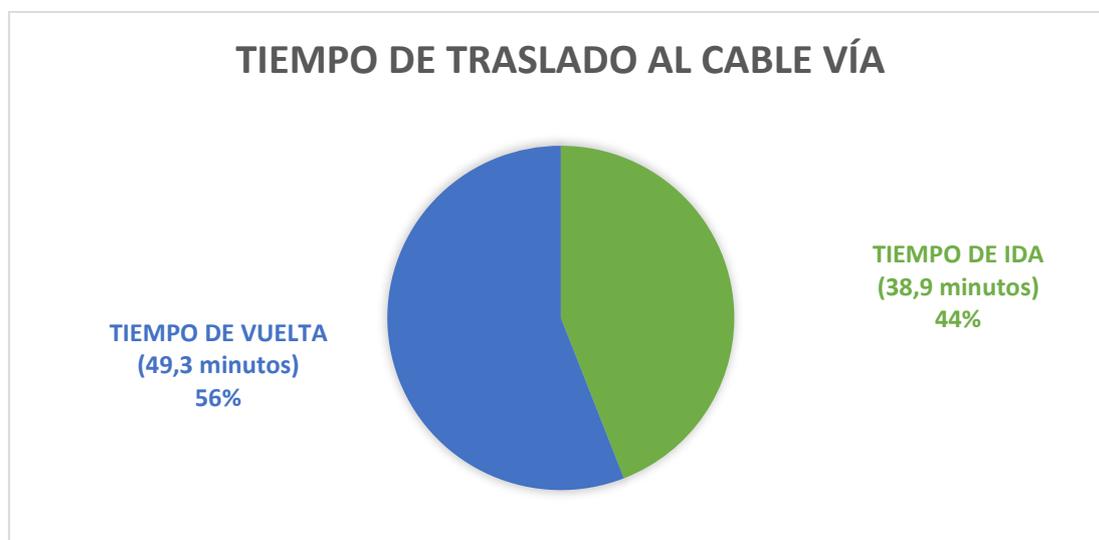


Figura 86. Gráfico de tiempo medio de traslado de los racimos al cable vía.

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el tiempo que se invierte en trasladar un racimo, se considera el tiempo total de cada proceso entre 160, que indica la cantidad de racimos de una jornada.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida, desde la plantación al cable vía, se tarda 0.72 minutos lo cual representa el 44% del tiempo empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta, desde el cable vía a la plantación, se tarda 0.91 minutos lo cual representa el 56% del tiempo empleado para trasladar un racimo.

Al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo medio total que tarda un trabajador en trasladar un racimo desde la plantación hacia el cable vía y volver de nuevo a la plantación a recoger otra racima, el cual es 1.63 minutos. En la Tabla 58, se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 54. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos hacia el cable vía	Tiempo de traslado	Porcentaje	Tiempo por racimo
Ida	38.3	44%	0.72
Vuelta	47.6	56%	0.91
Total	151.8	100%	1.63

Fuente: Elaboración propia

B. Traslado desde su ubicación hacia la zona de empaque y descarga del cable vía

Para el proceso de traslado de los racimos desde la ubicación del cable vía hasta la zona de empaque se tiene en cuenta el tiempo de ida, vuelta y descarga del cable vía en la zona de empaque.

Para calcular el tiempo promedio, ida y vuelta, de traslado desde la ubicación del cable vía donde se cargan los racimos cosechados hasta la zona de empaque; se considera realizar la suma de los tiempos correspondientes, de ida y vuelta, por viaje de cable vía lo cual representa el tiempo total de este proceso. Como se desea obtener el tiempo promedio por viaje, se divide la suma de los tiempos entre la cantidad total de viajes. Y para el tiempo promedio de descarga en la zona de empaque se realiza la suma de los tiempos de descarga y se divide entre la cantidad total de viajes.

Con estos datos se halla el porcentaje que representa el tiempo de ida y vuelta del cable vía y el tiempo de descarga del tiempo total de traslado por trabajador en una jornada de trabajo, en la segunda etapa del proceso de cosecha.

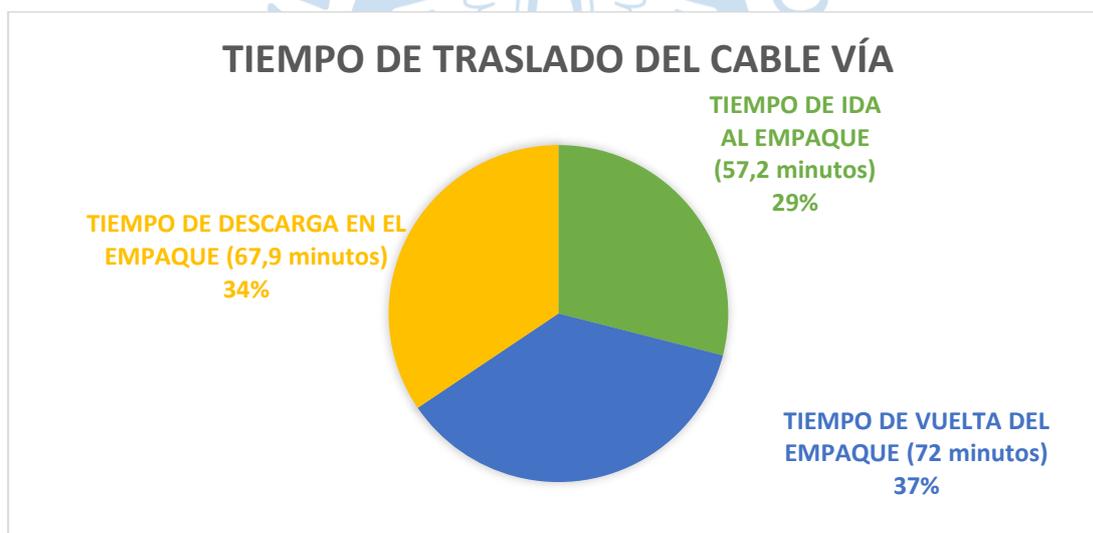


Figura 87. Gráfica del tiempo medio de traslado del cable vía a la zona de empaque.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados, Ver Figura 92:

- En el tiempo de ida, desde la ubicación del cable vía hasta la zona de empaque, se tarda 4.40 minutos lo cual representa 29% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de vuelta, desde la zona de empaque hasta la nueva posición del cable vía, se tarda 5.54 minutos lo cual representa 37% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.22 minutos lo cual representa 34% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

Al sumar los tiempos de cada proceso, se obtiene el tiempo promedio que tarda un trabajador en trasladar el cable vía, en ida y vuelta desde y hasta la zona de empaque, con determinado número de racimos, además del tiempo que demora en descargarlos, el cual es 15.16 minutos.

Se procede a calcular los tiempos de cada etapa del proceso de cosecha, desde que el racimo es cortado de la planta hasta que se descarga en la zona de empaque, obteniendo los tiempos promedios; de ida y vuelta de los racimos hasta el cable vía, ida y vuelta del cable vía hasta la zona de empaque y la descarga de estos racimos.

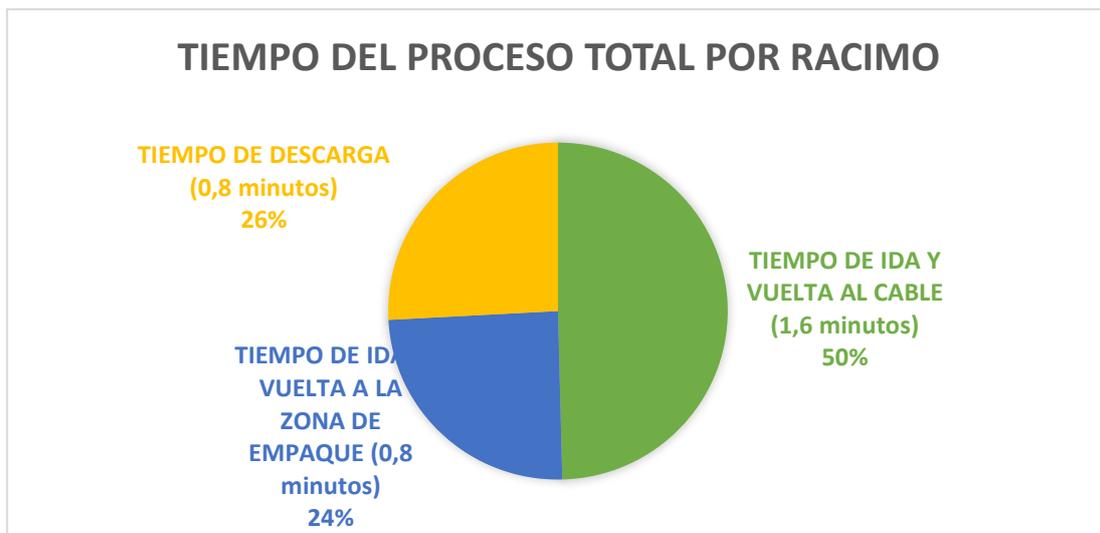


Figura 88. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio, del tiempo del proceso de traslado por racimo, se obtiene los siguientes resultados. Ver Figura 88.

- En el tiempo de ida y vuelta de la plantación al cable vía se tarda 1.63 minutos lo cual representa 50% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de ida y vuelta del cable vía a la plantación se tarda 0.81 minutos lo cual representa 24% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de descarga se tarda 0.85 minutos lo cual representa 26% del tiempo total empleado por racimo.

Al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, desde la ubicación de la planta hasta la zona de empaque incluyendo la descarga, el cual es 3.29 minutos.

Además, se calcula por término medio los tiempos de las actividades para el proceso de cosecha completo por viaje. Ver Figura 89.

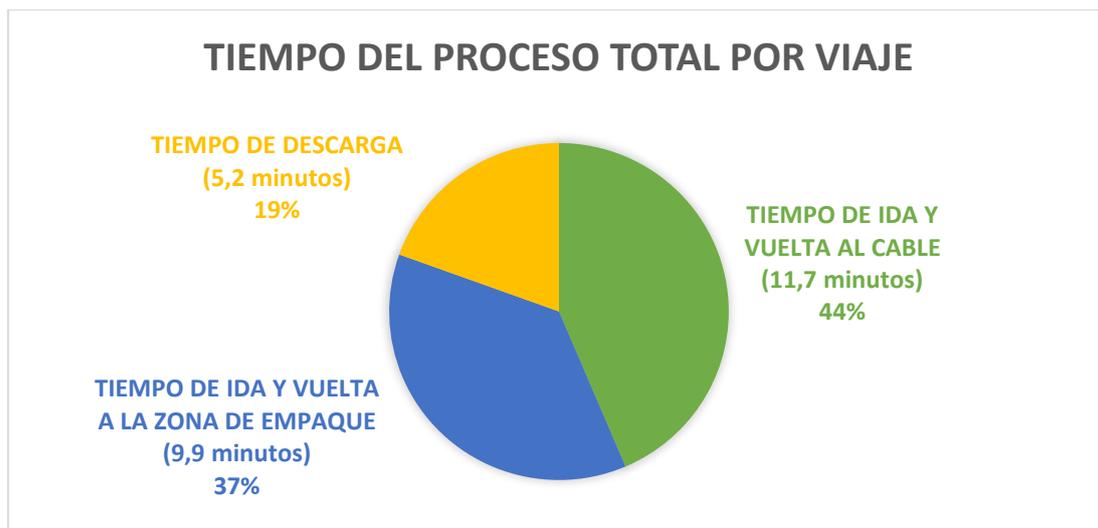


Figura 89. Gráfica de tiempo del proceso total por viaje.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida y vuelta, desde la plantación hasta el cable vía, se tarda 11.7 minutos lo cual representa 44% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de ida y vuelta, desde la ubicación del cable vía hasta la zona de empaque, se tarda 9.9 minutos lo cual representa 37% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.2 minutos lo cual representa 19% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

Al sumar los tiempos de esta etapa, se obtiene el tiempo total promedio que tarda un trabajador en trasladar el cable vía con racimos incluyendo el tiempo que demora en descargar el cable vía, el cual es 26.8 minutos.

Finalmente, en la Tabla 58, se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 55. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos	Tiempo por viaje	Porcentaje	Tiempo por racimo	Porcentaje
Ida y vuelta al cable vía	11.7	44%	1.63	50%
Ida y vuelta al empaque	9.9	37%	0.81	24%
Descarga en el empaque	5.2	19%	0.85	26%
Total	26.8	100%	3.31	100%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 56 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 56. Datos de la parcela Nonajulca.

		Parcela Nonajulca	
Cant. Hectáreas (Ha)	5 ha		
N° Trabajadores	4		
Cargadores	3		
Cortador	1		
N° Racimos	160		
Duración	-		
Mínima	269.6 Minutos	4.5 Horas	
Máxima	414.6 Minutos	6.9 Horas	
Tiempo medio	346.4 Minutos	5.8 Horas	
Duración promedio de cosecha	-		
Plantación-Zona de empaque	-		
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	151.9 Minutos	2.5 Horas	
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	128.2 Minutos	2.1 Horas	
Tiempo de descarga en la zona de empaque	67.8 minutos	1.1 Horas	

Fuente: Elaboración propia

1.1.2. *Parcela Cruz – 4.1 hectáreas.* Con los valores obtenidos en la simulación, se obtuvo un histograma que muestra la distribución que siguen los tiempos de duración de la cosecha.

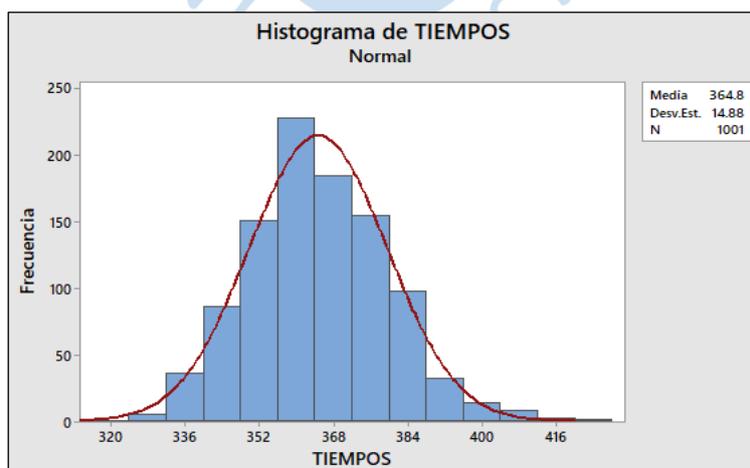


Figura 90. Histograma de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se muestran en la Figura 90 corresponden al total de la suma de los tiempos de ida, vuelta y descanso; resultando el ajuste a una distribución normal.

En la Figura 91 se muestra la curva ajustada correspondiente a la función de distribución acumulada (CDF) ajustada, para evaluar el ajuste de la distribución de los datos y observar los percentiles estimados de los tiempos y percentiles reales de los valores de la muestra.

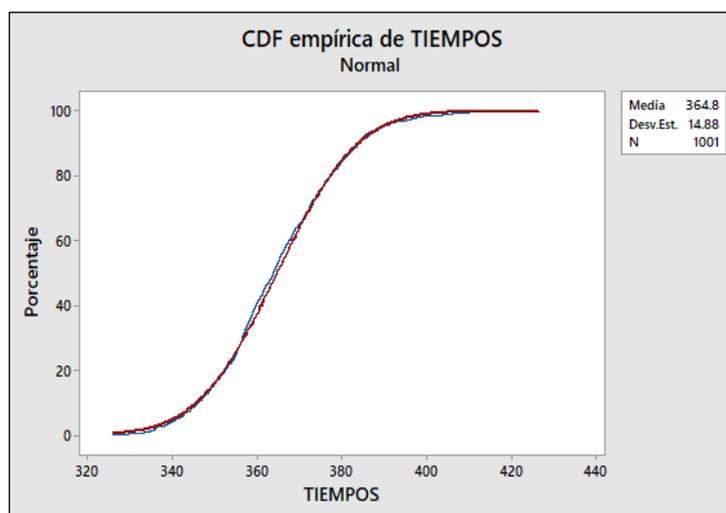


Figura 91. Gráfica CDF empírica de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Con ello se pueden determinar los siguientes cuantiles en la Tabla 57:

Tabla 57. Datos de percentiles de la parcela Cruz.

Cuantiles	Minutos	Horas
Percentil (0.025)	342.0	5.70
Percentil (0.50)	370.8	6.18
Percentil (0.975)	400.1	6.67

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene que;

- Cuantil 2.5, los valores que están por debajo de 342.0 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 2.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 97.5%.
- Cuantil 97.5, los valores que están por debajo de 400.1 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 97.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 2.5%.

- Percentil 50, los valores que están por debajo de 370.8 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 50% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 50%.

Además, encontramos la media de los tiempos totales del proceso, que es igual a 370.6 minutos, igual a 6.18 horas.

Teniendo estos datos se verifica que, en una jornada normal de trabajo, el proceso de cosecha invierte en promedio cinco a siete horas con cuatro personas encargadas de trasladar un total de 160 racimos.

Para calcular el tiempo de cosecha que invierte un trabajador en el proceso de ida, vuelta y descanso; se considera realizar la suma de los tiempos correspondientes de cada proceso, lo cual representa el tiempo total por proceso para cuatro trabajadores. Como se desea obtener el tiempo total por trabajador, se divide la suma de los tiempos entre la cantidad de trabajadores.

Con estos datos se halla el porcentaje que representa cada proceso en el tiempo de cosecha por trabajador en una jornada de trabajo.

