



UNIVERSIDAD ESAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL Y COMERCIAL

“Incremento de la eficiencia del reparto de almuerzos a múltiples comedores en un fundo agrícola mediante la técnica de clustering modificada y la mejora de procesos”

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Industrial y Comercial que presenta:

Autor:

Roxana Rocio Salcedo Navarro

Asesor:

Mg. Luis Miguel Sierra Flores

Código ORCID: 0000-0002-6417-5307

Lima, setiembre de 2023

Tesis de Titulación. Version final

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1%
4	www.veritradecorp.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	users.soe.ucsc.edu Fuente de Internet	<1%
7	www.bme.unc.edu Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to INACAP Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía

Activo

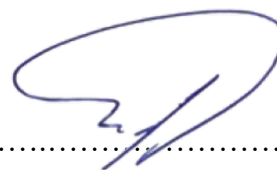
Esta tesis denominada:

**INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DEL REPARTO DE ALMUERZOS A
MÚLTIPLES COMEDORES EN UN FUNDO AGRÍCOLA MEDIANTE LA TÉCNICA DE
CLUSTERING MODIFICADA Y LA MEJORA DE PROCESOS**

ha sido aprobada.



.....
Giannina María Castro Gamarra (Jurado Presidente)



.....
Elmer Tupia De La Cruz (Jurado)



.....
Julio Alberto Reyna Ramos (Jurado)

Universidad ESAN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, mi familia, docentes, amigos y a todas las personas que han contribuido a mi formación académica. En especial a mi madre, por su amor, sus consejos y apoyo incondicional; a mi hermana y mi sobrino, por su cariño y palabras de aliento; y a mis abuelos que son mi mayor motivación para el cumplimiento de mis metas propuestas.

Asimismo, agradezco de forma particular a mi asesor Mg. Luis Miguel Sierra Flores, por su tiempo, sus enseñanzas y por ser una guía para el desarrollo del presente proyecto.

Un especial agradecimiento a la Universidad ESAN que me brindó las herramientas para mi desarrollo profesional; y al equipo encargado del proceso de reparto de almuerzos, que tuvieron la gentileza de compartir la información necesaria para el desarrollo de mi tesis.

DEDICATORIA

A mi madre Rocío Navarro Astuvilca, porque me inspira a dar lo mejor de mí.

A mi hermana Isabel Salcedo y a mi sobrino Mathías, por sus abrazos reconfortantes, su compañía y alegría.

A mis abuelos, Paulina Astuvilca y Lorenzo Navarro, por su amor incondicional que me demuestran día a día.

A Aner Cabanillas, por el cariño y soporte que me brinda todos los días.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
<i>Diagnóstico del Sector.....</i>	<i>3</i>
<i>Breve historia de la empresa</i>	<i>4</i>
<i>Situación actual</i>	<i>5</i>
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1 Problema General.....	13
1.2.2 Problemas Específicos.....	13
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4.1 Teórica.....	14
1.4.2 Práctica.....	14
1.4.3 Metodológica	14
1.5 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	15

1.5.1 Espacial.....	15
1.5.2 Temporal.....	15
1.5.3 Conceptual.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 ANTECEDENTES TESIS.....	16
2.1.1 Tesis relacionadas	16
2.1.2 Artículos relacionados.....	20
2.2 BASES TEÓRICAS	23
2.2.1 Eficiencia	23
2.2.2 Sector Agroindustrial.....	24
2.2.2 Empresas del sector	27
2.2.3 Algoritmos de Clustering.....	31
2.2.4 VRP (Problema de enrutamiento de vehículos).....	36
2.2.5 Mejora de procesos.....	37
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	45
2.4 HIPÓTESIS	47
2.4.2 Hipótesis General	47
2.4.3 Hipótesis Específicas	47
2.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES	48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	49
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1.1 Enfoque	49
3.1.2 Alcance.....	49

3.1.3 <i>Diseño de investigación</i>	49
3.2 POBLACIÓN Y UNIDAD DE ANÁLISIS	49
3.2.1 <i>Población</i>	49
3.2.2 <i>Unidad de análisis</i>	50
3.2.3 <i>Muestra</i>	50
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.3.1 <i>Técnicas de Recolección de datos</i>	51
3.3.2 <i>Instrumentos de Recolección de datos</i>	52
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	54
3.4.1 <i>Técnica de clustering K-medias modificada</i>	54
3.4.2 <i>Mejora de procesos</i>	58
3.5 CRONOGRAMA	59
3.6 PRESUPUESTO	60
CAPÍTULO IV: ENTORNO EMPRESARIAL.....	61
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	61
4.1.1 <i>Reseña histórica y actividad económica</i>	61
4.1.2 <i>Descripción de la organización</i>	62
4.2 DATOS GENERALES ESTRATÉGICOS DE LA EMPRESA	63
4.3 ANÁLISIS ESTRATÉGICO.....	64
4.4 MODELO DE NEGOCIO ACTUAL (CANVAS).....	72
4.5 PROCESOS ACTUALES.....	73
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	75
5.1 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	75

5.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	79
5.2.1 <i>Clustering modificado</i>	79
5.2.2 <i>Mejora de procesos</i>	158
5.3 ANÁLISIS FINAL DE LOS RESULTADOS	167
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PREVIA Y POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	174
6.1 REDUCCIÓN DE COSTOS	174
6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEJORA.....	176
6.2.1 <i>Ingresos y Costos Ajustados a la Propuesta de Mejora</i>	176
6.2.2 <i>Flujo de caja Económico</i>	181
6.2.3 <i>Análisis de Retorno de la Inversión (ROI)</i>	182
6.2.4 <i>Determinación del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación (PR)</i>	183
6.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	183
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	185
7.1 CONCLUSIONES	185
7.2 RECOMENDACIONES	186
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de comedores por fundo.....	6
Tabla 2 Recursos utilizados por cada grupo repartidor.....	6
Tabla 3 Recursos utilizados por época.....	7
Tabla 4 Distribución actual de camiones en época de cosecha.....	10
Tabla 5 Distribución actual de camiones en época de poda	10
Tabla 6 Recursos utilizados por época.....	11
Tabla 7 Conceptos de Eficiencia.....	23
Tabla 8 Matriz de Ventana de valor.....	39
Tabla 9 Simbología de un diagrama de flujo	42
Tabla 10 Identificación de variables	48
Tabla 11: Población: Reportes diarios en época de poda y época de cosecha.....	50
Tabla 12: Muestra: Población, nivel de confianza, error de muestra y probabilidades en favor y en contra.....	50
Tabla 13 Recolección de datos de las variables generales.....	53
Tabla 14 Recolección de datos de las variables específicas	53
Tabla 15 Códigos de los comedores del fundo Armonía 1 y Armonía 2.....	55
Tabla 16 Códigos de los comedores del fundo Armonía 3 y Armonía 4.....	56
Tabla 17 Días de trabajo en época de cosecha.....	57
Tabla 18 Días de trabajo en época de poda.....	57
Tabla 19 Cronograma de actividades.....	59
Tabla 20 Presupuesto	60
Tabla 21 Factores Internos Clave.....	66

Tabla 22	Factores Externos Clave	69
Tabla 23	Matriz FODA	71
Tabla 24	Escala de comparación de Saaty	76
Tabla 25	Matriz de comparación de criterios.....	76
Tabla 26	Matriz de comparación de alternativas del criterio "Adecuación al problema"	77
Tabla 27	Matriz de comparación de alternativas del criterio "Tiempo de implementación"	77
Tabla 28	Matriz de comparación de alternativas del criterio "Costo"	77
Tabla 29	Matriz de comparación de alternativas del criterio "Viabilidad"	78
Tabla 30	Matriz de evaluaciones	78
Tabla 31	Coordenadas GD de los comedores del fundo Armonía 1	84
Tabla 32	Coordenadas GD de los comedores del fundo Armonía 2.....	84
Tabla 33	Coordenadas GMS de los comedores del fundo Armonía 1	86
Tabla 34	Coordenadas GMS de los comedores del fundo Armonía 2.....	86
Tabla 35	Distancias entre comedores del fundo Armonía 1	88
Tabla 36	Distancias entre comedores del fundo Armonía 2	88
Tabla 37	Distancias entre comedores más cercanos entre fundos	90
Tabla 38	Matriz general de distancias.....	92
Tabla 39	Codificación de nodos y sus distancias.....	93
Tabla 40	Total de días de trabajo en época de poda	96
Tabla 41	Total de días activos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda.....	96
Tabla 42	Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda.....	97
Tabla 43	Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja	98

Tabla 44 Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha alta	98
Tabla 45 Total de almuerzos recibidos por los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda.....	99
Tabla 46 Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda.....	100
Tabla 47 Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja	101
Tabla 48 Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores de Armonía 1 en época de cosecha alta	101
Tabla 49 R*p (almuerzos/días de trabajo) de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda.....	102
Tabla 50 R*p de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja	103
Tabla 51 R*p de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha alta	103
Tabla 52 Distribución actual de camiones en época de poda	104
Tabla 53 Distribución actual de camiones en época de cosecha.....	104
Tabla 54 Clústeres propuestos en época de poda.....	105
Tabla 55 Clústeres propuestos en época de cosecha baja	105
Tabla 56 Clústeres propuestos en época de cosecha alta	106
Tabla 57 Cálculo de la carga promedio C, carga promedio asignada a cada camión.....	106
Tabla 58 Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de poda.....	107
Tabla 59 Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de cosecha baja	108
Tabla 60 Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de cosecha alta.....	109

Tabla 61 Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de poda.....	111
Tabla 62 Cálculo para la propuesta 2 de centroides en época de poda.....	111
Tabla 63 Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de poda.....	111
Tabla 64 Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de cosecha baja	112
Tabla 65 Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de cosecha baja	113
Tabla 66 Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de cosecha alta	114
Tabla 67 Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de cosecha alta	114
Tabla 68 Distancias de los comedores a los 4 centroides (24, 47, 118 y 141) de la propuesta 1 en época de poda.....	115
Tabla 69 Distancias de los comedores a los 4 centroides (30, 60, 90 y 120) de la propuesta 2 en época de poda.....	116
Tabla 70 Cálculo de la distancia mínima a algún centroide de la propuesta 1 en época de poda	117
Tabla 71 Cálculo de la distancia mínima a algún centroide de la propuesta 2 en época de poda	118
Tabla 72 Segundas, terceras, y siguientes distancias mínimas y su correspondencia a los centroides de la propuesta 1 en época de poda	119
Tabla 73 Segundas, terceras, y siguientes distancias mínimas y su correspondencia a los centroides de la propuesta 2 en época de poda	120
Tabla 74 Asignación de comedores a clústeres en época de poda – propuesta 1	121
Tabla 75 Asignación de comedores a clústeres en época de poda – propuesta 2	122
Tabla 76 Cálculo de distancias entre los comedores del clúster 1 formado en época de poda - propuesta 1	123

Tabla 77 Cálculo de distancias entre los comedores del clúster 1 formado en época de poda - propuesta 2	124
Tabla 78 Determinación del nuevo centroide solo del clúster 1 de la propuesta 1 en época de poda.....	125
Tabla 79 Determinación del nuevo centroide solo del clúster 1 de la propuesta 2 en época de poda.....	126
Tabla 80 Nuevos centroides de los 4 clústeres para la época de poda – propuesta 1	127
Tabla 81 Nuevos centroides de los 4 clústeres para la época de poda – propuesta 2	127
Tabla 82 Nuevos centroides de los 6 clústeres para la época de cosecha baja – propuesta 1 ...	127
Tabla 83 Nuevos centroides de los 6 clústeres para la época de cosecha baja – propuesta 2...	127
Tabla 84 Nuevos centroides de los 9 clústeres para la época de cosecha alta - propuesta 1	128
Tabla 85 Nuevos centroides de los 9 clústeres para la época de cosecha alta - propuesta 2	128
Tabla 86 Pesos por criterios para valoración de propuestas	144
Tabla 87 Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de poda	150
Tabla 88 Criterios evaluados de las propuestas en época de poda.....	150
Tabla 89 Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de cosecha baja	151
Tabla 90 Criterios evaluados de las propuestas en época de cosecha baja.....	151
Tabla 91 Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de cosecha alta	152
Tabla 92 Criterios normalizados de las propuestas en época de cosecha alta	152
Tabla 93 Propuesta ganadora para la época de poda	153
Tabla 94 Propuesta ganadora para la época de cosecha baja.....	153

Tabla 95	Propuesta ganadora para la época de cosecha alta.....	153
Tabla 96	Matriz de valor aplicada a las actividades del proceso de reparto de almuerzos.....	161
Tabla 97	Reducción de camiones.....	168
Tabla 98	Reducción del personal de reparto.....	168
Tabla 99	Reducción de la desviación de la cantidad de almuerzos recibidos por camión	169
Tabla 100	Reducción de las distancias recorridas (en metros)	169
Tabla 101	Hora promedio de entrega de almuerzos actual vs. propuesta.....	171
Tabla 102	Eliminación de actividades innecesarias y que no agregan valor	171
Tabla 103	Total de almuerzos al año y promedio de camiones actual	172
Tabla 104	Eficiencia actual del proceso	172
Tabla 105	Total de almuerzos al año y promedio de camiones con la propuesta de solución .	173
Tabla 106	Eficiencia con la propuesta de solución del proceso	173
Tabla 107	Costos de recursos antes de la propuesta	174
Tabla 108	Costo de recursos después de la propuesta	175
Tabla 109	Reducción anual de costos	176
Tabla 110	Ahorro total generado por la propuesta de mejora.....	176
Tabla 111	Ahorro mensual general por la propuesta de mejora	177
Tabla 112	Costos asociados al nuevo personal.....	178
Tabla 113	Costos asociados para empezar con la toma de datos.....	178
Tabla 114	Costos asociados al análisis de datos	179
Tabla 115	Costos asociados a la mejora	180
Tabla 116	Flujo de costos para doce meses	180
Tabla 118	Flujo de caja operativo.....	181

Tabla 119 Flujo de caja económico	182
Tabla 120 Porcentaje de retorno sobre la inversión.....	182
Tabla 121 VAN y TIR	183
Tabla 122 Periodo de recuperación.....	183
Tabla 123 Escenario pesimista, conservador y optimista	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Plano del fundo agrícola de Hortifrut.....	5
Figura 2	Diagrama AS IS del proceso general	9
Figura 3	Almuerzos recibidos por camión durante la época de cosecha alta - actual	12
Figura 4	Hora de entrega promedio de almuerzos por camión durante la época de cosecha	12
Figura 5	Perú: Principales destinos de agroexportación no tradicional en el primer trimestre de 2022.....	25
Figura 6	Ranking Mundial Productos Agro-Perú.....	26
Figura 7	Línea de tiempo de Hortifrut (2012-2017).....	27
Figura 8	Principales productos exportados de Hortifrut Perú	28
Figura 9	Principales productos exportados de Camposol.....	29
Figura 10	Principales países de exportación de Camposol.....	29
Figura 11	Principales productos exportados de Danper	30
Figura 12	Principales países de exportación de Danper	31
Figura 13	Clustering de elementos	32
Figura 14	Axioma: Invariancia por escala.....	33
Figura 15	Axioma: Consistencia.....	33
Figura 16	Axioma: Riqueza.....	34
Figura 17	Función potencial de K-medias.....	35
Figura 18	Ejemplo de Diagrama de flujo.....	42
Figura 19	Ejemplo de Mapa de la cadena de valor.....	43
Figura 20	Ejemplo de Mapa de flujo de valor	44
Figura 21	Locación del fundo de Hortifrut Perú Chao	62

Figura 22	Organigrama de le Gerencia de Cosecha de Hortifrut Perú	63
Figura 23	Matriz Interna - Externa	70
Figura 24	Canvas de la empresa Hortifrut Perú.....	72
Figura 25	Mapa de Procesos de Hortifrut.....	73
Figura 26	Diagrama de procesos	74
Figura 27	Ejemplo de elementos no agrupados	80
Figura 28	Ejemplo de elementos agrupados con la técnica de clustering	80
Figura 29	Coordenadas en grados decimales.....	83
Figura 30	Coordenadas UTM	85
Figura 31	Distancia entre dos coordenadas	87
Figura 32	Comedores más cercanos para trazar los puentes entre fundos.....	89
Figura 33	Cálculo correcto de ruteo entre comedores de distintos fundos.....	91
Figura 34	División del año en épocas.....	94
Figura 35	Reporte diario de comedores	95
Figura 36	Centroides ubicados en el mapa en época de poda - propuesta 1.....	110
Figura 37	Centroides ubicados en el mapa en época de cosecha baja - propuesta 1	112
Figura 38	Centroides ubicados en el mapa en época de cosecha alta - propuesta 1	113
Figura 39	Datos iniciales de las iteraciones - Macros	129
Figura 40	Resultados de las iteraciones realizadas - Macros.....	130
Figura 41	Gráfico de Cargas asignadas y Carga promedio (ejemplo) - Macros.....	130
Figura 42	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de poda - Macros ..	131
Figura 43	Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de poda - Macros.....	132
Figura 44	Gráfico de cargas asignadas en época de poda - propuesta 1.....	133

Figura 45	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de poda - Macros ..	133
Figura 46	Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de poda - Macros.....	134
Figura 47	Gráfico de cargas asignadas en época de poda - propuesta 2.....	135
Figura 48	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha baja - Macros.....	135
Figura 49	Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha baja - Macros	136
Figura 50	Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha baja - propuesta 1	137
Figura 51	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha baja - Macros.....	137
Figura 52	Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha baja - Macros	138
Figura 53	Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha baja - propuesta 2	139
Figura 54	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha alta - Macros.....	139
Figura 55	Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha alta - Macros	140
Figura 56	Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha alta - propuesta 1	141
Figura 57	Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha alta - Macros.....	141
Figura 58	Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha alta - Macros	142
Figura 59	Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha alta - propuesta 2	143
Figura 60	Cálculo de la distancia recorrida por camión	144
Figura 61	Almuerzos recibidos por los 6 camiones actuales en época de poda	145
Figura 62	Almuerzos recibidos por los 6 camiones actuales en época de poda	146
Figura 63	Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 1 en época de poda.....	146

Figura 64	Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 1 en época de poda.....	147
Figura 65	Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de poda.....	147
Figura 66	Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de poda.....	148
Figura 67	Distancia total recorrida en época de poda – actual	148
Figura 68	Distancia total recorrida en época de poda – propuesta 1	149
Figura 69	Distancia total recorrida en época de poda – propuesta 2	149
Figura 70	Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de poda	154
Figura 71	Distribución de comedores a los 6 camiones actuales en época de poda.....	155
Figura 72	Distribución de comedores a los 4 camiones de la propuesta ganadora en época de poda.....	155
Figura 73	Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de cosecha baja	156
Figura 74	Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de cosecha alta	157
Figura 75	Proceso actual de recepción y entrega de almuerzos	160
Figura 76	Formato de Reparto de Almuerzos a Comedores Activos	163
Figura 77	Instructivo de trabajo para los grupos repartidores - página 1	164
Figura 78	Instructivo de trabajo para los grupos repartidores – página 2.....	165
Figura 79	Proceso mejorado de recepción y entrega de almuerzos	166
Figura 80	Hora promedio de entrega de almuerzos de los camiones en cosecha alta - actual .	170
Figura 81	Hora promedio de entrega de almuerzos de los camiones en cosecha alta - propuesta	170
Figura 82	Cálculo del WACC.....	180
Figura 83	Tipo de cambio entre el Dólar y el Sol, de 2018 a 2023	184

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Reporte diario del proceso de reparto de almuerzos	190
Anexo 2 Desviación de almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha baja.....	191
Anexo 3 Almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha baja	191
Anexo 4 Desviación de almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha baja	192
Anexo 5 Almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha baja	192
Anexo 6 Desviación de almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha baja	193
Anexo 7 Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha baja	193
Anexo 8 Distancia total recorrida en época de cosecha baja – actual	194
Anexo 9 Distancia total recorrida en época de cosecha baja – propuesta 1	194
Anexo 10 Distancia total recorrida en época de cosecha baja – propuesta 2	194
Anexo 11 Desviación de almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha alta.....	195
Anexo 12 Almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha alta	195
Anexo 13 Desviación de almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha alta	196
Anexo 14 Almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha alta	196
Anexo 15 Desviación de almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha alta	197
Anexo 16 Almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha alta	197

Anexo 17 Distancia total recorrida en época de cosecha alta – actual	198
Anexo 18 Distancia total recorrida en época de cosecha alta – propuesta 1	198
Anexo 19 Distancia total recorrida en época de cosecha alta – propuesta 2	198

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca resolver una problemática de la empresa Hortifrut Perú, dedicada a la comercialización de berries a nivel nacional e internacional.

La investigación se basa en el proceso de reparto de almuerzos a sus trabajadores en los diferentes comedores. Este proceso cuenta con varias debilidades, tales como la deficiente asignación de los comedores a los camiones, la desigual distribución del volumen de carga de almuerzos a los camiones y un inadecuado proceso de recepción y reparto de estos, además, los comedores no se usan todos los días y las necesidades de almuerzos varían probabilísticamente a lo largo del año, lo cual hace más complicado el problema. Todo esto provoca el exceso de camiones y personal de reparto, incremento de viajes y demora en la entrega de almuerzos.

La solución propuesta aplica la técnica de clustering K-medias modificada y adaptada según las características de incertidumbre del problema. El objetivo es reducir los recursos, lograr una mejor asignación de cargas a los camiones para nivelar la carga laboral e incrementar el nivel de servicio del proceso.

Con la propuesta se pretende que la eficiencia del proceso mejore y haya un mejor nivel de servicio a los trabajadores.

Palabras clave: Clustering, procesos, eficiencia.

ABSTRACT

This research work seeks to solve a problem of the Hortifrut Peru company, dedicated to the commercialization of berries at a national and international level.

The investigation is based on the process of distributing lunches to its workers in the different canteens. This process has several weaknesses, such as the poor assignment of the dining rooms to the trucks, the unequal distribution of the volume of lunch loads to the trucks and an inadequate reception and distribution process of these, in addition, the dining rooms are not all used. Days and lunch needs vary probabilistically throughout the year, which makes the problem more complicated. All of this causes an excess of trucks and delivery personnel, increased trips and delays in the delivery of lunches.

The proposed solution applies the K-means clustering technique modified and adapted according to the uncertainty characteristics of the problem. The objective is to reduce resources, achieve a better allocation of loads to trucks to level the workload and increase the service level of the process.

The proposal aims to improve the efficiency of the process and provide a better level of service to workers.

Keywords: Clustering, processes, efficiency.

Capítulo I: Planteamiento del Problema.

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Diagnóstico del Sector

El sector agroindustrial es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, ganaderos, forestales o pesqueros (Coll, 2021).

En el Perú, el sector agroindustrial es uno de los sectores más importantes que reporta un crecimiento cada año. Así se demuestra en el artículo sobre las Agroexportaciones en Perú, donde ComexPerú (2022) menciona que: “En el primer trimestre del 2022 las agroexportaciones ... alcanzaron ... un crecimiento del 17.1% con respecto al mismo periodo de 2021, y un 31.8% más que lo registrado en el mismo periodo del 2020.”

Años atrás esa tendencia de crecimiento se reflejaba en los informes realizados por diversas entidades. En un artículo, la Agencia Agraria de Noticias (2014) menciona que: “La mandarina, quinua y arándano fueron los productos agrícolas de exportación que mayor crecimiento tuvieron durante el 2013”, en el mismo artículo indica que: “el crecimiento de las exportaciones es liderado por la mandarina (+675%), seguida por la quinua (+131%) y arándano (+100%)”. Gracias a estas estadísticas muchas empresas exportadoras de estos productos buscaron comprar y fusionarse con otras para aprovechar este crecimiento. En un artículo de Gestión (2017) se menciona que, en el 2017, Hortifrut (empresa chilena) realizó una de sus adquisiciones mediante una compraventa y fusión con Talsa (empresa peruana) por “un valor de US\$ 160 millones y el 17.13% de las acciones de la sociedad fusionada más un premio asociado a resultados”, formando Hortifrut – Tal (Hortifrut Perú).

El sector agroindustrial no es estable; sin embargo, en los últimos años se ha visto rentable, y la empresa Hortifrut, especializada en exportación de arándanos, trata de aprovechar y destacar, en el mercado internacional, con frutos de alta calidad.

Breve historia de la empresa

Hortifrut S. A. fue fundada en 1983 en Chile, un año más tarde “se convierte en la primera empresa chilena en exportar berries a Estados Unidos en contra estación.” (Hortifrut Investor, 2020).

Talsa nació en 1989, empresa del Grupo Rocío, un conglomerado de empresas de los sectores agrícola, avícola y ganadero, fundado en 1967 por Rafael Quevedo Flores. Talsa se convirtió en una de las principales empresas de desarrollo agrícola de Perú, y en uno de los más importantes productores, exportadores y distribuidores de arándanos del hemisferio Sur. Esto lo convirtió en un negocio atractivo en ese sector (Talsa, 2023).

En diciembre del 2017, según explica Rojas (2017) “La chilena Hortifrut, anunció la firma de un acuerdo de fusión ... con la peruana Talsa por un valor de US\$ 160 millones y el 17.13% de las acciones de la sociedad fusionada más un premio asociado a resultados”, tomando el nombre de Hortifrut Perú S.A.C. Con esto, Hortifrut incorporó 1,450 hectáreas a su propiedad, “sumados a las 350 hectáreas que posee Hortifrut en Trujillo y a las 400 que tiene en conjunto con su socio Atlantic Blue en Olmos”, tiene un total de 2200 hectáreas productivas de arándanos, explicó también Rojas.

Esta fusión hizo que la oferta de Hortifrut creciera para cubrir un porcentaje mayor de la demanda internacional, que va en aumento cada año.

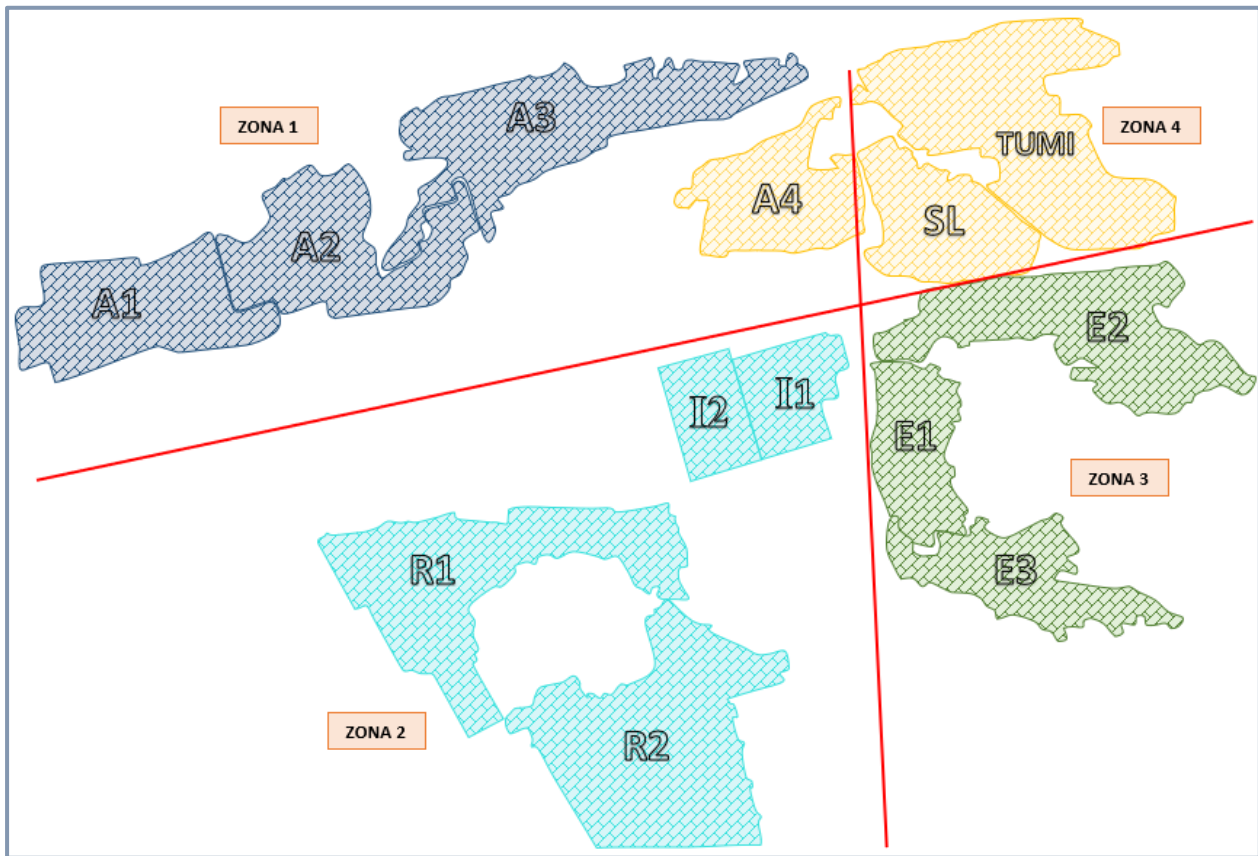
Además, la compañía se benefició al fusionar dos culturas (chilena y peruana) en su equipo de trabajo, lo cual ha permitido aprovechar el conocimiento y la experiencia de ambos grupos, generando un crecimiento sólido del negocio.

Situación actual

El fundo agrícola de Hortifrut (Figura 1), donde se realiza la investigación, comprende aproximadamente 2000 hectáreas y está dividido en 4 zonas, cada zona tiene una cierta cantidad de fundos y cada fundo cuenta con su grupo de comedores.

Figura 1

Plano del fundo agrícola de Hortifrut



En la Tabla 1 se muestran las 4 zonas, los 13 fundos y los 155 comedores. La cantidad total de almuerzos que se reciben y deben ser repartidos diariamente varía, dependiendo de la época del año, de 400 a 6,000 almuerzos.

Tabla 1

Número de comedores por fundo

ZONA	FUNDO	CANTIDAD DE COMEDORES
1	Armonía 1	10
	Armonía 2	13
	Armonía 3	16
	Armonía 4	7
2	Remanso 1	18
	Remanso 2	17
	Ilusión 1	5
	Ilusión 2	2
3	Esperanza 1	4
	Esperanza 2	21
	Esperanza 3	16
4	San Luis	8
	El Tumi	18
TOTAL DE COMEDORES		155

La cantidad de recursos utilizados para el reparto de almuerzos varía por la época del año. Las unidades encargadas del reparto son los grupos repartidores, cada grupo repartidor se compone de un camión, un chofer, un jefe de grupo y dos ayudantes, esto se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Recursos utilizados por cada grupo repartidor

RECURSO	CANTIDAD
Camión	1
Chofer	1
Jefe de grupo	1
Ayudantes	2

En época de cosecha donde la demanda de almuerzos es mayor, se usan 10 grupos repartidores (10 camiones); y en época de poda, donde la demanda de almuerzos es menor, se usan 6 grupos repartidores (6 camiones), tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Recursos utilizados por época

	ÉPOCA DE COSECHA	ÉPOCA DE PODA
Camión	10	6
Chofer	10	6
Jefe de grupo	10	6
Ayudantes	20	12

Es importante resaltar que no todos los comedores se usan a diario, sino que, hay un uso probabilístico: los “comedores activos”, como los define el personal de reparto a los comedores a repartir, varían cada día y depende de la época del año; asimismo, la cantidad de almuerzos que recibe cada comedor es variable.

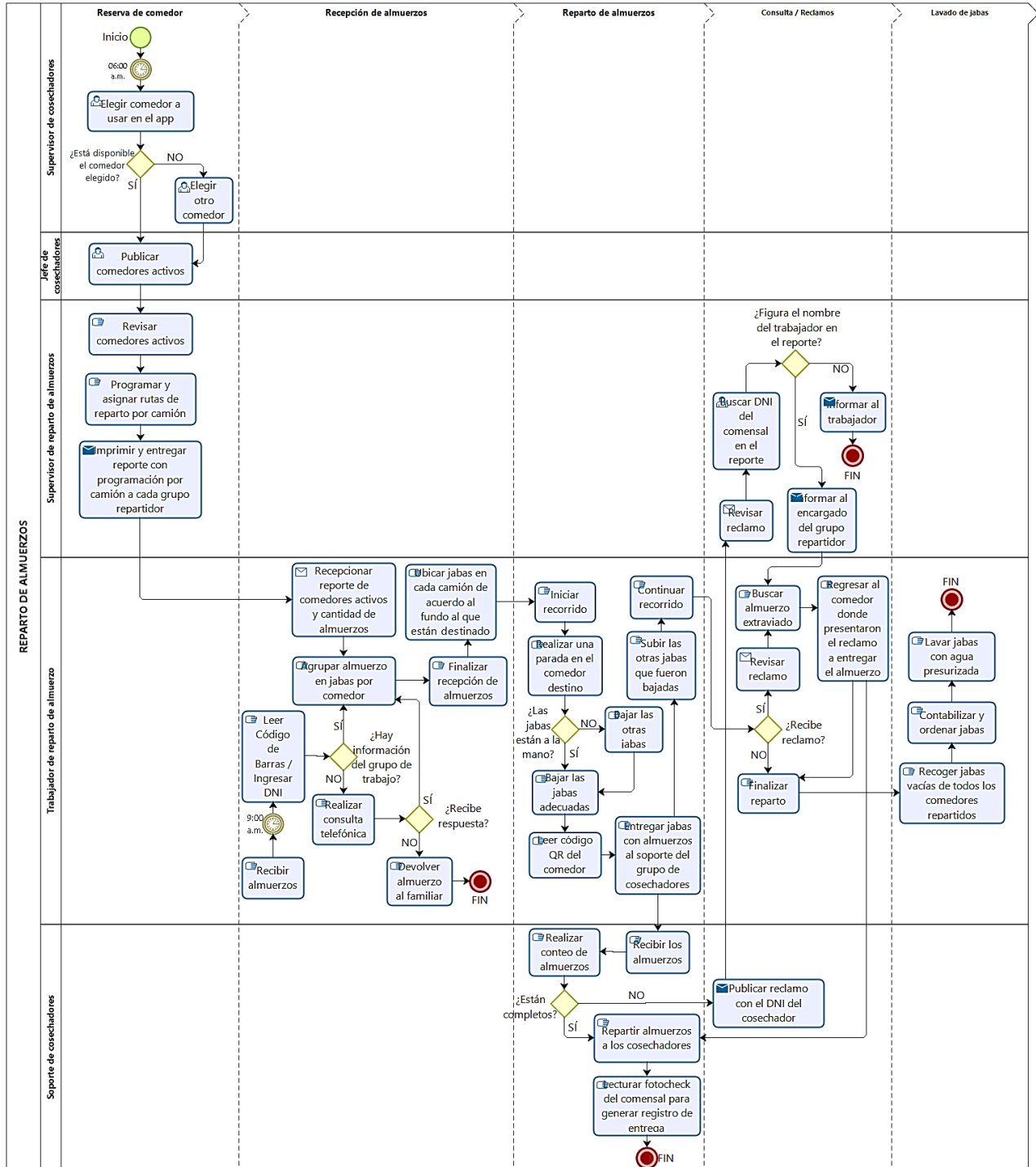
El proceso diario (Figura 2) inicia alrededor de las 6:00 a.m. cuando los grupos de trabajo destinados a la cosecha o poda, dependiendo de la época, se reúnen con su supervisor, el cual elige el comedor y registra a su grupo a través de un aplicativo de la empresa que verifica la disponibilidad de comedores. Dicha información es compartida con el supervisor de reparto de almuerzos, quien realiza un reporte de los comedores elegidos (activos) y de la cantidad de almuerzos, este reporte es enviado a los grupos repartidores encargados de recibir los almuerzos en dos acopios (puntos) ubicados estratégicamente fuera del fundo agrícola. Cuando el familiar del cosechador llega al acopio a entregar el almuerzo, el personal de reparto verifica en el aplicativo el comedor donde se encuentra el trabajador, una vez verificado registra el almuerzo y lo coloca dentro de la jaba correspondiente al comedor y al fundo. Culminada la recepción, trasladan las

jabas dentro de los camiones de acuerdo con el reporte recibido previamente. Seguidamente, cada grupo repartidor sale con el camión asignado hacia los comedores finales tratando de entregar los almuerzos antes de las 12:30 p.m., hora de refrigerio del personal. Cuando el grupo repartidor llega al comedor busca las jabas dentro del camión, si están a la mano las baja; de lo contrario, baja otras para poder bajar las indicadas, las entrega al soporte de cosechadores, sube las jabas que no corresponden, lee el código QR del comedor para informar que fue atendido y continúa su recorrido. El soporte de cosechadores, el cual recibe las jabas, cuenta los almuerzos y si hace falta alguno presenta un reclamo mediante el grupo de WhatsApp usado para el mismo fin. El reclamo es revisado por el supervisor del reparto de almuerzos para confirmar que el almuerzo fue recibido en el acopio, de no ser así, comunica al soporte de cosechadores que el almuerzo no fue recibido; de lo contrario, comunica al grupo repartidor correspondiente para que busque el almuerzo dentro del camión y regrese al comedor a dejar el almuerzo; esto genera el descontento del trabajador y la demora en la entrega de los otros almuerzos.