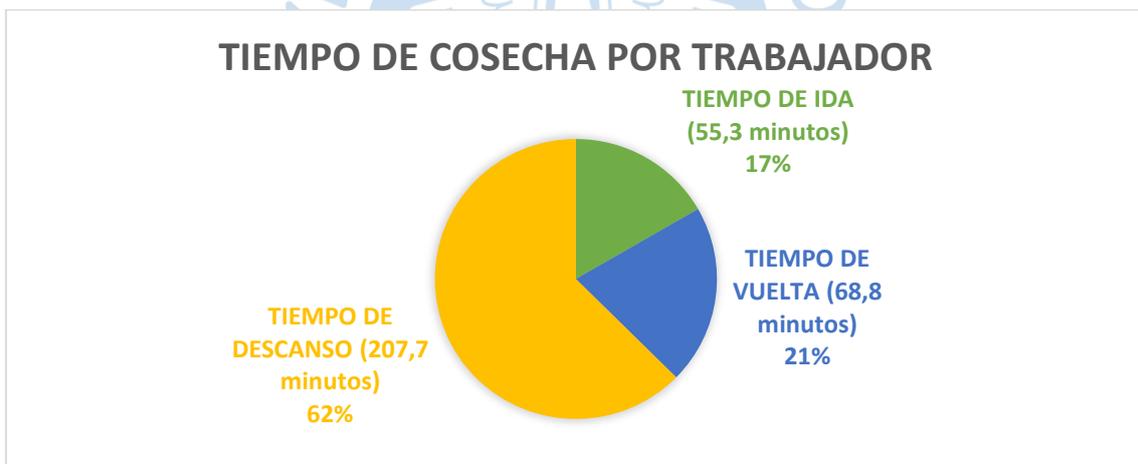


Figura 92. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el tiempo que se invierte en trasladar un racimo, se considera el tiempo total de cada proceso entre 160, que indica la cantidad de racimos de una jornada. Ver Figura 92.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 1.38 minutos lo cual representa 17% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta se tarda 1.72 minutos lo cual representa 21% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.

- En el tiempo de descanso se tarda 5.19 minutos lo cual representa 62% del tiempo total empleado en trasladar el racimo.

Finalmente, al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, el cual es 8.30 minutos. En la Tabla 58, se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 58. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos	Tiempos por trabajador	Porcentaje	Tiempo por racimo
Ida	55.3	17%	1.38
Vuelta	68.8	21%	1.72
Descanso	207.7	62%	5.19
Total	331.8	100%	8.30

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 59 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

1.1.3. Parcela Cruz - 5 hectáreas. Después de realizar la simulación ajustada a 5 ha, se halla la duración máxima que tardó el proceso durante ese día, con este valor de tiempo se genera la duración total por día para n días de trabajo (n= 1000) utilizando hipótesis de datos² con ellos se determina el comportamiento del proceso para conocer la distribución que siguen los tiempos totales, siendo ésta una distribución normal.

Utilizando el mismo margen de error y la función percentil, se determinan los valores de duración máxima y mínima. Para este caso utilizamos los percentiles de la Tabla 60:

Se obtiene que;

- Para el percentil 2.5%, los valores que están por debajo de 345.0 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 2.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 97.5%.
- Para el percentil 97.5%, los valores que están por debajo de 403.6 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 97.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 2.5%.

² Hipótesis de datos es una herramienta de Excel que nos permite crear una simulación a partir de un valor.

Tabla 59. Datos de la parcela Cruz.

Parcela Cruz		
Cant. Hectáreas (Ha)	4.1 ha	
N° Trabajadores	5	
Cargadores	4	
Cortador	1	
N° Racimos	160	
Duración	-	
Mínima	315.6 Minutos	5.3 Horas
Máxima	407.9 Minutos	6.8 Horas
Tiempo medio	354.0 Minutos	5.9 Horas
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida	55.3 Minutos	0.9 Horas
Tiempo de vuelta	68.9 Minutos	1.1 Horas
Tiempo de descanso	207.3 Minutos	3.5 Horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Datos de percentiles de la parcela Cruz con cinco hectáreas.

Percentiles	Minutos	Horas
Percentil (0.025)	345.0	5.75
Percentil (0.50)	370.5	6.17
Percentil (0.975)	403.6	6.73

Fuente: Elaboración propia

- Para el percentil 50%, los valores que están por debajo de 370.5 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 50% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 50%.

Además, encontramos la media de los tiempos totales del proceso, que es igual a 370.9 minutos, igual a 6.18 horas.

Con estos datos se verifica que el proceso de cosecha invierte en promedio cinco a siete horas con cuatro personas encargadas del proceso de traslado; en este caso no varía mucho a pesar que se ajustan las dimensiones.

Se calcula el tiempo de cosecha que invierte un trabajador en el proceso de ida, vuelta y descanso por trabajador. Con estos datos se halla el porcentaje que representa cada proceso, como se muestra en la Figura 93.



Figura 93. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.

Fuente: Elaboración propia

Se calcula el tiempo que se invierte en trasladar un racimo considerando el tiempo total de cada proceso entre los 160 racimos.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 1.58 minutos lo cual representa 18% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta se tarda 1.93 minutos lo cual representa 23% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de descanso se tarda 5.18 minutos lo cual representa 59% del tiempo total empleado en trasladar el racimo.

Finalmente, se obtiene el tiempo total de 8.69 minutos que tarda un trabajador en trasladar un racimo. En la Tabla 61 se muestran los datos obtenidos.

Tabla 61. Tiempo de traslado por racimos.

PROCESOS	TIEMPOS POR TRABAJADOR	PORCENTAJE	TIEMPO POR RACIMO
IDA	63.0	18%	1.58
VUELTA	77.2	23%	1.93
DESCANSO	207.3	59%	5.18
TOTAL	331.8	100%	8.69

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 62 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 62. Datos de la parcela Cruz con cinco hectáreas.

	Parcela Cruz	
Cant. Hectáreas (Ha)	5 ha	
N° Trabajadores	5	
Cargadores	4	
Cortador	1	
N° Racimos	160	
Duración	-	
Mínima	328.4 Minutos	5.5 Horas
Máxima	428.9 Minutos	7.1 Horas
Tiempo medio	370.5 Minutos	6.2 Horas
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida	63.0 Minutos	1.1 Horas
Tiempo de vuelta	77.2 Minutos	1.3 Horas
Tiempo de descanso	207.3 Minutos	3.5 Horas

Fuente: Elaboración propia

1.1.4. Parcela Penadillo – 8 hectáreas. En la Figura 94, se muestra el histograma que representa la distribución normal que siguen los valores de los tiempos de duración de cosecha, suma de los tiempos de ida, vuelta y descanso, de la simulación de esta parcela.

En la Figura 95, se muestra la curva ajustada, que corresponde a la función de distribución acumulada (CDF) ajustada, para evaluar el ajuste de la distribución de los datos y observar los percentiles estimados de los tiempos y percentiles reales de los valores de la muestra.

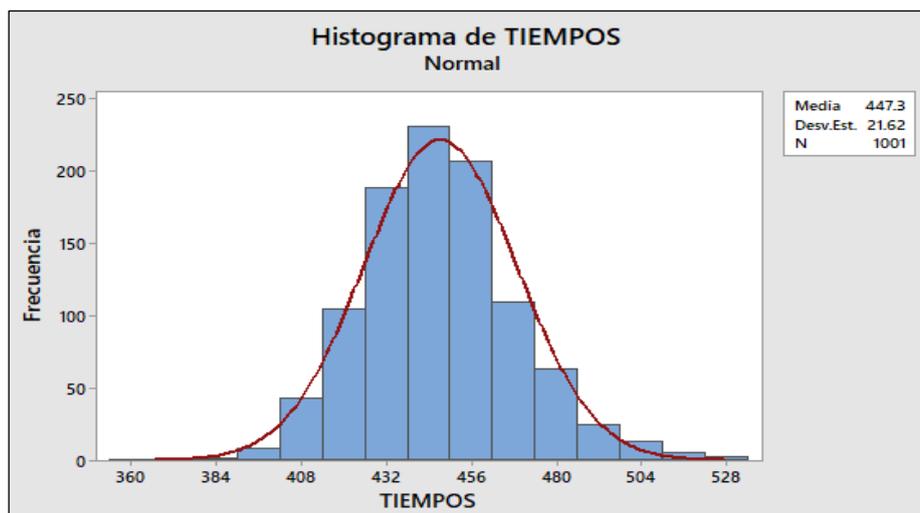


Figura 94. Histograma de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

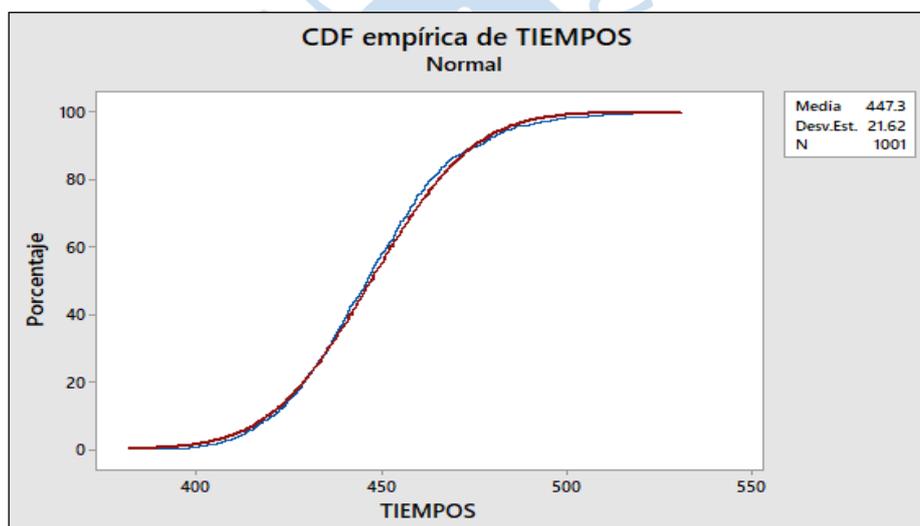


Figura 94. Gráfica CDF empírica de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se calcula los siguientes cuantiles de la Tabla 63:

Tabla 63. Datos de percentiles de la parcela Penadillo para seis cargadores.

Cuantiles	Minutos	Horas
Percentil (0.025)	447.7	7.60
Percentil (0.50)	490.9	8.24
Percentil (0.975)	544.5	9.01

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene que;

- Cuantil 2.5, los valores que están por debajo de 447.7 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 2.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 97.5%.
- Cuantil 97.5, los valores que están por debajo de 544.5 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 97.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 2.5%.
- Para el percentil 50%, los valores que están por debajo de 490.9 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 50% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 50%.

Además, encontramos la media de los tiempos totales del proceso, que es igual a 493.7 minutos, igual a 8.24 horas.

Teniendo estos datos se verifica que, en una jornada normal de trabajo, el proceso de cosecha tarda en promedio siete a diez horas, con seis personas encargadas de trasladar un total de 160 racimos.

Para calcular el tiempo de cosecha que invierte un trabajador en el proceso de ida, vuelta y descanso; se considera realizar la suma de los tiempos correspondientes de cada proceso, lo cual representa el tiempo total por proceso para cuatro trabajadores. Como se desea obtener el tiempo total por trabajador, se divide la suma de los tiempos entre cuatro trabajadores.

Con estos datos se halló el porcentaje que representa cada proceso en el tiempo de cosecha por trabajador en una jornada de trabajo.



Figura 95. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el tiempo que se invierte en trasladar un racimo, se considera el tiempo total de cada proceso entre 160, que indica la cantidad de racimos de una jornada. Ver Figura 96.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 2.98 minutos lo cual representa 18% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta se tarda 3.55 minutos lo cual representa 21% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de descanso se tarda 10.30 minutos lo cual representa 61% del tiempo total empleado en trasladar el racimo.

Finalmente, al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, el cual es 16.83 minutos.

En la

Tabla 64, se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 64. Tiempo de traslado por racimos.

PROCESOS	TIEMPOS POR TRABAJADOR	PORCENTAJE	TIEMPO POR RACIMO
IDA	79.4	18%	2.98
VUELTA	94.7	21%	3.55
DESCANSO	274.6	61%	10.30
TOTAL	448.7	100%	16.83

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 65 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

1.1.5. Parcela Penadillo – 5 hectáreas. Al igual que la parcela Cruz de 5 Ha, se determina el comportamiento del proceso para conocer la distribución que siguen los tiempos totales, siendo ésta una distribución normal.

Para determinar los valores de duración máxima y mínima se utilizan los percentiles de la Tabla 66, teniendo un margen de error del 5%.

Se obtiene que;

- Para el percentil 2.5%, los valores que están por debajo de 411.2 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 2.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 97.5%.

Tabla 65. Datos de la parcela Penadillo.

	Parcela Penadillo	
Cant. Hectáreas (Ha)	8 ha	
N° Trabajadores	7	
Cargadores	6	
Cortador	1	
N° Racimos	160	
Duración	-	
Mínima	431.3 Minutos	7.2 Horas
Máxima	572.2 Minutos	9.5 Horas
Tiempo medio	495.4 Minutos	8.3 Horas
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida	79.4 Minutos	1.3 Horas
Tiempo de vuelta	94.7 Minutos	1.6 Horas
Tiempo de descanso	273.5 Minutos	4.6 Horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Datos de la parcela Penadillo con cinco hectáreas.

Percentiles	Minutos	Horas
Percentil (0.025)	411.2	6.85
Percentil (0.50)	448.0	7.47
Percentil (0.975)	497.2	8.29

Fuente: Elaboración propia

- Para el percentil 97.5%, los valores que están por debajo de 497.2 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 97.5% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 2.5%.
- Para el percentil 50%, los valores que están por debajo de 448.0 minutos tienen una probabilidad de ocurrencia de 50% y los que están por encima de este, una probabilidad de ocurrencia de 50%.

Además, encontramos la media de los tiempos totales del proceso, que es igual a 449.8 minutos, igual a 7.50 horas.

Teniendo estos datos se verifica que el proceso de cosecha tarda en promedio seis a nueve horas, con seis personas encargadas de trasladar los racimos establecidos; al comparar los datos con los resultados de las dimensiones reales nos damos cuenta que hay una reducción en el

tiempo de cada proceso que se realiza gracias a que las distancias que recorre serán menores; sin embargo, sabemos que no influye en el tiempo que se toman los cargadores para trasladar los racimos.

Se calcula el tiempo de cosecha que invierte un trabajador en el proceso de ida, vuelta y descanso por trabajador. Con estos datos se halla el porcentaje que representa cada proceso, como se muestra en la Figura 97.

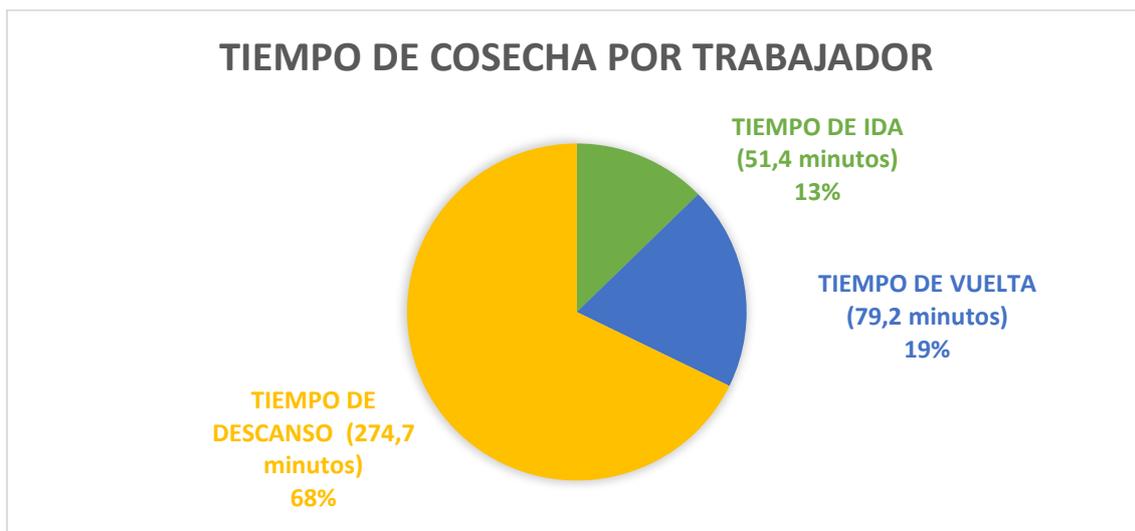


Figura 96. Gráfico de tiempo de cosecha por trabajador.

Fuente: Elaboración propia

Se calcula el tiempo que se invierte en trasladar un racimo, considerando el tiempo total de cada proceso entre la cantidad de racimos de una jornada.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 1.91 minutos lo cual representa 13% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta se tarda 2.98 minutos lo cual representa 19% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de descanso se tarda 10.47 minutos lo cual representa 68% del tiempo total empleado en trasladar el racimo.

Finalmente, al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, el cual es 15.36 minutos. En la Tabla 67 se muestran los datos obtenidos anteriormente.

Tabla 67. Tiempo de traslado por racimos.

PROCESOS	TIEMPOS POR TRABAJADOR	PORCENTAJE	TIEMPO POR RACIMO
IDA	51.4	13%	1.91
VUELTA	79.3	19%	2.98
DESCANSO	274.4	68%	10.47
TOTAL	405.2	100%	15.36

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 68 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 68. Datos de la parcela Penadillo con cinco hectáreas.

	Parcela Penadillo	
Cant. Hectáreas (Ha)	5 ha	
N° Trabajadores	7	
Cargadores	6	
Cortador	1	
N° Racimos	160	
Duración	-	
Mínima	392.4 Minutos	6.5 Horas
Máxima	523.2 Minutos	8.7 Horas
Tiempo medio	448.9 Minutos	7.5 Horas
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida	51.4 Minutos	0.9 Horas
Tiempo de vuelta	79.2 Minutos	1.3 Horas
Tiempo de descanso	274.7 Minutos	4.6 Horas

Fuente: Elaboración propia

1.2. Análisis de la comparación de productividad. En este apartado, se analizará la comparación de la productividad de cada parcela en base a los tiempos del proceso de cosecha obtenidos en la simulación.