Una vez finalizado el reparto, los grupos repartidores regresan a los comedores a recoger las jabas, lavarlas y ordenarlas.

Figura 2

Diagrama AS IS del proceso general



Cabe resaltar, que cada fundo utiliza un camión, pero en algunos casos se comparte el camión con otro fundo. Actualmente, se usan 10 camiones en la época de cosecha alta (Tabla 4); y 6 camiones en época de poda (Tabla 5).

Tabla 4

Distribución actual de camiones en época de cosecha

	FUNDOS
Camión 1	Armonía 1
Camión 2	Armonía 2
Camión 3	Armonía 3
Camión 4	Armonía 4 y San Luis
Camión 5	Tumi
Camión 6	Ilusión 1, Ilusión 2 y Esperanza 1
Camión 7	Esperanza 2
Camión 8	Esperanza 3
Camión 9	Remanso 1
Camión 10	Remanso 2

Tabla 5

Distribución actual de camiones en época de poda

	FUNDOS
Camión 1	Armonía 1 y Armonía 2
Camión 2	Armonía 3 y Armonía 4
Camión 3	San Luis y Tumi
Camión 4	Esperanza 1 y Esperanza 3
Camión 5	Esperanza 2, Ilusión 1 e Ilusión 2
Camión 6	Remanso 1 y Remanso 2

La asignación de camiones, así como el contrato del personal, lo decide el supervisor del reparto de almuerzos de acuerdo con la época del año y en base a campañas pasadas, esta decisión es subjetiva y no está basada en un método o cálculo de ingeniería.

Dentro de las debilidades del proceso, se tienen las siguientes:

- Desigual distribución de carga laboral a los grupos de reparto.
- Deficiente asignación de comedores a los camiones.
- Inadecuado proceso de recepción y reparto de almuerzos.

Esto trae como consecuencia:

- Exceso de camiones y personal de reparto (Tabla 6).
- Sobrecarga de trabajo en algunos camiones (Figura 3).
- Incremento de las distancias recorridas por los camiones (Figura 4).
- Retraso en la entrega de almuerzos.

A continuación, se explica brevemente cada uno:

En la Tabla 6 se observa la cantidad de recursos utilizados actualmente, es importante recordar que esta cantidad de recursos contratados es según criterio del supervisor de repartos en base a campañas pasadas, y no a un cálculo de ingeniería.

Tabla 6

Recursos utilizados por época

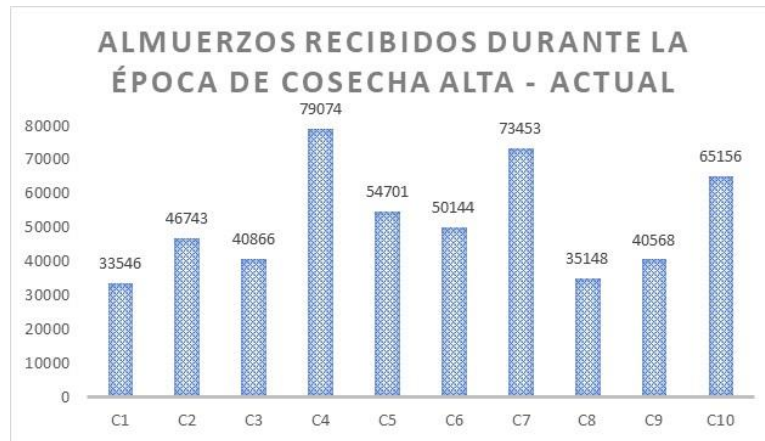
	ÉPOCA DE COSECHA	ÉPOCA DE PODA
Unidades de reparto	10	6
Camión	10	6
Chofer	10	6
Jefe de grupo	10	6
Ayudantes	20	12

En la Figura 3 se puede observar la gran variabilidad de almuerzos recibidos por los camiones actuales, el camión 4 recibió 79,074 almuerzos en promedio y el camión 1 recibió 33,546

almuerzos en promedio durante la época de cosecha alta, con esto se evidencia la desigual distribución de carga laboral a los grupos repartidores.

Figura 3

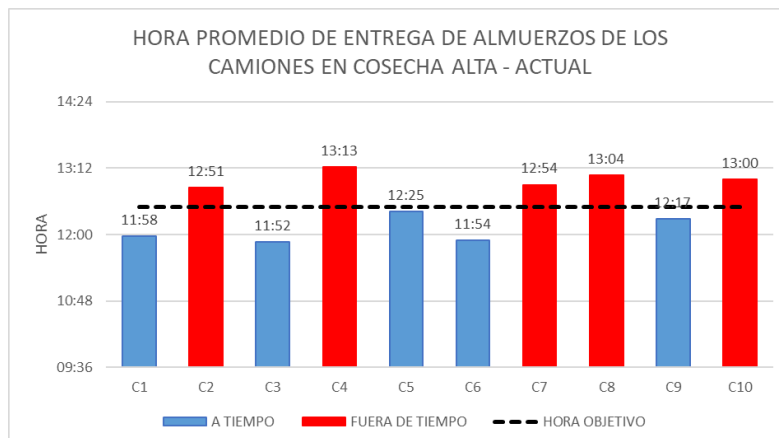
Almuerzos recibidos por camión durante la época de cosecha alta - actual



En la Figura 4 se muestra la hora promedio de entrega de almuerzos de los 10 camiones que se usan actualmente en la época de cosecha alta. Se puede apreciar que la hora promedio de entrega de 5 camiones sobrepasa la hora objetivo de entrega, 12:30 p.m., que es cuando los cosechadores se dirigen a los comedores a almorzar, esta demora evidentemente impacta en el malestar de los cosechadores y demuestra el bajo nivel de servicio del proceso.

Figura 4

Hora de entrega promedio de almuerzos por camión durante la época de cosecha



1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

- ¿En qué grado el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada incrementa la eficiencia del reparto de almuerzos a los comedores del fundo agrícola?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿En qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce el uso de los recursos?
- ¿En qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada nivela la carga laboral de los grupos repartidores?
- ¿En qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce las distancias recorridas por los grupos repartidores?
- ¿De qué manera la mejora del proceso de recepción y reparto de almuerzos incrementa el nivel de servicio?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

- Determinar en qué grado el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada incrementa la eficiencia del reparto de almuerzos a los comedores del fundo agrícola.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce el uso de los recursos.

- Determinar en qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada nivela la carga laboral de los grupos repartidores.
- Determinar en qué medida el programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce la distancia recorrida de los grupos repartidores.
- Determinar de qué manera la mejora del proceso de recepción y reparto de almuerzos incrementa el nivel de servicio.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1 Teórica

La investigación pretende aportar una forma diferente de agrupar los comedores para asignarlos a los grupos repartidores, nivelando la carga laboral, disminuyendo el uso de recursos (camiones y personal a contratar) y finalmente mejorar el nivel de servicio del proceso. Para ello, se debe tener en cuenta la probabilidad de uso de cada comedor, la cantidad promedio de almuerzos por día y la distancia recorrida. Este aporte es significativo porque mejorará la eficiencia del reparto de almuerzos a múltiples comedores en un fundo agrícola.

1.4.2 Práctica

Al término de la investigación, se podrá asignar un cierto número de comedores a cada camión, nivelar la carga laboral de los grupos repartidores, disminuir el uso de recursos (camiones y personal a contratar) y mejorar el servicio de reparto de almuerzos a los cosechadores, gracias al uso de la técnica de clustering modificada.

1.4.3 Metodológica

El uso de la técnica de clustering permitirá mejorar la eficiencia del reparto de almuerzos a múltiples comedores. Esta mejora trae consigo la nivelación de carga laboral de los grupos

repartidores, la disminución de recursos (camiones y personal repartidor) y la mejora en el servicio de reparto de almuerzos. Además, deberá seguir siendo evaluada debido a las mejoras que puede traer a otras áreas con las que tiene interacción.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Espacial

El presente trabajo de investigación se realizó en los fundos de la empresa Hortifrut Perú S. A. C., 2000 hectáreas aproximadamente, ubicada en el distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de La Libertad, teniendo como giro principal la cosecha y exportación de berries. Los datos por utilizar se obtendrán de los reportes elaborados en el proceso de Reparto de Almuerzos.

1.5.2 Temporal

La presente investigación en la empresa Hortifrut Perú S.A.C. analizará los datos del proceso durante el año 2022, separándolos por cada época (cosecha baja, cosecha alta). Tener en cuenta que los datos que se recolectaron son a través del personal de la empresa.

1.5.3 Conceptual

Esta investigación se centrará en asignar grupos de comedores para cada camión basado en la técnica de clustering con la adición de probabilidades de uso de cada comedor y el rango de almuerzos requeridos durante cada época. Luego de la evaluación se concretará con la implementación de esta mejora para este proceso.

Capítulo II: Marco Teórico.

2.1 Antecedentes Tesis

2.1.1 Tesis relacionadas

A continuación, se detallan investigaciones relacionadas a las herramientas y técnicas usadas en la presente tesis, con la finalidad de comparar el uso y resultados de las herramientas planteadas.

Tesis relacionada de antecedentes nacionales:

Tesis 1:

Flores, L. (2019). Propuesta de localización y determinación de la capacidad de almacenes para la distribución de ayuda humanitaria en los principales departamentos del Perú afectados por heladas y friajes. (Tesis Título). Pontificia Universidad Católica del Perú.

En resumen, esta investigación busca ofrecer una solución alternativa para determinar la ubicación y capacidad de almacenes que puedan albergar kits de ayuda humanitaria durante heladas y friajes en distritos afectados por estos desastres. El objetivo principal es calcular la cantidad necesaria de almacenes y su ubicación óptima para brindar asistencia a las personas afectadas por estas condiciones climáticas adversas. Para lograr estos resultados, se utilizaron dos enfoques: el uso de métodos de clustering y la formulación de un modelo de programación lineal.

Jonatan Rojas (2019) explica que, con la aplicación de métodos de clustering se buscó “obtener el grupo de distritos más vulnerables que, a su vez, se encuentren lo más cercanos entre sí.” Para ello, se aplicaron diferentes métodos de clustering para clasificar los distritos. Luego, se utilizó el índice de Dunn, una métrica comúnmente empleada para evaluar la calidad de las particiones obtenidas por los algoritmos de clustering. Se comparó el desempeño de los métodos

utilizando este índice y se seleccionó aquel que muestra el mejor rendimiento. Finalmente, se identificaron los distritos que fueron considerados en la siguiente etapa del estudio.

La segunda fase de esta investigación, Jonatan Rojas (2019) explica que, implica la formulación de un modelo de programación lineal. Este modelo se utilizó para determinar la cantidad de almacenes requeridos para asistir a la población de los distritos obtenidos en la primera fase, así como para identificar su ubicación óptima.

Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con la propuesta actual del Gobierno Peruano y se evidenciaron los beneficios de la investigación.

De mencionado antecedente nacional se rescata el método usado para encontrar los distritos más vulnerables y los más cercanos entre sí, el método de clustering, tal como se indica en el texto, consiste en el ordenamiento de datos en grupos, de manera que los miembros del mismo clúster presenten un grado de asociación o similitud. Este método se usará en la presente investigación porque tiene cierta similitud en lo que se busca resolver, agrupar los elementos (comedores) más cercanos entre sí, solo que se modificará adaptándolo al problema de la empresa.

Tesis relacionada de antecedentes internacionales:

Tesis 2:

Gonzalez, B. (2016). Comprensión de datos para aprendizaje de máquina. (Tesis Maestría). Instituto Politécnico Nacional.

La presente tesis de maestría, explica que las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) son un método ampliamente utilizado en tareas de clasificación debido a su efectividad, modelo compacto y fundamento teórico sólido. Sin embargo, su fase de entrenamiento es computacionalmente costosa, lo que dificulta su aplicación en conjuntos de datos grandes.

Para abordar este problema, se propone un método que reduce el tamaño del conjunto de datos utilizado por SVM, con el objetivo de disminuir el tiempo de entrenamiento. Este método se basa en el algoritmo de aprendizaje de máquina llamado k-medoides, que es una variante del método de aprendizaje de máquina llamado k-medias. El enfoque propuesto incorpora las estadísticas de los grupos formados por el algoritmo k-medoides en el esquema de las SVM, manteniendo la convexidad del problema de optimización.

González (2018), indica que el algoritmo de k-medias es sencillo de implementar y útil para resolver muchos problemas prácticos, pero tiene algunas limitaciones. No garantiza converger al óptimo global y solo puede trabajar con objetos en un espacio real debido a que utiliza las medias de los grupos para actualizar los centroides.

Para abordar estas limitaciones, se propone el algoritmo de k-medoides, una modificación del k-medias. En lugar de actualizar los centroides utilizando la media de los objetos en cada grupo, el k-medoides utiliza el medoide, que es el objeto más representativo del grupo. Esto permite trabajar con funciones de semejanza o diferencia diferentes y no limita el algoritmo a trabajar solo en espacio reales. El medoide se define como el objeto más “céntrico” del grupo, es decir, aquel cuyo promedio de semejanza con los demás objetos del grupo es máximo. El objetivo del algoritmo de k-medoides es maximizar la suma de semejanzas entre cada objeto y su correspondiente medoide.

En resumen, esta investigación tiene como objetivo demostrar la viabilidad de utilizar métodos de clustering modificados y adaptados específicamente al problema que se desea estudiar. Para esta investigación se usará el método de clustering adaptado y modificado, incluyendo la probabilidad de uso de los elementos (comedores), debido a que están activos algunos días y otros no.

Tesis 3:

González, D. (2010). Algoritmos de agrupamiento basados en densidad y validación de clústeres. (Tesis Doctoral). Universitat Jaume.

En la presente tesis doctoral se destaca la importancia del Reconocimiento de Patrones y, en particular, de las estrategias de clasificación no supervisadas. Estas estrategias se vuelven cada vez más relevantes debido al alto costo de obtener grandes cantidades de muestras etiquetadas. Además, en el contexto de grandes volúmenes de datos, los algoritmos de agrupamiento juegan un papel crucial al descubrir información relevante sobre la estructura interna de los datos sin tener información previa.

La tesis presenta dos algoritmos de agrupamiento, H-Density y DHG, diseñados para superar las desventajas de algunos métodos existentes. Estos algoritmos combinan enfoques basados en densidad y jerárquicos en dos etapas: primero, se utiliza una función de densidad para dividir la base de datos en grupos, y luego se desarrolla una estrategia jerárquica para fusionar los grupos más similares en cada nivel.

Además, la tesis propone dos métodos de validación de agrupamientos con el objetivo de evaluar los resultados de los algoritmos y determinar el número óptimo de grupos en una base de datos. Se presentan los resultados de experimentos realizados tanto en base de datos sintéticas como en bases de datos reales para respaldar la efectividad y el rendimiento de los algoritmos propuestos.

En pocas palabras, esta investigación muestra que es posible modificar el método de agrupamiento y superar sus desventajas específicas en el caso estudiado, logrando así adaptarlo exitosamente para alcanzar los objetivos de la investigación.

2.1.2 Artículos relacionados

Artículo relacionado aludiendo a la metodología:

Artículo 1:

Clustering: qué es y cuál es su uso en Big Data (PERÚ/ 2021)

En su texto, la Universidad Internacional de La Rioja (2021) menciona el objetivo del clustering: “formar grupos cerrados y homogéneos a partir de un conjunto de elementos que tienen diferentes características o propiedades, pero que comparten similitudes”.

Asimismo, sugiere los pasos que se debe seguir para el procesamiento de los datos:

1. Adquirir datos
2. Preparar los datos para analizarlos
3. Analizar los datos con la técnica más adecuada
4. Reportar los resultados mediante informes y visualizaciones
5. Actuar

Indica también los pasos a seguir para desarrollar un modelo de análisis de datos basados en clustering:

1. Calidad de los datos
2. Número de grupos
3. Diferencia entre grupos y tamaño del clúster
4. Jerarquía de grupos

Esta investigación sobre los pasos que se debe seguir para el procesamiento de los datos y para el desarrollo del modelo de análisis de datos, fueron tomados en cuenta en nuestra propuesta de solución.

Artículo 2:

Algoritmos de Clustering (España/ 2020)

En su texto, Sancho (2020) detalla los 3 axiomas importantes para el análisis de datos con base a clustering:

1. Invariancia por escala: Un algoritmo de clustering no debe cambiar de resultado cuando se aplique escala al conjunto de puntos.
2. Consistencia: Un algoritmo de clustering no debe cambiar de resultado si las distancias dentro de cada clúster aumentan o disminuyen.
3. Riqueza: Una función de agrupamiento debe ser lo suficientemente flexible para producir todos los agrupamientos posibles de un conjunto de datos, es decir, debe ser capaz de determinar la cantidad de clústeres y el número de datos de cada clúster.

Esta información es interesante porque podemos saber con cuántos axiomas cumple nuestra propuesta de solución.

Artículo 3:

Modelo para la mejora de procesos en contribución a la integración de sistemas (Cuba/2018)

En su texto, Cabrera (2018) menciona que las metodologías y herramientas de mejora tienen un efecto significativo en las personas, ya que generan cambios en su forma de pensar, habilidades y comportamientos, lo que a su vez conduce a una utilización más efectiva de los recursos disponibles. Estas metodologías y herramientas se desarrollan con el objetivo de aumentar los resultados en términos de eficiencia y eficacia, mejorando así los resultados para todos los grupos interesados en la empresa.

Cabrera explica también que, la mejora de los procesos comienza identificando las oportunidades de mejora que surgen de diversas circunstancias. Estas circunstancias pueden incluir el incumplimiento de acciones o tareas necesarias para alcanzar los objetivos, problemas que surgen y afectan el proceso, así como el análisis de pérdidas y retrocesos. A partir de estas oportunidades de mejora, se pueden implementar acciones correctivas o cambios en los procesos para optimizar su eficiencia y efectividad.

En la presente investigación, se aplicarán herramientas de mejora de procesos que se ajusten al problema específico de la empresa. Como se menciona en el texto, el primer paso será identificar las oportunidades de mejora que surgieron a partir de las debilidades del proceso existente. Estas debilidades incluyen retrasos en la entrega de almuerzos, desnivel en la carga laboral de los grupos repartidores, uso innecesario de recursos y quejas sobre el servicio deficiente a los cosechadores. La herramienta seleccionada permitirá eliminar actividades que no añaden valor y, como resultado, se logrará un proceso más eficiente.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Eficiencia

En su revista, Rojas, M., Jaimes, L. y Valencia, M. (2018), expresan que la eficiencia es la “expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos”. En esta misma revista, los 3 autores muestran una tabla de conceptos de eficiencia, el cual se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Conceptos de Eficiencia

EFICIENCIA	DEFINICIÓN	AUTOR
Del latín <i>efficiencia</i> , acción, fuerza, virtud de producir. Criterio económico que revela la capacidad administrativa de producir el máximo resultado con el mínimo de recurso, energía y tiempo, por lo que es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados.	Cumplimiento de los objetivos, dando un uso adecuado, racional u óptimo a los recursos.	Aedo (2005); Gutiérrez (2005)
	Relación entre los esfuerzos y los resultados, por lo que se mide dividiendo las salidas entre las entradas.	Diez de Castro et al, (2002)
	Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.	ISO 9000: 2008
	Consecución de metas teniendo en cuenta el óptimo funcionamiento de la organización.	Quijano (2006); Álvarez (2001)
	Razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.	Sumanth (2004)
	Grado en que se cumplen los objetivos, teniendo en cuenta la calidad y la oportunidad, y sin tener en cuenta los costos.	Aedo (2005); Gutiérrez, 2005

Nota. Adaptada de *Efectividad, eficacia, eficiencia en equipos de trabajo*, por Rojas, M., Jaimes, L., Valencia, M., 2018, Espacios

(<https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p11.pdf>).

2.2.2 Sector Agroindustrial

2.2.1.1 Importancia del Sector Agroindustrial en el Perú

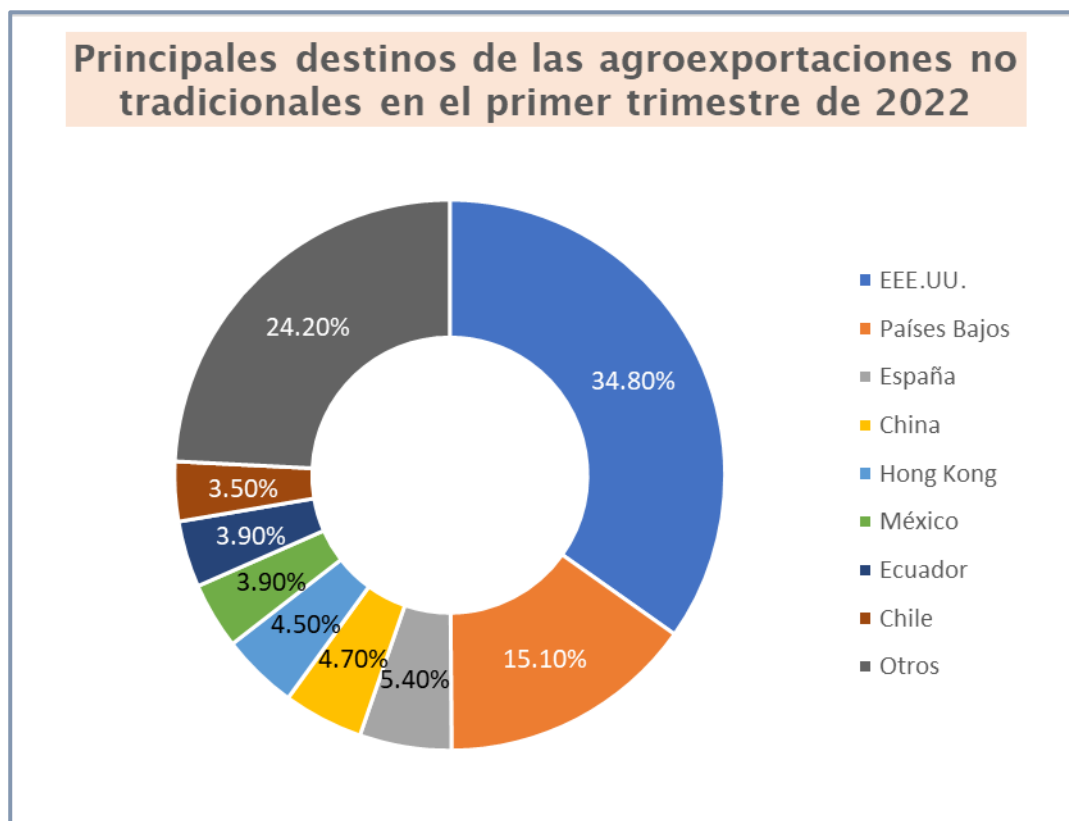
El sector agroindustrial es, sin duda, uno de los sectores más importantes de la economía del Perú, este sector es realmente productivo, diverso y está presente en todo el mundo, en Estados Unidos, Holanda, España, Inglaterra, Chile, China, etcétera. Según el Periodista Agroalimentario Internacional, Francisco Seva (2021), la agroindustria en el Perú se ha convertido en un ejemplo de “buen hacer”, y que, a pesar de la pandemia, logró seguir creciendo y es muy probable que, en los próximos años, siga creciendo y brillando en todas partes del mundo gracias a las características de los productos: inocuidad, seguridad alimentaria y calidad conocida en todo el mundo.

En su artículo sobre las Agroexportaciones en Perú, ComexPerú (2022) menciona que “en el primer trimestre del 2022 las agroexportaciones ... alcanzaron ... un crecimiento del 17.1% con respecto al mismo periodo de 2021, y un 31.8% más que lo registrado en el mismo periodo del 2020.” Esto confirma lo dicho por Francisco Seva, el sector agroindustrial no ha parado de crecer.

En el mismo artículo, ComexPerú (2022) muestra los principales destinos de las agroexportaciones en el primer trimestre del 2022, en primer lugar, como principal destino, estuvo EE. UU., seguido de Países Bajos, España, China y otros, tal como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Perú: Principales destinos de agroexportación no tradicional en el primer trimestre de 2022








Nota. Adaptada de *Agroexportaciones No Tradicionales crecieron un 17.1% en el primer trimestre de 2022*, por ComexPe, 2022, ComexPerú

(<https://www.comexperu.org.pe/articulo/agroexportaciones-no-tradicionales-crecieron-un-171-en-el-primer-trimestre-de-2022>).

En un artículo de Fresh Plaza (2020) se muestra el Ranking Mundial de Productos Agro en el Perú. Los arándanos lideran el puesto número 1 en el Ranking de Latinoamérica y número 1 en el Ranking Mundial, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Ranking Mundial Productos Agro-Perú

Ranking Mundial Productos Agro-Perú		
Top de Agroexportación	Ranking Latinoamérica	Ranking Mundial
 Uvas	2° exportador	5° exportador
 Arándanos	1° exportador	1° exportador
 Paltas	2° exportador	2° exportador
 Espárrago	2° exportador	2° exportador
 Mangos	2° exportador	4° exportador

Nota. Adaptada de *Perú es el mayor exportador de arándanos del mundo*, por Fresh Plaza, 2020, Fresh Plaza (<https://www.freshplaza.es/article/9252634/peru-es-el-mayor-exportador-de-arandanos-del-mundo/>).

Como se explicó líneas arriba, el sector agroindustrial es muy importante para nuestro país y realizar investigaciones para colaborar con la mejora de las empresas agroexportadoras es bueno y necesario.

2.2.2 Empresas del sector

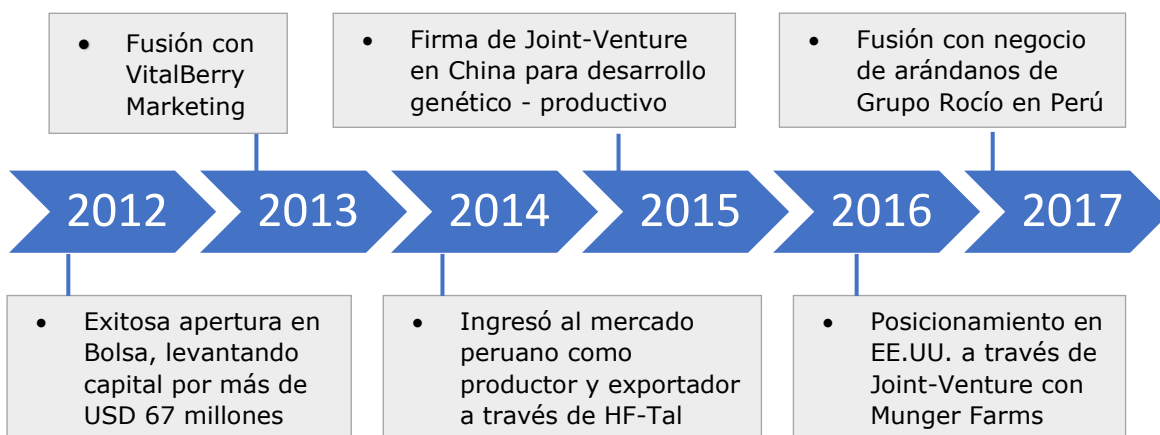
2.2.2.1 Hortifrut

Hortifrut Perú es una de las principales empresas agroexportadoras de arándanos del Perú y del mundo, se fundó en 1983 en Chile “con el sueño de entregar berries a todo el mundo, todos los días del año, indicó Víctor Moller, presidente de Hortifrut S.A.” (Hortifrut Investor, 2020).

En los años siguientes, Hortifrut, empezó a concretar alianzas estratégicas y abrió filiales en distintos países, México, Guatemala, Argentina, España y Brasil, “en el 2014 finalmente ingresa al mercado peruano como productor y exportador de berries a través de la sociedad Hortifrut-Tal S.A.C.”, finales del 2017 anuncia la fusión con el Grupo Rocío y el “2018 materializa la Compraventa y Fusión del Negocio de Arándanos del Grupo Rocío, consolidando una vez más el liderazgo de Hortifrut en el mercado mundial de berries” (Hortifrut Investor, 2020). Estos hechos importantes se visualizan en la línea de tiempo de Hortifrut en la Figura 7.

Figura 7

Línea de tiempo de Hortifrut (2012-2017)



Nota. Tomada de *Fusión con negocio de arándanos en Perú*, por Nvo. Horizonte, 2020, Hortifrut (<https://investor.hortifrut.com/wp-content/uploads/2020/08/Fusion-Negocio-de-Arandanos-en-Peru2017.pdf>).

En un artículo de la Agencia Agraria de Noticias, José Carlos León (2021) indica que, en el 2020, Hortifrut estuvo dentro del top ten de las principales empresas agroexportadoras del Perú, ocupando el 5to lugar con envíos por US \$145.654.000, un 43.23% más de lo logrado el 2019, con su principal producto, los arándanos, como se observa en la Figura 8:

Figura 8

Principales productos exportados de Hortifrut Perú

PRODUCTOS	REG. ↑↓	US\$ ↑↓	%
ARÁNDANOS O MURTONES Y DEMÁS FRUTOS DEL GÉNERO VACCINIUM FRESCOS	3044	146,429,721	213%
LAS DEMÁS MÁQUINAS PARA LA LIMPIEZA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	9	70,021	0%
LAS DEMÁS MÁQUINAS Y APARATOS PARA LLENAR, CERRAR, TAPAR, ETIQUETAS BOTELLAS, LATAS, CAJAS	1	54,172	0%

Nota. Adaptada de *Comercio exterior importaciones y exportaciones de HORTIFRUT – PERÚ S.A.C.*, por Veritrade, 2022, Veritradecorp.com.

(<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-hortifrut--peru-sac/ruc-20602822533>).

2.2.2.2 Camposol

Camposol es una empresa agroindustrial fundada en el año 1997 en la región de La Libertad en Perú. La empresa cuenta con más de 25 000 hectáreas de tierras en las zonas de Chao, Virú y Piura, ubicadas en La Libertad y Piura, regiones del norte peruano (Camposol).

En un artículo de la Agencia Agraria de Noticias, José Carlos León (2021) indica que, en el 2020, Camposol lideró el top ten del ranking de las empresas agroexportadoras del país, y que mantuvo su liderazgo en el ranking del 2020 con despachos por US \$308.544.000, un 5.85% más de lo logrado el 2019.

Según los reportes de Veritrade (2022), los productos principales de Camposol son los arándanos, aguacates y uvas, tal como se muestra en la Figura 9, y sus principales clientes extranjeros son Estados Unidos, Países Bajos y China, tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 9

Principales productos exportados de Camposol

PRODUCTOS	REG. ↑↓	US\$ ↑↓
ARÁNDANOS O MURTONES Y DEMÁS FRUTOS DEL GÉNERO VACCINIUM FRESCOS	3169	145,460,706
AGUACATES (PALTAS), FRESCAS O SECAS	2274	55,178,405
UVAS FRESCAS	1184	43,152,050

Nota. Adaptada de *Comercio exterior importaciones y exportaciones de CAMPOSOL S.A.*, por Veritrade, 2022, Veritradecorp.com. (<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-camposol-sa/ruc-20340584237>).

Figura 10

Principales países de exportación de Camposol

PAÍSES	REG. ↑↓	US\$ ↑↓	%
ESTADOS UNIDOS	4614	166,543,205	50%
PAÍSES BAJOS	2878	71,296,035	21%
CHINA	465	13,735,936	4%

Nota. Adaptada de *Comercio exterior importaciones y exportaciones de CAMPOSOL S.A.*, por Veritrade, 2022, Veritradecorp.com. (<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-camposol-sa/ruc-20340584237>).

2.2.2.3 Danper

Danper es una empresa peruana dedicada a la actividad agroindustrial, fue fundada en los años 90 en Trujillo Perú con su primer producto, los espárragos blancos (Danper, 2022). Con los años fue incorporando más productos a su portafolio y ganándose un lugar en el mercado tan competitivo. En un artículo de la Agencia Agraria de Noticias, José Carlos León (2021) indica que, en el 2020, Danper estuvo dentro del top ten del ranking de las empresas agroexportadoras del país, ocupando el 3er lugar con despachos de US \$205.577.000, un 11.88% más de lo despachado el 2019.

Según los reportes de Veritrade (2022), los principales productos exportados de Danper son los arándanos, espárragos y alcachofas (Figura 11), y sus principales clientes son Estados Unidos, España y Países Bajos (Figura 12).

Figura 11

Principales productos exportados de Danper

PRODUCTOS	REG. ↑↓	US\$ ↑↓
ARÁNDANOS O MURTONES Y DEMÁS FRUTOS DEL GÉNERO VACCINIUM FRESCOS	577	42,724,262
ESPÁRRAGOS, FRESCOS O REFRIGERADOR	2388	34,349,830
ALCACHOFAS (ALCAUCILES)	1475	31,161,749

Nota. Adaptada de *Comercio exterior importaciones y exportaciones de DANPER TRUJILLO*

S.A.C., por Veritrade, 2022, Veritradecorp.com.

(<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-danper-trujillo-sac/ruc-20170040938>).

Figura 12

Principales países de exportación de Danper

PAÍSES	REG. ↑↓	US\$ ↑↓	%
ESTADOS UNIDOS	4364	104,079,818	60%
ESPAÑA	1701	33,909,947	20%
PAÍSES BAJOS	933	31,020,152	18%

Nota. Adaptada de *Comercio exterior importaciones y exportaciones de DANPER TRUJILLO*

S.A.C., por Veritrade, 2022, Veritradecorp.com.

(<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-danper-trujillo-sac/ruc-20170040938>).

2.2.3 Algoritmos de Clustering

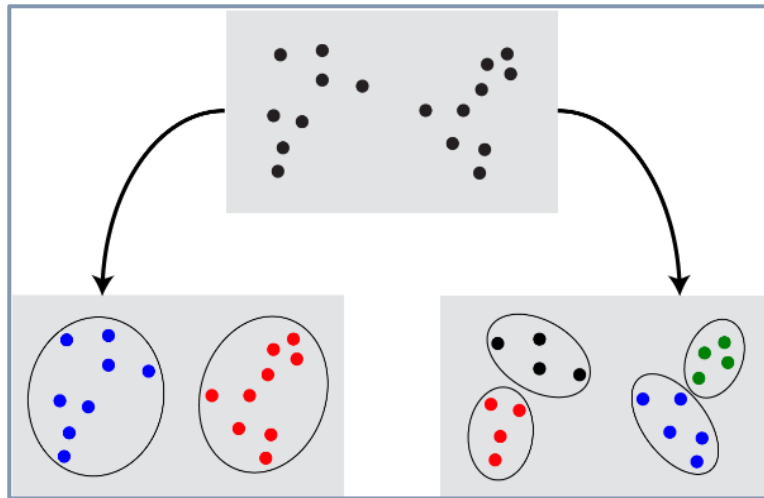
2.2.3.1 Concepto

El clustering consiste en la agrupación de elementos según su similitud, “de forma que los elementos que hay dentro de un grupo (clúster) sean más similares que aquellos que están en grupos distintos” (Sancho, 2020).

Fernando Sancho (2020) explica que hay distintos algoritmos de clustering que se diferencian entre sí por cómo definimos que dos elementos son más o menos similares. Se debe establecer previamente la cantidad de grupos, por ejemplo, en la siguiente imagen (Figura 13) vemos que los elementos pueden agruparse en 2 o en 4 clústeres, pero siempre depende de cómo se defina la similitud entre los elementos.

Figura 13

Clustering de elementos



Nota. Adaptada de *Algoritmos de Clustering*, por Fernando Sancho, 2022, Fernando Sancho Caparrini. (<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>).

2.2.3.2 Axiomatización del Clustering

Hablar de similitud de un grupo de elementos es hablar de pseudo-métricas, nos explica Fernando Sancho (2020) en su revista *Algoritmos de Clustering*, porque la similitud que buscamos no necesariamente cumple con todas las propiedades de una distancia/métrica.

Fernando Sancho (2020) “propone tres axiomas que destacan las características que debe presentar un problema de agrupamiento y que pueden considerarse buenas, independientemente del algoritmo utilizado para encontrar la solución.”

Los 3 axiomas propuestos por Fernando Sancho (2020) son:

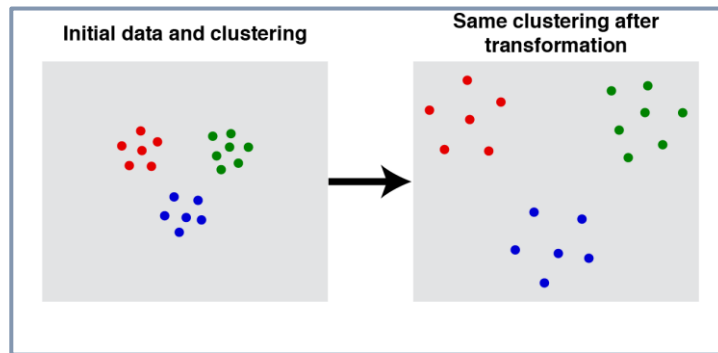
- Invariancia por escala
- Consistencia
- Riqueza

A continuación, se detalla cada axioma:

“Invariancia por escala”: Un algoritmo de clustering no debe cambiar de resultado cuando se aplique un mismo cambio de escala al conjunto de puntos o elementos (Figura 14).

Figura 14

Axioma: Invariancia por escala

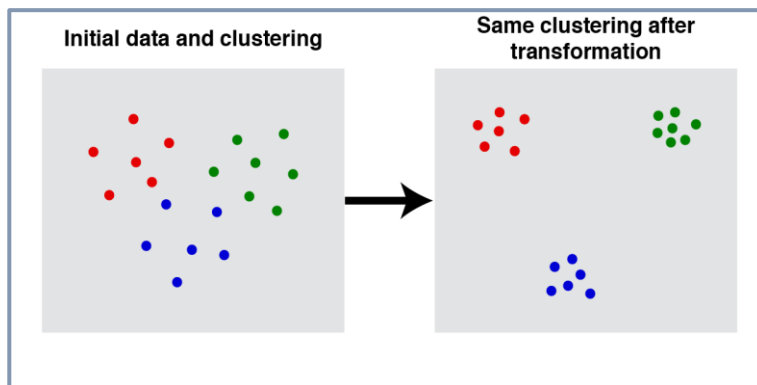


Nota. Tomada de *Algoritmos de Clustering*, por Fernando Sancho, 2022, Fernando Sancho Caparrini. (<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>).

“Consistencia”: Un algoritmo de clustering no debe cambiar de resultado si las distancias dentro de cada clúster aumentan o se reducen (Figura 15).

Figura 15

Axioma: Consistencia

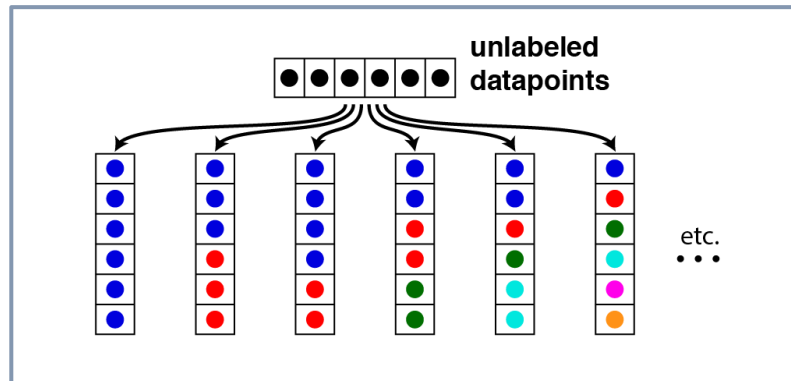


Nota. Tomado de *Algoritmos de Clustering*, por Fernando Sancho, 2022, Fernando Sancho Caparrini. (<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>).

“*Riqueza*”: Una función de agrupamiento debe ser lo suficientemente flexible para producir todos los agrupamientos posibles de un conjunto de elementos, es decir, debe ser capaz de determinar la cantidad de clústeres y el número de elementos de cada clúster (Figura 16).

Figura 16

Axioma: Riqueza



Nota. Tomada de *Algoritmos de Clustering*, por Fernando Sancho, 2022, Fernando Sancho Caparrini. (<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>).

Fernando Sancho (2020) también explica que “pese al claro carácter intuitivo de estos axiomas, no se puede construir una función de agrupamiento que verifique los tres simultáneamente”; por ello, “se pueden diseñar algoritmos de clustering que violan uno de los axiomas mientras se verifican los otros dos.”

En su artículo, Fernando Sancho (2020) menciona también algunos representantes de Algoritmos de Clustering, basados en densidades, en ponderaciones, en aglomeraciones, en particiones, etc., cada una destinada para los distintos problemas de clustering, entre ellos están K-medias, DBSCAN, Mean Shift y AGNES.

A continuación, se describe el primer representante, K-medias, debido a que es el algoritmo que se utiliza en la propuesta de solución de este trabajo de investigación.

2.2.3.3 Algoritmo o método K-medias

En esta investigación se desarrolla el algoritmo basado en particiones, K-medias, con unas modificaciones propuestas, ya que el problema tiene elementos activos unos días y otros no, lo cual se tratará incluyendo las probabilidades en los datos.

Fernando Sancho (2020) explica que el algoritmo K-medias “intenta encontrar una partición de las muestras en K (parámetro del algoritmo) agrupaciones”, cada una con un centroide más cercano a las muestras. La función (Figura 17) con la que se intenta minimizar la varianza total es:

Figura 17

Función potencial de K-medias

$$\sum_i \sum_j d(x_{ij}, c_i)^2$$

d: distancia
c_i: centroide de la agrupación i-ésima
x_{ij}: elemento j en la agrupación i

Nota. Tomada de *Algoritmos de Clustering*, por Fernando Sancho, 2022, Fernando Sancho Caparrini. (<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>).

Fernando Sancho (2020) menciona que el algoritmo K-medias “es relativamente eficiente”, debido a que “es necesario determinar el número de agrupaciones a priori, y el sistema es sensible a la posición inicial de los K clústeres a seleccionar, haciendo que no consigan un mínimo global, sino que se sitúe en un mínimo local.”

Es por ello, que este tipo de algoritmo satisface 2 de los axiomas presentados anteriormente, la invariancia por escala y la consistencia, pero no satisface el axioma de la riqueza ya que el algoritmo es particular, pues se debe definir a priori el número de particiones (K). Por ejemplo, si definimos $K=4$, entonces no se podrá devolver un resultado con 2 clústeres, 3 clústeres, 5 clústeres, etc.

2.2.4 VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)

2.2.4.1 Concepto

“El problema de enrutamiento de vehículos (VRP) es un problema de optimización combinatoria para encontrar un conjunto de rutas para una flota de vehículos que minimice el tiempo de viaje.” (Kuo, 2023)

En su artículo, María Enciso, Wilfrido Arteaga y Nataly Guarín (2018), explican que el VRP se remonta a 1959, cuando George Dantzing y John Ramser lo introdujeron. Ellos lo aplicaron a la entrega de gasolina a estaciones de servicio y propusieron una formulación matemática para este problema. El VRP surge como una generalización del problema clásico del agente viajero (TSP), donde un vendedor debe visitar a una serie de clientes una sola vez y luego regresar al punto de partida. Desde esa fecha el VRP ha sido objeto de investigación, y se ha dedicado mucha atención a sus variantes que se hacen cargo de las distintas restricciones que presenta.

2.2.4.2 Restricciones y variantes del VRP

En su artículo, María Enciso, Wilfrido Arteaga y Nataly Guarín (2018), citan algunas restricciones:

- Las entregas son periódicas o no.
- Los clientes tienen que ser visitados dentro de una determinada franja horaria.

- Los puntos de suministros son sencillos o múltiples.
- Los vehículos atienden a varios clientes.
- Los vehículos tienen capacidad limitada.

Estas restricciones han dado como resultado distintas variantes o modelos que incorporan cada vez más las características de la realidad, con las que se busca obtener algoritmos más eficientes. María Enciso, Wilfrido Arteaga y Nataly Guarín (2018), mencionan algunas:

- CVRP: Rutas para vehículos con capacidad de carga
- VRPTW: Ventanas de tiempo
- SDVRP: VRP con entrega dividida
- VRPSD: VRP con demandas estocásticas

2.2.5 Mejora de procesos

La mejora de procesos, según detalla Rafael Obando (2023), “es la identificación y optimización de los procedimientos y flujos de trabajo de una empresa. La finalidad es aumentar su eficiencia, reducir errores y mejorar la calidad del producto o servicio ofrecido” todo con el objetivo de “obtener una gestión más eficiente y una mayor satisfacción del cliente.”

En el artículo de Rafel Obando (2023) sugiere, también, 6 herramientas para la mejora de procesos:

Sistema CRM

La implementación de sistemas o softwares de Gestión de Relaciones con los Clientes (CRM, por sus siglas en inglés) puede tener un impacto significativo en la mejora de los procesos en las áreas de marketing, ventas y servicio al cliente. Los beneficios de adoptar un CRM son la automatización de procesos y el seguimiento exhaustivo del desempeño de las estrategias, procesos y del equipo. (Obando, 2013).

Brainstorming

El brainstorming, o lluvia de ideas, es una técnica que puede resultar muy útil para fomentar la generación de nuevas ideas en un trabajo grupal, especialmente cuando se busca abordar un problema específico. Al ser una técnica grupal, “es una gran herramienta para mejorar los procesos de una empresa.” (Obando, 2013).

Diagrama SIPOC

“Este diagrama recibe su nombre por las siglas en inglés de: *Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers*. Permite entender a grandes rasgos el funcionamiento de un proceso.” (Obando, 2013).

Hojas de control

“Esta herramienta de gestión de calidad permite recabar información de manera sencilla y precisa; se utiliza principalmente para identificar y analizar los problemas que evitan que un proceso tenga la calidad que se desea.” (Obando, 2013).

Los 5 por qué

El método de los “5 por qué” es una herramienta basada en hacer preguntas para explorar las relaciones causa-efecto detrás de un problema específico, indagando en las razones subyacentes. Esta estrategia implica analizar un problema y preguntar repetidamente “¿Por qué?” para profundizar en las causas raíz. (Obando, 2013).

Análisis de valor

Rafael Obando (2013) indica que esta herramienta se centra en la mejora constante y busca aumentar el valor de un producto o servicio.

“Las ventajas de utilizar el análisis de valor para la mejora de procesos son la fácil identificación de actividades innecesarias, brindar un enfoque en la calidad, atribuir la reducción de costes y mejorar la eficiencia.” (Obando, 2013).

A continuación, se describe más sobre la última herramienta que se usará para mejorar el proceso de reparto de almuerzos a los distintos comedores del fundo agrícola.

2.2.4.1 Análisis de valor – ventana de valor

En su artículo, Raúl Sejzer (2016), indica que “para ver con mayor claridad el rol de cada actividad se utiliza generalmente lo que se conoce como ventana de valor en donde aparecen las 4 combinaciones entre aporte de valor y necesidad.”

Por ello, para el análisis de valor de las actividades del proceso de reparto de almuerzos se usará la ventana de valor (Tabla 8), que permite identificar y eliminar actividades innecesarias o que no agregan valor y encontrar oportunidades para aumentar la eficiencia del proceso.

Tabla 8

Matriz de Ventana de valor

		¿Agrega valor?	
		SÍ	NO
¿Es necesaria?	SÍ	Maximizar	Minimizar
	NO	Crear la necesidad	Eliminar

Nota. Tomada de *¿Cómo implementamos un Mapa del Flujo de Valor (VSM)?*, por Raúl Sejzer, 2016, Calidad Total. (<https://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/como-implementamos-un-mapa-del-flujo-de.html?m=1&fbclid=IwAR2Lf5XmKyyEaRZJFAU-yingVakgfyJVclXuQ5H-GNoGUUtEBM9yZTu-Hv4>).

Para aprovechar la ventana de valor en el proceso de reparto de almuerzos, es necesario realizar un mapeo detallado de todas las actividades involucradas en dicho proceso. Esto implica examinar y comprender cada paso, desde la recepción de los almuerzos hasta la entrega final.

Al realizar este mapeo, se logra obtener una visión completa y detallada del proceso de reparto de almuerzos, identificando todas las actividades que se llevan a cabo y cómo se relacionan entre sí. Esto permite analizar cada actividad en términos de su valor añadido, su eficiencia y su contribución al objetivo general del proceso.

Al conocer todas las actividades involucradas en el proceso de reparto de almuerzos a través del mapeo, se puede evaluar qué actividades son esenciales y generar valor para el cliente, y cuáles podrían ser eliminadas, simplificadas o mejoradas para aumentar la eficiencia y la calidad del servicio.

En resumen, la utilización de la ventana de valor en el proceso de reparto de almuerzos requiere mapear y comprender todas las actividades implicadas en dicho proceso, lo cual proporciona una base sólida para identificar oportunidades de mejora y optimización.

A continuación, se explica más sobre el mapeo de procesos y qué tipo de mapeo se realizará para identificar las actividades del proceso en estudio.

2.2.4.2 Mapeo de procesos

La empresa TOTVS (2022) menciona en su blog que “el mapeo de procesos es una herramienta de planificación y gestión que demuestra visualmente el flujo de trabajo dentro de la empresa y sus responsables”, muestra qué y quién está involucrado en el proceso y permite ver qué áreas del proceso necesitan mejoras.

TOTVS (2022) hace referencia también a los objetivos, ventajas y tipos de mapeo de procesos, que a continuación se detalla:

2.2.4.1 Objetivos del mapeo de procesos

- Definir qué sucede en un proceso para entender cómo funciona su organización.
- Mapear la secuencia de actividades del proceso y sus representantes.
- Comprender más rápido el proceso.
- Encontrar las actividades que se pueden mejorar.

2.2.4.2 Ventajas del mapeo de procesos

- Mejorar el servicio al cliente.
- Eliminar pasos o actividades irrelevantes.
- Mejorar y simplificar la comunicación entre áreas de la empresa.
- Transparentar los procesos de la empresa.
- Identificar puntos de mejora.

2.2.4.3 Tipos de mapeo de procesos






Diagrama de flujo

“El diagrama de flujo es el tipo más común de mapa de proceso, se puede dibujar a mano o crear en cualquier herramienta con ayudas visuales” como el Visio, Bizagi u otros (TOTVS, 2022).

En un artículo, el Team Asana (2022) explica que “un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica y secuencial de un proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para lograr un objetivo común.” Asimismo, explica que “para representar la sucesión de tareas y la relación entre ellas se utilizan símbolos como flechas, rombos, rectángulos o prismas.” En la Tabla 9, se muestran los símbolos más usados.

Tabla 9

Simbología de un diagrama de flujo

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio/Final	Representa el inicio y el final de un proceso.
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos de la entrada y la impresión de datos en la salida.
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación.
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso.

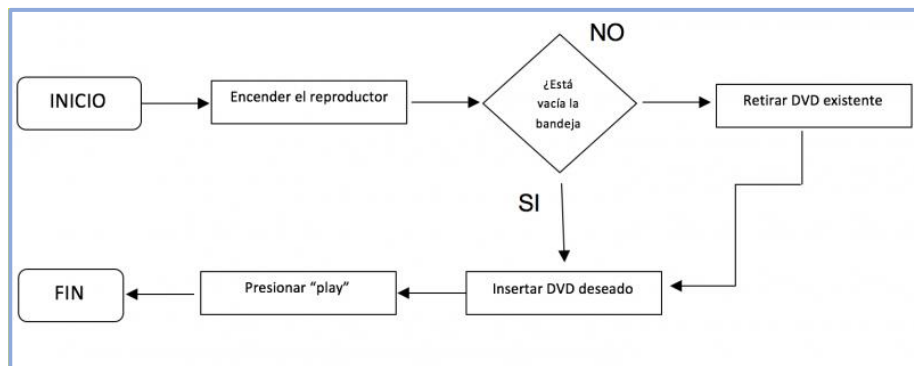
Nota. Tomada de *Diagrama de flujo*, por 2Concepto, 2022, Equipo Editorial, Etecé.

(<https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>).

En la Figura 18 se muestra un ejemplo de diagrama de flujo.

Figura 18

Ejemplo de Diagrama de flujo



Nota. Tomada de *Diagrama de flujo*, por Concepto, 2022, Equipo Editorial, Etecé.

(<https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>).

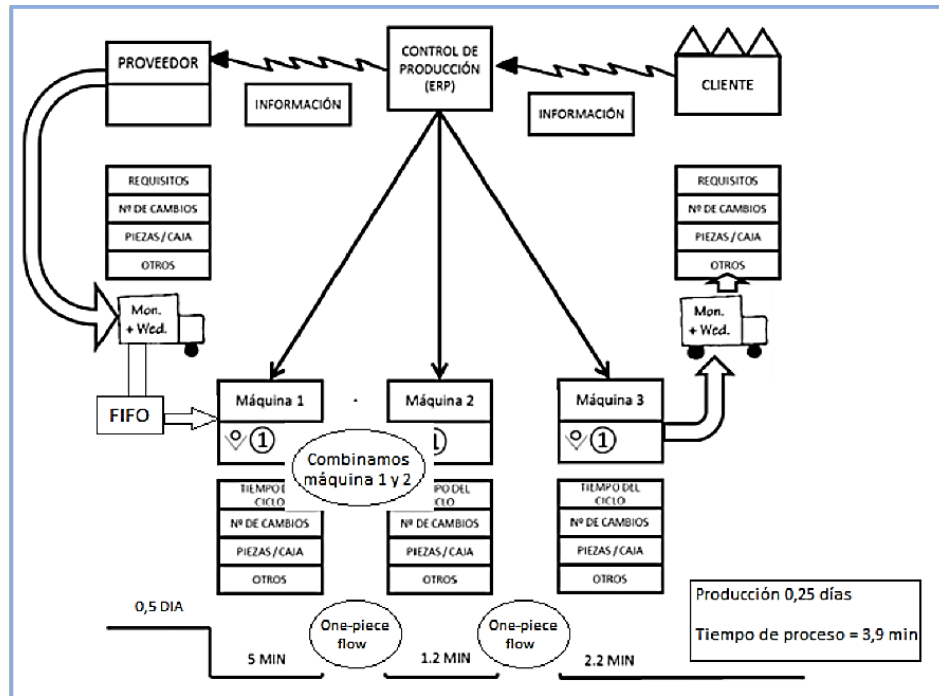
Mapa de la cadena de valor o mapa de arriba hacia abajo

En su artículo, María Vilaplana (2017) explica que “el mapa de la cadena de valor o “Value Stream Mapping” (VSM) es una “herramienta que te permite la representación gráfica del estado actual y futuro del sistema de producción”, tiene el objetivo de que los “usuarios tengan un mejor entendimiento de las fases de producción ... identificando las actividades que no agregan valor al proceso”.

El Mapa de la cadena de valor o “Value Stream Mapping” (VSM) “muestra las principales actividades de un proceso, desde el primer sector / profesional involucrado hasta el último” (TOTVS, 2022). En la Figura 19 se muestra un ejemplo de mapa de la cadena de valor.

Figura 19

Ejemplo de Mapa de la cadena de valor



Nota. Tomada de Mapeo de la cadena de valor o “Value Stream Mapping” (VSM), por

Vilaplana, M., 2017, Proyecto Innovación.

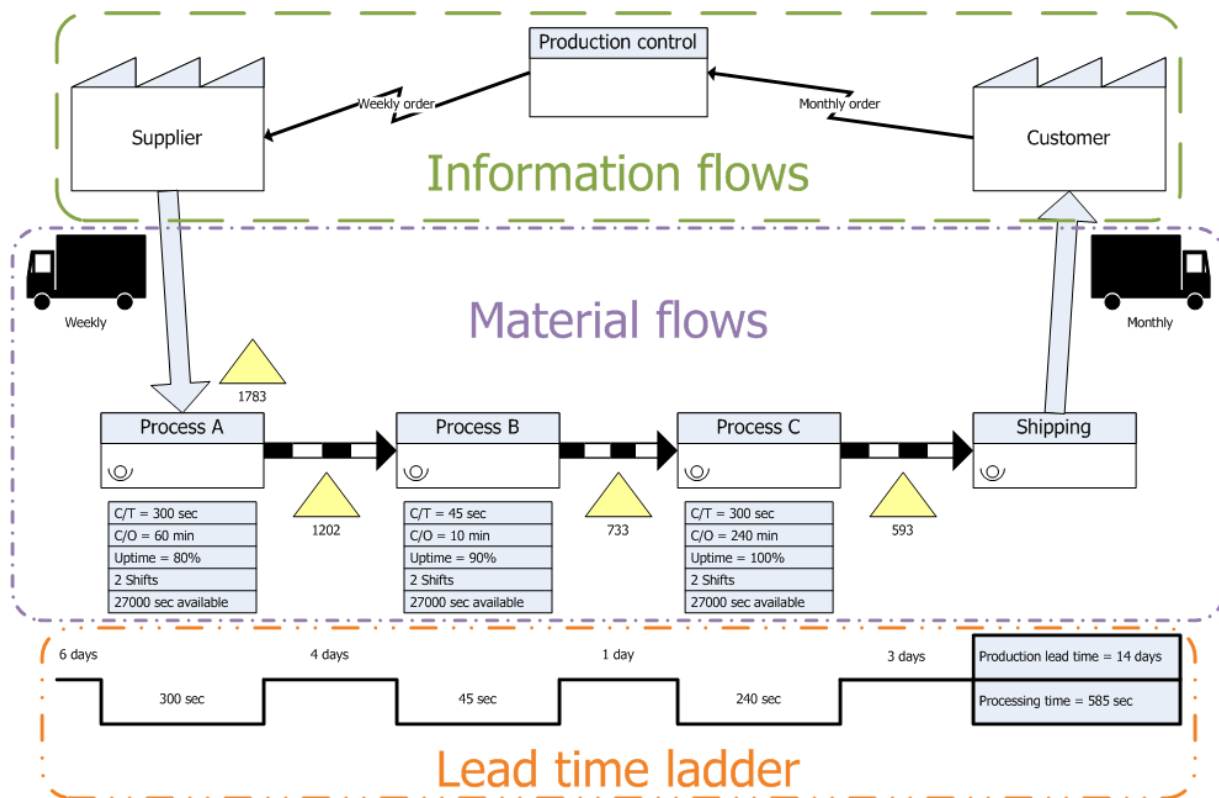
(<http://www.productividadlean.com/2017/10/02/389/>).

Mapa de flujo de valor

El mapa de flujo de valor (Figura 20) es más usado en “empresas que adoptan la metodología lean y, para industrias, lean manufacturing”; por ello, son bastantes complejos y detallados (TOTVS, 2022).

Figura 20

Ejemplo de Mapa de flujo de valor



Nota. Tomada de *Mapeo de procesos: qué es, ventajas, tipos y cómo hacerlo*, por TOTVS

LATAM, 2022, TOTVS. (<https://es.totvs.com/blog/gestion-de-negocios/mapeo-de-procesos-que-es-ventajas-tipos-y-como-hacerlo/>).

Para levantar las actividades del proceso de reparto de almuerzos, se usará el primer tipo mapeo de procesos, el diagrama de flujo, con el uso de Bizagi.

2.3 Marco Conceptual

Términos y definiciones

A continuación, se muestran algunos términos usados durante el proceso de Reparto de almuerzos por el supervisor, el personal de reparto y los grupos de trabajo destinados a la cosecha o poda:

Acopio. Espacios donde se reciben los almuerzos traídos por los familiares de los trabajadores a los que se les repartirá (Hortifrut, 2019).

Almuerzos. Comida del mediodía o primeras horas de la tarde (RAE, 2019).

Ayudantes de grupo repartidor. Son las personas encargadas de ir en los camiones de reparto, bajar la mercancía y entregar en los puntos finales (Hortifrut, 2019).

Base de datos. Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada (Pérez, D. 2007).

Camiones de reparto. Es un vehículo de transporte utilizado para repartir los almuerzos a los distintos comedores del fundo agrícola (Hortifrut, 2019).

Comedores. Pieza destinada para servir comidas a personas determinadas (RAE, 2019).

Comedores activos. Comedores que son usados en el día de trabajo (Hortifrut, 2019).

Cosechadores. Persona que cosecha, cultiva, etc. (RAE, 2019).

Distribución interna de camiones. La distribución interna se refiere al conjunto de productos de pequeñas dimensiones, que deben ser agrupados, con el fin de facilitar su manejo (Saldana, M. 2011).

Eficiencia de recursos. La eficiencia de recursos consiste en utilizar los recursos disponibles de manera sostenible (Ferrando, M. 2012).

Empresa concesionaria de alimentos. Son empresas especializadas en la elaboración de alimentos, su aparición en el mercado de servicios obedece a diversos factores, como la necesidad de alimentar a sus empleados (IcorFood, 2017).

Escáner. Es una herramienta utilizada por el personal de reparto para dar lectura a los códigos de barras de las etiquetas sin necesidad de digitar (Hortifrut, 2019).

Etiqueta. Usado para identificar a los trabajadores, la etiqueta contiene un código de barra que está enlazado a una base de datos que contiene información del cosechador (Hortifrut, 2019).

Fundo. Terreno donde se realiza la siembra y cosecha de cierto alimento (Hortifrut, 2019).

Jabas. Cajón acondicionado especialmente para transportar objetos (RAE, 2019).

Jefe de grupo repartidor. Es la mano derecha del supervisor de reparto, es a quien se entrega la lista de los comedores que estarán activos cada día (Hortifrut, 2019).

QR. Cada comedor tiene una etiqueta con un código QR, que es escaneado por el personal de reparto una vez que dejan todos los almuerzos (Hortifrut, 2019).

Quejas. La queja es la expresión de insatisfacción hecha a una organización, con respecto a sus productos o servicios (López, P. 2012).

Smartphone. Teléfono inteligente, destinado para diferentes usos; en este caso sirve para digitar el código de barras de las etiquetas de los almuerzos a través de una aplicación relacionada a la base de datos (Hortifrut, 2019).

Supervisor de reparto. Es la persona encargada de supervisar el reparto de almuerzos en todo el fundo agrícola (Hortifrut, 2019).

Tiempo de entrega. “Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto o servicio al cliente” (MTM Ingenieros, 2013).

2.4 Hipótesis

2.4.2 Hipótesis General

- El programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada incrementa la eficiencia del reparto de almuerzos a los comedores del fundo agrícola.

2.4.3 Hipótesis Específicas

- El programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce el uso de los recursos.
- El programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada nivela la carga laboral de los grupos repartidores.
- El programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada reduce las distancias recorridas por los grupos repartidores.
- La mejora del proceso de recepción y reparto de almuerzos incrementa el nivel de servicio.

2.5 Determinación de variables

En la Tabla 10 se muestran las variables del proyecto de investigación.

Tabla 10

Identificación de variables

Tipo	VARIABLES	INDICADORES	RATIOS DE INDICADORES
Dependiente	Eficiencia del reparto de almuerzos a los comedores del fundo agrícola	Almuerzos repartidos por camión	$\frac{\text{Cantidad real de almuerzos repartidos por camión al año}}{\text{Cantidad esperada de almuerzos repartidos por camión al año}} \times 100$
	Reducción de recursos	Camión-mes	$\frac{(\text{Camión-mes actual}) - (\text{Camión-mes propuesto})}{\text{Camión-mes actual}}$
		Hombre-mes	$\frac{(\text{Hombre-mes actual}) - (\text{Hombre-mes propuesto})}{\text{Hombre-mes actual}}$
	Nivelación de la carga laboral de los grupos repartidores	Desviación de almuerzos recibidos	$\frac{\text{Desv. de alm. actual} - \text{Desv. de alm. propuesto}}{\text{Desviación de almuerzos recibidos actual}}$
Distancias recorridas	Distancia recorrida	$\frac{\text{Dist. rec. actual} - \text{Dist. rec. propuesta}}{\text{Distancias recorrida actual}}$	
Independiente	El programa de reparto de almuerzos obtenido con la técnica de clustering modificada	Épocas incluidas en el programa de reparto	$\frac{\text{Épocas incluidas}}{\text{Total de épocas}}$
		Comedores incluidos en el programa de reparto	$\frac{\text{Comedores incluidos}}{\text{Total de comedores}}$
	Mejora del proceso de recepción y reparto de almuerzos	Hora promedio de entrega de almuerzos	Hora promedio de entrega de almuerzos
		Grado de actividades mejoradas	$\frac{\text{Cantidad de actividades mejoradas}}{\text{Total de actividades}}$

Capítulo III: Metodología.

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Enfoque

El enfoque que se emplea en el presente trabajo de investigación es el cuantitativo, debido a que es necesaria la recolección de datos para analizar la información numérica mediante el uso de una técnica de investigación para el análisis de datos; en este caso se recolectan los datos relacionados a los días de trabajo del proceso de reparto de almuerzos de la empresa Hortifrut Perú durante un año, y se usan herramientas de clustering.

3.1.2 Alcance

Para el alcance se emplea la investigación explicativa, ya que se basa en una relación de causa – efecto. En este trabajo no solo se describe el problema objetivo de investigación que se relaciona a la deficiencia del reparto de refrigerios, sino que se prueba encontrar las causas, analizando los datos obtenidos y usando diversas técnicas de ingeniería con el fin de demostrar las hipótesis planteadas.

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es el No Experimental porque no se manipulan las variables solo se analizan los resultados para demostrar las soluciones planteadas. Además, es de tipo transversal, debido a que se usan los datos del último año.

3.2 Población y unidad de análisis

3.2.1 Población

La población corresponde a los reportes diarios del total de almuerzos atendidos en el conjunto de comedores del fundo agrícola de Hortifrut Perú durante un año. Entonces, la población total es de 313 reportes diarios (Tabla 11).

Tabla 11:

Población: Reportes diarios en época de poda y época de cosecha

ÉPOCA	MESES	DÍAS TRABAJADOS	REPORTES DIARIOS
Época de poda	4	104	104
Época de cosecha	8	209	209
TOTAL	12	313	313

3.2.2 Unidad de análisis

El reporte de un día de trabajo en el conjunto de comedores.

3.2.3 Muestra

Para calcular la muestra se hizo uso de la fórmula de muestreo de población finita:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Donde:

n = Muestra

N = Población

Z = Nivel de confianza

e = Error de muestra

p = Probabilidad a favor

q = Probabilidad en contra

Entonces, se reemplazan los valores para calcular el tamaño de la muestra.

Tabla 12:

Muestra: Población, nivel de confianza, error de muestra y probabilidades en favor y en contra

Aspecto	Nomenclatura	Valor
Población	N	313
Valor Z	Z	1.96
Error	E	0.05
Probabilidad a favor	P	0.5
Probabilidad en contra	Q	0.5

Cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{1.96^2 * 313 * 0.5 * 0.5}{0.05^2(313 - 1) + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

$$n = \frac{300.61}{1.74}$$

$$n = 172.72$$

$$n = 173$$

Con el cálculo se obtuvo que el tamaño de la muestra es 173, que representa los 313 reportes diarios del total de almuerzos atendidos; con 95% del nivel de confianza, con 5% de error de muestra y con 50% de probabilidad a favor y en contra.

Sin embargo, para esta investigación se tomará en cuenta la población, los 313 reportes diarios del total de almuerzos atendidos en el conjunto de comedores en el fundo agrícola de Hortifrut Perú, debido a que se tiene acceso a todos los reportes diarios y para esta investigación es importante considerar los datos en su totalidad.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

3.3.1 Técnicas de Recolección de datos

“Las técnicas de recopilación de datos se refieren a los métodos utilizados para recoger y analizar diferentes formas de datos.” (Safety Culture, 2022)

En la presente investigación, se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

Recopilación documental

“Se refiere a la información bibliográfica realizada y recopilada en diversos tipos de escritos.” (Sánchez et al., 2018, p.98).