Utilizamos los datos de la duración promedio que se tardan los trabajadores en cada actividad del proceso de cosecha además del rango de tiempo en el que se encuentra dicho proceso, hallados en el apartado anterior.

Para la comparación se consideran los índices de productividad media por trabajador, por hora hombre y por racimo que ayudan a medir el rendimiento en relación del tiempo utilizado en el proceso de cosecha.

Actualmente, las parcelas tienen cantidades de hectáreas distintas; sin embargo, hemos logrado simular el proceso de cosecha de las parcelas para una determinada cantidad de racimos e igual cantidad de hectáreas con la finalidad que los tiempos obtenidos puedan ser comparados unos de otros. Teniendo en cuenta los valores de la ecuación de regresión que siguen los datos de las muestras realizadas, adquiridos en la herramienta del minitab.

1.2.1. Parcela Nonajulca, Cruz y Penadillo. En la Tabla 69³ se muestran las duraciones medias de las parcelas; para la parcela Nonajulca se obtuvo una duración media es de 5.8, para la parcela Cruz fue de 6.2 horas mientras que en la parcela Penadillo la duración media es de 7.5 horas. En la Figura 98 se muestran los tiempos promedios y se puede ver la variación entre 30 minutos y 1 hora.

Comparando estas parcelas, vemos que a pesar que la parcela Nonajulca cuenta con la tecnología del cable vía y con la ubicación de su empaquetadora en la parte inicial de su parcela; la parcela Cruz tiene una variación de tiempo en la duración del proceso total de cosecha mínima debido a que esta tiene ubicada su empaquetadora en la parte central de su parcela disminuyendo las distancias de recorrido para el traslado de los racimos; mientras que la parcela Penadillo presenta una variación de 1.7 horas, quedando evidencia la gran diferencia de tiempo a pesar que tiene 6 trabajadores. Ver Tabla 69.

Debido a que la parcela Nonajulca tiene cable vía, se consideró realizar el proceso de cosecha en dos etapas; traslado de la plantación al cable vía y traslado del cable vía a la zona de empaque estimando el tiempo de ida y vuelta e ida, vuelta y descarga, respectivamente.

Con esto se obtuvo los datos que se muestran en la Tabla 70.

³ En el proceso de cosecha de la parcela Nonajulca se utiliza cable vía para trasladar los racimos mientras que en la Parcela Cruz el traslado es manual y la ubicación de la empaquetadora está en el centro de esta.

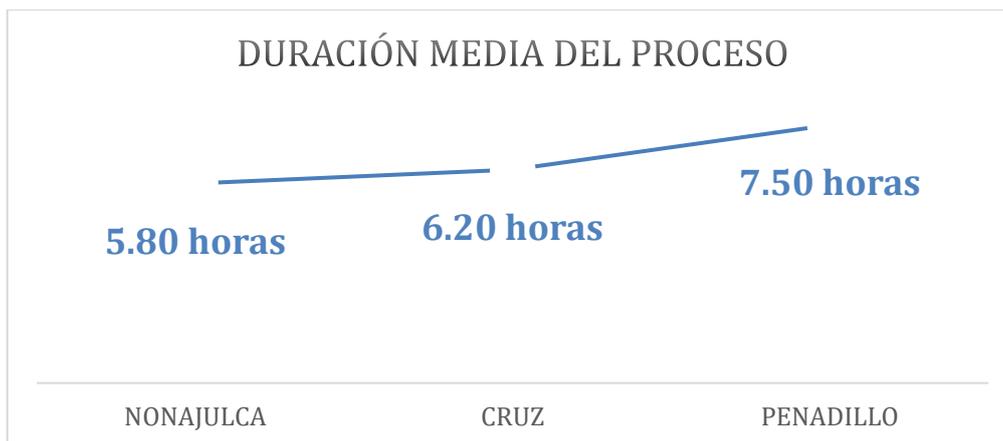


Figura 97. Comparación del tiempo medio del proceso de cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Datos de la parcela Nonajulca, Cruz y Penadillo con cinco hectáreas.

	Parcela Nonajulca		Parcela Cruz		Parcela Penadillo	
Cant. Ha	5 ha		5 ha		5 ha	
N° Trabajadores	4		5		7	
Cargadores	3		4		6	
Cortador	1		1		1	
N° Racimos	160		160		160	
Duración	-		-		-	
Mínima	269.6 Minutos	4.5 Horas	328.4 Minutos	5.5 Horas	392.4 Minutos	6.5 Horas
Máxima	414.6 Minutos	6.9 Horas	428.9 Minutos	7.1 Horas	523.2 Minutos	8.7 Horas
Tiempo medio	346.4 Minutos	5.8 Horas	370.5 Minutos	6.2 Horas	448.9 Minutos	7.5 Horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Tiempo de traslado desde la plantación hasta la zona de empaque - parcela Nonajulca.

	Parcela Nonajulca	
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	151.9 Minutos	2.5 Horas
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	128.2 Minutos	2.1 Horas
Tiempo de descarga	67.8 Minutos	1.1 Horas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 99 se representan los tiempos del proceso realizado en el traslado de racimos.

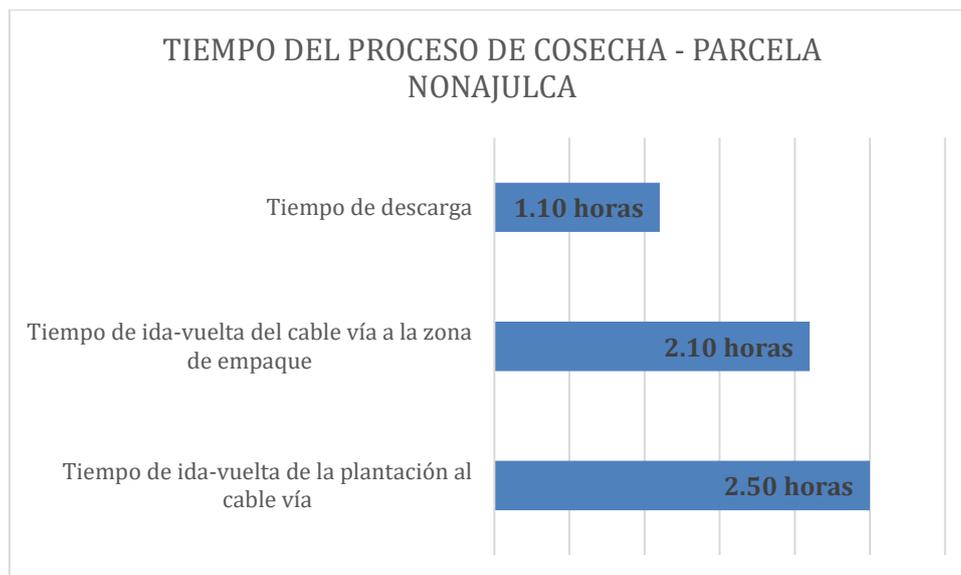


Figura 98. Tiempo del proceso de cosecha de la parcela Nonajulca.

Fuente: Elaboración propia

Como las distancias de traslado son cortas, el trabajo se hace continuo y por lo tanto no se tiene tiempo de descanso. La parcela Cruz, al igual que la parcela Penadillo realiza el proceso de cosecha en una sola etapa como se muestra en la Tabla 71 teniendo un valor muy elevado en el tiempo de descanso, el cual es un tiempo muerto en el proceso.

Tabla 71. Datos del proceso de la parcela Cruz y Penadillo.

	Parcela Cruz		Parcela Penadillo	
Duración promedio de cosecha	-		-	
Plantación-Zona de empaque				
Tiempo de ida	63.3 Minutos	1.1 Horas	51.4 Minutos	0.9 Horas
Tiempo de vuelta	77.2 Minutos	1.3 Horas	79.2 Minutos	1.3 Horas
Tiempo de descanso	207.3 Minutos	3.5 Horas	274.7 Minutos	4.6 Horas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 100 se representan los tiempos del proceso realizado en el traslado de racimos de la parcela Cruz y Penadillo; ambos procesos no se pueden comparar gráficamente con la Parcela Nonajulca a pesar que realizan el mismo proceso sabemos que los tramos del traslado son diferentes.

Además, para la comparación se consideran los índices de productividad media por trabajador, por hora hombre y por racimo que ayudan a medir el rendimiento en relación del tiempo utilizado en el proceso de cosecha.

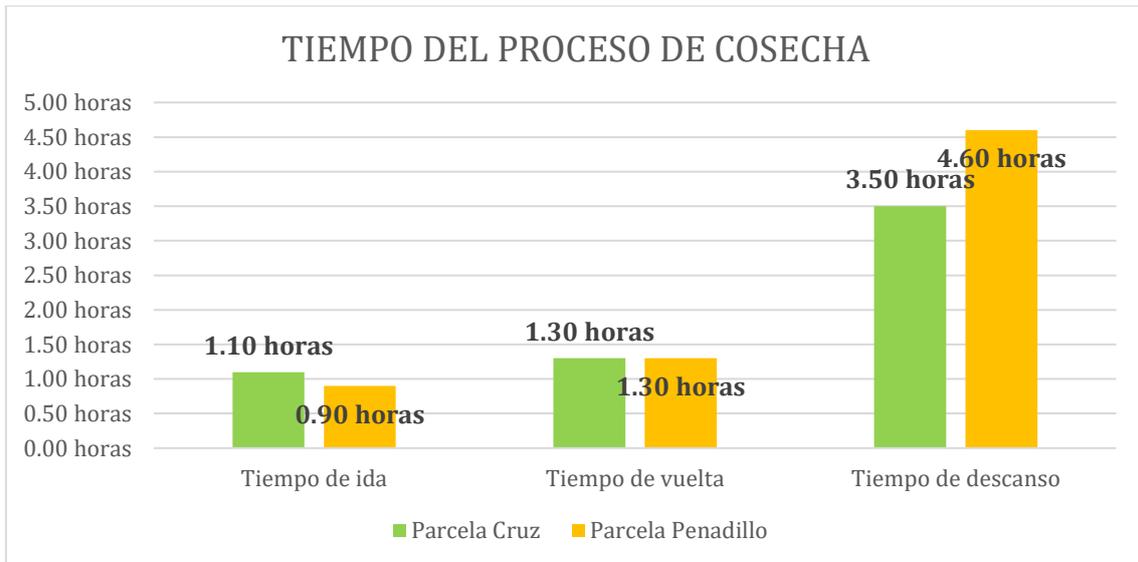


Figura 99 Tiempo del proceso de cosecha de la parcela Cruz y Penadillo.

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor comparación se tiene en cuenta los siguientes índices:

- Relación entre la cantidad de racimos cosechados con el número de horas hombres trabajadas durante una jornada de trabajo.

$$\text{Producción media por hora hombre} = \frac{\# \text{ de racimos cosechados}}{\# \text{ horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{p. \text{ Nonajulca}} = \frac{160}{5.8} \cong 28 \text{ racimos/hora}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{p. \text{ Cruz}} = \frac{160}{6.2} \cong 26 \text{ racimos/hora}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{p. \text{ Penadillo}} = \frac{160}{7.5} \cong 22 \text{ racimos/hora}$$

Con estos valores, nos damos cuenta que la producción en una hora de la parcela Nonajulca es mayor que la producción de la parcela Cruz por tres racimos y mayor que la producción de la parcela Penadillo por seis racimos; a pesar que la parcela Cruz y la parcela Penadillo cuentan con más trabajadores, no logran obtener una mayor cantidad de racimos cosechados por hora y esto se debe a que las distancias son mayores además que se genera desgaste humano lo cual

repercute en la calidad de la fruta. En cambio, en la parcela Nonajulca, el cable vía ayuda a reducir distancias para generar una mayor productividad por hora hombre y una mejor calidad de la fruta.

- Relación entre la cantidad de racimos cosechados con la cantidad de trabajadores empleados para realizar el proceso.

$$\text{Producción media por trabajador} = \frac{\# \text{ de racimos cosechados}}{\# \text{ de trabajadores directos}}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Nonajulca}} = \frac{160}{3} \cong 54 \text{ racimos/trabajador}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Cruz}} = \frac{160}{4} \cong 40 \text{ racimos/trabajador}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Penadillo}} = \frac{160}{6} \cong 27 \text{ racimos/trabajador}$$

La producción media por trabajador en la parcela Nonajulca es mayor que las otras dos parcelas por una diferencia de 14 racimos con la parcela Cruz y 27 racimos con la parcela Penadillo, esto se debe a que para la parcela Nonajulca se emplea una menor cantidad de trabajadores logrando que se optimice el proceso de cosecha.

- Relación entre el número de horas hombre trabajadas con la cantidad de racimos cosechados en una jornada de trabajo.

$$\text{Tiempo medio por racimo} = \frac{\# \text{ minutos hombre trabajadas}}{\# \text{ de racimos cosechados}}$$

$$\text{Tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Nonajulca}} = \frac{(152 + 128 + 68) * 3}{160} \cong 6.5 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

$$\text{Tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Cruz}} = \frac{(63 + 77 + 208) * 4}{160} \cong 8.7 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

$$\text{Tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Penadillo}} = \frac{(51.4 + 79.2 + 275) * 6}{160} \cong 15.2 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

En el tiempo medio por racimo nos indica el tiempo en minutos que se tardan los trabajadores en trasladar un racimo; calculando este valor, se ve la diferencia entre dichas parcelas, siendo de 2.2 minutos mayor en la parcela Cruz y 8.7 minutos mayor en la parcela Penadillo con respecto a la parcela Nonajulca. Este incremento de tiempo en las parcelas genera que el tiempo del proceso de cosecha sea diferente en las parcelas para la misma cantidad de racimos

Después de realizar las comparaciones entre estas parcelas podemos corroborar lo mencionado anteriormente; que los mejores valores de los indicadores se obtienen de la parcela Nonajulca debido al uso del cable vía pues con este sistema se puede reducir tiempo en el proceso, número de trabajadores, distancias y aumentar la calidad del banano orgánico.

Además, se comprueba que entre las parcelas que no cuentan con el sistema de cable vía, la parcela Cruz obtuvo valores medios de los indicadores a causa de que cuenta con una óptima ubicación de su zona de empaque; lo cual genera grandes beneficios comparados con la parcela Penadillo que tienen ubicada su zona de empaque en la parte inicial del campo.

En la tabla 72 se muestra un resumen de los valores de los indicadores tomados en cuenta.

Tabla 72. Comparación de los indicadores de producción entre las parcelas.

Indicadores	Parcela Nonajulca	Parcela Cruz	Parcela Penadillo
Producción media por hora hombre	28	26	22
Producción media por trabajador	54	40	27
Tiempo medio por racimo	6.5	8.7	15.2

Fuente: Elaboración propia

Para un mejor entendimiento, en la Figura 101 se muestra la comparación de los indicadores para las distintas parcelas.

1.3. Análisis de producción de la propuesta de cable vía. En este apartado se realiza la simulación del proceso de cosecha con la implementación del cable vía que mejor se acomoda a la ubicación de la zona de empaque en cada una de las parcelas que no cuenta con este sistema para una jornada de trabajo de ocho horas, tres cargadores y con las dimensiones reales; y así poder comparar la variación de la productividad en ambas.

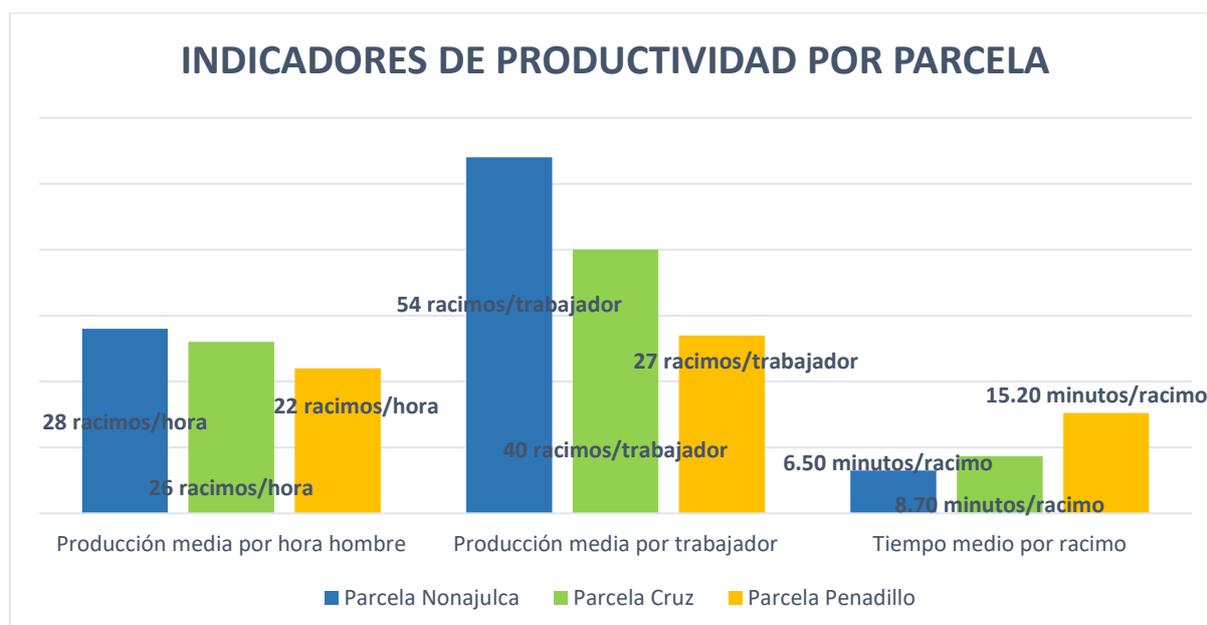


Figura 100. Gráfica de comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.

Fuente: Elaboración propia

Para realizar estas simulaciones se tienen en cuenta los valores (α , β y S) obtenidos, en el análisis realizado de las muestras en la herramienta minitab, de la ecuación de regresión de cada parcela para el traslado de los racimos hasta el cable vía; mientras que para el traslado del cable vía utilizamos los valores de la simulación de la parcela Nonajulca que siguen una distribución lineal.

En esta simulación se representa una jornada de ocho horas en tiempo promedio, de los n días de trabajo, para el proceso de cosecha donde se trasladan los racimos desde la plantación hasta la zona de empaque y con ello se determina el comportamiento del proceso para conocer la distribución que siguen los tiempos totales; además, se obtiene el número aproximado de racimos que se cosechan en función de los valores de regresión que se obtuvieron inicialmente.

1.3.1. Parcela Nonajulca. Con los valores obtenidos de la simulación, se realiza un histograma donde se aprecia la distribución que siguen los tiempos de duración de cosecha. En la Figura 102; podemos ver que se ajusta a una distribución normal.

Teniendo estos datos se verifica que se cosechan 205 racimos con tres personas para el proceso de traslado. Como ya se sabe, se consideran dos etapas en el proceso de cosecha.

A. Traslado de los racimos desde la plantación hacia la ubicación del cable vía

Al igual que el primer análisis de Nonajulca, se calcula el tiempo promedio que invierte un trabajador en el proceso de ida y vuelta desde la plantación hasta el cable vía y viceversa.

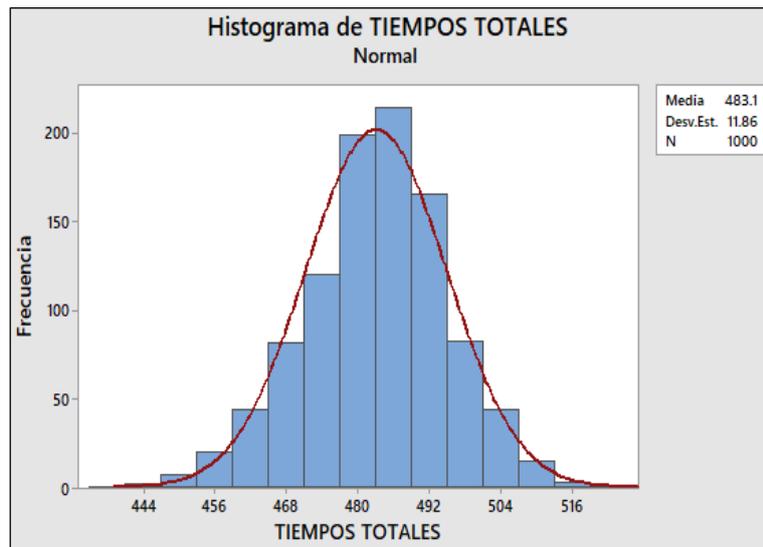


Figura 101. Histograma de tiempos.
Fuente: Elaboración propia

De estos datos se halla el porcentaje que representa cada proceso de la primera etapa del proceso de cosecha.

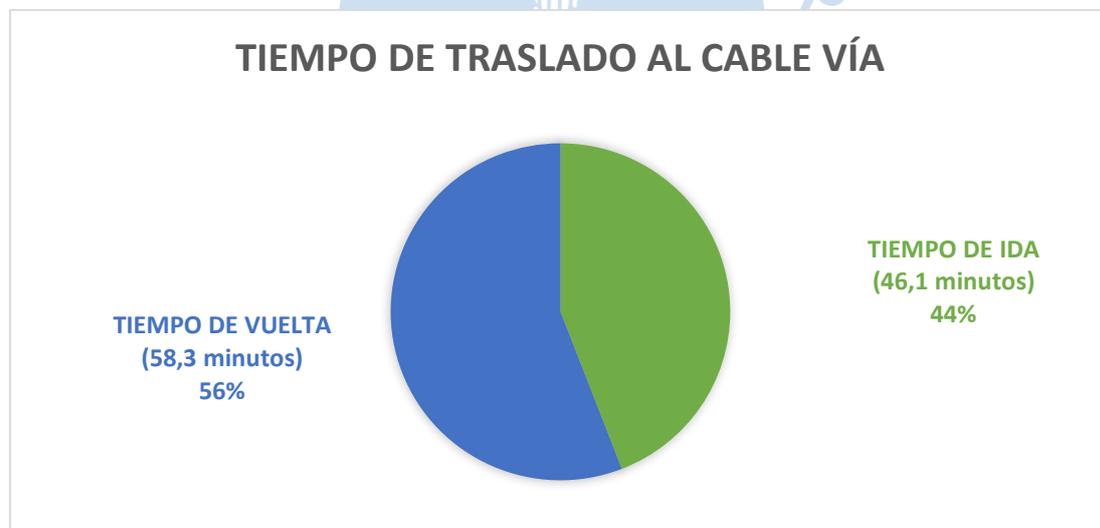


Figura 102. Gráfico de tiempo de cosecha.
Fuente: Elaboración propia

Además, para calcular el tiempo que se emplea en trasladar un racimo, se considera el tiempo total de cada proceso entre la cantidad de racimos de una jornada. Ver Figura 103

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida al cable vía se tarda 0.62 minutos lo cual representa 44% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.

- En el tiempo de vuelta del cable vía se tarda 0.77 minutos lo cual representa 56% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.

Al sumar los tiempos hallados anteriormente, se obtiene un total de 1.4 minutos que indica el tiempo que tarda un trabajador en trasladar un racimo en la primera etapa del proceso. En la Tabla 73 se muestran los datos mencionados.

Tabla 73. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos hacia el cable vía	Tiempo de traslado	Porcentaje	Tiempo por racimo
Ida	46.1	44%	0.62
Vuelta	58.3	56%	0.77
Total	104.4	100%	1.39

Fuente: Elaboración propia

B. Traslado desde su ubicación hacia la zona de empaque y descarga del cable vía

En este proceso de traslado se tiene en cuenta el tiempo de ida, vuelta y descarga del cable vía a la zona de empaque.

Para calcular el tiempo promedio, ida y vuelta, de traslado desde la ubicación del cable vía hasta la zona de empaque; se realiza la misma operación de la primera etapa. Y de la misma manera el tiempo promedio de descarga en la zona de empaque.

Con estos datos se calcula el porcentaje que representa la segunda etapa del proceso de cosecha, por trabajador en una jornada de trabajo, ver Figura 104.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 4.6 minutos lo cual representa 29% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de vuelta se tarda 5.8 minutos lo cual representa 36% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.4 minutos lo cual representa 34% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

Al sumar los tiempos de cada proceso, se obtiene el tiempo promedio que tarda un trabajador en trasladar un viaje incluido el tiempo que demora en descargar el cable vía, el cual es 15.8 minutos.

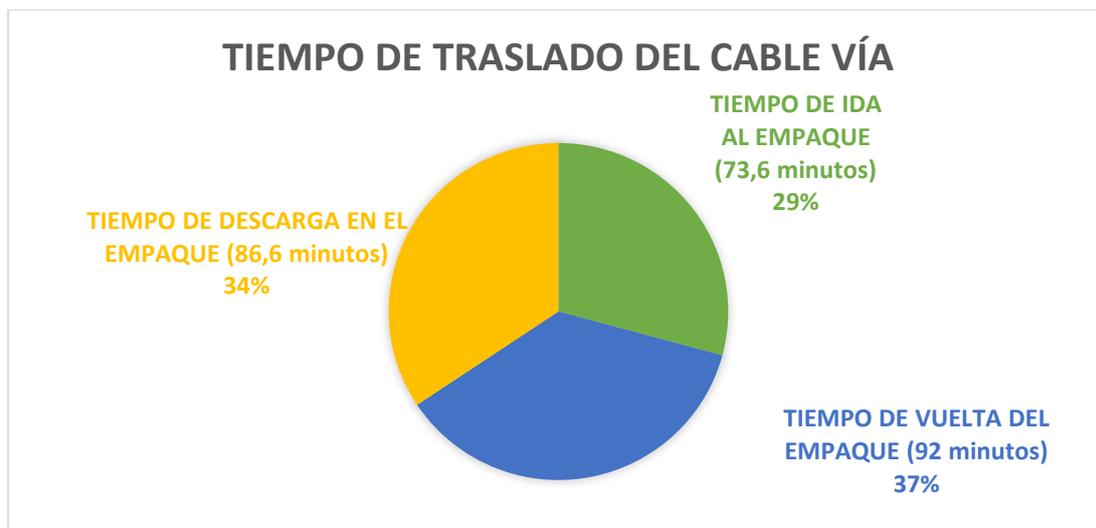


Figura 103. Gráfica del tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.

Fuente: Elaboración propia

Se procede a calcular los tiempos totales de cada etapa del proceso de cosecha, desde que el racimo es cortado de la planta hasta que se descarga en la zona de empaque, obteniendo los tiempos promedios; de ida y vuelta de los racimos hasta el cable vía, ida y vuelta del cable vía hasta la zona de empaque y la descarga de estos racimos. Ver figura 105.

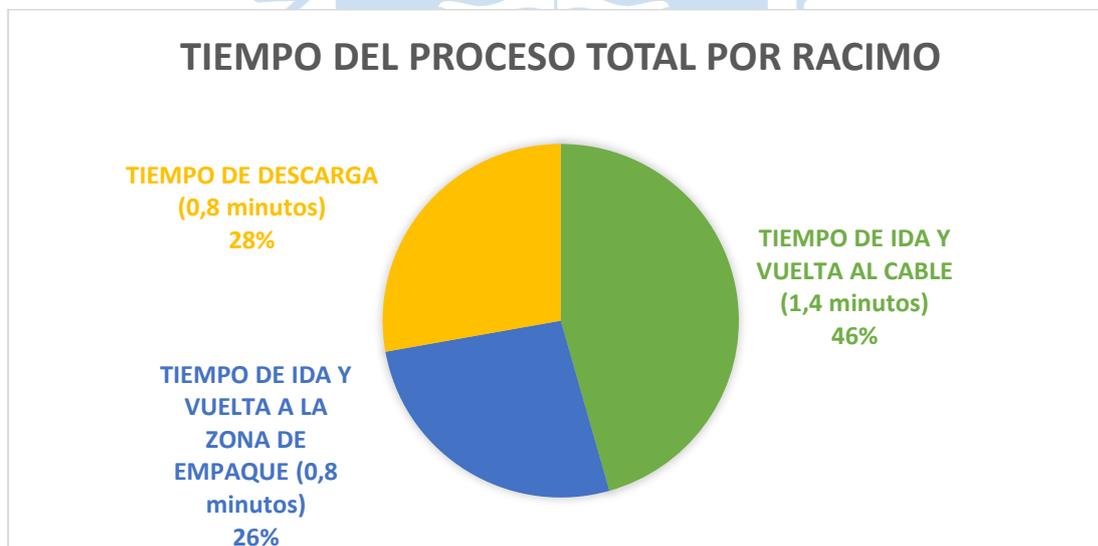


Figura 104. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados.

- En el tiempo de ida y vuelta de la plantación al cable vía se tarda 1.40 minutos lo cual representa 46% del tiempo total empleado por racimo.

- En el tiempo de ida y vuelta del cable vía a la plantación se tarda 0.81 minutos lo cual representa 27% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de descarga se tarda 0.85 minutos lo cual representa 28% del tiempo total empleado por racimo.

Al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, el cual es 3.04 minutos.

Además, se calcula por término medio los tiempos de las actividades para el proceso de cosecha completo por viaje. Ver Figura 106.

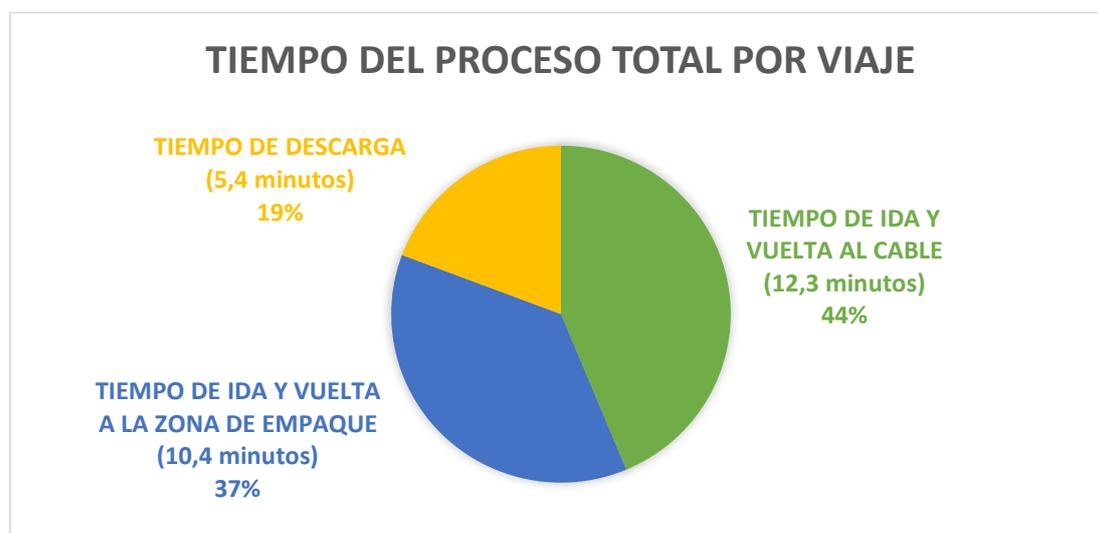


Figura 105 Gráfico de tiempo del proceso total por viaje.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida y vuelta al cable vía se tarda 12.3 minutos lo cual representa 44% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de ida y vuelta a la zona de empaque se tarda 10.4 minutos lo cual representa 37% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.4 minutos lo cual representa 19% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

Al sumar los tiempos de cada proceso, se obtiene el tiempo total promedio que tarda un trabajador en trasladar un viaje incluido el tiempo que demora en descargar el cable vía, el cual es 28.1 minutos.

Finalmente, en la Tabla 58, se muestran los datos mencionados anteriormente.

En la Tabla 75 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 74. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos	Tiempo por viaje	Porcentaje	Tiempo por racimo	Porcentaje
Ida y vuelta Al cable vía	12.3	44%	1.40	46%
Ida y vuelta al empaque	10.4	37%	0.81	26%
Descarga en El empaque	5.4	19%	0.85	28%
Total	28.1	100%	3.06	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Datos de tiempos de la simulación propuesta para una jornada de ocho horas.

	Parcela Nonajulca	
Cant. Hectáreas (Ha)	5 ha	
N° Trabajadores	4	
Cargadores	3	
Cortador	1	
Longitud del cable vía	500 metros	
N° Racimos	205 racimos	
Duración	-	
Tiempo medio	8 horas	
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	196.3 Minutos	3.3 Horas
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	166.1 Minutos	2.8 Horas
Tiempo de descarga	86.6 Minutos	1.4 Horas

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Parcela Cruz. En la Figura 107 se muestra el histograma que muestra la distribución normal que siguen los tiempos de duración de cosecha generados en la simulación.

Con ello, se obtiene un total de cosecha de 320 racimos con tres personas encargadas del traslado. Como ya se sabe para este caso, se consideran dos etapas en el proceso de cosecha.

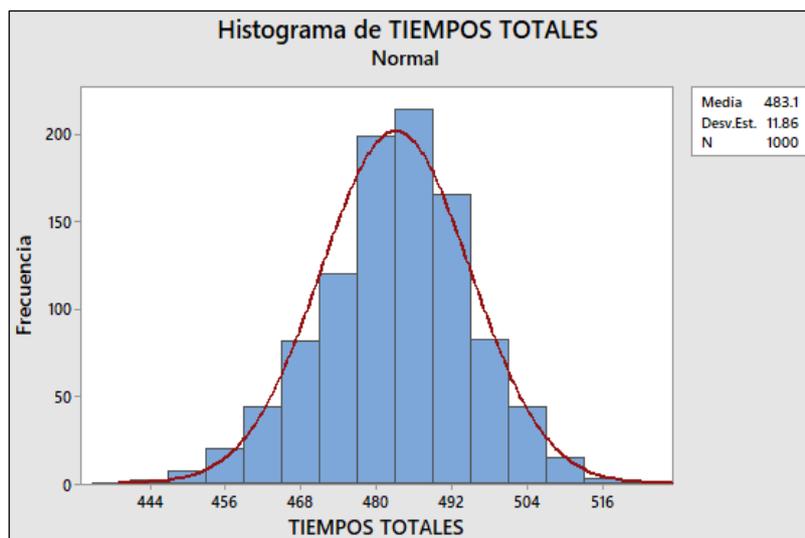


Figura 106. Histograma de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

A. Traslado de los racimos desde la plantación hacia la ubicación del cable vía

En esta etapa se calcula el tiempo promedio que invierte un trabajador en el proceso de ida y vuelta desde la plantación hasta el cable vía y viceversa, de acuerdo a la cantidad de trabajadores que realizan esta actividad.

Con estos datos se calcula el porcentaje que representa cada proceso en la primera etapa del proceso de cosecha como se muestra en la Figura 108.

En esta parcela se cosechan 320 racimos, con ellos se calcula el tiempo que se invierte en trasladar un racimo.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida al cable vía se tarda 0.62 minutos lo cual representa 44% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta del cable vía se tarda 0.77 minutos lo cual representa 56% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.

Al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene 1.4 minutos que indica el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo desde la plantación hacia el cable vía. En la Tabla 76 se muestran los datos mencionados anteriormente.