Con la recopilación documental se pudo recopilar los 313 reportes diarios donde se muestra la información del total de almuerzos atendidos en el conjunto de comedores.

Observación

La observación es “la técnica de recolección de datos más fácil y directa”. Esta técnica “consiste simplemente en observar los comportamientos o acciones de un sujeto en un entorno específico para comprenderlos y registrar lo observado.” (Safety Culture, 2022).

Con la observación se pudo levantar información del proceso de recepción y entrega de almuerzos y se pudo realizar el diagrama de flujo del proceso.

Entrevista no estructurada

Es una “técnica en la que el entrevistador efectúa la entrevista tomando como base un guion general, aunque las preguntas son abiertas y no están estandarizadas.” (Sánchez et al., 2018, p.60).

Con la entrevista no estructurada se pudo recolectar información acerca del proceso de recepción y entrega de los almuerzos, así como sus debilidades.

3.3.2 Instrumentos de Recolección de datos

“Los instrumentos de recolección son herramientas que forman parte de una técnica de recolección de datos. Puede darse como una guía, un manual, un apartado, una prueba, un cuestionario o un test.” (Sánchez et al., 2018, p. 78).

En la presente investigación, se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Reporte de un día de trabajo en el conjunto de comedores.
- Google Maps
- Guía de entrevista

Después de recopilar la información necesaria, se analizaron los datos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A continuación, se muestran la relación entre las variables y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Tabla 13

Recolección de datos de las variables generales

Variable	Técnica	Instrumento	¿A quién?	Datos que se busca
Programa de Reparto	Recopilación documental / Observación	Reporte de un día de trabajo	Supervisor de área / Personal de reparto	Comedores asignados a cada grupo repartidor
Eficiencia del reparto de almuerzos	Recopilación documental / Observación	Reporte de un día de trabajo	Supervisor de área / Personal de reparto	Cantidad de camiones / Cantidad de personal de reparto

Tabla 14

Recolección de datos de las variables específicas

Variable	Técnica	Instrumento	¿A quién?	Datos que se busca
Eficiencia de recursos	Recopilación documental / Observación	Reporte de un día de trabajo	Supervisor de área / Personal de reparto	Hombres-mes / Camión-mes
Nivelación de carga laboral	Observación / Recopilación documental	Reporte de un día de trabajo	Supervisor de área / Personal de reparto	Cantidad de almuerzos recibidos
Distancia recorrida	Observación / Recopilación documental	Google Maps	Supervisor de área / Personal de reparto	Ubicación de comedores / Distancia recorrida por cada grupo
Mejora de procesos	Observación / Recopilación documental / Entrevista no estructurada	Guía de entrevista	Supervisor de área / Personal de reparto / Cosechadores	Actividades del proceso de recepción y entrega

3.4 Técnicas de Análisis de la Información

Los datos se obtuvieron a través de las visitas realizadas al fundo agrícola y a los reportes diarios. Estos documentos tienen la fecha, los comedores activos, la cantidad de almuerzos por cada comedor, nombre de cada trabajador, el comedor a donde debe ir cada almuerzo, y demás información.

3.4.1 Técnica de clustering K-medias modificada

La técnica de clustering se usa para encontrar y clasificar K grupos de datos, donde se agrupan entre sí los elementos que comparten ciertas características similares y se separan de los que no comparten. La investigación se basa en esta técnica, pero se introduce una modificación, ya que se incluye la variabilidad o incertidumbre o probabilidades de los datos.

La modificación propuesta toma en cuenta dos variables: la probabilidad de uso de los comedores durante cada época y la cantidad promedio de almuerzos que recibe cada comedor cada época.

La técnica modificada se basa en la obtención inicial de los tres siguientes datos:

- Distancias entre comedores
- Probabilidad de uso de cada comedor por época
- Cantidad promedio de almuerzos que recibe cada comedor por época

A continuación, se detalla cada uno:

3.4.1.1 Distancias entre comedores

Debido a que se cuenta con 155 comedores de diferentes fundos, se codificaron los nombres para una mejor y fácil identificación. Como ejemplo, en la Tabla 15 y la Tabla 16 se muestran los códigos de los comedores de 4 fundos, en forma similar se aplica a los otros fundos.

Posterior a ello, se realizó la toma de coordenadas de cada comedor con Google Maps y se obtuvo las distancias en metros con la fórmula de Haversine mediante una calculadora en línea, este paso se explicará con más detalle en el desarrollo de la solución.

Tabla 15

Códigos de los comedores del fundo Armonía 1 y Armonía 2

FUNDO	COMEDOR	CÓDIGO
ARMONÍA 1	Comedor 1	ARM01-01
	Comedor 2	ARM01-02
	Comedor 3	ARM01-03
	Comedor 4	ARM01-04
	Comedor 5	ARM01-05
	Comedor 6	ARM01-06
	Comedor 7	ARM01-07
	Comedor 8	ARM01-08
	Comedor 9	ARM01-09
	Comedor 10	ARM01-10
ARMONÍA 2	Comedor 1	ARM02-01
	Comedor 2	ARM02-02
	Comedor 3	ARM02-03
	Comedor 4	ARM02-04
	Comedor 5	ARM02-05
	Comedor 6	ARM02-06
	Comedor 7	ARM02-07
	Comedor 8	ARM02-08
	Comedor 9	ARM02-09
	Comedor 10	ARM02-10
	Comedor 11	ARM02-11
	Comedor 12	ARM02-12
	Comedor 13	ARM02-13

Tabla 16

Códigos de los comedores del fundo Armonía 3 y Armonía 4

FUNDO	COMEDOR	CÓDIGO
ARMONÍA 3	Comedor 1	ARM03-01
	Comedor 2	ARM03-02
	Comedor 3	ARM03-03
	Comedor 4	ARM03-04
	Comedor 5	ARM03-05
	Comedor 6	ARM03-06
	Comedor 7	ARM03-07
	Comedor 8	ARM03-08
	Comedor 9	ARM03-09
	Comedor 10	ARM03-10
	Comedor 11	ARM03-11
	Comedor 12	ARM03-12
	Comedor 13	ARM03-13
	Comedor 14	ARM03-14
	Comedor 15	ARM03-15
	Comedor 16	ARM03-16
ARMONÍA 4	Comedor 1	ARM04-01
	Comedor 2	ARM04-02
	Comedor 3	ARM04-03
	Comedor 4	ARM04-04
	Comedor 5	ARM04-05
	Comedor 6	ARM04-06
	Comedor 7	ARM04-07

3.4.1.2 Probabilidad de uso de cada comedor al año

El trabajo de la cosecha de arándanos no es el mismo durante todo el año; hay una época donde el trabajo de cosecha es mayor (época de cosecha), y otra donde es menor, debido a que la gran parte de las plantaciones pasan a ser podadas cumpliendo su ciclo de vida (época de poda). En consecuencia, el uso de los comedores no es el mismo durante todo el año.

- **Época de cosecha:** Comprende los meses de enero a febrero y de julio a diciembre (Tabla 17), en ese tiempo también se da la mayor cantidad de almuerzos recibidos y entregados, sobre todo por el gran número de trabajadores contratados.
- **Época de poda:** Comprende los meses de marzo a junio (Tabla 18), en ese tiempo se realiza la poda de las plantas de arándanos y se espera que los frutos vuelvan a brotar para que comiencen a ser cosechados; como consecuencia de ello, la cantidad de almuerzos recibidos y entregados disminuye.

Tabla 17

Días de trabajo en época de cosecha

	ÉPOCA DE COSECHA							
Meses	Enero	Febrero	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días de trabajo	27	24	27	27	25	27	26	26

Tabla 18

Días de trabajo en época de poda

	ÉPOCA DE PODA			
Meses	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Días de trabajo	26	26	27	25

Debido a que el uso de los comedores no es constante, algunos comedores están activos unos días y otros no, en esta investigación se hace uso de las probabilidades para formalizar esta información.

La fórmula por usar es la siguiente:

$$\text{Probabilidad de uso del comedor } X = \frac{\text{Número de días que el comedor } X \text{ estuvo activo}}{\text{Número de días de trabajo por época}}$$

3.4.1.3 Cantidad promedio de almuerzos que recibe cada comedor

La cantidad de almuerzos por día también es variable, por lo que se introduce un indicador promedio de la cantidad de almuerzos por cada uno de los comedores. La fórmula por usar es la siguiente:

$$\text{Cantidad promedio de almuerzos del comedor } X = \frac{\text{Suma de almuerzos}}{\text{Número de días activos}}$$

3.4.2 Mejora de procesos

Para la mejora del proceso, se realizará lo siguiente:

- Diagramación del proceso
- Evaluación y eliminación de las actividades innecesarias y que no agregan valor.

A continuación, se detalla cada uno:

3.4.2.1 Diagramación del proceso

Para identificar todas las actividades del proceso se usará el tipo más conocido de mapeo de procesos, el diagrama de flujo, para ello se hará uso de la herramienta Bizagi.

3.4.2.2 Evaluación y eliminación de actividades innecesarias y que no agregan valor

Se usará la ventana de valor para identificar las actividades que no son necesarias y las que no agregan valor, con el fin de eliminarlas para obtener un proceso más eficiente.

	2022				2023									
	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo	
Actividades capítulo 5,6 y 7.	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desarrollo de la solución	X	X												
Revisión del avance con el asesor			X											
Medición de la Solución				X	X									
Revisión del avance con el asesor						X								
Evaluación económica y financiera							X							
Discusión de los resultados								X						
Revisión del avance con el asesor									X					
Conclusiones y Recomendaciones										X				

3.6 Presupuesto

Tabla 20

Presupuesto

Tipo de Recurso	Descripción	Monto (s/)
Pasajes	Traslado al fundo	S/ 300.00
Fotocopias e impresiones	Para levantar la información	S/ 100.00
Material de oficina	Cuaderno, lapicero, etc.	S/ 20.00
Laptop, Internet	Para realizar los cálculos	S/ 100.00
Total		S/ 520.00

Capítulo IV: Entorno Empresarial.

4.1 Descripción de la empresa

4.1.1 Reseña histórica y actividad económica

4.1.1.1 Reseña histórica

La historia de Hortifrut se remonta a los años ´80, “Hortifrut nació en 1983 bajo el nombre de Compañía Chilena Productora de Espárragos Limitada, al año siguiente, cambió a Productora Hortícola y Frutícola S.A., cuya sigla es Hortifrut” (Carlos García, 2019).

Tan solo un año después de iniciar operaciones, “Hortifrut se convierte en la primera empresa chilena en exportar berries a Estados Unidos en contra estación” (Hortifrut Investor, 2020) y 3 años después a Asia. Años después el cultivo de berries se expande a moras, arándanos y frambuesas.

En 1988 Hortifrut empieza a establecer alianzas estratégicas para el fortalecimiento de su posición en el mercado internacional, la primera empresa fue la firma californiana Coastal Berries (Hortifrut Investor, 2020), luego siguieron firmas de Estados Unidos, México, Guatemala, Argentina, España, Brasil y Colombia. En el 2018 le tocó el turno a Perú, ese mismo año “se consolida Hortifrut Perú ... tras la adquisición y fusión del negocio de arándanos del Grupo Rocío, uno de los mayores grupos agroindustriales de Perú” (Hortifrut Investor, 2020). Estas alianzas estratégicas permitieron a Hortifrut fortalecer su posición en el sector.

4.1.1.2 Actividad económica

Hortifrut S. A. C. es una empresa chilena con más de 40 años en el sector agrícola, “dedicada a la cosecha, exportación y comercialización de berries en Chile y el mundo, principalmente arándanos, frutillas, frambuesas y moras.” Tiene filiales en todo el mundo, “en

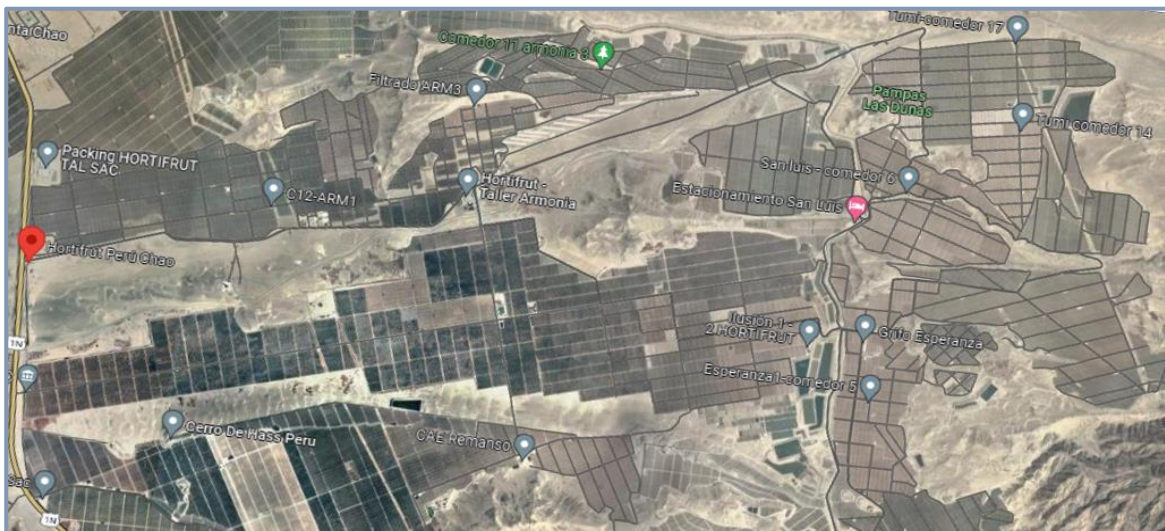
Norte América, América del Sur, Europa y Asia, operando bajo las marcas comerciales Hortifrut, Naturipe y Southern Sun” (Carlos García, 2019).

4.1.2 Descripción de la organización

Hortifrut Perú cuenta con una oficina central ubicada en Trujillo donde están las áreas administrativas; un fundo ubicado en Chao (Figura 21) de más de 2,000 hectáreas donde se encuentran las siembras de arándanos, 2 plantas de agua en las que se realiza el tratamiento de la misma para el consumo de los trabajadores, riego de las plantas y limpieza, 6 centros de enfriado de arándanos, algunas oficinas de gerencias relacionadas con la cosecha, una oficina llamada “Agritracer” donde se realiza la agrupación de los cosechadores y la entrega de los códigos de barras, un centro de control de pesado de los camiones, un comedor central para los jefes y gerentes de cada área, 155 comedores distribuidos en todo el fundo destinados a los cosechadores y obreros, entre otros; y, por último, una planta de selección y empaque de arándanos.

Figura 21

Locación del fundo de Hortifrut Perú Chao



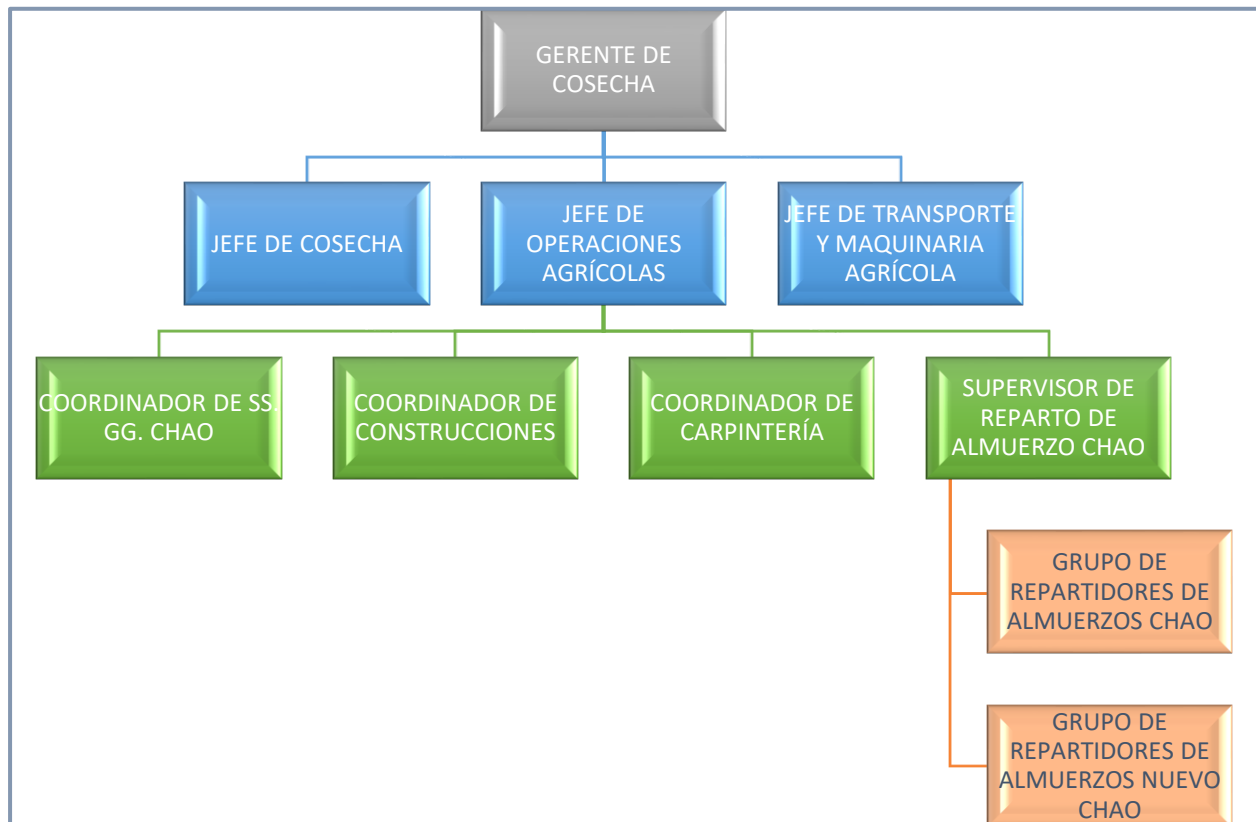
Nota. Google (s.f.). Ubicación del fundo de Hortifrut Perú.

4.1.2.1 Organigrama

El organigrama mostrado en la Figura 22 es específicamente de la Gerencia de Cosecha de Hortifrut Perú, donde se encuentra el área de Operaciones Agrícolas, donde está el proceso que se está estudiando, el proceso de Reparto de Almuerzos.

Figura 22

Organigrama de la Gerencia de Cosecha de Hortifrut Perú



4.2 Datos generales estratégicos de la empresa

4.2.1 Visión, misión, valores o principios y objetivo

Visión:

“Ser el líder mundial en la categoría de berries” (Hortifrut, 2020).

Misión:

“Todos los berries a todo el mundo todos los días” (Hortifrut, 2020).

Valores:

“Innovación: Creatividad y originalidad al enfrentar las tareas nuevas y también las cotidianas. Actitud receptiva y abierta a los cambios” (Hortifrut, 2020).

“Pasión y compromiso: Involucramiento, satisfacción y entusiasmo por la labor que desempeño” (Hortifrut, 2020).

“Asociatividad: Trabajo en equipo, colaboración y compañerismo. Suma de esfuerzos para lograr un objeto en común” (Hortifrut, 2020).

“Accountability: Ejecución de mis labores con responsabilidad y conciencia de mis actos, de cómo mis acciones influyen en los otros” (Hortifrut, 2020).

“Integrity: Nuestro comportamiento se rige por principios, y sobre esa base tomamos decisiones” (Hortifrut, 2020).

Objetivo:

“Tocando e iluminando las vidas de las personas entregando las bayas más maravillosas y saludables, a través de un equipo y asociaciones en todo el mundo que se preocupan por el medio ambiente y la comunidad” (Hortifrut, 2020).

4.3 Análisis Estratégico

Se muestra la evaluación interna y externa de la empresa Hortifrut Perú. La ponderación y calificación de ambas matrices es subjetiva.

4.3.1 Factores Internos Clave

FORTALEZAS:

- **Empresa reconocida en el sector agrícola:** Este factor es importante; por ello, su ponderación es de 0.10, y Hortifrut califica con 4 por ser su mayor fortaleza.

- **Cosecha de berries de alta calidad:** Cosechar y exportar berries de alta calidad es muy importante para el cliente, por ello este factor tiene una ponderación de 0.12. La empresa lo tiene como fortaleza mayor.
- **Amplio terreno agrícola:** La cantidad de terreno con que cuenta una empresa agrícola es importante para cubrir la demanda del alimento, por ello se pondera con 0.08. Hortifrut cuenta con más 2000 hectáreas de terreno.
- **Disponibilidad de recursos:** Este factor se pondera con 0.10 debido a que la empresa cuenta con disponibilidad de recursos en cualquier momento para cubrir las actividades de reparto de almuerzos.
- **Buena ubicación del fundo de la empresa:** La ubicación de una empresa agrícola es importante, debido al clima del lugar, este debe favorecer la cosecha del fruto, por ello se pondera con 0.10. El fundo de Hortifrut está ubicado en Chao, donde el clima es cálido durante todo el año y favorece a la cosecha de los arándanos.

DEBILIDADES:

- **Falta de programación de rutas de los camiones:** Este factor es muy importante para lograr la optimización del proceso. Hortifrut no cuenta con esto, siendo su principal debilidad.
- **Poca capacitación del personal de reparto:** Este factor es fundamental; sin embargo, Hortifrut no capacita lo suficiente a su personal, tornándose como una debilidad menor.
- **Contrato ineficiente de recursos:** Este factor se pondera con 0.10, debido a que los recursos usados para el reparto de los almuerzos, como los camiones y personal repartidor, no son en base a un método o cálculo de ingeniería, sino por decisión subjetiva basada en campañas pasadas.

- **Fallas en el sistema de la base de datos:** Este factor se pondera con 0.08, y para la empresa es una debilidad menor, debido a que no ocurre siempre.
- **Pérdida de almuerzos:** Este factor se pondera con 0.08, para la empresa es una debilidad menor por la cantidad de almuerzos perdidos reportados.

Tabla 21

Factores Internos Clave

FACTORES INTERNOS CLAVE			
FORTALEZAS	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
Empresa reconocida en el sector agrícola	0.10	4	0.40
Cosecha de berries de alta calidad	0.12	4	0.48
Amplio terreno agrícola	0.08	3	0.24
Disponibilidad de recursos (camiones, choferes, personal)	0.10	3	0.30
Buena ubicación del fundo de la empresa	0.10	3	0.30
DEBILIDADES			
Falta de programación de rutas de los camiones	0.12	1	0.12
Poca capacitación del personal de reparto	0.12	2	0.24
Contrato ineficiente de recursos	0.10	1	0.10
Pérdida de almuerzos	0.08	2	0.16
Fallas en el sistema de la base de datos donde se registra el comedor y fundo del cosechador	0.08	2	0.16
Total:	1.00		2.50

La puntuación ponderada total es de 2.50, lo que significa que Hortifrut tiene una posición interna fuerte.

4.3.2 Factores Externos Clave

OPORTUNIDADES:

- **Crecimiento del sector agrícola:** Este factor externo representa una gran oportunidad para todas las empresas pertenecientes a este sector, por lo que su ponderado es 0.10.
- **Alta demanda de arándanos en el mercado internacional:** Evidentemente, este factor es muy importante, por ello su ponderado es de 0.10, la empresa responde con 2 debido a que la competencia en este sector es alta.
- **Alta oferta de mano de obra:** La mano de obra es lo que más se necesita en este sector, y más cuando son épocas de cosecha, por ello su ponderado es de 0.08. Hortifrut responde con 2 debido a que la competencia también atrae mano de obra y en ocasiones hace falta.
- **Disposición de los clientes a pagar altos precios por los berries:** Es un factor muy importante ya que representa los ingresos de la empresa, por ello su ponderación es de 0.12, Hortifrut responde con 4 debido a que se califica a sus berries con una alta calidad.
- **Amplio conocimiento teórico en reparto de almuerzos:** A pesar de que este factor es fundamental, Hortifrut solo responde con 2, por las debilidades presentadas dentro del proceso.

AMENAZAS:

- **Posible entrada de la empresa concesionaria para el reparto:** Este factor tiene un ponderado de 0.10 porque representa una gran amenaza para el proceso de reparto de almuerzos.

- **Cambio climático (lluvias vuelven peligrosos los caminos del fundo):** Esta amenaza tiene un ponderado de 0.08 debido a que las lluvias no suelen darse todo el año, sin embargo; cuando llueve es un peligro para todos los vehículos que circulan por el fundo porque el camino se vuelve “latigoso” y pueden ocurrir accidentes.
- **Cambio climático (lluvias paralizan la cosecha):** El ponderado también es de 0.08, porque no se da todo el año, pero cuando sucede se paraliza toda la cosecha hasta que deje de llover.
- **Clientes muy exigentes con la calidad de los berries:** Este factor representa una amenaza muy grande por eso tiene la ponderación más alta, debido a que si el cliente extranjero recibe algún fruto que considere no tiene la calidad suficiente, deja de comprar y no solo ellos, si no clientes cercanos.
- **Competidores reconocidos:** Hay mucha competencia en este sector, está Camposol, una empresa con un amplio terreno de cosecha y con una atracción fuerte de mano de obra; y Danper, otra empresa muy conocida en el rubro con mejores precios en el mercado. Es ello, su ponderación es de 0.10, y la calificación de Hortifrut es 2

Tabla 22

Factores Externos Clave

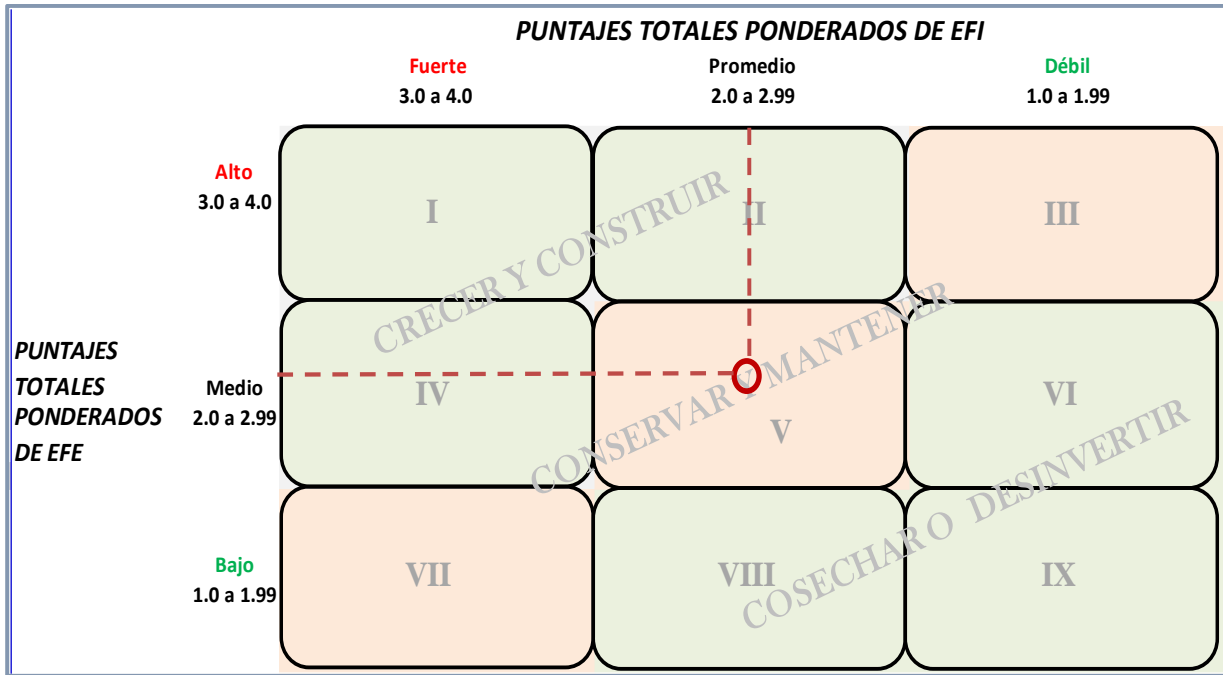
FACTORES EXTERNOS CLAVE			
OPORTUNIDADES	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
Crecimiento del sector agrícola	0.1	3	0.30
Alta demanda de arándanos en el mercado internacional	0.1	2	0.20
Alta oferta de mano de obra	0.08	2	0.16
Disposición de los clientes a pagar altos precios por los berries	0.12	3	0.36
Amplio conocimiento teórico acerca del reparto de almuerzos	0.06	2	0.12
AMENAZAS			
Posible entrada de la empresa concesionaria para el reparto	0.1	2	0.20
Cambio climático (lluvias vuelven peligrosos los caminos del fundo)	0.08	2	0.16
Cambio climático (lluvias paralizan la cosecha)	0.08	2	0.16
Clientes muy exigentes con la calidad de los berries	0.18	4	0.72
Competidores reconocidos	0.1	2	0.20
Total:	1.00		2.58

La puntuación ponderada total es de 2.58, lo que significa que Hortifrut responde medianamente bien a las oportunidades y amenazas existentes en la industria.

4.3.3 Matriz Interna – Externa

Figura 23

Matriz Interna - Externa



Como se observa en la Figura 23, la empresa se localiza en la región “Conservar y Mantener”, por lo cual, se sugiere que la estrategia que puede aplicar Hortifrut es:

Penetración de mercado: Aumentar la participación y el reconocimiento de la empresa en el mercado nacional mediante la realización de campañas de marketing vía Redes Sociales, venta de los arándanos con descuentos y mayor disponibilidad de los frutos en supermercados.

Tabla 23

Matriz FODA

MATRIZ FODA		FORTALEZAS		DEBILIDADES	
		1	Empresa reconocida en el sector agrícola	1	Falta de programación de rutas de los camiones
		2	Amplio terreno agrícola	2	Poca capacitación del personal de reparto de almuerzos
HORTIFRUT PERÚ		3	Disponibilidad de camiones, choferes y demás personal	3	Poco apoyo de Recursos Humanos en el reparto de códigos de barras al cosechador
		4	Cosecha de berries de alta calidad	4	Fallas en el sistema donde se encuentra la base de datos
		5	Buena ubicación del fundo de la empresa	5	Pérdida de almuerzos
OPORTUNIDADES		O F	ESTRATEGIAS FO	O D	ESTRATEGIAS DO
1	Crecimiento del sector agrícola	1 2	Aumentar las siembras de los arándanos para estar al nivel del crecimiento del sector agrícola		Aprovechar la alta demanda en el mercado internacional para mejorar el Área de Recursos Humanos, ya que es clave para la empresa
2	Alta demanda de arándanos en el mercado internacional	2 1	Realizar una campaña de marketing internacional para fortalecer el reconocimiento de la empresa y captar mayor número de clientes	2 3	
3	Alta oferta de mano de obra	3 3	Ofrecer un pago atractivo al personal para atraer a la mejor mano de obra calificada y seguir teniendo disponibilidad de recursos		Implementar un programa de reclutamiento más estricto para reclutar a personal con conocimientos de reparto para menorar el personal no capacitado
4	Disposición de los clientes a pagar altos precios por los berries de calidad	4 4	Realizar campañas para dar a conocer la calidad de nuestros berries para llegar a los clientes que están dispuestos a pagar altos precios	3 2	
5	Amplio conocimiento teórico acerca de optimización de rutas			5 1	Aprovechar la información para implementar un sistema de programación de rutas
AMENAZAS		A F	ESTRATEGIAS FA	A D	ESTRATEGIAS DA
1	Posible entrada de la concesionaria para el reparto de almuerzos	1 3	Mejorar el desempeño del personal de reparto a través de capacitaciones para evitar la entrada de la concesionaria para el reparto de almuerzos	1 1	Realizar un sistema de programación de rutas que aumente la productividad del reparto y así evitar la entrada de la concesionaria
2	Posibles lluvias que paran la cosecha				
3	Posibles lluvias que vuelven latigoso los caminos, dificultando el paso de los camiones	3 2	Mejorar los caminos de todo el fundo para evitar los problemas ocasionados por la lluvia		Implementar un programa de capacitación del personal de reparto para aumentar la productividad del procedo de reparto de almuerzos y así evitar la entrada de la concesionaria
4	Competidores reconocidos			1 2	
5	Cientes muy exigentes con la calidad de los berries	5 5	Aprovechar la calidad de los berries para ganarse a los clientes muy exigentes		

4.4 Modelo de negocio actual (CANVAS)

Figura 24

Canvas de la empresa Hortifrut Perú

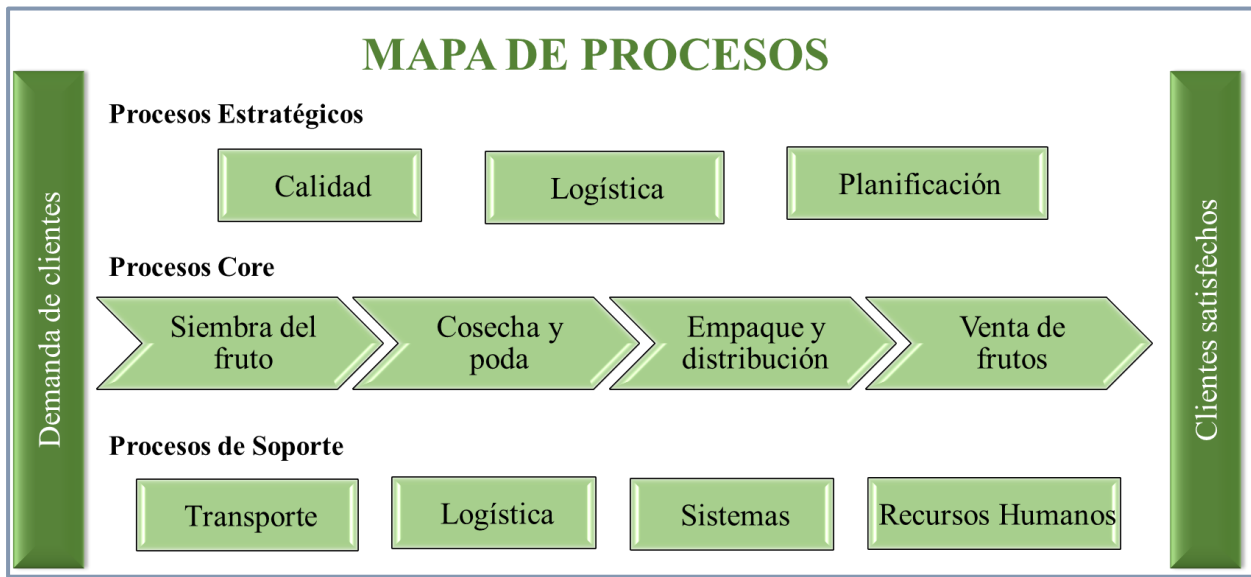
Socios clave <ul style="list-style-type: none"> • Naturipe farms • Euroberry • Asian berries 	Actividades clave <ul style="list-style-type: none"> • Cosecha de arándanos • Traslado de los arándanos a los CAES • Selección de los mejores arándanos • Procesos relacionados a la cosecha • Exportación de los arándanos • Publicidad • Marketing • Transporte de personal 	Propuesta de valor Berries cosechados en las mejores épocas del año, escogidos bajo un estricto régimen de calidad, enfriados al instante, conservando su valor nutricional, para todo el mundo	Relación con el cliente <ul style="list-style-type: none"> • Brinda información del producto • Visitas guiadas a los fundos de Hortifrut • Atención especializada • Entrega de pedidos a tiempo 	Segmento de clientes Personas de todas las edades, del mercado nacional e internacional, que comen sano seleccionando los alimentos con alto valor nutritivo
	Recursos clave <ul style="list-style-type: none"> • Clamshell • Vehículos • Cosechadores • Agua • Energía • Instrumentos de cosecha 		Canales <ul style="list-style-type: none"> • Página web de la empresa • Tienda • Redes sociales 	
Estructura de costos <ul style="list-style-type: none"> • Trabajadores • Implementos para el personal de reparto de refrigerios (zapatos industriales, gorras, mandiles, trapos, escobas, etc.) • Materiales de cosecha • Distribución • Marketing • Vehículos 			Fuentes de ingreso Venta de berries (arándanos)	