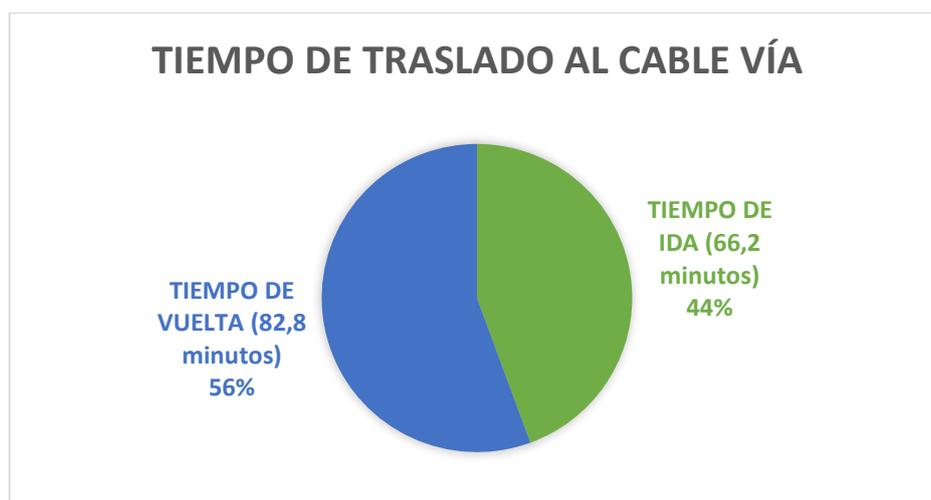


Figura 107. Gráfico de tiempo de cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos hacia El cable vía	Tiempo de traslado	Porcentaje	Tiempo por racimo
Ida	66.2	44%	0.62
Vuelta	82.8	56%	0.79
Total	149	100%	1.41

Fuente: Elaboración propia

B. Traslado desde su ubicación hacia la zona de empaque y descarga del cable vía

En esta etapa, para el proceso de traslado se considera el tiempo de ida, vuelta y descarga del cable vía a la zona de empaque.

Teniendo en cuenta la suma de los tiempos correspondientes de cada proceso por viaje de cable vía, se calcula el tiempo promedio, ida, vuelta y descarga.

De estos datos se halla el porcentaje de cada proceso de la segunda etapa que se muestran en la Figura 109.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 1.4 minutos lo cual representa 17% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de vuelta se tarda 1.7 minutos lo cual representa 21% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.3 minutos lo cual representa 63% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

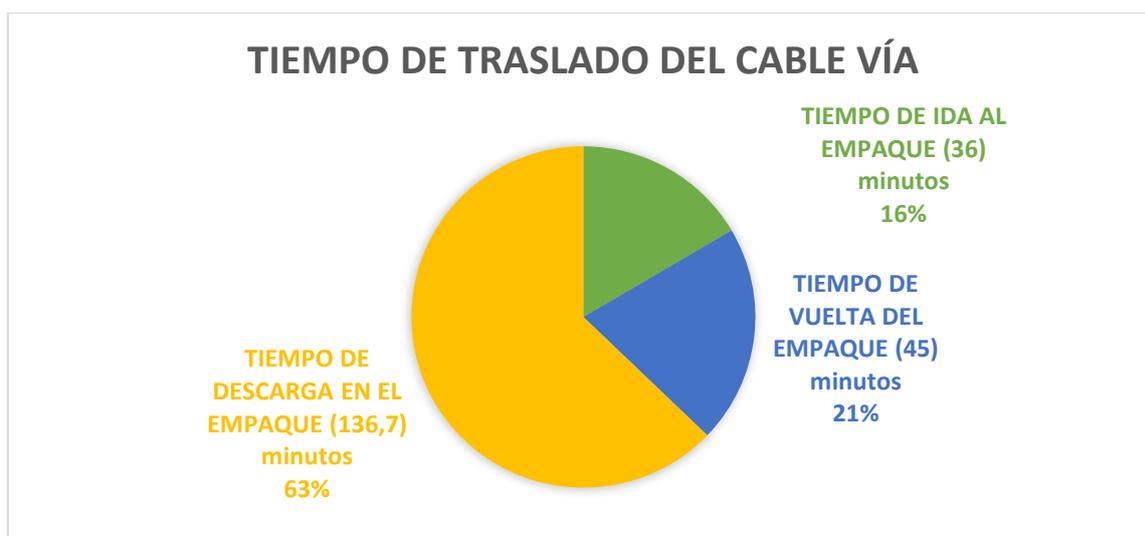


Figura 108. Gráfica de tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.

Fuente: Elaboración propia

Al sumar los tiempos de cada proceso, se obtiene un total de 8.4 minutos, que es el tiempo promedio que tarda un trabajador en trasladar un viaje incluido el tiempo que demora en descargar el cable vía.

Con estos tiempos se calculan los tiempos totales de cada etapa del proceso de cosecha de ida y vuelta de los racimos hasta el cable vía, ida y vuelta del cable vía hasta la zona de empaque y la descarga de estos racimos. Ver Figura 110.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados.

- En el tiempo de ida y vuelta de la plantación al cable vía se tarda 1.40 minutos lo cual representa 56% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de ida y vuelta del cable vía a la plantación se tarda 0.25 minutos lo cual representa 10% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de descarga se tarda 0.85 minutos lo cual representa 34% del tiempo total empleado por racimo.

Al sumar los tiempos por racimo de cada proceso, se obtiene el tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo, el cual es 2.50 minutos.

Además, se calcula por término medio los tiempos de las actividades para el proceso de cosecha completo por viaje. Ver Figura 111.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida y vuelta al cable vía se tarda 9.45 minutos lo cual representa 53% del tiempo total empleado por viaje.

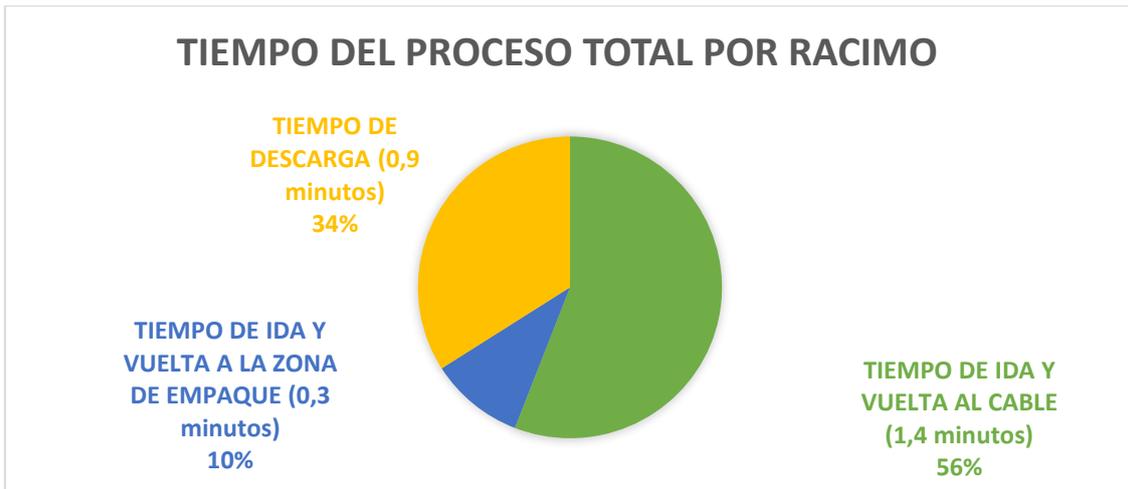


Figura 109. Gráfica de tiempo del proceso total por racimo.

Fuente: Elaboración propia

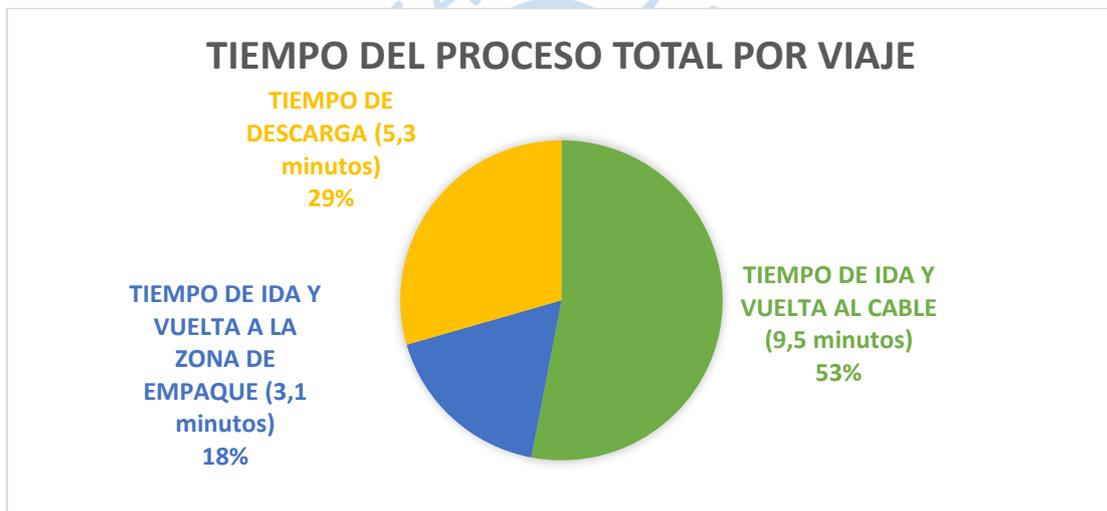


Figura 111. Gráfica de tiempo del proceso total por viaje.

Fuente: Elaboración propia

- En el tiempo de ida y vuelta a la zona de empaque se tarda 3.12 minutos lo cual representa 18% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de descarga se tarda 5.26 minutos lo cual representa 29% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

Al sumar los tiempos de cada proceso, se obtiene el tiempo total promedio que tarda un trabajador en trasladar un viaje incluido el tiempo que demora en descargar el cable vía, el cual es 17.83 minutos.

Finalmente, en la Tabla 77, se muestran los datos mencionados anteriormente.

En la Tabla 78 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 77. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos	Tiempo por viaje	Porcentaje	Tiempo por racimo	Porcentaje
Ida y vuelta Al cable vía	9.45	53%	1.40	56%
Ida y vuelta al empaque	3.12	17%	0.25	10%
Descarga en El empaque	5.26	29%	0.85	34%
Total	17.83	100%	2.50	100%

Fuente: Elaboración propia

1.3.1. Parcela Penadillo. Con los valores de duración total obtenidos en la simulación, se realiza un histograma donde muestra la distribución normal que tienen estos tiempos. En la Figura 112 podemos ver que se ajusta a una distribución normal.

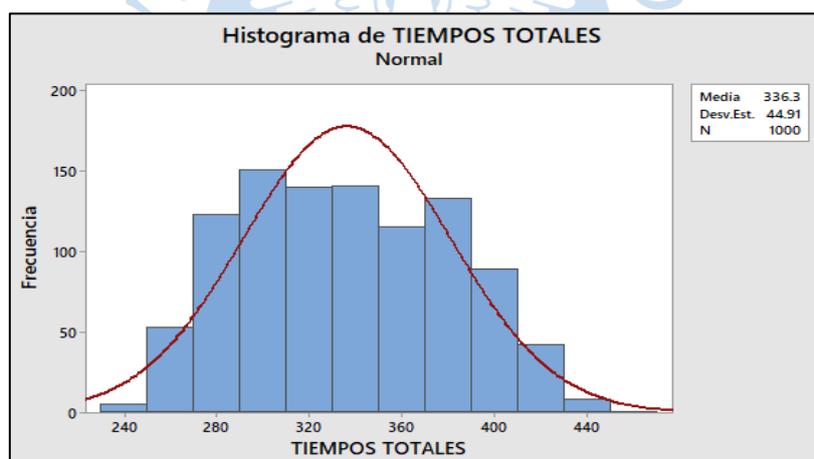


Figura 112. Histograma de tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo estos datos se verifica que, en esta jornada se cosechan 200 racimos con tres personas en el proceso de traslado.

A. Traslado de los racimos desde la plantación hacia la ubicación del cable vía

En esta primera etapa, de acuerdo a los procedimientos realizados para las simulaciones anteriores, se calcula el tiempo promedio de cada trabajador para el proceso de ida y vuelta desde la plantación hasta el cable vía y viceversa.

Con estos valores se halla el porcentaje de cada proceso del tiempo total de traslado de los racimos de la primera etapa.

Tabla 78. Datos del proceso de cosecha de la simulación propuesta de la parcela Cruz.

	Parcela Cruz	
Cant. Hectáreas (Ha)	4.1 ha	
N° Trabajadores	4	
Cargadores	3	
Cortador	1	
Longitud del cable vía	160 metros	
N° Racimos	320 racimos	
Duración	-	
Tiempo medio	8 horas	
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	245.8 Minutos	4.1 Horas
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	81.2 Minutos	1.35 Horas
Tiempo de descarga	136.6 Minutos	2.3 Horas

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se halla el porcentaje que representa cada proceso del tiempo total de traslado de los racimos hacia la ubicación del cable vía, primera etapa del proceso de cosecha, por trabajador en ocho horas de trabajo.



Figura 113. Gráfico de tiempo de cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el tiempo que se invierte en trasladar un racimo, se considera el tiempo total de cada proceso entre 200, que indica la cantidad de racimos de una jornada. Ver Figura 113.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida al cable vía se tarda 0.83 minutos lo cual representa 43% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.
- En el tiempo de vuelta del cable vía se tarda 1.10 minutos lo cual representa 57% del tiempo total empleado para trasladar un racimo.

En la primera etapa, se invierten 1.93 minutos en trasladar un racimo. En la Tabla 79, se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 79. Tiempo de traslado por racimos.

PROCESOS HACIA EL CABLE VÍA	TIEMPO DE TRASLADO	PORCENTAJE	TIEMPO POR RACIMO
IDA	55.7	43%	0.83
VUELTA	73.8	57%	1.10
TOTAL	129.5	100%	1.93

Fuente: Elaboración propia

B. Traslado desde su ubicación hacia la zona de empaque y descarga del cable vía

En esta etapa, se tiene en cuenta el tiempo de ida, vuelta y descarga del cable vía en la zona de empaque. Se calcula el tiempo promedio de ida, vuelta y descarga por viaje, de igual manera que en la primera etapa. De estos datos se obtiene el porcentaje por trabajador de cada proceso de esta etapa. Ver Figura 114.

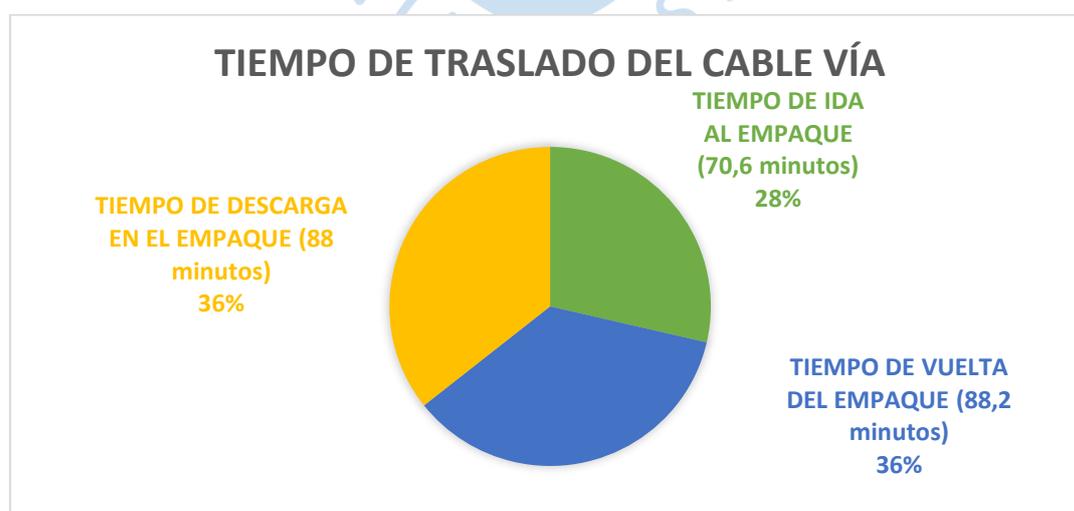


Figura 110. Gráfica del tiempo de traslado del cable vía a la zona de empaque.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida se tarda 5.43 minutos lo cual representa 28% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de vuelta se tarda 6.78 minutos lo cual representa 35% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.
- En el tiempo de descarga se tarda 7.0 minutos lo cual representa 36% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

El tiempo promedio que tarda un trabajador en realizar un viaje, incluido el tiempo de descarga del cable vía, es de 19.21 minutos.

Se calculan los tiempos totales de cada etapa del proceso de cosecha, obteniendo los tiempos promedios; de ida y vuelta de los racimos hasta el cable vía, ida y vuelta del cable vía hasta la zona de empaque y la descarga de estos racimos, que se muestran en la Figura 115.

Por término medio se obtiene los siguientes resultados.

- En el tiempo de ida y vuelta de la plantación al cable vía se tarda 1.94 minutos lo cual representa 53% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de ida y vuelta del cable vía a la plantación se tarda 0.79 minutos lo cual representa 22% del tiempo total empleado por racimo.
- En el tiempo de descarga se tarda 0.91 minutos lo cual representa 25% del tiempo total empleado por racimo.

El tiempo total que tarda un trabajador en trasladar un racimo es de 3.64 minutos.

Además, se calcula por término medio los tiempos de las actividades para el proceso de cosecha completo por viaje. Ver Figura 116.

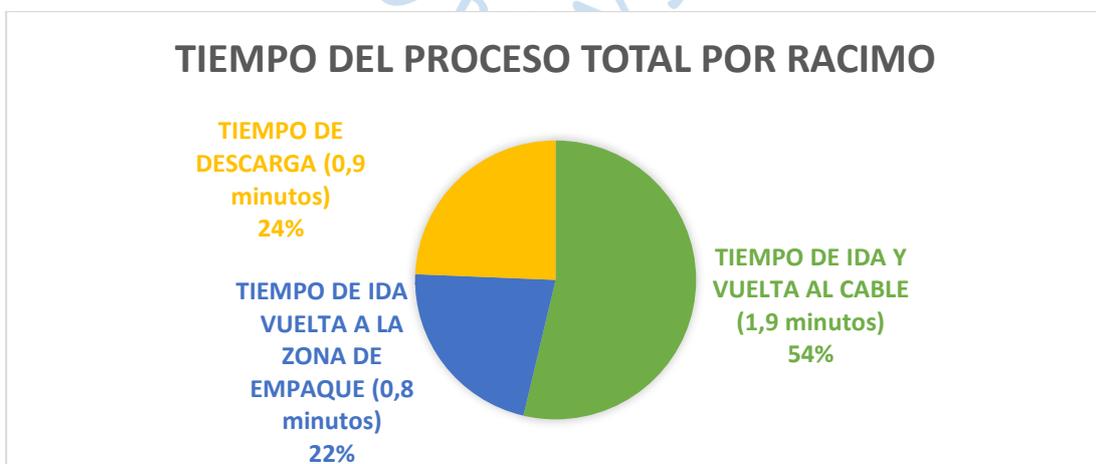


Figura 111. Gráfica del tiempo del proceso total por racimo.

Fuente: Elaboración propia

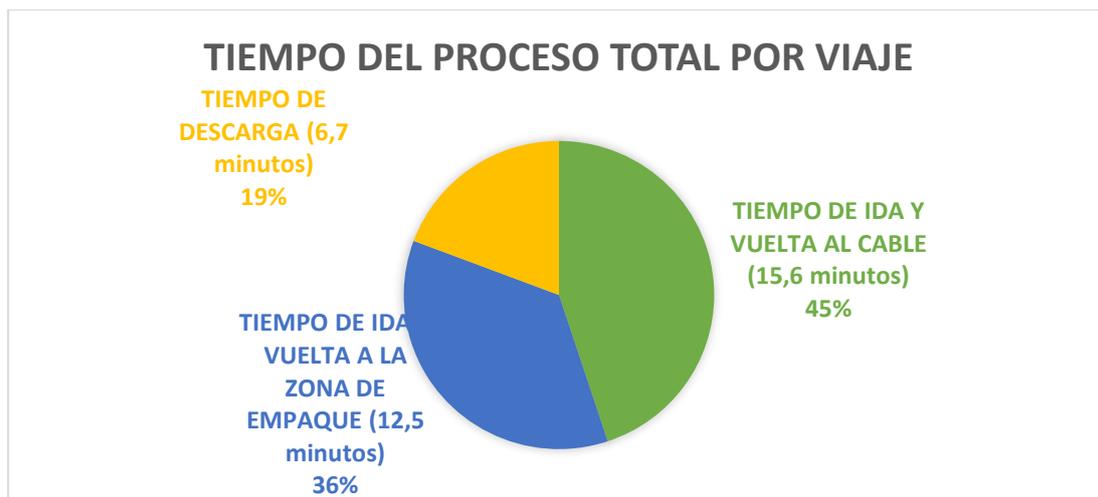


Figura 112. Gráfica de tiempo del proceso total por viaje.

Fuente: Elaboración propia

Por término medio se obtiene los siguientes resultados:

- En el tiempo de ida y vuelta al cable vía se tarda 15.64 minutos lo cual representa 45% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de ida y vuelta a la zona de empaque se tarda 12.46 minutos lo cual representa 36% del tiempo total empleado por viaje.
- En el tiempo de descarga se tarda 6.71 minutos lo cual representa 19% del tiempo total empleado por viaje de cable vía.

En promedio se obtiene que en 34.8 minutos, un trabajador realiza un viaje de ida, vuelta y descarga del cable vía.

Finalmente, en la Tabla 80 se muestran los datos mencionados anteriormente.

Tabla 80. Tiempo de traslado por racimos.

Procesos	Tiempo por viaje	Porcentaje	Tiempo por racimo	Porcentaje
Ida y vuelta Al cable vía	15.64	45%	1.94	53%
Ida y vuelta al empaque	12.46	36%	0.79	22%
Descarga en El empaque	6.71	19%	0.91	25%
Total	34.8	100%	3.64	100%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 81 se muestra el resumen de datos del proceso actual de la parcela obtenidos en la simulación.

Tabla 81. Datos de la simulación propuesta de la parcela Penadillo.

	Parcela Penadillo	
Cant. Hectáreas (Ha)	8 ha	
N° Trabajadores	4	
Cargadores	3	
Cortador	1	
Longitud del cable vía	600 metros	
N° Racimos	200 racimos	
Duración	-	
Tiempo medio	8 Horas	
Duración promedio de cosecha	-	
Plantación-Zona de empaque	-	
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	203.3 Minutos	3.4 Horas
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	161.9 Minutos	2.7 Horas
Tiempo de descarga	87.3 Minutos	1.5 Horas

Fuente: Elaboración propia

1.4. Análisis de la comparación de productividad. En este apartado, se analizará la comparación de los tiempos del proceso de cosecha obtenidos en la simulación actual, la simulación propuesta y entre las propuestas.

De los datos obtenidos de las simulaciones propuestas, se obtiene la duración promedio que se tardan los trabajadores asignados en cada actividad del proceso de cosecha, de acuerdo a cada parcela, además del rango de tiempo en el que se encuentra dicho proceso.

También, para la comparación se consideran los índices de productividad media por trabajador, por hora hombre y por racimo que ayudan a medir el rendimiento en relación del tiempo utilizado en el proceso de cosecha.

Actualmente, las parcelas tienen cantidades de hectáreas distintas; sin embargo, hemos logrado simular el proceso de cosecha de las parcelas para una jornada de trabajo de ocho horas. Teniendo en cuenta los valores de la ecuación de regresión que siguen los datos de las muestras realizadas, adquiridos en la herramienta del minitab.

1.4.1. Parcela Nonajulca, Cruz y Penadillo. Para esta comparación se consideran los valores de la parcela Nonajulca, Cruz y Penadillo de la simulación propuesta, para una jornada normal de cosecha de ocho horas. Obteniendo así los valores medios de cada proceso en las diferentes etapas, como se muestra en la Tabla 82.

Tabla 82. Datos de la simulación propuesta entre las parcelas.

	Parcela Nonajulca		Parcela Cruz		Parcela Penadillo	
Duración promedio de cosecha	-		-		-	
Plantación-Zona de empaque	-		-		-	
Tiempo de ida-vuelta de la plantación al cable vía	196.3 Minutos	3.3 Horas	245.8 Minutos	4.1 Horas	203.3 Minutos	3.4 Horas
Tiempo de ida-vuelta del cable vía a la zona de empaque	166.1 Minutos	2.8 Horas	81.2 Minutos	1.4 Horas	161.9 Minutos	2.7 Horas
Tiempo de descarga	86.6 Minutos	1.4 Horas	136.6 Minutos	2.3 Horas	87.3 Minutos	1.5 Horas

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 117 se representan los tiempos del proceso realizado en el traslado de racimos para las tres parcelas. Y se muestra una mínima variación en el tiempo de ida y vuelta de la plantación a la zona de empaque y una mayor variación en el tiempo de descanso; a pesar que en la parcela Penadillo se emplean más trabajadores que la otra parcela, estas variaciones se deben a distintos factores el peso de los racimos que cargan, la distancia del recorrido y las condiciones del campo. Lo que los lleva a tener un mayor desgaste y por ende un mayor tiempo de descanso.

Además, para la comparación se consideran los índices de productividad media por trabajador, por hora hombre y por racimo que ayudan a medir el rendimiento en relación del tiempo utilizado en el proceso de cosecha.

Para una mejor comparación se tiene en cuenta los siguientes índices:

- Relación entre la cantidad de racimos cosechados con el número de horas hombres trabajadas durante una jornada de trabajo.

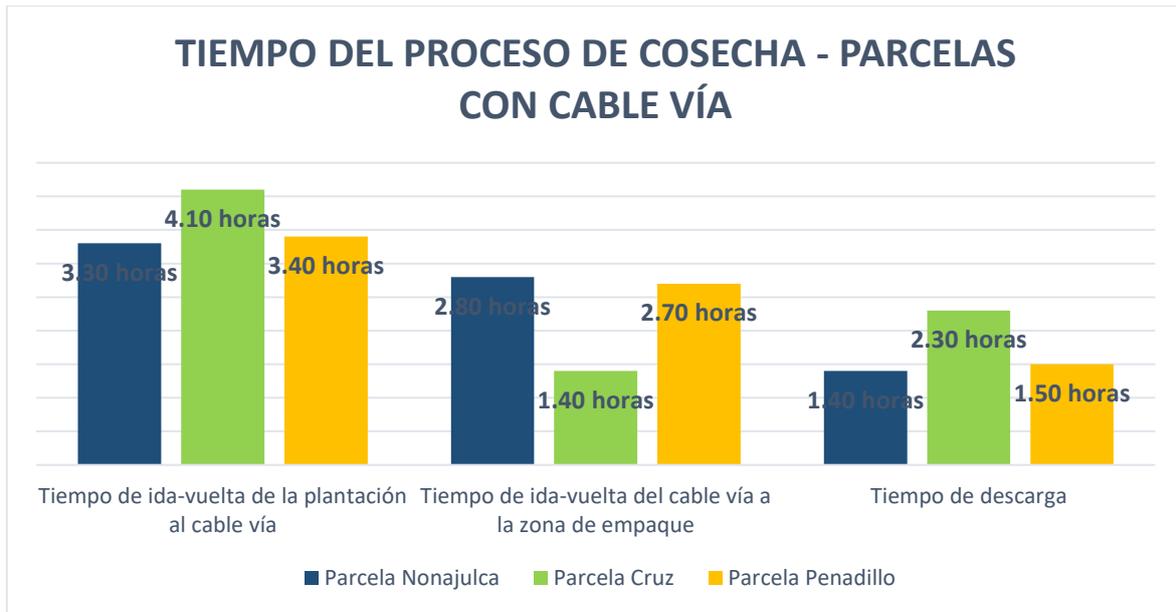


Figura 113. Gráfica del tiempo del proceso de cosecha total entre la parcela Cruz y Penadillo.

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Producción media por hora hombre} = \frac{\# \text{ de racimos cosechados}}{\# \text{ horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{P. \text{ Nonajulca}} = \frac{205}{8} \cong 26 \text{ racimos/hora}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{P. \text{ Cruz}} = \frac{320}{8} \cong 40 \text{ racimos/hora}$$

$$\text{Producción media por hora hombre}_{P. \text{ Penadillo}} = \frac{200}{8} \cong 25 \text{ racimos/hora}$$

Con estos valores, nos damos cuenta que la producción en una hora de la parcela Cruz es mayor que la producción de la parcela Nonajulca y Penadillo por 14 y 15 racimos respectivamente, debido a que las distancias de traslado son menores y esto permite que en una hora se puedan trasladar una mayor cantidad de racimos con el cuidado que se merece y en el tiempo estimado generando una mayor productividad por hora hombre y por ende una mejor calidad de la fruta. En cambio, en la parcela Nonajulca y Penadillo, como ya se sabe, se tiene un mayor tamaño de cable vía y esto genera un mayor recorrido del cable vía ocasionando una menor cantidad de cosecha.

- Relación entre la cantidad de racimos cosechados con la cantidad de trabajadores empleados para realizar el proceso.

$$\text{Producción media por trabajador} = \frac{\# \text{ de racimos cosechados}}{\# \text{ de trabajadores directos}}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Nonajulca}} = \frac{205}{3} \cong 69 \text{ racimos/trabajador}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Cruz}} = \frac{320}{4} \cong 80 \text{ racimos/trabajador}$$

$$\text{Producción media por trabajador}_{P. \text{ Penadillo}} = \frac{200}{6} \cong 34 \text{ racimos/trabajador}$$

La producción media por trabajador en la parcela Cruz es mayor que la producción de la parcela Nonajulca y Penadillo con una diferencia de 11 y 46 racimos, respectivamente. Con esto nos damos cuenta que al tener una menor cantidad de distancias para el recorrido del cable vía y para los cargadores, ellos podrán trasladar una mayor cantidad de racimos.

- Relación entre el número de horas hombre trabajadas con la cantidad de racimos cosechados en una jornada de trabajo.

$$\text{T tiempo medio por racimo} = \frac{\# \text{ horas hombre trabajadas}}{\# \text{ de racimos cosechados}}$$

$$\text{T tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Nonajulca}} = \frac{(8 * 60) * 3}{205} \cong 7 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

$$\text{T tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Cruz}} = \frac{(8 * 60) * 3}{320} \cong 4.5 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

$$\text{T tiempo medio por racimo}_{P. \text{ Penadillo}} = \frac{(8 * 60) * 3}{200} \cong 7.2 \frac{\text{minutos}}{\text{racimo}}$$

En el tiempo medio por racimo se nota la diferencia entre dichas parcelas; la parcela Cruz tiene un tiempo medio de 4.4 minutos para trasladar un racimo, mientras que la parcela Nonajulca y Penadillo tienen 2.5 y 2.7 minutos de más, respectivamente. Se tiene en cuenta que esto es ocasionado por un excesivo tiempo que se invierte en trasladar el cable vía hacia la zona de empaque, debido a la mala ubicación de la empaquetadora.

En la tabla 83 se muestra un resumen de los valores de los indicadores tomados en cuenta.

Tabla 83. Comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.

Indicadores	Parcela Nonajulca	Parcela Cruz	Parcela Penadillo
Producción media por hora hombre	26	40	25
Producción media por trabajador	69	80	34
Tiempo medio por racimo	7.0	4.5	7.2

Fuente: Elaboración propia

Para un mejor entendimiento, en la Figura 118 se muestra la comparación de los indicadores para las distintas parcelas.

Después de realizar las comparaciones entre las simulaciones de las parcelas propuestas podemos decir que los mejores valores de indicadores se tienen en la parcela Cruz, pues a esta parcela le favorece tener la empaquetadora en la parte central de su parcela, con ellos puede reducir distancias de cable vía y de recorrido para el traslado y así tener una mejor producción.

Ahora se realiza la comparación de los valores de productividad de la misma parcela, antes de implementar la propuesta del sistema y los valores obtenidos después de la implementación de la propuesta para mostrar si realmente valdría la pena implementar el sistema de cable vía.

1.4.2. Parcela Cruz actual y propuesta. Comparando los valores medios de la productividad de la parcela actual y la propuesta se puede ver que, para este caso, la implementación del cable vía es de mucha ayuda para elevar la productividad de la parcela y aprovechar los recursos que se tienen además de mantener una buena calidad de la fruta, disminuyendo la cantidad de descarte por daños causados en el traslado. Ver Tabla 84.

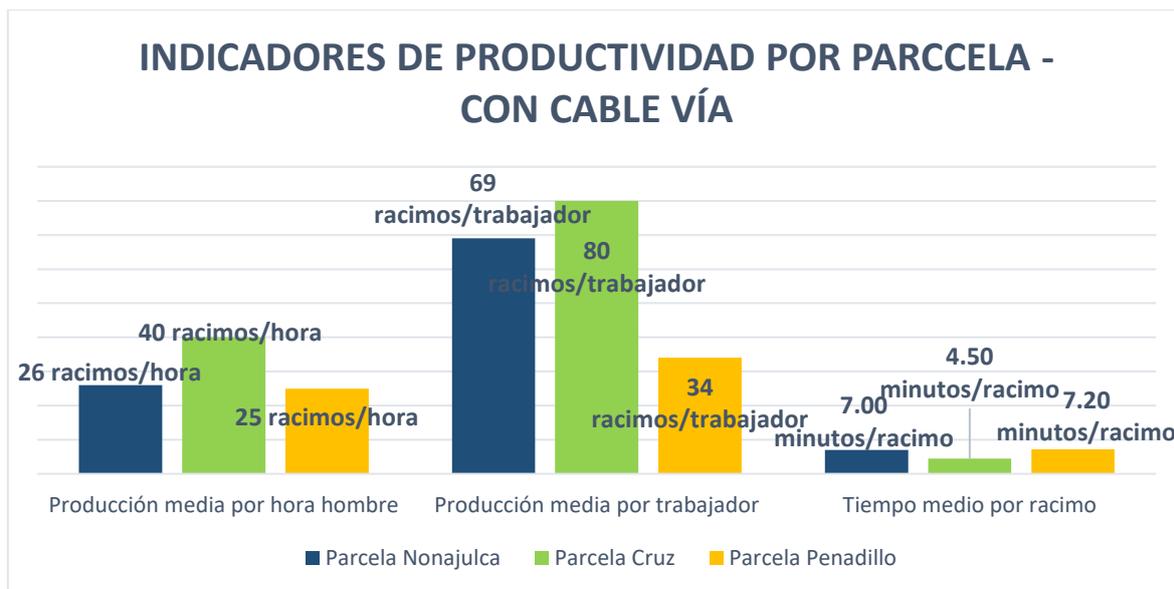


Figura 114. Gráfica de comparación de indicadores de productividad entre las parcelas.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Comparación de indicadores entre la parcela de Cruz actual y la propuesta.