4.5 Procesos actuales

4.5.1 Mapa de Procesos

Figura 25

Mapa de Procesos de Hortifrut

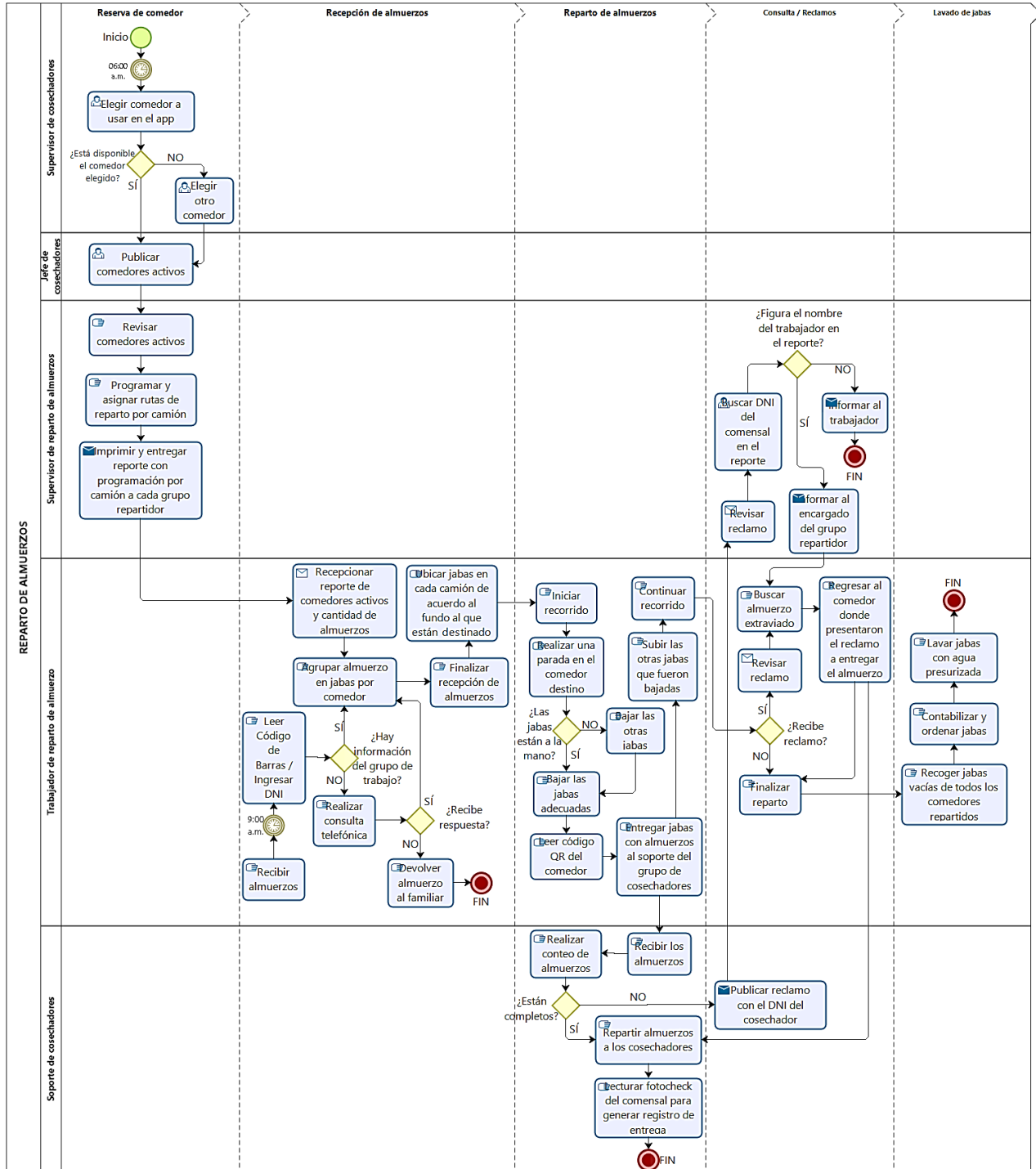


4.5.2 Descripción de los procesos

El siguiente diagrama de procesos (Figura 26) es específicamente del proceso de reparto de almuerzos, donde participa el supervisor de cosechadores que elige el comedor a usar, el jefe de cosecha quien publica los comedores elegidos, el supervisor de reparto quien trabaja la información y entrega los comedores activos y la cantidad de almuerzos al grupo de repartidores, quienes se encargan de recibir y entregar los almuerzos a los cosechadores y, finalmente, el soporte de cosechadores quien valida la cantidad de almuerzos recibidos en el grupo de cosechadores y publica los reclamos si hace falta algún almuerzo.

Figura 26

Diagrama de procesos



Capítulo V: Desarrollo de la Solución.

5.1 Determinación y evaluación de alternativas de solución

En la empresa se han identificado varias debilidades, como el uso de recursos ineficientes, la desigual distribución de carga laboral, demoras en la entrega de los almuerzos y pérdida de los mismos. Por esta razón, antes de seleccionar y proponer la solución correspondiente, se utilizó el método de decisión multicriterio o multiatributo conocido como AHP (Proceso de Análisis Jerárquico), que permite tomar decisiones basadas en prioridades.

Cabe resaltar, que al desarrollar las alternativas de solución y establecer los criterios de valoración de la matriz, se tuvo en cuenta la opinión de los dueños del proceso. Además, se consideró la experiencia de la tesista y los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas a los participantes y responsables del proceso como factores relevantes en la valoración.

Las alternativas de solución que se evaluaron fueron el método VRP (problema de enrutamiento de vehículos), la técnica de clustering modificada, la programación lineal y la mejora de procesos. Y los criterios considerados fueron la adecuación al problema, el tiempo de implementación, el costo y la viabilidad.

Finalmente, luego de evaluar las alternativas con los criterios mencionados, se seleccionó la técnica de clustering modificada, porque esta técnica se adecúa al problema considerando el uso probabilístico de los comedores, y la mejora de procesos que ayudará a incrementar el nivel de servicio del proceso.

A continuación, se muestra la valoración de alternativas con el método AHP. Para evaluar los criterios y las alternativas se toma en cuenta la escala de comparación de Saaty, que va desde el 1 hasta el 9 (Tabla 24); los valores 2, 4, 6 y 8 se emplean cuando no es posible establecer claramente la preferencia entre los factores. Estos valores representan preferencias intermedias.

Tabla 24

Escala de comparación de Saaty

Escala	Planteamiento verbal de la preferencia
1	Igualmente preferida
2	Entre igualmente y moderadamente preferida
3	Moderadamente preferida
4	Entre moderadamente y fuertemente preferida
5	Fuertemente preferida
6	Entre fuertemente y muy fuertemente preferida
7	Muy fuertemente preferida
8	Entre muy fuertemente y extremadamente preferida
9	Extremadamente preferida

Nota. Adaptado de *Escala fundamental de comparación por pares*, de Víctor Yepes, 2018, Poliblogs (<https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>).

Seguidamente, en la Tabla 25 se realiza la comparación de los criterios escogidos.

Tabla 25

Matriz de comparación de criterios

CRITERIOS	Adecuación al problema	Tiempo de implementación	Costo	Viabilidad	Matriz normalizada				Peso Normalizado
Adecuación al problema	1.00	5.00	7.00	3.00	0.60	0.54	0.44	0.64	0.5551
Tiempo de implementación	0.20	1.00	5.00	0.33	0.12	0.11	0.31	0.07	0.1530
Costo	0.14	0.20	1.00	0.33	0.09	0.02	0.06	0.07	0.0602
Viabilidad	0.33	3.00	3.00	1.00	0.20	0.33	0.19	0.21	0.2317

Con los criterios definidos y evaluados, se realiza la matriz de comparación de alternativas por cada criterio.

Tabla 26

Matriz de comparación de alternativas del criterio "Adecuación al problema"

Criterio: Adecuación al problema	VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	Técnica de clustering modificada	Programación lineal	Mejora de procesos	Matriz normalizada				Peso Normalizado
VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	1.00	0.14	3.00	0.20	0.08	0.09	0.21	0.04	0.1054
Técnica de clustering modificada	7.00	1.00	7.00	3.00	0.53	0.62	0.50	0.66	0.5761
Programación lineal	0.33	0.14	1.00	0.33	0.03	0.09	0.07	0.07	0.0645
Mejora de procesos	5.00	0.33	3.00	1.00	0.38	0.21	0.21	0.22	0.2539

Tabla 27

Matriz de comparación de alternativas del criterio "Tiempo de implementación"

Criterio: Tiempo de implementación	VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	Técnica de clustering modificada	Programación lineal	Mejora de procesos	Matriz normalizada				Peso Normalizado
VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	1.00	0.20	0.33	0.20	0.07	0.04	0.05	0.11	0.0670
Técnica de clustering modificada	5.00	1.00	3.00	0.33	0.36	0.22	0.41	0.18	0.2913
Programación lineal	3.00	0.33	1.00	0.33	0.21	0.07	0.14	0.18	0.1507
Mejora de procesos	5.00	3.00	3.00	1.00	0.36	0.66	0.41	0.54	0.4909

Tabla 28

Matriz de comparación de alternativas del criterio "Costo"

Criterio: Costo	VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	Técnica de clustering modificada	Programación lineal	Mejora de procesos	Matriz normalizada				Peso Normalizado
VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	1.00	3.00	3.00	0.33	0.21	0.42	0.25	0.17	0.2619
Técnica de clustering modificada	0.33	1.00	5.00	0.33	0.07	0.14	0.42	0.17	0.1984
Programación lineal	0.33	0.20	1.00	0.33	0.07	0.03	0.08	0.17	0.0873
Mejora de procesos	3.00	3.00	3.00	1.00	0.64	0.42	0.25	0.50	0.4524

Tabla 29

Matriz de comparación de alternativas del criterio "Viabilidad"

Criterio: Viabilidad	VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	Técnica de clustering modificada	Programación lineal	Mejora de procesos	Matriz normalizada				Peso Normalizado
VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	1.00	0.14	3.00	0.20	0.08	0.09	0.19	0.05	0.0990
Técnica de clustering modificada	7.00	1.00	7.00	3.00	0.53	0.62	0.44	0.68	0.5655
Programación lineal	0.33	0.14	1.00	0.20	0.03	0.09	0.06	0.05	0.0553
Mejora de procesos	5.00	0.33	5.00	1.00	0.38	0.21	0.31	0.23	0.2802

Finalmente, se realiza la matriz de evaluaciones, comparando los resultados globales obtenidos anteriormente, para dar al o los ganadores.

Tabla 30

Matriz de evaluaciones

	Adecuación al problema	Tiempo de implementación	Costo	Viabilidad	Evaluación global
VRP (Problema de enrutamiento de vehículos)	0.1054	0.0670	0.2619	0.0990	0.1075
Técnica de clustering modificada	0.5761	0.2913	0.1984	0.5655	0.5073
Programación lineal	0.0645	0.1507	0.0873	0.0553	0.0770
Mejora de procesos	0.2539	0.4909	0.4524	0.2802	0.3082

Finalmente, luego de evaluar las alternativas con los criterios mencionados, se seleccionó la técnica de clustering modificada, porque esta técnica se adecúa al problema considerando el uso probabilístico de los comedores, y la mejora de procesos que ayudará a incrementar el nivel de servicio del proceso.

5.2 Propuesta de solución

5.2.1 Clustering modificado

En este capítulo se desarrolla la propuesta del clustering modificado y adaptado al problema, planteada para mejorar la eficiencia del proceso de reparto de almuerzos.

Las principales variables por considerar son las siguientes:

- **K**: cantidad de clústeres (grupos de comedores), cada uno atendido por un camión
- **N**: nodos o elementos (comedores)
- **C**: carga promedio de almuerzos asignada a cada camión
- **R**: requerimiento promedio de almuerzos recibidos por día activo en cada comedor
- **p**: probabilidad de que un comedor determinado esté activo

5.2.1.1 Características

La modificación propuesta del clustering tradicional, que incluye el trabajo con las probabilidades, tiene las siguientes características:

- Se determinarán **K** clústeres, a partir de los **N** comedores. Cada clúster tiene un centroide.
- Cada uno de los **K** clústeres (grupo de comedores) será atendido por un solo camión.
- Cada uno de los **K** camiones tiene una capacidad máxima de atención de almuerzos, **CM**.
- Cada uno de los **N** comedores tiene un requerimiento promedio de almuerzos por día, **R**, cada vez que están activos. No funcionan todos los días.
- Cada uno de los **N** comedores tiene una probabilidad, **p**, de que funcione cada día.
- Se busca asignar los elementos (comedores) más cercanos entre sí a cada clúster (camión), sin sobrepasar, probabilísticamente, la carga promedio de almuerzos, **C**, asignada a cada camión, tratando de nivelar la carga asignada a los **K** clústeres.

A continuación, se muestra de forma conceptual un ejemplo de la aplicación propuesta. La Figura 27 muestra la situación inicial y la Figura 28 un posible agrupamiento de los elementos. En esta investigación se busca que la forma de agrupar (clustering) tenga las siguientes ventajas: reducción de camiones, nivelación de las cargas asignadas, y menor distancia recorrida por camión.

Figura 27

Ejemplo de elementos no agrupados

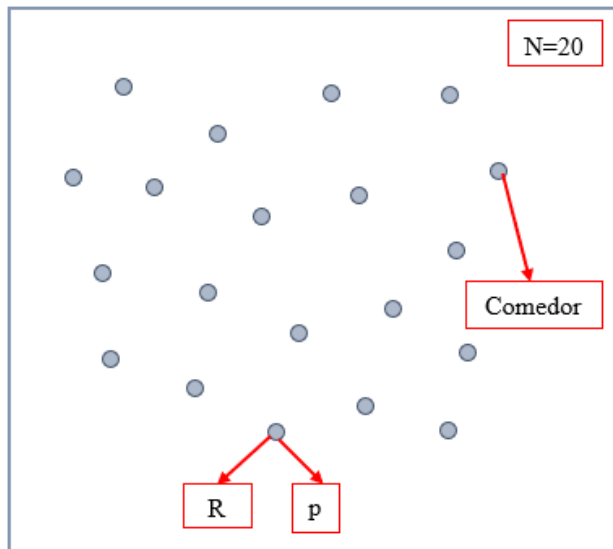
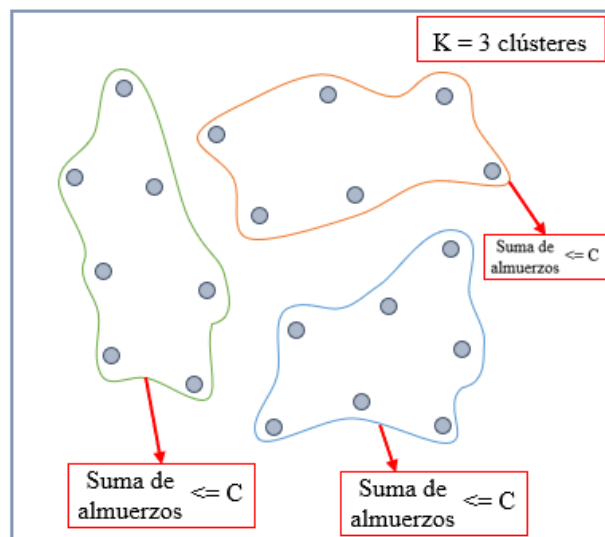


Figura 28

Ejemplo de elementos agrupados con la técnica de clustering



5.2.1.2 Propuesta de procedimiento para el clustering de los comedores

Procedimiento:

1. Determinar las distancias entre cada par de nodos, según las rutas físicas disponibles:
 - 1.1 Obtener las coordenadas en grados decimales de los N nodos (155 comedores).
 - 1.2 Convertir las coordenadas obtenidas en coordenadas en grados, minutos y segundos
 - 1.3 Calcular las distancias entre cada par de nodos de cada fundo.

Para calcular las distancias entre comedores de distintos fundos se usaron puentes o puntos intermedios para conectarlos, debido a que las distancias obtenidas a través de la calculadora en línea son distancias rectas entre dos coordenadas; por ello, se realiza el siguiente paso:
 - 1.4 Ubicar los comedores más cercanos entre fundos para usarlos como puentes y obtener un mejor ruteo.
 - 1.5 Calcular todas las distancias entre los 155 comedores tomando en cuenta los puentes hallados anteriormente.
2. Determinar los requerimientos para cada uno de los N nodos (comedor): \mathbf{R} y \mathbf{p}
 - 2.1 Calcular \mathbf{p} , la probabilidad de uso de cada comedor por época.
 - 2.2 Calcular \mathbf{R} , el requerimiento promedio de almuerzos recibidos por día activo en cada comedor por época.
 - 2.3 Calcular $\mathbf{R}*\mathbf{p}$: la cantidad promedio de almuerzos recibidos por día de trabajo, de acuerdo con la época.
3. Inicializar \mathbf{K} , la cantidad de clústeres (un clúster corresponde a un camión).
4. Determinar \mathbf{C} , la carga promedio de almuerzos de cada camión (se busca asignar una carga \mathbf{C} a los camiones y se considera una tolerancia).

5. Determinar los **K** nodos que serán los centroides iniciales.
6. Determinar las distancias de cada nodo (comedor) a cada uno de los **K** centroides.
7. Para cada nodo o comedor: obtener la distancia mínima a alguno de los **K** centroides y ordenar los nodos de forma ascendente respecto a estas distancias mínimas.
8. Calcular las segundas, terceras y siguientes distancias mínimas de cada comedor a algún centroide, registrando a qué centroide corresponde cada distancia.
9. Asignación de nodos: asignar al clúster con el centroide más cercano (al de distancia mínima), e ir acumulando las cargas **R*p** en cada clúster. La asignación del nodo se realiza sin sobrepasar **C**, la carga promedio de almuerzos de cada camión. Si al asignarse se sobrepasa la carga promedio **C**, el comedor o nodo se asigna al siguiente clúster más cercano; y así sucesivamente, hasta que el comedor quede asignado a algún clúster.
10. Por cada clúster formado en el paso 9, determinar sus nuevos centroides:
 - 10.1 Calcular las distancias entre los comedores (nodos) de ese clúster.
 - 10.2 Calcular la suma de las distancias de cada comedor a los otros comedores del mismo clúster y determinar el nuevo centroide del clúster formado: el nuevo centroide será el nodo con la menor suma de distancias.
11. Volver al paso 7 para realizar otra iteración, hasta que las nuevas asignaciones no varíen (se obtengan los mismos centroides) o las asignaciones cumplan un criterio mínimo de aceptación, con lo cual se obtiene el Resultado Final, es decir el Programa de Reparto final.

A continuación, se desarrolla cada punto del procedimiento propuesto:

1. Determinación de las distancias entre cada par de nodos o comedores, según las rutas físicas disponibles

Para lograr obtener las distancias entre cada par de nodos se realizan los siguientes pasos:

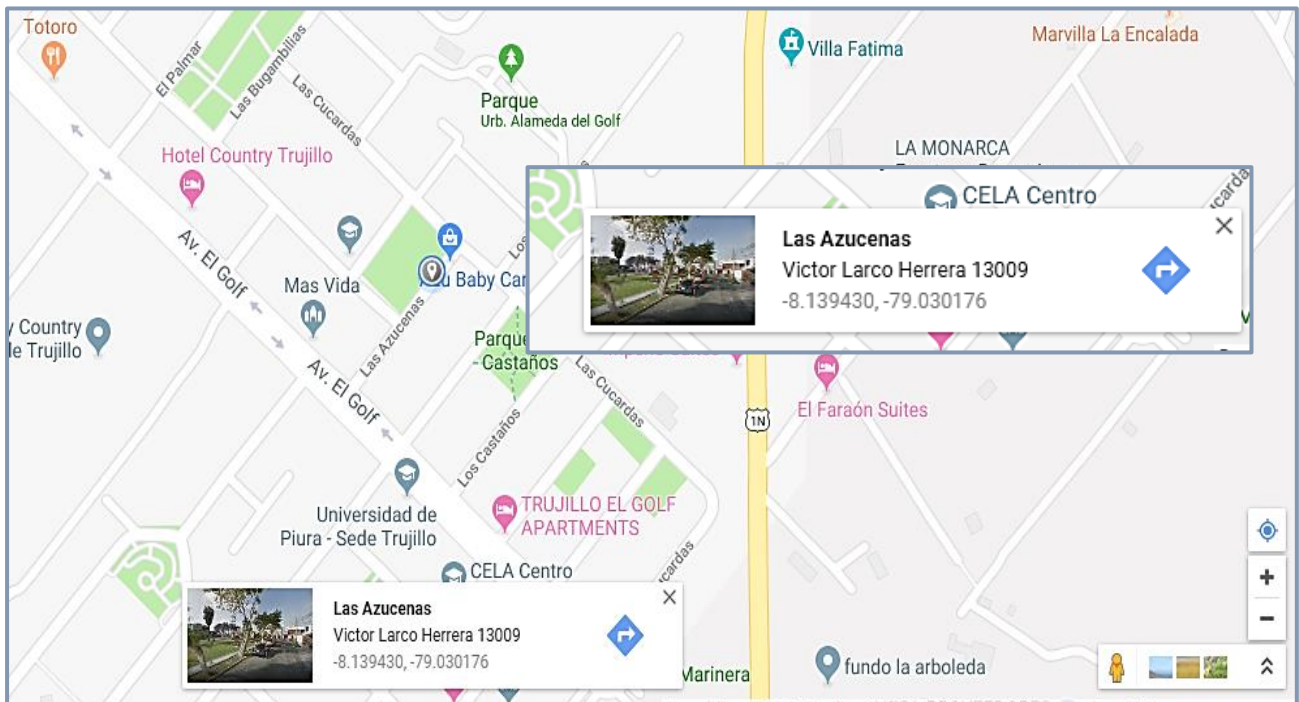
1.1 Obtención de las coordenadas en grados decimales de los N nodos (155 comedores)

Para establecer las ubicaciones de los N nodos, 155 comedores, se realizó el recorrido por todo el fundo y se tomó coordenadas en grados decimales, latitud y longitud, de cada comedor con la ayuda de Google Maps.

En la Figura 29 se muestra un ejemplo de lo realizado con los 155 comedores:

Figura 29

Coordenadas en grados decimales



Nota. Google (s.f.). Ubicación de un punto en coordenadas en grados decimales

En la Tabla 31 y Tabla 32 se muestran las coordenadas en GD de los comedores de 2 de 13 fundos: Armonía 1 y Armonía 2. Similar trabajo se realizó para los comedores de otros fundos.

Tabla 31

Coordenadas GD de los comedores del fundo Armonía 1

ARMONÍA 1	Coordenadas GD (Grados decimales)		
	Nº de comedor	Latitud "S"	Longitud "O"
	1	-8.587151	-78.66388
	2	-8.585954	-78.657397
	3	-8.584954	-78.6643
	4	-8.582754	-78.665204
	5	-8.581691	-78.661568
	6	-8.583947	-78.661088
	7	-8.582976	-78.657853
	8	-8.581796	-78.653954
	9	-8.577926	-78.65354
	10	-8.583642	-78.65209

Tabla 32

Coordenadas GD de los comedores del fundo Armonía 2

ARMONÍA 2	Coordenadas GD (Grados decimales)		
	Nº de comedor	Latitud "S"	Longitud "O"
	1	-8.583296	-78.646625
	2	-8.577094	-78.649363
	3	-8.579704	-78.647884
	4	-8.580147	-78.645132
	5	-8.582536	-78.644741
	6	-8.573737	-78.647885
	7	-8.575953	-78.645173
	8	-8.574745	-78.642760
	9	-8.577456	-78.641825
	10	-8.579635	-78.642693
	11	-8.581182	-78.640279
	12	-8.579300	-78.638184
	13	-8.577727	-78.634000

1.2 Conversión de las coordenadas obtenidas a grados, minutos y segundos

Para determinar las distancias entre cada par de nodos primero se convierten las coordenadas en grados decimales a coordenadas en grados, minutos y segundos usando un convertidor en línea (Figura 30).

Figura 30

Coordenadas UTM

The image shows a web-based coordinate conversion tool. It is divided into two main sections: 'GD (grados decimales)*' and 'GMS (grados, minutos, segundos)*'. In the 'GD' section, there are two input fields: 'Latitud' with the value '-8.139430' and 'Longitud' with the value '-79.030176'. Below these fields is a blue button labeled 'Obtener Dirección'. In the 'GMS' section, there are two rows of inputs. The first row is for 'Latitud', with radio buttons for 'N' (unselected) and 'S' (selected), followed by three input boxes containing '8', '8', and '21.948', and a double quote symbol. The second row is for 'Longitud', with radio buttons for 'E' (unselected) and 'O' (selected), followed by three input boxes containing '79', '1', and '48.633', and a double quote symbol.

Nota. Convertidor de coordenadas GPS (s.f.). Coordenadas en grados decimales y en grados, minutos y segundos.

Aquí se muestran las coordenadas GMS de los comedores de los fundos Armonía 1 y 2:

Tabla 33

Coordenadas GMS de los comedores del fundo Armonía 1

ARMONÍA 1 N° de comedor	Coordenadas					
	Latitud "S"			Longitud "O"		
	°	'	"	°	'	"
1	8	35	13.744	78	39	49.968
2	8	35	9.434	78	39	26.629
3	8	35	5.834	78	39	51.479
4	8	34	57.914	78	39	54.734
5	8	34	54.088	78	39	41.644
6	8	35	2.209	78	39	39.916
7	8	34	58.714	78	39	28.27
8	8	34	54.466	78	39	14.234
9	8	34	40.534	78	39	12.744
10	8	35	1.111	78	39	7.524

Tabla 34

Coordenadas GMS de los comedores del fundo Armonía 2

ARMONÍA 2 N° de comedor	Coordenadas					
	Latitud "S"			Longitud "O"		
	°	'	"	°	'	"
1	8	34	58	78	38	47.85
2	8	34	37.538	78	38	57.706
3	8	34	46.934	78	38	52.382
4	8	34	48.529	78	38	42.475
5	8	34	57.13	78	38	41.067
6	8	34	25.453	78	38	52.386
7	8	34	33.431	78	38	42.622
8	8	34	29.082	78	38	32.193
9	8	34	38.842	78	38	30.569
10	8	34	46.686	78	38	33.694
11	8	34	52.255	78	38	25.004
12	8	34	45.48	78	38	17.462
13	8	34	39.817	78	38	2.4

Con las coordenadas GMS, se procede a calcular la distancia entre 2 nodos o comedores usando una calculadora en línea.

1.3 Cálculo de las distancias entre cada par de nodos de cada fundo

Con la latitud y longitud de dos puntos, se calcula la distancia entre ellos con la fórmula de Haversine, la cual es aplicada en diferentes calculadoras en línea.

Se usó la calculadora Vlab (Figura 31) para calcular las distancias entre los comedores de cada fundo usando las latitudes y longitudes obtenidas previamente. Las distancias están en metros.

Figura 31

Distancia entre dos coordenadas

Vlab enlinea_dos_distancia_geo: Distancia entre dos ubicaciones de coordenadas geográficas A y B

DATOS DE ENTRADA:

Seleccione: SI (métrico) / EE.UU

A. Latitud: 8° 8' 21.948" N

A. Longitud: 79° 1' 48.633" W

B. Latitud: 8° 8' 36.323" S

B. Longitud: 78° 28' 30.698" W

RESULTADOS:

A Hemisferios: Norte/ Este
B Hemisferios: Norte/ Este

- Distancia geográfica latitudinal: 61157.875 m
- Distancia geográfica longitudinal: 443.762 m
- Distancia geográfica planar: 61159.485 m
- Distancia geográfica esferoidal: 61159.316 m

Calculate Reset

Su solicitud fue procesada en 11:51:47 am on January 31st, 2019 [190131 11:51:47] • [150625]

Como ejemplo, en las Tablas 35 y 36 se muestran las distancias entre los 10 comedores del fundo Armonía 1 y las distancias entre los 13 comedores del fundo Armonía 2.

ARMONÍA 1:

Tabla 35

Distancias entre comedores del fundo Armonía 1

	ARM01-01	ARM01-02	ARM01-03	ARM01-04	ARM01-05	ARM01-06	ARM01-07	ARM01-08	ARM01-09	ARM01-10
ARM01-01		725.90	248.24	509.94	658.00	470.39	809.58	1244.16	1531.81	1355.09
ARM01-02	725.90		767.89	930.01	659.69	463.46	334.71	597.61	988.02	638.16
ARM01-03	248.24	767.89		263.97	471.07	370.84	742.89	1191.64	1418.70	1351.84
ARM01-04	509.94	930.01	263.97		417.30	472.08	809.54	1242.89	1391.49	1446.86
ARM01-05	658.00	659.69	471.07	417.30		256.21	433.14	838.17	977.71	1065.54
ARM01-06	470.39	463.46	370.84	472.08	256.21		372.07	820.82	1066.75	990.99
ARM01-07	809.58	334.71	742.89	809.54	433.14	372.07		448.75	735.08	638.63
ARM01-08	1244.16	597.61	1191.64	1242.89	838.17	820.82	448.75		432.49	290.12
ARM01-09	1531.81	988.02	1418.70	1391.49	977.71	1066.75	735.08	432.49		654.96
ARM01-10	1355.09	638.16	1351.84	1446.86	1065.54	990.99	638.63	290.12	654.96	

ARMONÍA 2:

Tabla 36

Distancias entre comedores del fundo Armonía 2

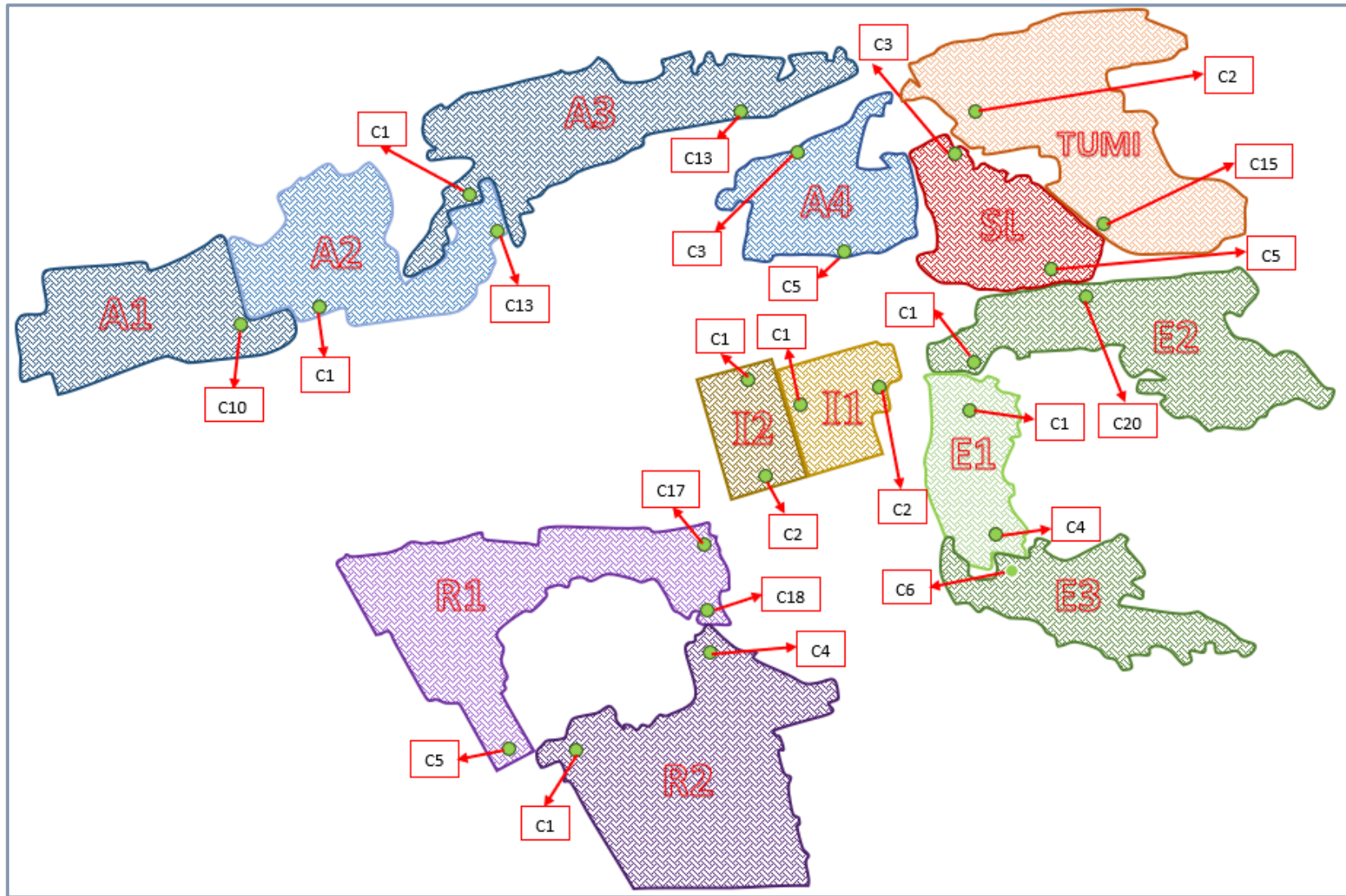
	ARM02-01	ARM02-02	ARM02-03	ARM02-04	ARM02-05	ARM02-06	ARM02-07	ARM02-08	ARM02-09	ARM02-10	ARM02-11	ARM02-12	ARM02-13
ARM02-01		699.87	368.65	335.40	209.13	1014.27	775.12	1012.97	793.07	556.18	720.70	1006.33	1498.77
ARM02-02	699.87		332.62	576.20	790.34	406.99	478.32	822.61	830.73	786.64	1098.28	1254.70	1692.52
ARM02-03	368.65	332.62		306.89	467.72	663.13	512.66	827.51	712.21	571.46	853.08	1068.66	1543.97
ARM02-04	335.40	576.20	306.89		268.98	774.14	466.10	677.67	471.12	274.45	546.44	770.57	1254.51
ARM02-05	209.13	790.34	467.72	268.98		1037.32	733.14	907.37	649.43	393.41	513.68	806.39	1297.48
ARM02-06	1014.27	406.99	663.13	774.14	1037.32		387.02	627.51	784.76	869.65	1177.09	1233.91	1591.42
ARM02-07	775.12	478.32	512.66	466.10	733.14	387.02		345.99	404.63	491.89	792.38	854.50	1245.54
ARM02-08	1012.97	822.61	827.51	677.67	907.37	627.51	345.99		305.36	545.38	748.37	677.59	969.37
ARM02-09	793.07	830.73	712.21	471.12	649.43	784.76	404.63	305.36		260.32	447.66	450.11	861.83
ARM02-10	556.18	786.64	571.46	274.45	393.41	869.65	491.89	545.38	260.32		316.47	497.71	980.07
ARM02-11	720.70	1098.28	853.08	546.44	513.68	1177.09	792.38	748.37	447.66	316.47		311.32	790.64
ARM02-12	1006.33	1254.70	1068.66	770.57	806.39	1233.91	854.50	677.59	450.11	497.71	311.32		492.60
ARM02-13	1498.77	1692.52	1543.97	1254.51	1297.48	1591.42	1245.54	969.37	861.83	980.07	790.64	492.60	

1.4 Ubicación de los comedores más cercanos entre fundos para usarlos como puentes y obtener un mejor ruteo

En la Figura 32, se muestran los comedores que se usarán como puentes entre fundos para obtener un mejor ruteo.