Indicadores	Parcela Cruz actual	Parcela Cruz propuesta
Producción media por hora hombre	26	40
Producción media por trabajador	40	80
Tiempo medio por racimo	8.7	4.5

Fuente: Elaboración propia

1.4.3. Parcela Penadillo actual y propuesta. Mientras que los valores de la parcela Penadillo que se obtienen del análisis de la simulación propuesta, se puede ver que con la implementación del cable vía la productividad aumenta, pero no lo suficiente como para invertir en este sistema; sin embargo, si en esta parcela se reestructura la ubicación de la empaquetadora y se implementa el cable vía se tendría una mayor productividad, de tal manera que se aprovecharía la producción de toda la parcela y disminuiría la cantidad de descarte que se tiene por daños en la fruta mejorando la calidad de esta. Ver Tabla 85.

2. Análisis de Costo

En este apartado se realizará el análisis de costo de los recursos que se utilizan para realizar el proceso de cosecha (traslado de la fruta desde la plantación hasta la zona de empaque), tanto del proceso actual como del proceso propuesto para las parcelas sin cable vía; considerando la cantidad de cajas obtenidas en un día de trabajo y los costos unitarios de mano de obra y el costo de cable vía por metro.

Tabla 85. Comparación de indicadores entre la parcela Penadillo actual y propuesta.

Indicadores	Parcela Penadillo actual	Parcela Penadillo propuesta
Producción media por hora hombre	22	25
Producción media por trabajador	27	34
Tiempo medio por racimo	15.2	7.2

Fuente: Elaboración propia

Para el cable vía se tiene en cuenta los siguientes costos:

- Costo total de cable vía por metro: indica el monto que se invierte en implementar el cable vía para un metro de distancia.
- Costo de instalación: indica el monto que se invierte en colocar el cable vía en el lugar que se requiere con todos sus implementos.
- Costo de implementos (garruchas, fierros adicionales): indica el monto que se invierte en comprar todos los implementos requeridos para instalar el cable vía.

Este análisis de costo de cada parcela ayuda a comparar los valores obtenidos entre ellas. Identificando así los beneficios económicos que se obtiene de implementar el sistema de cable vía para este proceso y determinar además el tiempo de retorno de la inversión del cable vía, y verificar la factibilidad de esta implementación estableciendo su rentabilidad.

Para el cálculo del costo de mano de obra se considera el pago de S/ 40.00 el día por trabajador y la alimentación con un monto de S/ 6.00.

2.1. Análisis de costo actual. Se analizará los costos incurridos para el proceso de cosecha, de acuerdo con la producción actual estimada para cada parcela en un día normal de trabajo, la cual se determinó con la data obtenida en los periodos del mes de noviembre y diciembre. Realizando además las comparaciones entre la parcela Nonajulca que cuenta con el sistema de cable vía y las parcelas Cruz y Penadillo que realizan este proceso de manera tradicional.

2.1.1. Parcela Nonajulca. En el anexo A1 se muestra la cantidad de cajas obtenidas en cada semana del mes de noviembre y diciembre, respectivamente; especificando el precio de caja según su tipo, la cantidad de trabajadores y el costo unitario de mano de obra incluyendo su alimentación. De ello se obtuvo la Tabla 86, que contiene un resumen de ambos periodos.

Se obtiene que el costo unitario promedio de mano de obra es de S/ 0.935, este monto cubre la mano de obra solo para el proceso de cosecha.

Tabla 86. Datos por período del costo unitario.

PARCELA NONAJULCA		
MES	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
N° CAJAS	2570 cajas	2011 cajas
INGRESOS TOTALES	\$ 14 936	\$ 11 663.8
N° TRABAJADORES	52	41
COSTO TOTAL DE MO	S/ 2 392	S/ 1 886
COSTO UNITARIO DE MO	0.93	0.94

Fuente: Elaboración propia

Para esta parcela también se considera el costo de inversión del cable vía por metro, obtenido de los datos brindados por el dueño de la parcela; lo cual fue de S/ 12 000.00 para 200 metros de cable vía.

$$\text{Costo por metro de cable vía} = \frac{s/. 12\ 000}{200 \text{ metros}} = s/ .60.00 \text{ m}$$

Habiendo considerado en las simulaciones, una longitud de 500 metros de cable vía para esta parcela, se obtiene una inversión de s/. 30 000.00; con este monto se realiza la tabla de amortización para ver el tiempo de retorno que se tarda en recuperar dicha inversión.

En la Tabla 87 se muestra los datos del monto de inversión total, la tasa de interés efectiva anual (tomando como referencia una tasa del 12% anual, que es el valor promedio establecido para proyectos de diferentes rubros), la tasa de interés nominal mensual y la cantidad de periodos o meses a considerar.

Tabla 87. Datos para la amortización del cable vía.

MONTO	S/. 30 000.00
i EFECTIVA ANUAL	12%
i NOMINAL MENSUAL	0.95%
PERIODOS	6

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se realizó la tabla de amortización; considerando un periodo de 6 meses se obtiene una cuota (en función de la tasa nominal mensual, el número de periodos y el monto total de inversión) de S/ 5 167.36 mensuales. Ver tabla 88.

En base a estos datos, se puede decir que la implementación de este sistema es factible, dado que el monto de la cuota de pago se puede cubrir fácilmente con los ingresos obtenidos en cada mes por un periodo de 6 meses.

Tabla 88. Amortización del cable vía en un período de 6 meses.

PERIODOS	CUOTA	CAPITAL	INTERES	TOTAL
0	S/. -	S/. -	S/. -	S/. 30 000.00
1	S/. 5 167.36	S/. 4 882.70	S/. 284.66	S/. 25 117.30
2	S/. 5 167.36	S/. 4 929.03	S/. 238.33	S/. 20 188.28
3	S/. 5 167.36	S/. 4 975.80	S/. 191.56	S/. 15 212.48
4	S/. 5 167.36	S/. 5 023.01	S/. 144.35	S/. 10 189.46
5	S/. 5 167.36	S/. 5 070.67	S/. 96.69	S/. 5 118.79
6	S/. 5 167.36	S/. 5 118.79	S/. 48.57	S/. -

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Parcela Cruz. De los datos que se tienen en el anexo A2, se obtuvo la Tabla 89, que contiene un resumen de ambos periodos. Obteniendo que el costo unitario promedio de mano de obra es de S/ 1.17, este monto cubre la mano de obra solo para el proceso de cosecha.

2.1.3. Parcela Penadillo. De los datos que se tienen en el anexo A3, se obtuvo la Tabla 90 muestran en costo unitario promedio de mano de obra es de S/ 2.76, este monto cubre la mano de obra solo para el proceso de cosecha.

Tabla 89. Datos por período del costo unitario.

PARCELA CRUZ		
MES	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
N° CAJAS	1 120	1 430
INGRESOS TOTALES	6526	8 294
N° TRABAJADORES	29	41
COSTO TOTAL DE MO	1 150	1 886
COSTO UNITARIO DE MO	1.03	1.32

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Análisis de la comparación de costos. Para esta comparación se tomó como indicador el costo unitario de mano de obra por caja obtenido en cada parcela.

Ver tabla 91, donde se muestran los valores promedios del costo unitario de mano de obra para la producción del año 2018.

Tabla 90. Datos por período del costo unitario.

PARCELA PENADILLO		
MES	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
N° CAJAS	651	637
INGRESOS TOTALES	3616	3695
N° TRABAJADORES	29	24
COSTO TOTAL DE MO	1334	1104
COSTO UNITARIO DE MO	2.05	1.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Costo unitario por período de la parcela Nonajulca.

Costo unitario	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prome dio
Parcela Nonajulca	0.84	0.89	0.81	1.1	0.8	0.97	0.98	1.04	1.01	0.89	0.93	0.94	0.926
Parcela Cruz	1.19	1.2	1.32	1.36	1.24	1.51	1.33	1.69	1.65	1.34	1.03	1.32	1.348
Parcela Penadillo	1.93	1.93	1.86	1.98	2.07	2.11	2.16	2.07	2.07	2.12	2.05	1.73	2.006

Fuente: Elaboración propia

De lo cual se puede ver la gran diferencia entre dichas parcelas, corroborando así lo detallado en el análisis de producción donde también se identificó está marcada diferencia. Obteniendo los siguientes valores de la comparación de costos unitario de mano de obra entre las parcelas. Ver Tabla 92, 93 y 94.

Tabla 92. Diferencia de costo entre la parcela Nonajulca y Cruz.

COMPARACION ENTRE NONAJULCA – CRUZ	
DIFERENCIA	0.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Diferencia de costo entre la parcela Cruz y Penadillo.

COMPARACION ENTRE CRUZ – PENADILLO	
DIFERENCIA	0.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Diferencia de costo entre la parcela Nonajulca y Penadillo.

COMPARACION ENTRE NONAJULCA – PENADILLO	
DIFERENCIA	1.08

Fuente: Elaboración propia

2.3. Análisis de costos de la simulación propuesta. Se analizará los costos incurridos para el proceso de cosecha, de acuerdo con la producción estimada en las simulaciones propuestas para cada parcela en un día normal de trabajo de 8 horas. Realizando además las comparaciones entre las tres parcelas.

2.3.1. Parcela Nonajulca. En la tabla 95 se muestran un resumen de los siguientes datos: la cantidad de cajas realizadas en 8 horas de trabajo, los ingresos totales, la cantidad de trabajadores, el costo total de mano de obra y el costo unitario de mano de obra incluyendo su alimentación.

Tabla 95. Datos de costo unitario de la parcela Nonajulca.

PARCELA NONAJULCA	
1 JORNADA DE TRABAJO	8 HORAS
N° CAJAS	210 cajas
INGRESOS TOTALES	\$ 1 218
N° TRABAJADORES	3
COSTO TOTAL DE MO	S/ 138
COSTO UNITARIO DE MO	0.66

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como dato que el valor de la cuota es de S/ 5,167.36 mensuales considerando un periodo de 6 meses.

2.3.2. Parcela Cruz. En la tabla 96 se muestran un resumen de los datos obtenidos para esta parcela:

Tabla 96. Datos de costo unitario de la parcela Cruz.

PARCELA CRUZ	
1 JORNADA DE TRABAJO	8 HORAS
N° CAJAS	320 cajas
INGRESOS TOTALES	\$ 1 856
N° TRABAJADORES	3
COSTO TOTAL DE MO	S/ 138
COSTO UNITARIO DE MO	0.43

Fuente: Elaboración propia

Habiendo considerado en las simulaciones, una longitud de 360 metros de cable vía para esta parcela y un costo de implementación de cable vía de S/ 60.00 por metro, se obtiene una inversión de s/. 21 600.00; con este monto se realiza la tabla de amortización para ver el tiempo de retorno que se tarda en recuperar dicha inversión. En la Tabla 97 se muestra los datos del monto de inversión total, la tasa de interés efectiva, la tasa de interés nominal mensual y la cantidad de periodos o meses a considerar.

Tabla 97. Datos para la amortización del cable vía.

MONTO	S/. 21 600.00
i EFECTIVA ANUAL	12%
i NOMINAL MENSUAL	0.95%
PERIODOS	6

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se realizó la tabla de amortización; obteniendo una cuota de S/ 3,720.50 mensuales. Ver Tabla 98.

Tabla 98. Amortización del cable vía en un período de seis meses.

# PERIODOS	CUOTA	CAPITAL	INTERES	TOTAL
0	S/. -	S/. -	S/. -	S/. 21,600.00
1	S/. 3,720.50	S/. 3,515.54	S/. 204.96	S/. 18,084.46
2	S/. 3,720.50	S/. 3,548.90	S/. 171.60	S/. 14,535.56
3	S/. 3,720.50	S/. 3,582.57	S/. 137.92	S/. 10,952.98
4	S/. 3,720.50	S/. 3,616.57	S/. 103.93	S/. 7,336.41
5	S/. 3,720.50	S/. 3,650.89	S/. 69.61	S/. 3,685.53
6	S/. 3,720.50	S/. 3,685.53	S/. 34.97	S/. -

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Parcela Penadillo. En la tabla 99 se muestran un resumen de los siguientes datos:

Considerado en esta simulación, una longitud de 600 metros de cable vía para esta parcela y un costo de implementación de cable vía de S/ 60.00 por metro, se obtiene una inversión de s/. 36 000.00. Ver Tabla 100.

Tabla 99. Datos de costo unitario de la parcela Penadillo.

PARCELA PENADILLO	
1 JORNADA DE TRABAJO	8 HORAS
N° CAJAS	200 cajas
INGRESOS TOTALES	\$ 1 160
N° TRABAJADORES	3
COSTO TOTAL DE MO	S/ 138
COSTO UNITARIO DE MO	0.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Datos para la amortización del cable vía

MONTO	S/. 36,000.00
i EFECTIVA ANUAL	12%
i NOMINAL MENSUAL	0.95%
PERIODOS	6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 101 se muestran los datos para realizar la tabla de amortización; considerando un periodo de 6 meses se obtiene una cuota de S/ 6,200.83 mensuales.

Tabla 101. Amortización del cable vía en un período de seis meses.

# Periodos	Cuota	Capital	Interés	Total
0	s/. -	s/. -	s/. -	s/. 36,000.00
1	s/. 6,200.83	s/. 5,859.24	s/. 341.60	s/. 30,140.76
2	s/. 6,200.83	s/. 5,914.83	s/. 286.00	s/. 24,225.93
3	s/. 6,200.83	s/. 5,970.96	s/. 229.87	s/. 18,254.97
4	s/. 6,200.83	s/. 6,027.62	s/. 173.22	s/. 12,227.36
5	s/. 6,200.83	s/. 6,084.81	s/. 116.02	s/. 6,142.55
6	s/. 6,200.83	s/. 6,142.55	s/. 58.29	s/. -

Fuente: Elaboración propia

2.4. Análisis de la comparación de costos de las simulaciones propuestas. En este apartado se compara los costos invertidos en la producción actual (obtenida de la data de acuerdo a cada mes) y los costos invertidos en la producción de la simulación propuesta para 8 horas que equivale a un día de trabajo de cada parcela; utilizando los datos de numero de cajas por mes

(para de esta manera obtener una cantidad promedio por día de trabajo), el ratio 4 (número de racimos cosechados entre el número de cajas producidas), y el precio de venta de la caja de banano orgánico.

2.4.1. Parcela Cruz actual y propuesta. De acuerdo con los datos de los meses de noviembre y diciembre se tiene una producción de 1 120 y 1 430 cajas en 5 y 6 días al mes, respectivamente. Obteniendo con ello una producción por día de 224 y 239 cajas para cada mes.

Además, con las muestras realizadas en la toma de datos, se obtuvo una ratio promedio de 0.91, el cual utilizaremos para hallar el número de racimos cosechados por día en promedio. Ver Tabla 102.

$$\text{Ratio} = \frac{N^{\text{a}} \text{ racimos}}{N^{\text{a}} \text{ cajas}} = 0.91$$

Tabla 102. Datos de producción por día.

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
N° CAJAS POR DIA	224	239
N° RACIMOS POR DIA	204	218

Fuente: Elaboración propia

Teniendo un promedio de 211 racimos cosechados y 231 cajas producidas en un día normal de trabajo para la producción actual.

Y con la simulación propuesta anteriormente se obtuvo que, para un día normal de trabajo de 8 horas, se obtienen 320 cajas producidas con un aproximado de 266 racimos (utilizando aquí el ratio de la parcela Nonajulca⁵ dado que esta simulación ya cuenta con el sistema de cable vía lo que ayuda a la reducción de merma).

En la tabla 103 se muestra la diferencia entre la producción que tiene actualmente la parcela y la producción que tendría si implementara el sistema de cable vía. Viendo que los costos unitarios de mano de obra reducirían en gran proporción.

⁴ Ratio, es una proporción que se obtiene de la relación entre el número de racimos cosechados y el número de cajas producidas.

⁵ La ratio promedio de la parcela Nonajulca es de 0.83.

Tabla 103. Comparación entre la producción actual y propuesta.

	PRODUCCIÓN ACTUAL	PRODUCCIÓN PROPUESTA
1 JORNADA DE TRABAJO	8 HORAS	8 HORAS
N° CAJAS	231	320
N° RACIMOS	211	266
INGRESOS TOTALES	\$ 1 339.8	\$ 1 856
N° TRABAJADORES	4	3
COSTO TOTAL DE MO	S/ 184	S/ 138
COSTO UNITARIO DE MO	0.80	0.43

Fuente: Elaboración propia

Corroborando con esto los beneficios que se obtiene en la producción (N° caja producida), al implementar el cable vía en el proceso de cosecha para el traslado de los racimos a la zona de empaque y la ubicación óptima de la empaquetadora.

2.4.2. Parcela Penadillo actual y propuesta. Al igual que en la parcela Cruz, para los meses de noviembre y diciembre se tiene una producción de 651 y 637 cajas en 4 y 3 días al mes, respectivamente. Obteniendo con ello una producción por día de 163 y 213 cajas para cada mes.

Además, con las muestras realizadas en la toma de datos, se obtuvo una ratio promedio de 1.50, el cual utilizaremos para hallar el número de racimos cosechados por día en promedio. Ver Tabla 104.

$$Ratio = \frac{N^{\text{a}} \text{ racimos}}{N^{\text{a}} \text{ cajas}} = 1.50$$

Tabla 104. Datos de producción por día.

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
N° CAJAS POR DIA	163	213
N° RACIMOS POR DIA	244	318

Fuente: Elaboración propia

Teniendo un promedio de 281 racimos cosechados y 188 cajas producidas en un día normal de trabajo para la producción actual.

Y con la simulación propuesta anteriormente se obtuvo que, para un día normal de trabajo de 8 horas, se obtienen 200 cajas producidas con un aproximado de 166 racimos (utilizando aquí también la ratio de la parcela Nonajulca dado que esta simulación ya cuenta con el sistema de cable vía lo que ayuda a la reducción de merma).