Figura 32

Comedores más cercanos para trazar los puentes entre fundos



Una vez ubicados los comedores más cercanos entre fundos, calculamos las distancias entre ellos, para usarlos como puente de conexión entre los comedores de distintos fundos (Tabla 37).

Tabla 37

Distancias entre comedores más cercanos entre fundos

PUNTO A		PUNTO B		DISTANCIA (m)
Armonía 1	10	Armonía 2	1	609.17
Armonía 2	13	Armonía 3	1	471.5
Armonía 3	13	Armonía 4	3	683.14
Armonía 4	5	Ilusión 1	2	1099.12
Armonía 4	5	Ilusión 2	1	1751.92
Armonía 4	5	San Luis	1	1212.72
San Luis	1	Tumi	2	911.823
San Luis	5	Tumi	15	1450.99
San Luis	5	Esperanza 2	20	2067.23
Esperanza 2	1	Esperanza 1	1	1297.6
Esperanza 1	1	Ilusión 1	2	557.25
Esperanza 1	4	Esperanza 3	6	1827.87
Ilusión 2	2	Remanso 1	17	1351.03
Ilusión 2	2	Remanso 2	4	2710.34
Remanso 2	4	Remanso 1	18	911.13
Remanso 2	1	Remanso 1	5	727.96

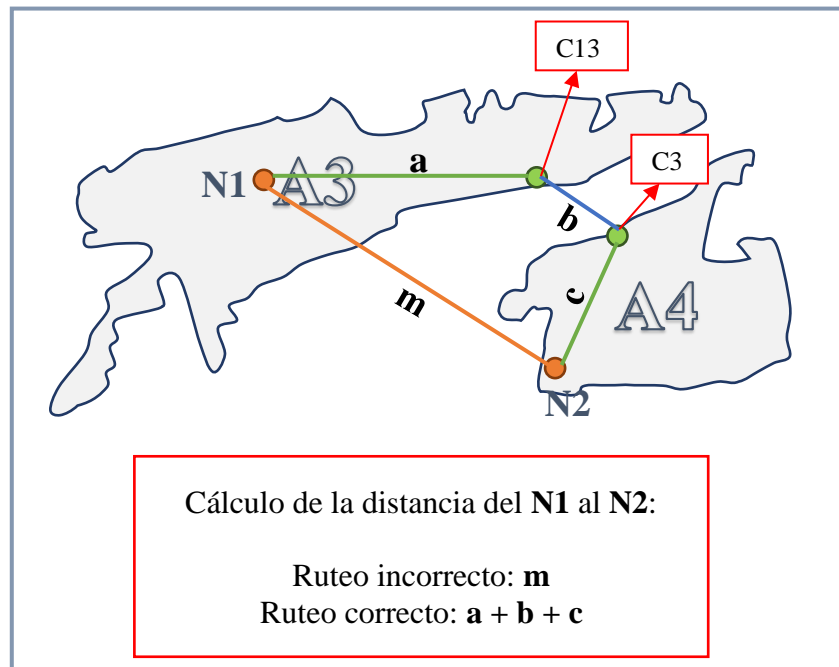
1.5 Cálculo de las distancias entre los 155 comedores, tomando en cuenta los puentes hallados anteriormente

Para calcular la matriz general de distancias entre los 155 comedores, se añaden las distancias de los puentes de conexión entre fundos hallados previamente, cuando los comedores se encuentran en diferentes fundos.

Este cálculo con distancias añadidas se realiza porque al haber barreras físicas entre varios comedores de distintos fundos, no hay una ruta directa, sino que es necesario pasar a través del puente de conexión entre los fundos. En la Figura 33, se muestra un ejemplo del cálculo de la distancia entre los comedores N1 y N2.

Figura 33

Cálculo correcto de ruteo entre comedores de distintos fundos



Finalmente, se calcula la matriz general de distancias entre los 155 comedores, tal como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38

Matriz general de distancias

	1	2	3	4	5	6	7	8	...	153	154	155
1	0.00	725.90	248.24	509.94	658.00	470.39	809.58	1244.16	...	13393.09	13123.14	12884.21
2	725.90	0.00	767.89	930.01	659.69	463.46	334.71	597.61	...	12676.16	12406.21	12167.28
3	248.24	767.89	0.00	263.97	471.07	370.84	742.89	1191.64	...	13389.85	13119.90	12880.97
4	509.94	930.01	263.97	0.00	417.30	472.08	809.54	1242.89	...	13484.86	13214.91	12975.98
5	658.00	659.69	471.07	417.30	0.00	256.21	433.14	838.17	...	13103.54	12833.59	12594.66
6	470.39	463.46	370.84	472.08	256.21	0.00	372.07	820.82	...	13029.00	12759.05	12520.12
7	809.58	334.71	742.89	809.54	433.14	372.07	0.00	448.75	...	12676.63	12406.68	12167.75
8	1244.16	597.61	1191.64	1242.89	838.17	820.82	448.75	0.00	...	12328.13	12058.18	11819.25
9	1531.81	988.02	1418.70	1391.49	977.71	1066.75	735.08	432.49	...	12692.97	12423.02	12184.09
10	1355.09	638.16	1351.84	1446.86	1065.54	990.99	638.63	290.12	...	12038.01	11768.05	11529.12
11	1964.26	1247.33	1961.01	2056.03	1674.71	1600.16	1247.80	899.29	...	11428.84	11158.88	10919.95
12	2664.13	1947.20	2660.89	2755.90	2374.58	2300.04	1947.67	1599.17	...	11622.59	11352.64	11113.71
13	2332.90	1615.97	2329.66	2424.67	2043.36	1968.81	1616.44	1267.94	...	11474.04	11204.09	10965.16
14	2299.65	1582.73	2296.41	2391.43	2010.11	1935.56	1583.20	1234.69	...	11184.58	10914.63	10675.70
15	2173.38	1456.46	2170.14	2265.16	1883.84	1809.29	1456.93	1108.42	...	11227.55	10957.60	10718.67
16	2978.52	2261.59	2975.28	3070.29	2688.97	2614.43	2262.06	1913.56	...	11521.49	11251.54	11012.61
17	2739.37	2022.44	2736.13	2831.14	2449.83	2375.28	2022.91	1674.41	...	11175.61	10905.66	10666.73
18	2977.23	2260.30	2973.99	3069.00	2687.68	2613.14	2260.77	1912.27	...	10899.44	10629.49	10390.56
19	2757.33	2040.40	2754.09	2849.10	2467.78	2393.23	2040.87	1692.37	...	10791.90	10521.95	10283.02
20	2520.43	1803.51	2517.19	2612.20	2230.89	2156.34	1803.98	1455.47	...	10910.14	10640.19	10401.26
...
153	13393.09	12676.16	13389.85	13484.86	13103.54	13029.00	12676.63	12328.13	...	0.00	298.61	598.60
154	13123.14	12406.21	13119.90	13214.91	12833.59	12759.05	12406.68	12058.18	...	298.61	0.00	299.99
155	12884.21	12167.28	12880.97	12975.98	12594.66	12520.12	12167.75	11819.25	...	598.60	299.99	0.00

Esta matriz de 155 filas por 155 columnas de distancias se transforma en otra matriz de 24025 filas por 4 columnas, de tal forma que facilite las iteraciones posteriores. Esta nueva matriz (Tabla 39) muestra las distancias entre cada par de nodos con la codificación previa de los mismos en cifras de 6 dígitos, 3 dígitos para cada nodo (comedor).

Tabla 39

Codificación de nodos y sus distancias

	N1	N2	CodLinea	d
1	1	1	001001	0
2	1	2	001002	725.9
3	1	3	001003	248.24
4	1	4	001004	509.94
5	1	5	001005	658
6	1	6	001006	470.39
7	1	7	001007	809.58
8	1	8	001008	1244.16
9	1	9	001009	1531.81
10	1	10	001010	1355.09
11	1	11	001011	1964.26
12	1	12	001012	2664.13
13	1	13	001013	2332.9
14	1	14	001014	2299.65
15	1	15	001015	2173.38
16	1	16	001016	2978.52
17	1	17	001017	2739.37
18	1	18	001018	2977.23
19	1	19	001019	2757.33
20	1	20	001020	2520.43
21	1	21	001021	2684.96
22	1	22	001022	2970.58

24021	155	151	155151	827.75
24022	155	152	155152	884.12
24023	155	153	155153	598.60
24024	155	154	155154	299.99
24025	155	155	155155	0.00

2. Determinación de los requerimientos para cada uno de los N nodos (comedores): R y p

Actualmente, durante el año se tienen 2 épocas, la época de cosecha que dura 8 meses y la época de poda que dura 4 meses. Analizando los datos y considerando las cargas de trabajo de cada época, se decidió dividir la época de cosecha en 2 partes debido a que, la cantidad de almuerzos recibidos en 3 meses de los 8 meses es mucho mayor que en los otros 5 meses.

Por lo tanto, se dividió el año en 3 épocas (Figura 34), tal como se muestra a continuación:

- A. Época de poda:** comprende los meses de marzo, abril, mayo y junio.
- B. Época de cosecha baja:** comprende los meses de enero, febrero, julio, agosto y setiembre.
- C. Época de cosecha alta:** comprende los meses de octubre, noviembre y diciembre, debido a que son esos meses donde se reciben la mayor cantidad de almuerzos en época de cosecha.

Figura 34

División del año en épocas

ÉPOCA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Poda												
Cosecha baja												
Cosecha alta												

Por cada una de las tres épocas se usaron los reportes diarios (Figura 35) para obtener **p**, probabilidad de uso de cada comedor por época, y **R**, requerimiento promedio de almuerzos recibidos por día activo en cada comedor por época.

Figura 35

Reporte diario de comedores

Fecha 05/01/2019							
Empresa	FUNDO	Nombre de Comedor	Supervisor	Grupo Trabajo	Nro Trabajadores	FechaHoraEnvio	
Hortifrut Tal S.A.C	SAN LUIS	SLU01-COMEDOR 02	ZVALETA ULLOA EDER YSAIN	HT27	45	5/01/2019 07:34	
		SLU01-COMEDOR 06	LOPEZ GALARRETA NICOLAS	HT43	45	5/01/2019 07:16	
			JARA DE LA CRUZ HUMBERTO	HT41	33	5/01/2019 07:16	
			JUAREZ ESQUIVEL BUNNY ANDY	HT42	40	5/01/2019 07:16	
		SLU01-COMEDOR 08	JIMENEZ ANDRADE JENRRY ELON	01	3	5/01/2019 07:40	
		SLU01-COMEDOR 07	VEGAS SEVILLANO FLAVIO	HT24	42	5/01/2019 07:13	
			CRUZ COLLANTES ELAR EDWIN	HT29	41	5/01/2019 07:13	
			RODRIGUEZ REBAZA CESAR JOSUE	HT30	71	5/01/2019 07:13	
		ESPERANZA 3	ESP03-COMEDOR 08	RODRIGUEZ PEREZ LEINER	HT18	46	5/01/2019 07:25
				MERLO HERNANDEZ DENIS EDWARD	HT06	44	5/01/2019 07:25
				GABRIEL BARRETO GROBERT ALEX	HT19	48	5/01/2019 07:25
				TOCTO RAMIREZ LUIS ANTONIO	HT17	1	5/01/2019 07:25
						46	5/01/2019 07:25
			ESP03-COMEDOR 02	CHAMAYA GUEVARA ELIZABERTH	HT37	53	5/01/2019 07:28
			CHAMAYA DIAZ ROMAN	HT79	24	5/01/2019 07:28	
			BARRERA MEJIA HILDA CARMEN	HT74	31	5/01/2019 07:28	
			NARVA JUAN DE DIOS ALEJANDRA ISABEL	HT76	62	5/01/2019 07:28	
			MONTERO RICASCA CESAR	HT75	35	5/01/2019 07:28	
			PEREZ MONTALVAN JEAN XIOMAR	HT73	24	5/01/2019 07:28	
	ESP03-COMEDOR 09		SALDAÑA NARRO MARIA YURI	HT62	42	5/01/2019 07:33	
			VEGA DE LA CRUZ RAUL ANTONIO	HT67	39	5/01/2019 07:33	
		MALDONADO VASQUEZ JUAN VIZMEY	HT83	39	5/01/2019 07:33		
	ESPERANZA 2	ESP03-COMEDOR 01	GONZALES CARRASCO RONAL	HT82	36	5/01/2019 07:33	
			BRAVO SALAZAR ROBY PITTER	HT05	51	5/01/2019 07:22	
			GAMARRA SOLANO JORDI MICHAEL	HT78	41	5/01/2019 07:22	
			REYES VILCABANA AURELIO	HT80	62	5/01/2019 07:22	
			DIAZ HUANSI ERNESTO	HT81	39	5/01/2019 07:22	
		LOZANO CENTURION MAYCOL FRANK	HT77	29	5/01/2019 07:22		
	ESPERANZA 2	ESP02-COMEDOR 01	HUACCHILLO CANGO MARITZA NOEMI	HT20	1	5/01/2019 07:39	

Los reportes diarios, entregados a los grupos repartidores, tienen los siguientes datos: fecha, fundo, nombre del comedor, el nombre del supervisor de cada grupo de trabajo destinado a la cosecha o poda, el nombre del grupo de trabajo y la cantidad de trabajadores que tiene cada grupo de trabajo, este último dato es lo mismo que la cantidad de almuerzos que va a recibir cada comedor. Estos datos son pasados a Excel para procesarlos y obtener los datos requeridos.

El cálculo de **p**, probabilidad de uso de cada comedor por época y **R**, requerimiento promedio de almuerzos recibidos por día activo en cada comedor por época, se realizan por cada época.

A continuación, se muestra el cálculo realizado para obtener ambas variables importantes para el desarrollo de la solución. Primero se calcula **p** y luego **R**.

2.1 Cálculo de p, la probabilidad de uso de cada comedor por época

La fórmula por usar para calcular “p”, es la siguiente:

$$\text{Probabilidad de uso del comedor } X = \frac{\text{Número de días que el comedor } X \text{ estuvo activo}}{\text{Total de días trabajados}}$$

2.1.A Probabilidad de uso de cada comedor (ÉPOCA DE PODA):

La época de poda comprende en total 104 días de trabajo (Tabla 40).

Tabla 40

Total de días de trabajo en época de poda

	ÉPOCA DE PODA				
Meses	Marzo	Abril	Mayo	Junio	TOTAL
Días de trabajo	26	26	27	25	104

En la Tabla 41, se muestran los días activos de los comedores del fundo Armonía 1.

Tabla 41

Total de días activos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda

		DÍAS ACTIVOS POR MES				
COMEDOR	NÚMERO	MAR	ABR	MAY	JUN	Total de días activos
ARM01-01	1	6	10	15	23	54
ARM01-02	2	8	5	4	6	23
ARM01-03	3	18	10	20	21	69
ARM01-04	4	4	5	0	1	10
ARM01-05	5	2	1	1	2	6
ARM01-06	6	19	17	24	19	79
ARM01-07	7	13	15	11	8	47
ARM01-08	8	2	21	24	23	70
ARM01-09	9	0	0	5	2	7
ARM01-10	10	10	4	6	10	30

Con los datos anteriores, usando la fórmula, se obtiene **p**, la probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda (Tabla 42).

Tabla 42

Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda

COMEDOR	NÚMERO	Total de días activos	Total de días trabajados	Probabilidad de uso
ARM01-01	1	54	104	0.5192
ARM01-02	2	23	104	0.2212
ARM01-03	3	69	104	0.6635
ARM01-04	4	10	104	0.0962
ARM01-05	5	6	104	0.0577
ARM01-06	6	79	104	0.7596
ARM01-07	7	47	104	0.4519
ARM01-08	8	70	104	0.6731
ARM01-09	9	7	104	0.0673
ARM01-10	10	30	104	0.2885

La probabilidad de uso de los otros comedores (en total 155) en época de poda se realiza de igual forma.

Para el cálculo de la probabilidad de uso de los comedores en época de cosecha baja y época de cosecha alta, se realizaron cálculos similares. Como ejemplo, los resultados de la probabilidad de uso de los comedores de Armonía 1 de ambas épocas se muestran en la Tabla 43 y Tabla 44.

2.1.B Probabilidad de uso de cada comedor (ÉPOCA DE COSECHA BAJA):

Tabla 43

Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja

COMEDOR	NÚMERO	Total de días activos	Total de días trabajados	Probabilidad de uso
ARM01-01	1	97	130	0.7462
ARM01-02	2	46	130	0.3538
ARM01-03	3	61	130	0.4692
ARM01-04	4	37	130	0.2846
ARM01-05	5	43	130	0.3308
...
ARM01-08	8	96	130	0.7385
ARM01-09	9	28	130	0.2154
ARM01-10	10	64	130	0.4923

2.1.C Probabilidad de uso de cada comedor (ÉPOCA DE COSECHA ALTA):

Tabla 44

Probabilidad de uso de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha alta

COMEDOR	NÚMERO	Total de días activos	Total de días trabajados	Probabilidad de uso
ARM01-01	1	77	79	0.9747
ARM01-02	2	56	79	0.7089
ARM01-03	3	48	79	0.6076
ARM01-04	4	54	79	0.6835
ARM01-05	5	45	79	0.5696
...
ARM01-08	8	79	79	1.0000
ARM01-09	9	48	79	0.6076
ARM01-10	10	48	79	0.6076

2.2 Cálculo de R, el requerimiento promedio de almuerzos por día activo en cada comedor por época

La fórmula por usar para calcular “R”, es la siguiente:

$$\text{Cant. prom. de almuerzos del comedor } X = \frac{\text{Total de almuerzos}}{\text{Nº de días que el comedor } X \text{ estuvo activo}}$$

2.2.A Requerimiento promedio de almuerzos por día activo en cada comedor (ÉPOCA DE PODA):

En la Tabla 45, se muestran los almuerzos recibidos en cada comedor del fundo Armonía 1 en época de poda.

Tabla 45

Total de almuerzos recibidos por los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda

		ALMUERZOS RECIBIDOS POR MES				
COMEDOR	NÚMERO	MAR	ABR	MAY	JUN	Total de almuerzos
ARM01-01	1	48	11	31	62	152
ARM01-02	2	77	33	18	25	153
ARM01-03	3	230	63	51	44	388
ARM01-04	4	35	16	0	1	52
ARM01-05	5	10	3	7	2	22
ARM01-06	6	217	110	244	224	795
ARM01-07	7	100	99	52	44	295
ARM01-08	8	23	108	122	61	314
ARM01-09	9	0	0	21	4	25
ARM01-10	10	71	18	27	52	168

Con los datos anteriores, usando la fórmula, se obtiene R, el requerimiento promedio de almuerzos por día activo de los comedores del fundo Armonía 1 (Tabla 46).

Tabla 46

Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda

COMEDOR	NÚMERO	Total de almuerzos	Total de días activos	Requerimiento promedio
ARM01-01	1	152	54	2.81
ARM01-02	2	153	23	6.65
ARM01-03	3	388	69	5.62
ARM01-04	4	52	10	5.20
ARM01-05	5	22	6	3.67
ARM01-06	6	795	79	10.06
ARM01-07	7	295	47	6.28
ARM01-08	8	314	70	4.49
ARM01-09	9	25	7	3.57
ARM01-10	10	168	30	5.60

El requerimiento de promedio de los otros comedores (en total 155) en época de poda se realiza de igual forma.

Para el cálculo del requerimiento promedio de los comedores en época de cosecha baja y época de cosecha alta, se realizaron cálculos similares. Como ejemplo, los resultados del requerimiento promedio de los comedores de Armonía 1 de ambas épocas se muestran en la Tabla 47 y Tabla 48.

2.2.B Requerimiento promedio de almuerzos por día activo en cada comedor (ÉPOCA DE COSECHA BAJA):

Tabla 47

Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja

COMEDOR	NÚMERO	Total de almuerzos	Total de días activos	Requerimiento promedio
ARM01-01	1	2811	97	28.98
ARM01-02	2	2511	46	54.59
ARM01-03	3	3460	61	56.72
ARM01-04	4	1925	37	52.03
ARM01-05	5	2703	43	62.86
...
ARM01-09	9	1805	28	64.46
ARM01-10	10	3190	64	49.84

2.2.C Requerimiento promedio de almuerzos por día activo en cada comedor (ÉPOCA DE COSECHA ALTA):

Tabla 48

Requerimiento promedio de almuerzos de los comedores de Armonía 1 en época de cosecha alta

COMEDOR	NÚMERO	Total de almuerzos	Total de días activos	Requerimiento promedio
ARM01-01	1	2014	77	26.16
ARM01-02	2	2511	56	44.84
ARM01-03	3	2329	48	48.52
ARM01-04	4	2803	54	51.91
ARM01-05	5	3124	45	69.42
...
ARM01-09	9	4049	48	84.35
ARM01-10	10	3793	48	79.02

2.3 Cálculo de R^*p : la cantidad promedio de almuerzos recibidos por día de trabajo, de acuerdo con la época.

Finalmente, procedemos a multiplicar “ p ”, probabilidad de uso de cada comedor, con “ R ”, requerimiento promedio de almuerzos recibidos por día activo, para obtener “ R^*p ”, cantidad promedio de almuerzos recibidos por día de trabajo durante la época desarrollada.

2.3.A Cantidad promedio de almuerzos recibidos por día de trabajo (ÉPOCA DE PODA):

En la Tabla 49, se muestran los R^*p de los comedores de Armonía 1 en época de poda.

Tabla 49

*R^*p (almuerzos/días de trabajo) de los comedores del fundo Armonía 1 en época de poda*

		ÉPOCA DE PODA		
COMEDOR	NÚMERO	Probabilidad de uso	Requerimiento promedio	R^*p
ARM01-01	1	0.5192	2.81	1.4615
ARM01-02	2	0.2212	6.65	1.4712
ARM01-03	3	0.6635	5.62	3.7308
ARM01-04	4	0.0962	5.20	0.5000
ARM01-05	5	0.0577	3.67	0.2115
ARM01-06	6	0.7596	10.06	7.6442
ARM01-07	7	0.4519	6.28	2.8365
ARM01-08	8	0.6731	4.49	3.0192
ARM01-09	9	0.0673	3.57	0.2404
ARM01-10	10	0.2885	5.60	1.6154

El R^*p de los otros comedores (en total 155) en época de poda se realiza de igual forma.

Para el cálculo de R^*p de los comedores en época de cosecha baja y época de cosecha alta, se realizaron cálculos similares. Como ejemplo, los resultados de R^*p de los comedores de Armonía 1 de ambas épocas se muestran en la Tabla 50 y Tabla 51.

2.3.B Cantidad promedio de almuerzos por día de trabajo (ÉPOCA DE COSECHA BAJA):

Tabla 50

*R*p de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha baja*

		ÉPOCA DE COSECHA BAJA		
COMEDOR	NÚMERO	Probabilidad de uso	Requerimiento promedio	R*p
ARM01-01	1	0.7462	28.98	21.6231
ARM01-02	2	0.3538	54.59	19.3154
ARM01-03	3	0.4692	56.72	26.6154
ARM01-04	4	0.2846	52.03	14.8077
ARM01-05	5	0.3308	62.86	20.7923
ARM01-06	6	0.8308	36.41	30.2462
...
ARM01-09	9	0.2154	64.46	13.8846
ARM01-10	10	0.4923	49.84	24.5385

2.3.C Cantidad promedio de almuerzos por día de trabajo (ÉPOCA DE COSECHA ALTA):

Tabla 51

*R*p de los comedores del fundo Armonía 1 en época de cosecha alta*

		ÉPOCA DE COSECHA ALTA		
COMEDOR	NÚMERO	Probabilidad de uso	Requerimiento promedio	R*p
ARM01-01	1	0.9747	26.16	25.4937
ARM01-02	2	0.7089	44.84	31.7848
ARM01-03	3	0.6076	48.52	29.4810
ARM01-04	4	0.6835	51.91	35.4810
ARM01-05	5	0.5696	69.42	39.5443
...
ARM01-09	9	0.6076	84.35	51.2532
ARM01-10	10	0.6076	79.02	48.0127

3. Inicialización de K, la cantidad de clústeres (un clúster corresponde a un camión).

Actualmente, en época de poda se trabaja con 6 grupos de reparto (Tabla 52), y en época de cosecha con 10 grupos de reparto de almuerzos (Tabla 53).

A continuación, se muestra la distribución actual en ambas épocas, los fundos que atiende cada camión.

Tabla 52

Distribución actual de camiones en época de poda

	FUNDOS
Camión 1	Armonía 1 y Armonía 2
Camión 2	Armonía 3 y Armonía 4
Camión 3	San Luis y Tumi
Camión 4	Ilusión 1, Ilusión 2 y Esperanza 1
Camión 5	Esperanza 2 y Esperanza 3
Camión 6	Remanso 1 y Remanso 2

Tabla 53

Distribución actual de camiones en época de cosecha

	FUNDOS
Camión 1	Armonía 1
Camión 2	Armonía 2
Camión 3	Armonía 3
Camión 4	Armonía 4 y San Luis
Camión 5	Tumi
Camión 6	Ilusión 1, Ilusión 2 y Esperanza 1
Camión 7	Esperanza 2
Camión 8	Esperanza 3
Camión 9	Remanso 1
Camión 10	Remanso 2

El Programa de reparto de almuerzos, se determina para cada una de las 3 épocas del año, mencionadas anteriormente. La cantidad de clústeres propuestos para cada época se estableció después de algunos cálculos, teniendo en cuenta, también, la capacidad de los camiones.

Para la época de poda se propone 4 clústeres (Tabla 54), para la época de cosecha baja se propone 6 clústeres (Tabla 55) y; por último, para la época de cosecha alta se propone 9 clústeres (Tabla 56):

3.A Cantidad propuesta de clústeres o grupos de reparto (ÉPOCA DE PODA):

Tabla 54

Clústeres propuestos en época de poda

CLÚSTER	NODOS
Clúster 1	Nodo 1
Clúster 2	Nodo 2
Clúster 3	Nodo 3
Clúster 4	Nodo 4

3.B Cantidad propuesta de clústeres o grupos de reparto (ÉPOCA DE COSECHA BAJA):

Tabla 55

Clústeres propuestos en época de cosecha baja

CLÚSTER	NODOS
Clúster 1	Nodo 1
Clúster 2	Nodo 2
Clúster 3	Nodo 3
Clúster 4	Nodo 4
Clúster 5	Nodo 5
Clúster 6	Nodo 6

3.C Cantidad propuesta de clústeres o grupos de reparto (ÉPOCA DE COSECHA ALTA):

Tabla 56

Clústeres propuestos en época de cosecha alta

CLÚSTER	NODOS
Clúster 1	Nodo 1
Clúster 2	Nodo 2
Clúster 3	Nodo 3
Clúster 4	Nodo 4
Clúster 5	Nodo 5
Clúster 6	Nodo 6
Clúster 7	Nodo 7
Clúster 8	Nodo 8
Clúster 9	Nodo 9

4. Determinación de C, la carga promedio de almuerzos de cada camión (se busca asignar una carga C a los camiones y se considera una tolerancia).

Es importante tener en cuenta que los camiones tienen una capacidad máxima de 800 almuerzos; por ello, la carga promedio C asignada a cada camión debe ser menor a este.

La carga promedio C se calcula dividiendo la suma total de los requerimientos promedio de almuerzos recibidos por día de trabajo ($R * p$) entre el número de clústeres propuestos (K) en cada época, tal como se muestra en la Tabla 57.

Tabla 57

Cálculo de la carga promedio C, carga promedio asignada a cada camión

Suma $R * p$	Clústeres	C
$\sum R * p$	K	$\frac{\sum R * p}{K}$

4.A Carga promedio de almuerzos C (ÉPOCA DE PODA):

Para la época de poda se divide la suma total de **R*p** entre 4, los clústeres propuestos para esta época. Entonces, la carga promedio **C** es 131.33 almuerzos (Tabla 58).

Tabla 58

Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de poda

COMEDOR	R*p
1	1.4642
2	1.4729
3	3.7353
4	0.5000
5	0.2117
6	7.6493
7	2.8381
8	3.0221
9	0.2410
10	1.6154
11	5.3489
12	0.2793
13	6.8108
14	4.0063
15	0.7999
16	0.2983
17	1.4823
18	0.7232
19	0.5290
20	2.0865
21	4.1931
22	2.4363
23	18.0640
24	3.7597
...	...
153	0.0096
154	0.0096
155	0.0096
SUMA	525.3293
Carga promedio (C)	131.33

4.B Carga promedio de almuerzos C (ÉPOCA DE COSECHA BAJA):

Para la época de cosecha baja se divide la suma total de **R*p** entre 6, los clústeres propuestos para esta época. Entonces, la carga promedio **C** es 404.20 almuerzos (Tabla 59).

Tabla 59

Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de cosecha baja

COMEDOR	R*p
1	21.6235
2	19.3165
3	26.6195
4	14.8085
5	20.7955
6	30.2483
7	30.3577
8	29.7748
9	13.8858
10	24.5415
11	33.1002
12	12.3846
13	27.4514
14	29.8036
15	11.5401
16	5.9003
17	16.9940
18	10.2942
19	10.1545
20	19.2788
21	25.7458
22	30.3175
23	52.1409
...	...
152	6.0000
153	11.6245
154	11.8472
155	9.2467
SUMA	2425.2149
Carga promedio (C)	404.20

4.C Carga promedio de almuerzos C (ÉPOCA DE COSECHA ALTA)

Para la época de cosecha alta se divide la suma total de $R*p$ entre 9, los clústeres propuestos para esta época. Entonces, la carga promedio C es 730.57 (Tabla 60).

Tabla 60

Carga promedio de almuerzos C de los camiones en época de cosecha alta

COMEDOR	R*p
1	25.4977
2	31.7853
3	29.4866
4	35.4828
5	39.5487
6	56.3544
7	57.8785
8	49.3600
9	51.2567
10	48.0182
11	65.5348
12	23.3835
13	52.0673
14	69.7853
15	38.7300
16	31.5737
17	53.5746
18	34.7639
19	36.3167
20	51.9289
21	31.8513
22	39.4743
23	62.7500
...	...
152	35.2299
153	42.1400
154	48.0668
155	42.7468
SUMA	6575.1392
Carga promedio (C)	730.57

5. Determinación de los K nodos que serán centroides iniciales.

Las iteraciones empiezan asumiendo K clústeres iniciales, cada uno con supuestos centroides. Para la determinación de los K nodos centroides, se ha tomado en cuenta 2 propuestas:

Propuesta 1: Basada la ubicación según el mapa.

Propuesta 2: Basada en la cantidad equitativa de comedores y de acuerdo con la numeración secuencial de nodos.

5.A Centroides iniciales de los 4 clústeres para la ÉPOCA DE PODA:

5.A.1 Propuesta 1

Se ubicaron 4 clústeres y sus centroides iniciales en el mapa del fundo agrícola (Figura 36).

Figura 36

Centroides ubicados en el mapa en época de poda - propuesta 1

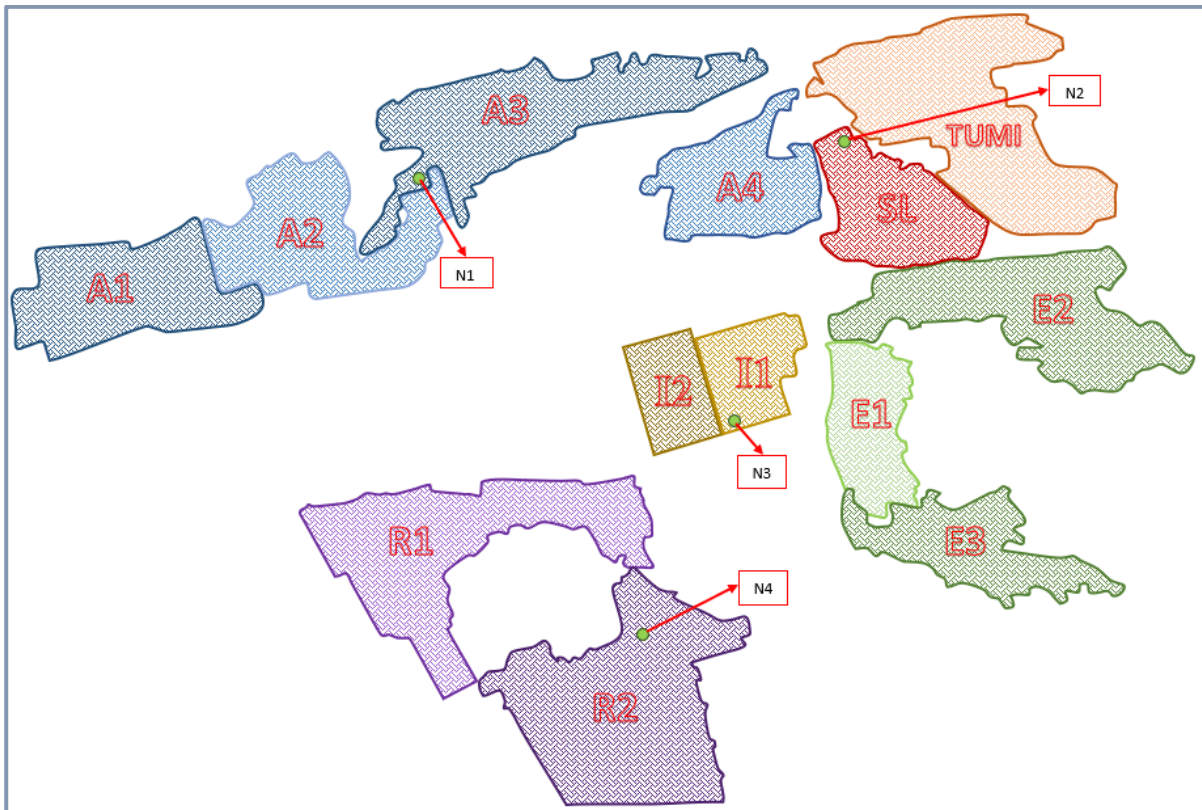


Tabla 61

Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de poda

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM03-01	24
N2	SLU01-01	47
N3	ILU01-05	118
N4	REM02-03	141

5.A.2 Propuesta 2

Los comedores propuestos como centroides serán los que tengan una numeración múltiplo del resultado obtenido de la división de 155, el total de comedores, entre 5, la cantidad de clústeres más uno (Tabla 62).

Tabla 62

Cálculo para la propuesta 2 de centroides en época de poda

Total de comedores	Clústeres + 1	Resultado aproximado
155	5	31

En la Tabla 63, se muestran los 4 centroides múltiplos de 30.

Tabla 63

Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de poda

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM03-07	30
N2	TUMI-06	60
N3	ESP02-14	90
N4	ILU02-02	120

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares con los siguientes resultados:

5.B Centroides iniciales de los 6 clústeres para la ÉPOCA DE COSECHA BAJA:

5.B.1 Propuesta 1

En la Figura 37, se muestra la ubicación de los 6 centroides en el mapa del fundo agrícola.

Figura 37

Centroides ubicados en el mapa en época de cosecha baja - propuesta 1

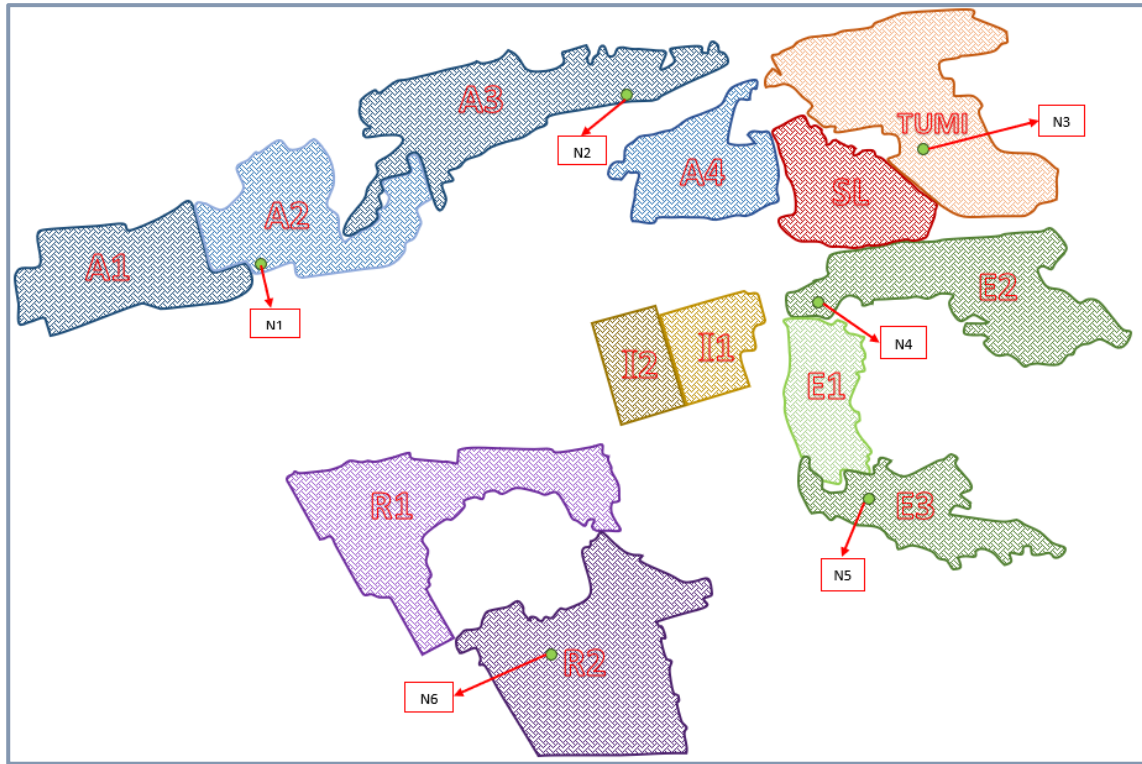


Tabla 64

Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de cosecha baja

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM02-01	11
N2	ARM03-13	36
N3	TUMI-13	67
N4	ESP02-01	77
N5	ESP03-04	101
N6	REM02-10	148

5.B.2 Propuesta 2

Tabla 65

Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de cosecha baja

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM02-12	22
N2	ARM04-05	44
N3	TUMI-12	66
N4	ESP02-12	88
N5	ESP03-13	110
N6	REM01-12	132

5.C Centroides iniciales de los 9 clústeres para la ÉPOCA DE COSECHA ALTA:

5.C.1 Propuesta 1

Figura 38

Centroides ubicados en el mapa en época de cosecha alta - propuesta 1

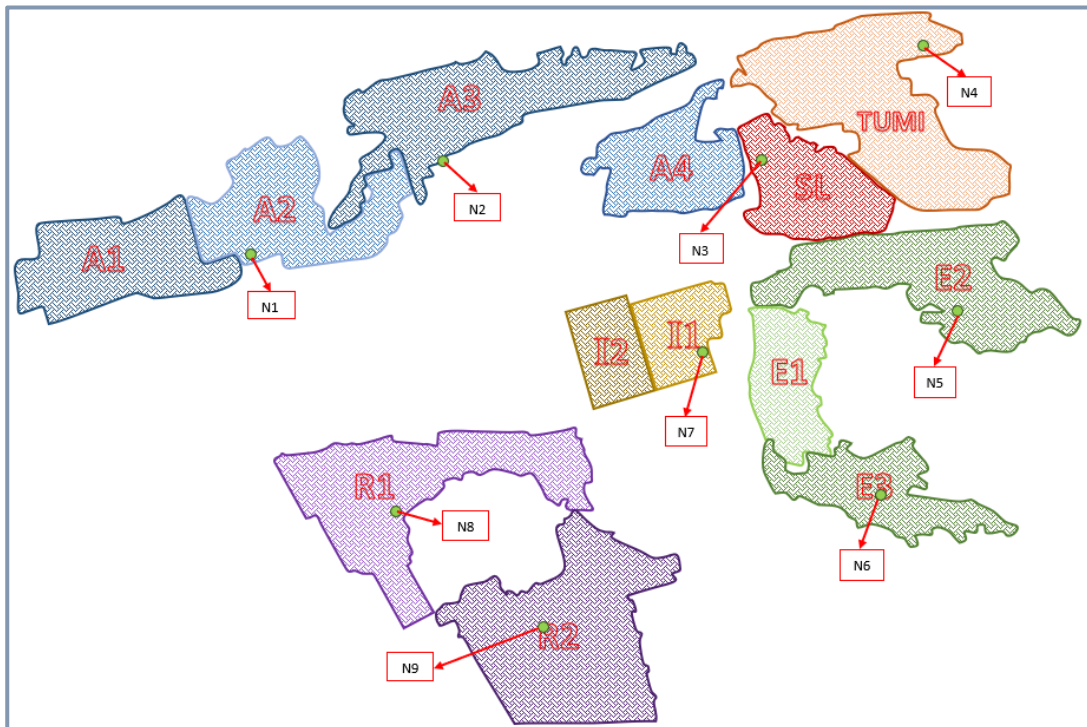


Tabla 66

Centroides para los clústeres de la propuesta 1 en época de cosecha alta

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM02-01	11
N2	ARM03-07	30
N3	SLU01-01	47
N4	TUMI-08	62
N5	ESP02-13	89
N6	ESP03-01	98
N7	ILU01-03	116
N8	REM01-10	130
N9	REM02-10	148

5.C.2 Propuesta 2

Tabla 67

Centroides para los clústeres de la propuesta 2 en época de cosecha alta

Nodos	Comedor	Numeración
N1	ARM02-05	15
N2	ARM03-07	30
N3	ARM04-06	45
N4	TUMI-06	60
N5	ESP01-03	75
N6	ESP02-14	90
N7	ESP03-08	105
N8	ILU02-02	120
N9	REM01-15	135

6. Determinación de las distancias de cada nodo (comedor) a cada uno de los K centroides.

Para la iteración 1, calculamos las distancias de los 155 comedores a los centroides iniciales en cada época.

6.A Distancias de cada nodo a los 4 centroides (ÉPOCA DE PODA):

6.A.1 Propuesta 1

Tabla 68

Distancias de los comedores a los 4 centroides (24, 47, 118 y 141) de la propuesta 1 en época de poda

N	24	47	118	141
1	3934.52	8679.92	10766.32	12780.01
2	3217.59	7962.99	10049.39	12063.08
3	3931.28	8676.68	10763.08	12776.77
4	4026.29	8771.69	10858.09	12871.78
5	3644.97	8390.37	10476.77	12490.46
6	3570.43	8315.83	10402.23	12415.92
7	3218.06	7963.46	10049.86	12063.55
8	2869.56	7614.96	9701.36	11715.05
9	3234.40	7979.80	10066.20	12079.89
10	2579.44	7324.83	9411.23	11424.93
11	1970.27	6715.66	8802.06	10815.76
12	2164.02	6909.42	8995.82	11009.51
...
150	9784.52	7464.56	5683.28	1381.79
151	9484.52	7164.56	5383.28	1081.79
152	9729.83	7409.87	5628.59	1453.53
153	9458.57	7138.61	5357.33	1219.65
154	9188.62	6868.66	9219.12	1007.57
155	8949.69	6629.73	9219.12	847.43

6.A.2 Propuesta 2

Tabla 69

Distancias de los comedores a los 4 centroides (30, 60, 90 y 120) de la propuesta 2 en época de poda

N	30	60	90	120
1	4519.47	10496.92	12027.27	9664.76
2	3802.54	9779.99	11310.34	8947.84
3	4516.23	10493.68	12024.03	9661.52
4	4611.24	10588.69	12119.04	9756.54
5	4229.92	10207.37	11737.72	9375.22
6	4155.38	10132.83	11663.17	9300.67
7	3803.01	9780.46	11310.81	8948.31
8	3454.51	9431.96	10962.31	8599.80
9	3819.35	9796.80	11327.15	8964.64
10	3164.38	9141.83	10672.18	8309.68
11	2555.21	8532.66	10063.01	7700.51
12	2748.97	8726.42	10256.76	7894.26
13	2600.42	8577.87	10108.22	7745.72
14	2310.96	8288.41	9818.76	7456.25
15	2353.93	8331.38	9861.72	7499.22
16	2647.87	8625.32	10155.67	7793.16
17	2301.99	8279.44	9809.79	7447.29
...
151	9001.81	8981.56	8967.16	3754.27
152	9247.12	9226.87	9212.47	3999.59
153	8975.86	8955.61	8941.21	3728.33
154	8705.91	8685.66	8671.26	3458.38
155	8466.98	8446.73	8432.33	3219.45

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

7. Para cada nodo o comedor: obtención de la distancia mínima a alguno de los K centroides y ordenamiento de los nodos de forma ascendente respecto a estas distancias.

Una vez obtenida las distancias de los comedores a los **K** centroides iniciales, se calcula la distancia mínima y se ordena de forma ascendente.

7.A Cálculo de la distancia mínima a algún centroide de los comedores (ÉPOCA DE PODA):

7.A.1 Propuesta 1

Tabla 70

Cálculo de la distancia mínima a algún centroide de la propuesta 1 en época de poda

N	24	47	118	141	min
24	0.00	4745.40	6831.80	8845.49	0
29	370.91	4631.83	6718.23	8731.93	370.906
25	382.55	4362.85	6449.25	8462.95	382.549
23	471.50	5216.90	7303.30	9316.99	471.5
27	547.99	5013.71	7100.11	9113.81	547.987
30	584.95	4262.69	6349.09	8362.78	584.949
28	617.47	4621.88	6708.28	8721.97	617.47
31	704.19	4247.43	6333.83	8347.52	704.19
22	964.10	5709.50	7795.90	9809.59	964.103
32	1007.31	4116.54	6202.94	8216.63	1007.313
26	1211.43	3537.05	5623.45	7637.14	1211.425
21	1262.14	6007.54	8093.94	10107.63	1262.139
33	1277.89	3560.29	5646.69	7660.38	1277.887
19	1333.33	6078.73	8165.13	10178.82	1333.33
34	1359.66	3602.65	5689.05	7702.74	1359.655
18	1440.87	6186.27	8272.67	10286.36	1440.869
...
121	9908.43	7588.47	5807.19	3018.92	3018.916
122	9588.19	7268.24	5486.96	3070.49	3070.493

7.A.2 Propuesta 2

Tabla 71

Cálculo de la distancia mínima a algún centroide de la propuesta 2 en época de poda

N	30	60	90	120	min
30	0.00	6079.69	7610.04	5247.53	0
31	148.48	6064.43	7594.78	5232.27	148.478
25	313.76	6179.85	7710.20	5347.70	313.755
29	369.44	6448.83	7979.18	5616.68	369.442
28	414.05	6438.88	7969.22	5606.72	414.054
32	440.30	5933.54	7463.88	5101.38	440.304
24	584.95	6562.40	8092.75	5730.24	584.949
33	733.32	5377.29	6907.64	4545.14	733.323
26	736.78	5354.05	6884.40	4521.90	736.779
27	753.55	6830.72	8361.06	5998.56	753.547
34	789.64	5419.65	6950.00	4587.50	789.636
23	1056.45	7033.90	8564.25	6201.74	1056.449
35	1200.60	5019.68	6550.03	4187.53	1200.597
36	1448.85	4630.84	6161.19	3798.69	1448.846
37	1472.18	4936.85	6467.20	4104.70	1472.182
22	1549.05	7526.50	9056.85	6694.35	1549.052
21	1847.09	7824.54	9354.89	6992.38	1847.088
38	1883.14	5119.22	6649.56	4287.06	1883.135
19	1918.28	7895.73	9426.08	7063.57	1918.279
18	2025.82	8003.27	9533.62	7171.11	2025.818
20	2036.52	8013.97	9544.31	7181.81	2036.516
...
121	9908.43	7588.47	5807.19	3018.92	3018.916
122	9588.19	7268.24	5486.96	3070.49	3070.493

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

8. Cálculo de las segundas, terceras y siguientes distancias mínimas de cada comedor a algún centroide, y determinación de a qué centroide corresponde cada distancia.

8.A Segundas, terceras y siguientes distancias mínimas de cada comedor y su correspondencia a los centroides (ÉPOCA DE PODA)

8.A.1 Propuesta 1

Tabla 72

Segundas, terceras, y siguientes distancias mínimas y su correspondencia a los centroides de la propuesta 1 en época de poda

N	24	47	118	141	min	índice 1	min 2	índice 2	min 3	índice 3	min 4	índice 4
24	0.00	4745.40	6831.80	8845.49	0	1	4745.398	2	6831.798	3	8845.49	4
29	370.91	4631.83	6718.23	8731.93	370.906	1	4631.833	2	6718.233	3	8731.925	4
25	382.55	4362.85	6449.25	8462.95	382.549	1	4362.853	2	6449.253	3	8462.945	4
23	471.50	5216.90	7303.30	9316.99	471.5	1	5216.898	2	7303.298	3	9316.99	4
27	547.99	5013.71	7100.11	9113.81	547.987	1	5013.714	2	7100.114	3	9113.806	4
30	584.95	4262.69	6349.09	8362.78	584.949	1	4262.688	2	6349.088	3	8362.78	4
28	617.47	4621.88	6708.28	8721.97	617.47	1	4621.875	2	6708.275	3	8721.967	4
31	704.19	4247.43	6333.83	8347.52	704.19	1	4247.429	2	6333.829	3	8347.521	4
22	964.10	5709.50	7795.90	9809.59	964.103	1	5709.501	2	7795.901	3	9809.593	4
21	964.10	5709.50	7795.90	9809.59	964.103	1	5709.501	2	7795.901	3	9809.593	4
...
121	9908.43	7588.47	5807.19	3018.92	3018.916	4	5807.194	3	7588.472	2	9908.43	1
122	9588.19	7268.24	5486.96	3070.49	3070.493	4	5486.958	3	7268.236	2	9588.194	1

8.A.2 Propuesta 2

Tabla 73

Segundas, terceras, y siguientes distancias mínimas y su correspondencia a los centroides de la propuesta 2 en época de poda

N	30	60	90	120	min	índice 1	min 2	índice 2	min 3	índice 3	min 4	índice 4
30	0.00	6079.69	7610.04	5247.53	0.0	1	5247.5	4	6079.7	2	7610.0	3
31	148.48	6064.43	7594.78	5232.27	148.5	1	5232.3	4	6064.4	2	7594.8	3
25	313.76	6179.85	7710.20	5347.70	313.8	1	5347.7	4	6179.9	2	7710.2	3
29	369.44	6448.83	7979.18	5616.68	369.4	1	5616.7	4	6448.8	2	7979.2	3
28	414.05	6438.88	7969.22	5606.72	414.1	1	5606.7	4	6438.9	2	7969.2	3
32	440.30	5933.54	7463.88	5101.38	440.3	1	5101.4	4	5933.5	2	7463.9	3
24	584.95	6562.40	8092.75	5730.24	584.9	1	5730.2	4	6562.4	2	8092.7	3
33	733.32	5377.29	6907.64	4545.14	733.3	1	4545.1	4	5377.3	2	6907.6	3
26	736.78	5354.05	6884.40	4521.90	736.8	1	4521.9	4	5354.1	2	6884.4	3
27	753.55	6830.72	8361.06	5998.56	753.5	1	5998.6	4	6830.7	2	8361.1	3
34	789.64	5419.65	6950.00	4587.50	789.6	1	4587.5	4	5419.7	2	6950.0	3
23	1056.45	7033.90	8564.25	6201.74	1056.4	1	6201.7	4	7033.9	2	8564.2	3
...
121	9908.43	7588.47	5807.19	3018.92	3018.916	4	5807.194	3	7588.472	2	9908.43	1
122	9588.19	7268.24	5486.96	3070.49	3070.493	4	5486.958	3	7268.236	2	9588.194	1

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

- 9. Para cada nodo: Asignación al centroide más cercano (al de distancia mínima), a la vez que se va acumulando las cargas R^*p en cada centroide. La asignación del nodo se realiza sin sobrepasar C , la carga promedio de almuerzos asignada al camión. Si al asignarse se sobrepasa la capacidad C , el comedor o nodo se asigna a la segunda distancia mínima, y así sucesivamente, hasta que el comedor quede asignado a algún centroide.**

La asignación de cargas se realiza teniendo en cuenta los índices calculados previamente.

9.A Asignación de las cargas R^*p al centroide más cercano (ÉPOCA DE PODA):

9.A.1 Propuesta 1

Tabla 74

Asignación de comedores a clústeres en época de poda – propuesta 1

R^*p	Sum R^*p	Asig	R^*p Asig	Nodos C1	Sum R^*p	Asig	R^*p Asig	Nodos C2	Sum R^*p	Asig	R^*p Asig	Nodos C3	Sum R^*p	Asig	R^*p Asig	Nodos C4
3.7597	3.7597	1	3.7597	24	3.7597	0	0.0000	0	3.7597	0	0.0000	0	3.7597	0	0.0000	0
5.1668	8.9265	1	8.9265	29	5.1668	0	0.0000	0	5.1668	0	0.0000	0	5.1668	0	0.0000	0
3.1661	12.0927	1	12.0927	25	3.1662	0	0.0000	0	3.1662	0	0.0000	0	3.1662	0	0.0000	0
18.0640	30.1567	1	30.1567	23	18.0640	0	0.0000	0	18.0640	0	0.0000	0	18.0640	0	0.0000	0
2.1740	32.3308	1	32.3308	27	2.1740	0	0.0000	0	2.1740	0	0.0000	0	2.1740	0	0.0000	0
1.1740	33.5048	1	33.5048	30	1.1740	0	0.0000	0	1.1740	0	0.0000	0	1.1740	0	0.0000	0
0.6250	34.1299	1	34.1299	28	0.6251	0	0.0000	0	0.6251	0	0.0000	0	0.6251	0	0.0000	0
2.5009	36.6309	1	36.6309	31	2.5010	0	0.0000	0	2.5010	0	0.0000	0	2.5010	0	0.0000	0
2.4363	39.0672	1	39.0672	22	2.4363	0	0.0000	0	2.4363	0	0.0000	0	2.4363	0	0.0000	0
...
1.9238	41.3855	1	41.3855	26	1.9238	0	0.0000	0	1.9238	0	0.0000	0	1.9238	0	0.0000	0
4.1930	45.5786	1	45.5786	21	4.1931	0	0.0000	0	4.1931	0	0.0000	0	4.1931	0	0.0000	0

9.A.2 Propuesta 2

Tabla 75

Asignación de comedores a clústeres en época de poda – propuesta 2

R*p	Sum R*p	Asig	R*p Asig	Nodos C1	Sum R*p	Asig	R*p Asig	Nodos C2	Sum R*p	Asig	R*p Asig	Nodos C3	Sum R*p	Asig	R*p Asig	Nodos C4
1.1740	1.1740	1	1.1740	30	1.1740	0	0.0000	0	1.1740	0	0.0000	0	1.1740	0	0.0000	0
2.5010	3.6750	1	3.6750	31	2.5010	0	0.0000	0	2.5010	0	0.0000	0	2.5010	0	0.0000	0
3.1662	6.8412	1	6.8412	25	3.1662	0	0.0000	0	3.1662	0	0.0000	0	3.1662	0	0.0000	0
5.1668	12.0080	1	12.0080	29	5.1668	0	0.0000	0	5.1668	0	0.0000	0	5.1668	0	0.0000	0
0.6251	12.6331	1	12.6331	28	0.6251	0	0.0000	0	0.6251	0	0.0000	0	0.6251	0	0.0000	0
0.3944	13.0275	1	13.0275	32	0.3944	0	0.0000	0	0.3944	0	0.0000	0	0.3944	0	0.0000	0
3.7597	16.7872	1	16.7872	24	3.7597	0	0.0000	0	3.7597	0	0.0000	0	3.7597	0	0.0000	0
7.1775	23.9647	1	23.9647	33	7.1775	0	0.0000	0	7.1775	0	0.0000	0	7.1775	0	0.0000	0
1.9238	25.8886	1	25.8886	26	1.9238	0	0.0000	0	1.9238	0	0.0000	0	1.9238	0	0.0000	0
2.1740	28.0626	1	28.0626	27	2.1740	0	0.0000	0	2.1740	0	0.0000	0	2.1740	0	0.0000	0
0.1538	28.2164	1	28.2164	34	0.1538	0	0.0000	0	0.1538	0	0.0000	0	0.1538	0	0.0000	0
18.0640	46.2805	1	46.2805	23	18.0640	0	0.0000	0	18.0640	0	0.0000	0	18.0640	0	0.0000	0
1.5692	47.8497	1	47.8497	35	1.5692	0	0.0000	0	1.5692	0	0.0000	0	1.5692	0	0.0000	0
0.8083	48.6580	1	48.6580	36	0.8083	0	0.0000	0	0.8083	0	0.0000	0	0.8083	0	0.0000	0
3.9153	52.5733	1	52.5733	37	3.9153	0	0.0000	0	3.9153	0	0.0000	0	3.9153	0	0.0000	0
2.4363	55.0096	1	55.0096	22	2.4363	0	0.0000	0	2.4363	0	0.0000	0	2.4363	0	0.0000	0
4.1931	59.2027	1	59.2027	21	4.1931	0	0.0000	0	4.1931	0	0.0000	0	4.1931	0	0.0000	0
3.3483	62.5510	1	62.5510	38	3.3483	0	0.0000	0	3.3483	0	0.0000	0	3.3483	0	0.0000	0
...
0.9040	133.777	0	132.873	0	133.777	0	132.873	0	133.777	0	132.873	0	133.777	0	132.873	0
1.3656	134.239	0	132.873	0	134.239	0	132.873	0	134.239	0	132.873	0	134.239	0	132.873	0

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

10. Por cada uno de los K clústeres formados en las asignaciones anteriores (paso 9), determinación de sus nuevos centroides.

10.1 Cálculo de las distancias entre los comedores (nodos) del clúster formado

Se realiza una matriz con las distancias entre los comedores del nuevo clúster formado de la iteración 1 de cada época.

10.1.A Distancias entre los comedores (nodos) de cada clúster formado (ÉPOCA DE PODA)

10.1.A.1 Propuesta 1

Tabla 76

Cálculo de distancias entre los comedores del clúster 1 formado en época de poda - propuesta 1

C1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...	51	52
1	0	725.9	248.2	509.9	658	470.4	809.6	1244	1532	1355	1964	2664	2333	...	9210	9190
2	725.9	0	767.9	930	659.7	463.5	334.7	597.6	988	638.2	1247	1947	1616	...	8493	8473
3	248.2	767.9	0	264	471.1	370.8	742.9	1192	1419	1352	1961	2661	2330	...	9206	9187
4	509.9	930	264	0	417.3	472.1	809.5	1243	1391	1447	2056	2756	2425	...	9301	9282
5	658	659.7	471.1	417.3	0	256.2	433.1	838.2	977.7	1066	1675	2375	2043	...	8920	8900
6	470.4	463.5	370.8	472.1	256.2	0	372.1	820.8	1067	991	1600	2300	1969	...	8846	8826
7	809.6	334.7	742.9	809.5	433.1	372.1	0	448.8	735.1	638.6	1248	1948	1616	...	8493	8474
8	1244	597.6	1192	1243	838.2	820.8	448.8	0	432.5	290.1	899.3	1599	1268	...	8145	8125
9	1532	988	1419	1391	977.7	1067	735.1	432.5	0	655	1264	1964	1633	...	8510	8490
10	1355	638.2	1352	1447	1066	991	638.6	290.1	655	0	609.2	1309	977.8	...	7855	7835
11	1964	1247	1961	2056	1675	1600	1248	899.3	1264	609.2	0	699.9	368.6	...	7245	7226
12	2664	1947	2661	2756	2375	2300	1948	1599	1964	1309	699.9	0	332.6	...	7439	7419
13	2333	1616	2330	2425	2043	1969	1616	1268	1633	977.8	368.6	332.6	0	...	7291	7271
...
51	9210	8493	9206	9301	8920	8846	8493	8145	8510	7855	7245	7439	7291	...	0	271.5
52	9190	8473	9187	9282	8900	8826	8474	8125	8490	7835	7226	7419	7271	...	271.5	0

10.1.A.2 Propuesta 2**Tabla 77***Cálculo de distancias entre los comedores del clúster 1 formado en época de poda - propuesta 2*

C1	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	43	46
5	0	977.7	1066	1675	2375	2043	2010	1884	2689	2450	2688	2468	2231	...	6687	6685
9	977.7	0	655	1264	1964	1633	1600	1473	2278	2039	2277	2057	1820	...	6276	6274
10	1066	655	0	609.2	1309	977.8	944.6	818.3	1623	1384	1622	1402	1165	...	5621	5619
11	1675	1264	609.2	0	699.9	368.6	335.4	209.1	1014	775.1	1013	793.1	556.2	...	5012	5010
12	2375	1964	1309	699.9	0	332.6	576.2	790.3	407	478.3	822.6	830.7	786.6	...	5206	5204
13	2043	1633	977.8	368.6	332.6	0	306.9	467.7	663.1	512.7	827.5	712.2	571.5	...	5057	5055
14	2010	1600	944.6	335.4	576.2	306.9	0	269	774.1	466.1	677.7	471.1	274.5	...	4768	4766
15	1884	1473	818.3	209.1	790.3	467.7	269	0	1037	733.1	907.4	649.4	393.4	...	4811	4809
16	2689	2278	1623	1014	407	663.1	774.1	1037	0	387	627.5	784.8	869.7	...	5104	5103
17	2450	2039	1384	775.1	478.3	512.7	466.1	733.1	387	0	346	404.6	491.9	...	4759	4757
18	2688	2277	1622	1013	822.6	827.5	677.7	907.4	627.5	346	0	305.4	545.4	...	4482	4481
19	2468	2057	1402	793.1	830.7	712.2	471.1	649.4	784.8	404.6	305.4	0	260.3	...	4375	4373
20	2231	1820	1165	556.2	786.6	571.5	274.5	393.4	869.7	491.9	545.4	260.3	0	...	4493	4491
21	2395	1985	1330	720.7	1098	853.1	546.4	513.7	1177	792.4	748.4	447.7	316.5	...	4304	4302
22	2681	2270	1615	1006	1255	1069	770.6	806.4	1234	854.5	677.6	450.1	497.7	...	4006	4004
23	3173	2763	2108	1499	1693	1544	1255	1297	1591	1246	969.4	861.8	980.1	...	3513	3511
24	3645	3234	2579	1970	2164	2015	1726	1769	2063	1717	1441	1333	1452	...	3042	3040
25	4028	3617	2962	2353	2547	2398	2109	2152	2445	2100	1823	1716	1834	...	2659	2657
...
43	6687	6276	5621	5012	5206	5057	4768	4811	5104	4759	4482	4375	4493	...	0	451
46	6685	6274	5619	5010	5204	5055	4766	4809	5103	4757	4481	4373	4491	...	451	0

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

10.2 Cálculo de la suma de las distancias de cada comedor a los otros comedores del mismo clúster y determinación del nuevo centroide del clúster formado. El centroide será el nodo con la menor suma de distancias.

Con la matriz de distancias lista, se calcula la suma de las distancias de cada comedor a los otros comedores del mismo clúster, el nuevo centroide es el nodo con la menor suma.

10.2.A Nuevo centroide del clúster formado (ÉPOCA DE PODA)

10.2.A.1 Propuesta 1

Tabla 78

Determinación del nuevo centroide solo del clúster 1 de la propuesta 1 en época de poda

C1	1	2	3	4	5	6	7	...	51	52	SUMA
1	0	726	248	510	658	470	810	...	9210	9190	193429
2	726	0	768	930	660	463	335	...	8493	8473	165455
3	248	768	0	264	471	371	743	...	9206	9187	192583
4	510	930	264	0	417	472	810	...	9301	9282	196755
5	658	660	471	417	0	256	433	...	8920	8900	180939
6	470	463	371	472	256	0	372	...	8846	8826	177688
7	810	335	743	810	433	372	0	...	8493	8474	164691
8	1244	598	1192	1243	838	821	449	...	8145	8125	153579
9	1532	988	1419	1391	978	1067	735	...	8510	8490	169168
10	1355	638	1352	1447	1066	991	639	...	7855	7835	144170
11	1964	1247	1961	2056	1675	1600	1248	...	7245	7226	127722
12	2664	1947	2661	2756	2375	2300	1948	...	7439	7419	140150
13	2333	1616	2330	2425	2043	1969	1616	...	7291	7271	131732
14	2300	1583	2296	2391	2010	1936	1583	...	7001	6981	122946
15	2173	1456	2170	2265	1884	1809	1457	...	7044	7024	124066
16	2979	2262	2975	3070	2689	2614	2262	...	7338	7318	141665
...
24	3935	3218	3931	4026	3645	3570	3218	...	5275	5255	111496
...
51	9210	8493	9206	9301	8920	8846	8493	...	0	272	255666
52	9190	8473	9187	9282	8900	8826	8474	...	272	0	254389
SUMA MÍNIMA											111496
NUEVO CENTROIDE											24

10.2.A.2 Propuesta 2

Tabla 79

Determinación del nuevo centroide solo del clúster 1 de la propuesta 2 en época de poda

C1	5	9	10	11	12	13	14	...	43	46	SUMA
5	0	978	1066	1675	2375	2043	2010	...	6687	6685	143242
9	978	0	655	1264	1964	1633	1600	...	6276	6274	128872
10	1066	655	0	609.2	1309	977.8	944.6	...	5621	5619	106691
11	1675	1264	609.2	0	699.9	368.6	335.4	...	5012	5010	87807
12	2375	1964	1309	699.9	0	332.6	576.2	...	5206	5204	94755
13	2043	1633	977.8	368.6	332.6	0	306.9	...	5057	5055	89100
14	2010	1600	944.6	335.4	576.2	306.9	0	...	4768	4766	81416
15	1884	1473	818.3	209.1	790.3	467.7	269	...	4811	4809	83291
16	2689	2278	1623	1014	407	663.1	774.1	...	5104	5103	94372
17	2450	2039	1384	775.1	478.3	512.7	466.1	...	4759	4757	83311
18	2688	2277	1622	1013	822.6	827.5	677.7	...	4482	4481	79206
19	2468	2057	1402	793.1	830.7	712.2	471.1	...	4375	4373	74791
20	2231	1820	1165	556.2	786.6	571.5	274.5	...	4493	4491	76136
21	2395	1985	1330	720.7	1098	853.1	546.4	...	4304	4302	74424
22	2681	2270	1615	1006	1255	1069	770.6	...	4006	4004	70130
23	3173	2763	2108	1499	1693	1544	1255	...	3513	3511	66057
24	3645	3234	2579	1970	2164	2015	1726	...	3042	3040	63699.8
25	4028	3617	2962	2353	2547	2398	2109	...	2659	2657	64398
26	4856	4446	3791	3182	3375	3227	2937	...	1833	1831	71575
27	4193	3782	3127	2518	2712	2563	2274	...	3310	3308	75995
28	4262	3852	3197	2588	2781	2633	2343	...	2918	2916	70486
29	4016	3605	2950	2341	2535	2386	2097	...	2928	2926	66529
30	4230	3819	3164	2555	2749	2600	2311	...	2559	2557	65287
31	4349	3939	3284	2674	2868	2720	2430	...	2544	2542	68409
32	4652	4242	3587	2978	3171	3023	2733	...	2413	2411	71567
33	4923	4512	3857	3248	3442	3293	3004	...	1856	1855	72169
...	
43	6687	6276	5621	5012	5206	5057	4768	...	0	451	115703
46	6685	6274	5619	5010	5204	5055	4766	...	451	0	116419
SUMA MÍNIMA											63699.8
NUEVO CENTROIDE											24

Para las otras épocas se realizaron cálculos similares.