En la tabla 105 se muestra la diferencia entre la producción que tiene actualmente la parcela y la producción que tendría si implementara el sistema de cable vía. Viendo que los costos unitarios de mano de obra actuales son más del doble de los costos que se obtendría en la simulación propuesta.

Corroborando con esto los beneficios que se obtiene en la producción (N° caja producida), al implementar el cable vía en el proceso de cosecha para el traslado de los racimos a la zona de empaque

Tabla 105. Comparación entre la producción actual y propuesta.

	PRODCCION ACTUAL	PRODUCCION PROPUESTA
1 JORNADA DE TRABAJO	8 HORAS	8 HORAS
N° CAJAS	188	200
N° RACIMOS	281	166
INGRESOS TOTALES	\$ 1 090.4	\$ 1 160
N° TRABAJADORES	6	3
COSTO TOTAL DE MO	S/ 276	S/ 138
COSTO UNITARIO DE MO	1.47	0.69

Fuente: Elaboración propia



Conclusiones

▪ El objetivo principal de esta tesis era analizar la implementación de una nueva herramienta o tecnología para la optimización de todo el proceso de postcosecha del banano orgánico, enfocándonos en la actividad del sistema de traslado sistema, clave para obtener un producto final de mayor calidad.

▪ Así pues, la aportación fundamental de este trabajo consiste en brindar una propuesta de diseño e implementación de un sistema de cable vía, que permite facilitar el traslado de la fruta desde la ubicación de la planta hasta la zona de empaque, en pequeños agricultores de nuestra región, utilizando la metodología de simulación. Se ha utilizado esta técnica dado que como se menciona en esta tesis es un método que permite imitar el proceso real y ofrecer soluciones para un mayor análisis en la implementación de este sistema. Las propuestas de simulación de esta tesis, cuentan con un diseño del sistema de cable vía de acuerdo a las condiciones que tiene cada parcela.

▪ Además de la propuesta metodológica para la simulación del proceso de postcosecha con y sin cable vía, se pueden extraer las siguientes conclusiones. En esta tesis se demuestra que la implementación del sistema de cable vía en el proceso de banano orgánico garantiza mejorar no solo la calidad del banano, si no también, el aumento de la producción, por lo tanto, el aumento de las ganancias, disminución de la merma y el mejoramiento en la calidad de trabajo de los agricultores. Siendo una variable muy importante la ubicación que tenga el cable vía de acuerdo a sus dimensiones y condiciones de la parcela, definiendo como la mejor opción que está se encuentre en medio del campo, lo que permitirá reducir distancias en el traslado y dependiendo de ello se podría evaluar la inversión de implementar o no este sistema.

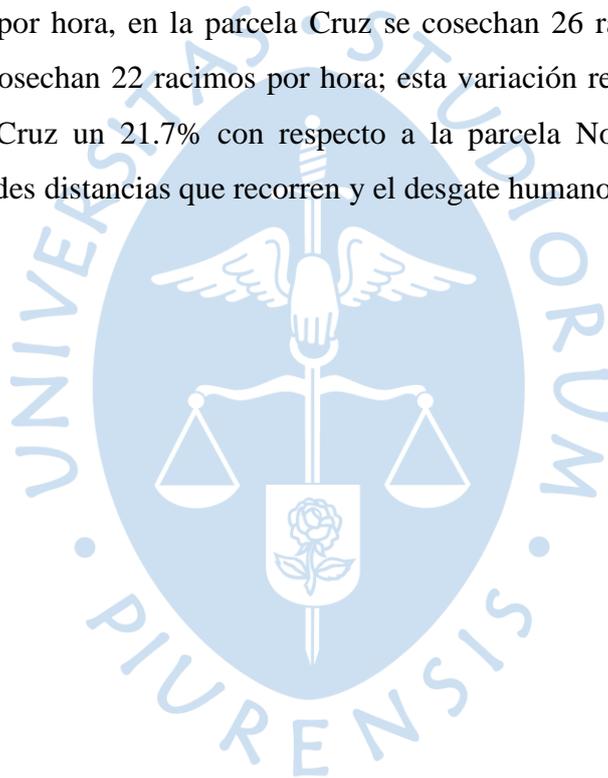
▪ Además, se puede concluir que en productores pequeños (de 3 a 8 hectáreas), se tiene un porcentaje menor de rendimiento que en parcelas más grande (de 10 ha a más), donde se tienen distancias mucho más grandes y los daños ocasionados son más severos, tanto en la calidad de la fruta como en los trabajadores, y la producción. Viéndose así una marcada diferencia en el impacto de los indicadores antes mencionados.

▪ El costo unitario por caja en un sistema de cable vía está en promedio s/ 0.926 y sin cable vía en promedio s/ 1.135, con la simulación se encuentra que el costo unitario de MO por caja sería de s/ 0.56 con un ahorro de s/ 0.575 por caja.

▪ El tiempo total de traslado por racimo de la parcela Nonajulca es de 3.31 minutos y el tiempo por viaje es de 26.8 minutos generando así, un tiempo promedio de 5.8 horas para

trasladar 160 racimos; mientras que, en la parcela Cruz, con la empaquetadora en la parte central de la parcela, el tiempo de traslado de racimos es de 8.69 minutos teniendo un tiempo promedio de traslado con 160 racimos de 6.2 horas lo cual representa un 6.5% de tiempo más que el tiempo de la parcela Nonajulca. La parcela Penadillo, obtiene un tiempo de traslado por racimo de 15.36 minutos y un tiempo promedio de 7.5 horas para trasladar 160 racimos en condiciones actuales, empaquetadora en un extremo de la parcela y sin cable vía; la cual representa un 17.3% más que el tiempo de traslado en la parcela Cruz y un 22.7% con respecto a la parcela Nonajulca.

- La producción media por hora hombre varía de acuerdo a la cantidad de racimos cosechados en un día de trabajo y las horas hombre trabajadas. Para la parcela Nonajulca se cosechan 28 racimos por hora, en la parcela Cruz se cosechan 26 racimos por hora y en la parcela Penadillo se cosechan 22 racimos por hora; esta variación representa un 7% entre la parcela Nonajulca y Cruz un 21.7% con respecto a la parcela Nonajulca y Penadillo, se evidencia por las grandes distancias que recorren y el desgaste humano que este genera.



Anexos



Anexo A 1. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Nonajulca.

MES DE NOVIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCION FUNDOS								
		NONAJULCA								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
45	03-nov	300	5,9	FYFFER	6	240	0,800	36	0,120	0,920
	04-nov	252	5,8	PREMIUN	5	200	0,794	30	0,119	0,913
	05-nov	170	5,8	PREMIUN	4	160	0,941	24	0,141	1,082
	06-nov					0				
	07-nov					0				
	08-nov					0				
	09-nov					0				
TOTAL		722	4217,6		15	600	0,845	90	0,127	0,972
46	10-nov	250	5,8	PREMIUN	5	200	0,800	30	0,120	0,920
	11-nov	200	5,8	PREMIUN	4	160	0,800	24	0,120	0,920
	12-nov	257	5,8	PREMIUN	5	200	0,778	30	0,117	0,895
	13-nov	250	5,8	PREMIUN	5	200	0,800	30	0,120	0,920
	14-nov					0				
	15-nov					0				
	16-nov					0				
TOTAL		957	5550,6		19	760	0,795	114	0,119	0,914
47	17-nov									
	18-nov	285	5,8	PREMIUN	6	240	0,842	36	0,126	0,968
	19-nov									
	20-nov									
	21-nov									
	22-nov									
	23-nov									
TOTAL		285	1653		6	240	0,842	36	0,126	0,968
48	24-nov	300	5,8	PREMIUN	6	240	0,800	36	0,120	0,920
	25-nov	306	5,8	PREMIUN	6	240	0,784	36	0,118	0,902
	26-nov									
	27-nov									
	28-nov									
	29-nov									
	30-nov									
TOTAL		606	3514,8		12	480	0,792	72	0,119	0,911
TOTAL DEL MES		2570	14936	0	52					

Fuente: Elaboración propia

Anexo A 1. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Nonajulca. (Continuación)

MES DE DICIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCION FUNDOS								
		NONAJULCA								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
49	30-nov									
	01-dic	337	5,8	PREMIUN	7	280	0,831	42	0,125	0,955
	02-dic	260	5,8	PREMIUN	5	200	0,769	30	0,115	0,885
	03-dic									
	04-dic									
	05-dic									
	06-dic									
	TOTAL	597	3462,6		12	480	0,800	72	0,120	0,920
50	08-dic									
	09-dic									
	10-dic									
	11-dic	310	5,8	PREMIUN	7	280	0,903	42	0,135	1,039
	12-dic	119	5,8	PREMIUN	2	80	0,672	12	0,101	0,773
	13-dic									
	14-dic									
	TOTAL	429	2488,2		9	360	0,788	54	0,118	0,906
51	15-dic	368	5,8	PREMIUN	7	280	0,761	42	0,114	0,875
	16-dic	281	5,8	PREMIUN	6	240	0,854	36	0,128	0,982
	17-dic	311	5,8	PREMIUN	6	240	0,772	36	0,116	0,887
	18-dic									
	19-dic									
	20-dic									
	21-dic									
	TOTAL	960	5568		19	760	0,796	114	0,119	0,915
52	21-dic									
	22-dic									
	23-dic									
	24-dic	25	5,8	PREMIUN	1	40	1,600	6	0,240	1,840
	25-dic									
	26-dic									
	27-dic									
	TOTAL	25	145		1	40	1,600	6	0,240	1,840
	TOTAL DEL MES	2011	11664	0	41					

Fuente: Elaboración propia

Anexo A 2. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Cruz.

MES DE NOVIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCIÓN DE FUNDOS								
		CRUZ								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	COSTO ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
45	03-nov									
	04-nov									
	05-nov									
	06-nov									
	07-nov	153	5,8	PREMIUN	4					
	08-nov									
	09-nov									
TOTAL		153	887,4		4					
46	10-nov	300	5,9	FYFFER	8	320	1,067	48	0,160	1,227
	11-nov	153	5,8	PREMIUN	4	160	1,046	24	0,157	1,203
	12-nov									
	13-nov									
	14-nov									
	15-nov									
	16-nov									
TOTAL		453	2657,4		12	480	1,056	72	0,158	1,215
47	17-nov									
	18-nov									
	19-nov	63	5,8	PREMIUN	3	120	1,905	18	0,286	2,190
	20-nov									
	21-nov									
	22-nov									
	23-nov									
TOTAL		63	365,4		3	120	1,905	18	0,286	2,190
48	24-nov	451	5,8	PREMIUN	10	400	0,887	60	0,133	1,020
	25-nov									
	26-nov									
	27-nov									
	28-nov									
	29-nov									
	30-nov									
TOTAL		451	2615,8		10	400	0,887	60	0,133	1,020
TOTAL DEL MES		1120	6526	0	29					

Fuente: Elaboración propia

Anexo A 2. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Cruz. (Continuación)

MES DE DICIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCIÓN DE FUNDOS								
		CRUZ								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
49	30-nov	143	5,8	PREMIUN	6	240	1,678	36	0,252	1,930
	01-dic									
	02-dic									
	03-dic									
	04-dic									
	05-dic									
	06-dic									
TOTAL		143	829,4		6	240	1,678	36	0,252	1,930
50	08-dic	380	5,8	PREMIUN	9	360	0,947	54	0,142	1,089
	09-dic									
	10-dic	145	5,8	PREMIUN	5	200	1,379	30	0,207	1,586
	11-dic									
	12-dic									
	13-dic									
	14-dic									
TOTAL		525	3045		14	560	1,163	84	0,175	1,338
51	15-dic	195	5,8	PREMIUN	6	240	1,231	36	0,185	1,415
	16-dic									
	17-dic									
	18-dic									
	19-dic									
	20-dic									
	21-dic									
TOTAL		195	1131		6	240	1,231	36	0,185	1,415
52	21-dic	418	5,8	PREMIUM	10	400	0,957	60	0,144	1,100
	22-dic	149	5,8	PREMIUM	5	200	1,342	30	0,201	1,544
	23-dic									
	24-dic									
	25-dic									
	26-dic									
	27-dic									
TOTAL		567	3288,6		15	600	1,150	90	0,172	1,322
TOTAL DEL MES		1430	8294	0	41					

Fuente: Elaboración propia

Anexo A 3. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Penadillo.

MES DE NOVIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCIÓN DE FUNDOS								
		PENADILLO								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	COSTO MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	COSTO ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
45	03-nov	200	5	INCA	8	320	1,600	48	0,240	1,840
	04-nov									
	05-nov	202	5,8	PREMIUN	8	320	1,584	48	0,238	1,822
	06-nov									
	07-nov									
	08-nov									
	09-nov									
TOTAL		402	2171,6		16	640	1,592	96	0,239	1,831
46	10-nov									
	11-nov									
	12-nov									
	13-nov									
	14-nov									
	15-nov									
	16-nov									
TOTAL		0	0		0					
47	17-nov	146	5,8	PREMIUN	7	280	1,918	42	0,288	2,205
	18-nov									
	19-nov	103	5,8	PREMIUN	6	240	2,330	36	0,350	2,680
	20-nov									
	21-nov									
	22-nov									
	23-nov									
TOTAL		249	1444,2		13	520	2,124	78	0,319	2,443
48	24-nov									
	25-nov									
	26-nov									
	27-nov									
	28-nov									
	29-nov									
	30-nov									
TOTAL		0	0		0					
TOTAL DEL MES		651	3615,8	0	29					

Fuente: Elaboración propia

Anexo A 3. Registro de producción del mes de noviembre de la parcela Penadillo. (Continuación)

MES DE DICIEMBRE										
SEMANA	FECHA	PRODUCCIÓN DE FUNDOS								
		PENADILLO								
		N° CAJAS	PRECIO	TIPO	N° TRABAJADORES	MANO DE OBRA	COSTO UNITARIO MO	ALIMENTACION	COSTO UNITARIO A	COSTO UNITARIO TOTAL
49	30-nov									
	01-dic									
	02-dic									
	03-dic	224	5,8	PREMIUM	8	320	1,429	48	0,214	1,643
	04-dic									
	05-dic									
	06-dic									
TOTAL		224	1299,2		8	320	1,429	48	0,214	1,643
50	08-dic									
	09-dic									
	10-dic									
	11-dic	202	5,8	PREMIUM	8	320	1,584	48	0,238	1,822
	12-dic									
	13-dic									
	14-dic									
TOTAL		202	1171,6		8	320	1,584	48	0,238	1,822
51	15-dic									
	16-dic									
	17-dic									
	18-dic									
	19-dic									
	20-dic									
	21-dic									
TOTAL		0	0		0	0	0	0	0	0
52	21-dic									
	22-dic	211	5,8	PREMIUM	8	320	1,517	48	0,227	1,744
	23-dic									
	24-dic									
	25-dic									
	26-dic									
	27-dic									
TOTAL		211	1223,8		8	320	1,517	48	0,227	1,744
TOTAL DEL MES		637	3695	0	24					

Fuente: Elaboración propia



Referencias Bibliográficas

- Agrobanco. (2012). *Asistencia Técnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano orgánico*. Obtenido de https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/009-b-banano_ORGANICO.pdf
- Andina Noticias. (21 de Septiembre de 2018). Piura, Piura, Piura.
- B. Fariña y Y. González. (1998). GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA CALIDAD. HERRAMIENTAS. *Dialnet*, 291- 294.
- Barcelona, U. d. (2009). *Inferencia Estadística*. Obtenido de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-1.htm.
- Cascos., I. (04 de Octubre de 2017). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de Regresión Lineal Múltiple: http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/icascos/esp/est2/rl_multiple.pdf
- CEDEPAS Norte. (2018). *Manual de cable vía*. Lima.
- Extensionistas en Banano Orgánico, Poyecto Norte Emprendedor-Swisscontact & Swing Torres. (Junio de 2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*. Obtenido de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf
- F. Barón, F. Téllez. (05 de Noviembre de 2014). *Bioestadística*. Obtenido de Intervalos de Confianza: <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap02.pdf>
- F. Miranda, A. Chamorro y S. Rubio. (2007). *INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE LA CALIDAD*. Las Rozas, Madrid: Fernando M. García Tomé.
- FAO. (2014). *Agricultura Urbana y Periurbana*. Obtenido de <http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/X0076S.htm>
- Gehisy. (10 de Julio de 2017). Obtenido de CALIDAD Y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/histogramas/>
- Gonzales., M. (2005). Problemas y dilemas de la agricultura en el Mundo. *La Catarina*.
- Martinez, K. (Marzo de 2014). *GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL*. Obtenido de <http://gestiondelaproduccionindustriall.blogspot.com/p/las-cartas-de-control.html>
- Montero., A. (10 de Junio de 2014). *Estadística II*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~eues/webgrupo/Docencia/MonteroAlonso/estadisticaII/tema4.pdf>

- P. Susan, J. Noa, N. Flores & C. Córdova. (2016). Una Amenaza Dormida: El virus del rayado del plátano. En *TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Vol. 20* (págs. 3-7). México. Obtenido de http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas58/T58_1E1El_virus_rayado_platano.pdf
- Pleguezuelos, T. (1999). Qué es un Diagrama de Flujo - Gestión de Procesos. *Calidad Total en la Administración Pública*, 289-290.
- Rojo., J. (Febrero de 2007). *Regresión Lineal Múltiple*. Obtenido de Instituto de Economía y Geografía: http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/Regresion_lineal_multiple_3.pdf
- Sánchez, I. (2016). *Introducción a la regresión múltiple*. Piura: Universidad de Piura.
- Sánchez., I. (s.f.). *Comparación de Poblaciones*. Madrid.: Universidad Carlos III de Madrid.
- Villar., M. (Junio de 2006). *Estadística 2*. Obtenido de http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec1_2.html