**PRESENTACIÓN DE LOS NUEVOS CENTROIDES OBTENIDOS EN EL PASO 10.2
PARA TODOS LOS CLÚSTERES Y ÉPOCAS.**

ÉPOCA DE PODA

Tabla 80

Nuevos centroides de los 4 clústeres para la época de poda – propuesta 1

CLÚSTERES	1	2	3	4
NUEVOS CENTROIDES	24	67	116	137

Tabla 81

Nuevos centroides de los 4 clústeres para la época de poda – propuesta 2

CLÚSTERES	1	2	3	4
NUEVOS CENTROIDES	24	67	120	142

ÉPOCA DE COSECHA BAJA

Tabla 82

Nuevos centroides de los 6 clústeres para la época de cosecha baja – propuesta 1

CLÚSTERES	1	2	3	4	5	6
NUEVOS CENTROIDES	14	36	47	78	103	138

Tabla 83

Nuevos centroides de los 6 clústeres para la época de cosecha baja – propuesta 2

CLÚSTERES	1	2	3	4	5	6
NUEVOS CENTROIDES	22	26	56	86	76	148

ÉPOCA DE COSECHA ALTA

Tabla 84

Nuevos centroides de los 9 clústeres para la época de cosecha alta - propuesta 1

CLÚSTERES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NUEVOS CENTROIDES	14	24	47	56	90	101	115	130	147

Tabla 85

Nuevos centroides de los 9 clústeres para la época de cosecha alta - propuesta 2

CLÚSTERES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NUEVOS CENTROIDES	14	30	43	57	86	95	98	137	148

- 11. Vuelta al paso 7 para realizar otra iteración, hasta que las nuevas asignaciones no varíen (los mismos centroides) o las asignaciones cumplan un criterio mínimo de aceptación.**

Con los nuevos centroides calculados en la iteración 1, se realiza la iteración 2, regresando al paso 7; y así sucesivamente, hasta que las asignaciones no varíen o cumplan un criterio mínimo de aceptación; para este propósito se creó una macro en Excel.

MACRO EN EXCEL CREADA PARA CALCULAR LAS ITERACIONES:

Para realizar las iteraciones de forma automática se usó la macro en Excel creada específicamente para este caso, como herramienta que puede ejecutar una serie de acciones en forma repetida.

Esta macro, tiene 2 pantallas, la primera (Figura 39) tiene los datos iniciales solicitados, necesarios para realizar las iteraciones: la época, el total de **R*p**, que se obtiene de forma automática al escoger la época, los **K** clústeres, la carga promedio **C**, que se calcula de forma

automática al poner **K**, una tolerancia que es necesaria para los cálculos; y, por último, los centroides iniciales.

Asimismo, se cuenta con 2 botones, el botón de **Iteración**, que sirve para realizar las iteraciones, y el botón de **Limpiar**, para limpiar todos los datos después de realizadas todas las iteraciones necesarias para una época.

Figura 39

Datos iniciales de las iteraciones - Macros

DATOS INICIALES					
Época					
Total de R*p					
Clústeres K	4	31			
		Tolerancia			
Carga prom. C		<800			
Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4
	155				
Iteración		Limpiar		Actualizar gráfico	

Una vez completados los datos iniciales, se hace clic en el botón “**Iteración**” y se obtienen los resultados de todas las iteraciones que se realice.

La macro reporta los resultados obtenidos al realizar cada iteración en la segunda pantalla: en la primera tabla se muestran los nuevos centroides y la cantidad de comedores asignados, y en la segunda tabla, la carga asignada **C** a cada camión y la desviación que debe ser mínima, tal como se muestra en la Figura 40.

Figura 40

Resultados de las iteraciones realizadas - Macros

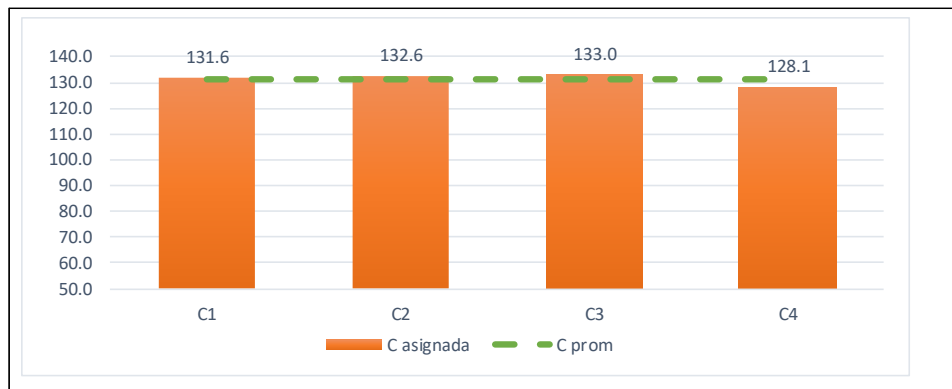
RESULTADOS DE LAS ITERACIONES					
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4
	155				
Iteración 1					
Iteración 2					
Iteración 3					
Iteración 4					
Iteración 5					
Iteración 6					
Iteración 7					
Iteración 8					

Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	DESVIACIÓN
Iteración 1						_____
Iteración 2						_____
Iteración 3						_____
Iteración 4						_____
Iteración 5						_____
Iteración 6						_____
Iteración 7						_____
Iteración 8						_____

Por último, se cuenta con un gráfico (Figura 41) en la parte inferior de la primera pantalla donde se muestran las C asignadas a cada comedor y el C promedio, lo cual nos permite ver cuán niveladas están las C asignadas, este gráfico se obtiene al clicar en el botón **Actualizar gráfico**.

Figura 41

Gráfico de Cargas asignadas y Carga promedio (ejemplo) - Macros



Una vez que las asignaciones no varíen (mismos centroides) o cumplan un criterio mínimo de aceptación se arma el **Programa de reparto** para cada grupo repartidor de acuerdo a la época del año; en el Programa de reparto se tendrá la lista de comedores a los cuales deben atender; asimismo, el orden de atención que deben seguir; esto servirá para que puedan ordenar las jabas dentro del camión, desde el último comedor a atender hasta el primero, así podrán bajar las jabas de forma ordenada.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS: CLÚSTERES FINALES Y SUS CARGAS FINALES POR ÉPOCAS.

A continuación, se muestran los datos y los resultados obtenidos al usar la macro en Excel preparada específicamente para realizar las iteraciones finales mencionadas en el procedimiento para el clustering:

ÉPOCA DE PODA

11.A Resultados de las iteraciones (ÉPOCA DE PODA)

11.A.1 Resultados de las iteraciones de la propuesta 1

Figura 42

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de poda - Macros

DATOS INICIALES					
Época	PODA				
Total de R*p	525.3293				
Clústeres K	4	31			
		Tolerancia			
Carga prom. C	131.33	133	<800		
Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4
	155	23	67	115	138
Iteración		Limpiar		Actualizar gráfico	

Figura 43

Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de poda - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES					
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4
	155	24	47	118	141
Iteración 1	155	24	67	116	137
Iteración 2	155	23	67	115	138
Iteración 3	155	23	67	115	138
Iteración 4	155	23	67	115	138
Iteración 5					
Iteración 6					
Iteración 7					
Iteración 8					

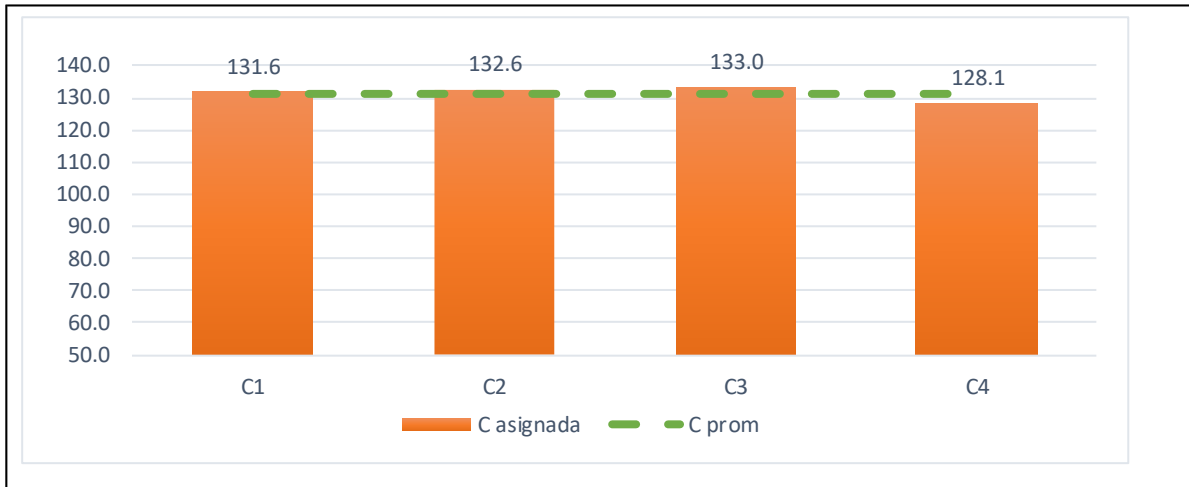
Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	DESVIACIÓN
	131.33					
Iteración 1	131.33	132.38	132.94	132.99	127.02	2.88674933
Iteración 2	131.33	131.62	131.99	133.00	128.73	1.83094491
Iteración 3	131.33	131.62	132.61	133.00	128.10	2.23031248
Iteración 4	131.33	131.62	132.61	133.00	128.10	2.23031248
Iteración 5						
Iteración 6						
Iteración 7						
Iteración 8						

En la Figura 43 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 1 para la época de poda. En este caso se detuvo en la Iteración 4 porque los centroides resultantes fueron los mismos en la Iteración 2 e Iteración 3. También podemos verificar, en la primera tabla, que los 155 comedores fueron asignados, y en la tabla 2, que la desviación final de las asignaciones es 2.2.

En la Figura 44 se muestra, también, un gráfico con **C** promedio de 131.33 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a **C** promedio, demostrando que la carga laboral de los 4 camiones fue nivelada.

Figura 44

Gráfico de cargas asignadas en época de poda - propuesta 1



11.A.2 Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de poda

Figura 45

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de poda - Macros

DATOS INICIALES

Época	PODA		
Total de R*p	525.3293		
Clústeres K	4	31	
		Tolerancia	
Carga prom. C	131.33	133	<800

Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4
	155	22	67	116	76

Iteración

Limpiar

Actualizar gráfico

Figura 46

Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de poda - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES					
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4
	155	30	60	90	120
Iteración 1	154	24	67	120	142
Iteración 2	155	24	47	120	138
Iteración 3	155	23	67	116	137
Iteración 4	153	22	47	115	138
Iteración 5	148	20	47	116	137
Iteración 6	147	20	47	116	76
Iteración 7	154	22	67	116	76
Iteración 8	155	23	67	120	76

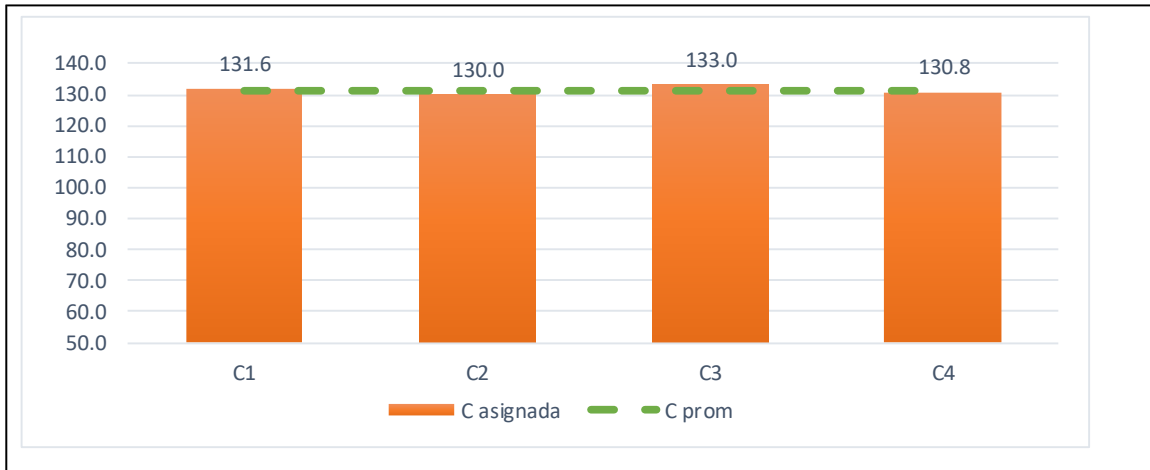
Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	DESVIACIÓN
	131.33					
Iteración 1	126.64	132.87	110.62	132.99	130.09	10.7691709
Iteración 2	131.33	132.72	132.04	132.99	127.58	2.53183336
Iteración 3	131.33	131.62	132.37	132.99	128.35	2.06641709
Iteración 4	128.60	121.13	128.12	132.99	132.15	5.41385718
Iteración 5	125.60	103.51	132.93	132.99	132.96	14.7252971
Iteración 6	124.60	99.59	132.91	133.00	132.91	16.6729808
Iteración 7	126.64	112.95	132.55	132.99	128.09	9.39559935
Iteración 8	131.33	131.62	129.95	133.00	130.76	1.30106788

En la Figura 46 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 2 para la época de poda. En este caso, se detuvo en la Iteración 8 porque en ese punto cumplió con tener asignados los 155 comedores; además, en la segunda tabla, se muestran las cargas asignadas a los 4 camiones con una desviación final mínima.

En la Figura 47 se muestra, también, un gráfico con **C** promedio de 131.33 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a **C** promedio, demostrando que la carga laboral de los 4 camiones fue nivelada.

Figura 47

Gráfico de cargas asignadas en época de poda - propuesta 2



ÉPOCA DE COSECHA BAJA

11.B Resultados de las iteraciones (ÉPOCA DE COSECHA BAJA)

11.B.1 Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 para la época de cosecha baja

Figura 48

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha baja - Macros

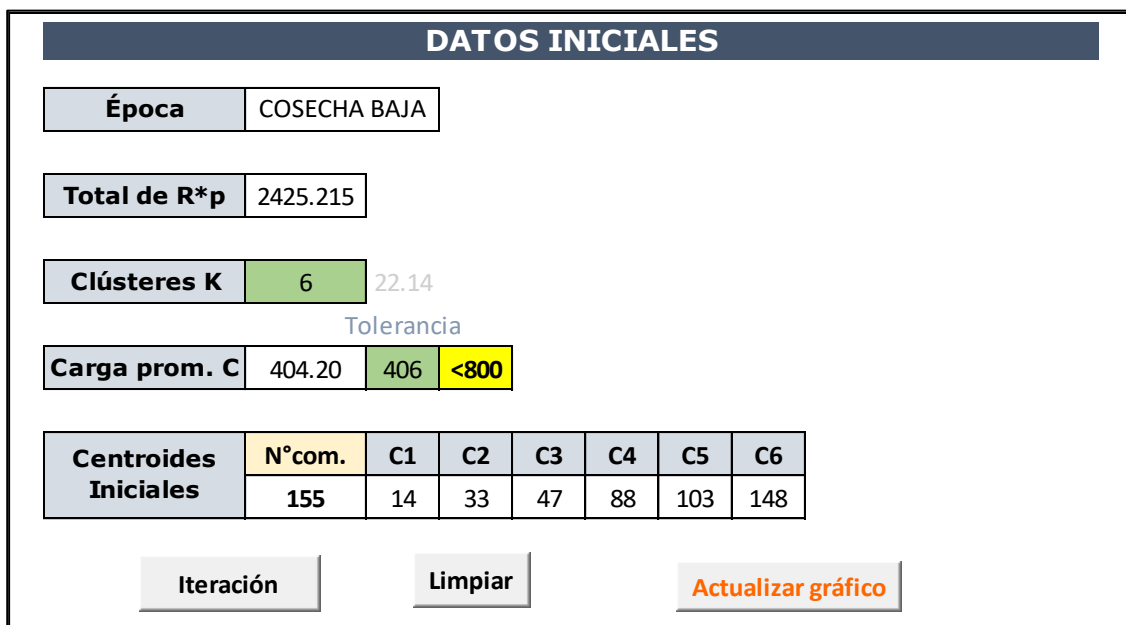


Figura 49

Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha baja - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES							
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	155	11	36	67	77	101	148
Iteración 1	155	14	36	47	78	103	138
Iteración 2	149	14	33	47	78	101	138
Iteración 3	148	14	33	47	84	101	140
Iteración 4	149	14	33	47	88	101	148
Iteración 5	155	14	33	47	82	76	134
Iteración 6	155	14	33	47	88	103	148
Iteración 7	155	14	33	47	82	76	134
Iteración 8							

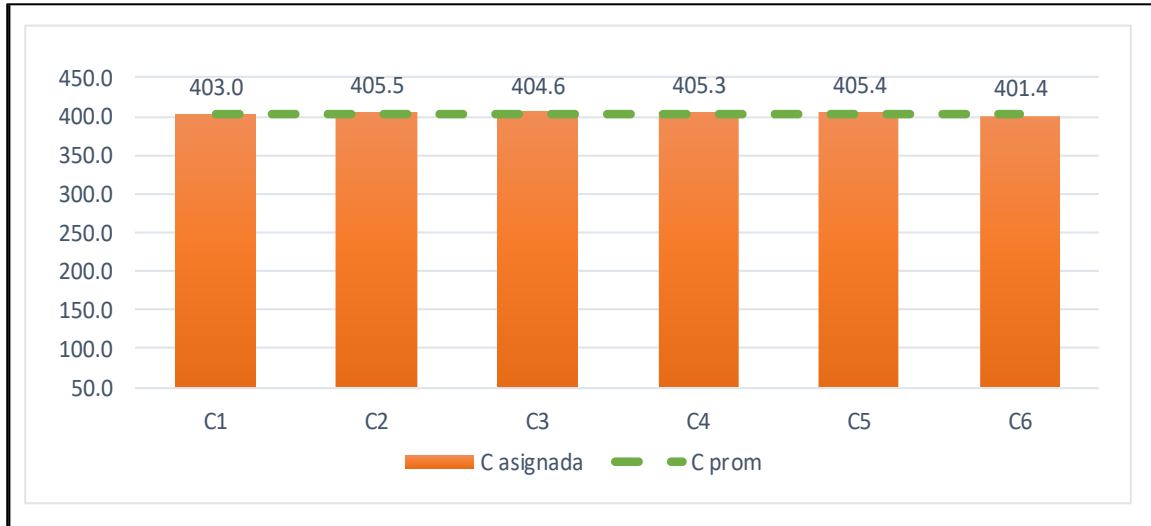
Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	DESVIACIÓN
	404.20							
Iteración 1	404.20	402.98	405.52	404.96	405.13	405.12	401.5	1.60238276
Iteración 2	388.68	402.98	405.84	405.87	405.98	306.11	405.28	40.4669234
Iteración 3	389.38	402.98	405.63	405.93	405.14	310.78	405.8	38.5187713
Iteración 4	395.11	402.98	405.47	405.23	405.61	346.69	404.69	23.7399635
Iteración 5	404.20	402.98	405.47	404.64	405.43	405.28	401.41	1.65694253
Iteración 6	404.20	402.98	405.47	405.40	402.74	405.93	402.7	1.54398774
Iteración 7	404.20	402.98	405.47	404.64	405.33	405.37	401.41	1.65631847
Iteración 8								

En la Figura 49 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 1 para la época de cosecha baja. En este caso se detuvo en la Iteración 7 porque los centroides resultantes fueron los mismos en la Iteración 5. También podemos verificar, en la primera tabla, que los 155 comedores fueron asignados, y en la tabla 2, que la desviación de las asignaciones es baja, 1.6.

En la Figura 50 se muestra, también, un gráfico con C promedio de 404.20 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a C promedio, demostrando que la carga laboral de los 6 camiones fue nivelada.

Figura 50

Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha baja - propuesta 1



11.B.2 Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha baja

Figura 51

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha baja - Macros

DATOS INICIALES

Época	COSECHA BAJA
--------------	--------------

Total de R*p	2425.215
---------------------	----------

Clústeres K	6	22.14
--------------------	---	-------

Tolerancia

Carga prom. C	404.20	406	<800
----------------------	--------	-----	------

Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	155	14	33	47	88	103	148

Iteración	Limpiar	Actualizar gráfico
-----------	---------	--------------------

Figura 52

Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha baja - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES							
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	155	22	44	66	88	110	132
Iteración 1	155	22	26	56	86	76	148
Iteración 2	153	14	33	47	88	101	140
Iteración 3	155	14	33	47	82	76	134
Iteración 4	155	14	33	47	88	103	148
Iteración 5	155	14	33	47	82	76	134
Iteración 6	155	14	33	47	88	103	148
Iteración 7	155	14	33	47	82	76	134
Iteración 8							

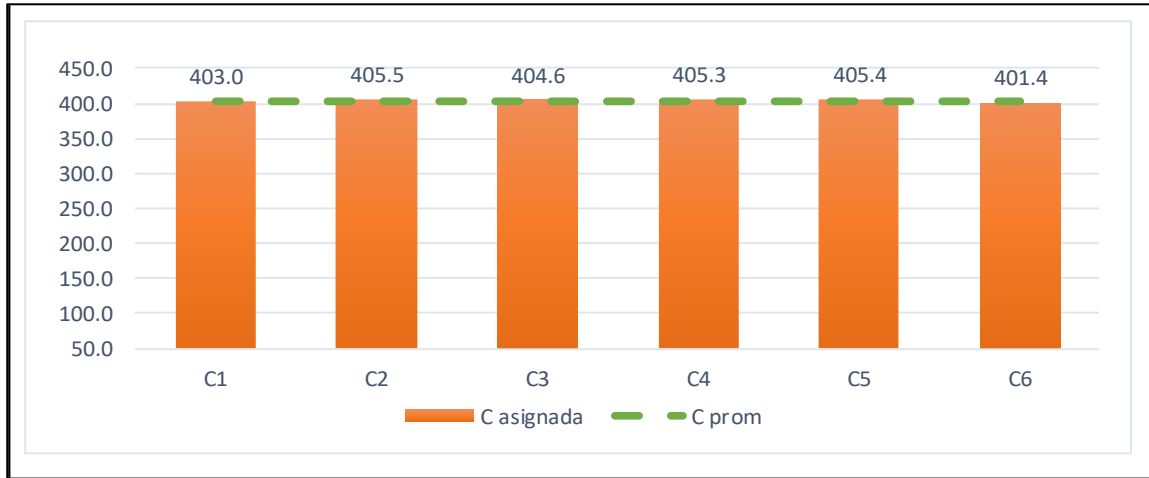
Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	DESVIACIÓN
	404.20							
Iteración 1	404.20	403.19	405.40	401.25	405.33	405.97	404.07	1.76455176
Iteración 2	403.60	404.99	405.52	396.07	405.42	404.7	404.93	3.70628054
Iteración 3	404.20	402.98	405.47	404.64	405.43	404.82	401.88	1.45528027
Iteración 4	404.20	402.98	405.47	405.40	402.74	405.93	402.7	1.54398774
Iteración 5	404.20	402.98	405.47	404.64	405.33	405.37	401.41	1.65631847
Iteración 6	404.20	402.98	405.47	405.40	402.74	405.93	402.7	1.54398774
Iteración 7	404.20	402.98	405.47	404.64	405.33	405.37	401.41	1.65631847
Iteración 8								

En la Figura 52 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 2 para la época de cosecha baja. En este caso se detuvo en la Iteración 7 porque los centroides resultantes fueron los mismos en la Iteración 3 y en la Iteración 5. También podemos verificar, en la primera tabla, que los 155 comedores fueron asignados, y en la tabla 2, que la desviación es baja, 1.65.

En la Figura 53 se muestra, también, un gráfico con C promedio de 404.20 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a C promedio, demostrando que la carga laboral de los 6 camiones fue nivelada.

Figura 53

Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha baja - propuesta 2



ÉPOCA DE COSECHA ALTA

11.C Resultados de las iteraciones (ÉPOCA DE COSECHA ALTA)

11.C.1 Resultados de las iteraciones de la propuesta 1

Figura 54

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha alta - Macros

DATOS INICIALES

Época	COSECHA ALTA		
Total de R*p	6575.139		
Clústeres K	9	15.5	
		Tolerancia	
Carga prom. C	730.57	740	<800

Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	155	14	24	47	56	96	101	85	130	147

Iteración	Limpiar	Actualizar gráfico
-----------	---------	--------------------

Figura 55

Resultados de las iteraciones de la propuesta 1 en época de cosecha alta - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES										
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	155	11	30	47	62	89	98	116	130	148
Iteración 1	154	14	24	47	56	90	101	115	130	147
Iteración 2	152	14	24	47	71	85	98	116	130	149
Iteración 3	154	14	24	47	62	82	101	56	130	147
Iteración 4	154	14	24	47	62	89	101	116	136	149
Iteración 5	155	14	24	47	56	90	101	78	134	147
Iteración 6	155	14	24	47	56	96	101	78	130	149
Iteración 7	154	14	24	47	56	96	101	85	130	147
Iteración 8	155	14	24	47	56	96	101	85	134	149

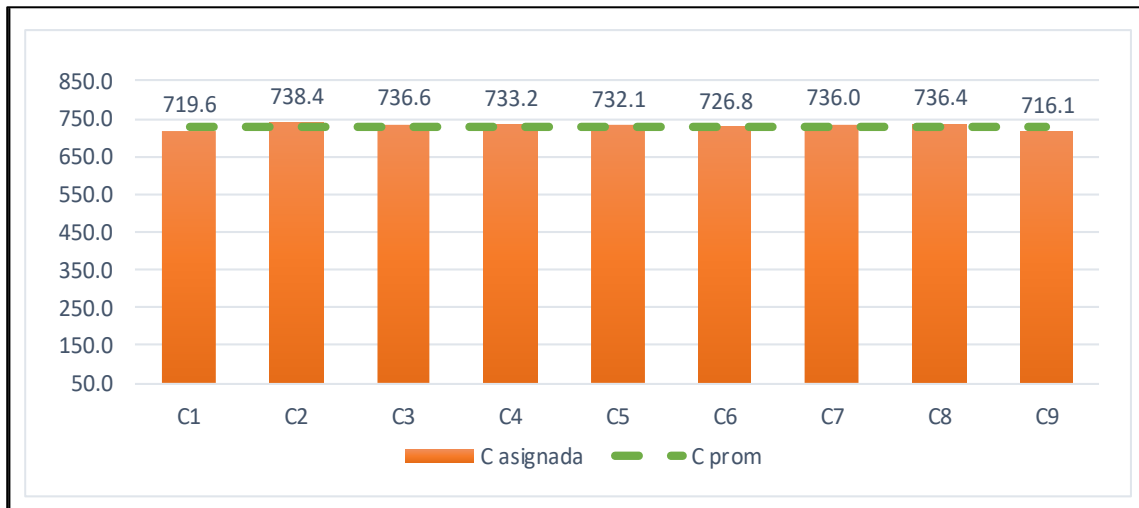
Carga asignada C	C prom.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	DESVIACIÓN
	730.57										
Iteración 1	726.66	719.63	738.43	736.55	733.86	733.39	681.39	738.81	727.41	730.44	18.0101308
Iteración 2	707.33	719.63	738.43	730.06	734.61	729.59	610.16	737.31	738.55	627.59	50.6816185
Iteración 3	726.71	719.63	738.43	736.55	739.89	737.79	670.78	738.99	738.21	720.15	22.4587222
Iteración 4	726.71	719.63	738.43	736.55	724.06	734.7	701.64	738.37	738.49	708.54	14.0922481
Iteración 5	730.57	719.63	738.43	736.55	733.86	735.98	715.96	739.46	730.74	724.52	8.56341511
Iteración 6	730.57	719.63	738.43	736.55	733.16	736.45	735.96	737.23	721.66	716.06	8.81623718
Iteración 7	726.71	719.63	738.43	736.55	733.16	739.63	678.07	736.57	738.21	720.15	19.7836311
Iteración 8	730.57	719.63	738.43	736.55	733.16	732.1	726.81	735.98	736.4	716.06	8.01651889

En la Figura 55 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 1 para la época de cosecha alta. En este caso se detuvo en la Iteración 8 porque los 155 comedores fueron asignados y 7 centroides resultantes fueron los mismos en la Iteración 7. Además, en la segunda tabla, podemos ver que la desviación bajó a 8.01.

En la Figura 56 se muestra, también, un gráfico con C promedio de 730.57 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a C promedio, demostrando que la carga laboral de los 9 camiones fue nivelada.

Figura 56

Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha alta - propuesta 1



11.C.2 Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha alta

Figura 57

Datos iniciales para las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha alta - Macros

DATOS INICIALES

Época	COSECHA ALTA		
Total de R*p	6575.139		
Clústeres K	9	15.5	Tolerancia
Carga prom. C	730.57	740	<800

Centroides Iniciales	N°com.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	155	14	30	43	62	51	77	103	134	148

Iteración

Limpiar

Actualizar gráfico

Figura 58

Resultados de las iteraciones de la propuesta 2 en época de cosecha alta - Macros

RESULTADOS DE LAS ITERACIONES										
Centroides	N° com	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	155	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Iteración 1	150	14	30	43	57	86	95	98	137	148
Iteración 2	148	14	24	43	62	82	87	98	136	148
Iteración 3	155	14	24	43	62	51	85	101	130	149
Iteración 4	155	14	30	43	62	51	77	103	134	148
Iteración 5	155	14	24	43	62	51	85	101	134	149
Iteración 6										
Iteración 7										
Iteración 8										

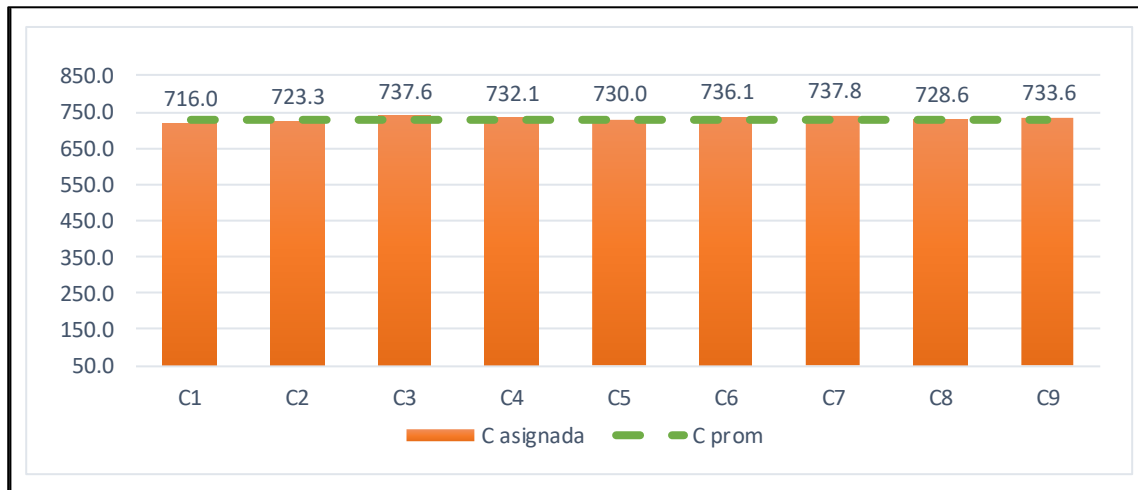
Carga asignada C	R*p prom	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	DESVIACIÓN
	730.57										
Iteración 1	703.74	716.03	721.61	735.06	730.15	737.42	725.45	489.93	738.37	739.64	80.5909375
Iteración 2	702.43	716.03	723.31	737.63	730.44	736.03	734.64	471.08	738.34	734.4	87.0680843
Iteración 3	730.57	716.03	733.77	739.63	731.79	738.79	739.33	739.67	734.49	701.64	13.1559059
Iteración 4	730.57	716.03	733.77	733.06	735.25	735.46	738.43	739.39	739.79	703.98	12.274808
Iteración 5	730.57	716.03	723.31	737.63	732.08	730	736.05	737.8	728.62	733.61	7.1767035
Iteración 6											
Iteración 7											
Iteración 8											

En la Figura 58 se muestran los resultados de las iteraciones de la propuesta 2 para la época de cosecha alta. En este caso, se detuvo en la Iteración 5 porque los centroides resultantes fueron los mismos que en la Iteración 3, y los 155 comedores fueron. Además, en la segunda tabla, podemos ver que la desviación bajó a 7.17.

En la Figura 59 se muestra, también, un gráfico con **C** promedio de 730.57 y las cargas asignadas a cada clúster son cercanas a **C** promedio, demostrando que la carga laboral de los 9 camiones fue nivelada.

Figura 59

Gráfico de cargas asignadas en época de cosecha alta - propuesta 2



5.2.1.3 Evaluación de las propuestas

Una vez obtenido los resultados de las iteraciones realizadas con la macro para las 2 propuestas de cada época, se realiza una valoración de la situación actual y de los resultados de las 2 propuestas, para decidir la propuesta ganadora.

La evaluación se realizará teniendo en cuenta los 2 siguientes criterios:

- 1. Desviación de las cantidades de almuerzos recibidos por camión durante la época (para verificar el grado de nivelación de carga laboral)**

Para verificar el grado de desnivelación (desigualdad de distribución) de la carga laboral de los camiones se calculó la desviación de las cantidades totales de almuerzos recibidos por cada camión durante la época evaluada.

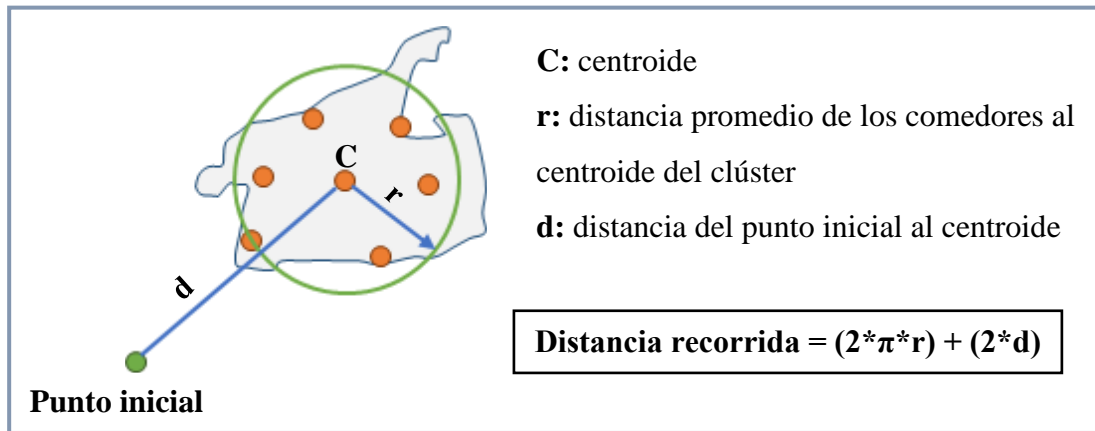
- 2. Distancia recorrida por camión durante la época**

Para calcular la distancia recorrida por camión, se ideó la siguiente aproximación que considera dos sumandos:

- El primer sumando es la distancia para llegar desde el punto inicial (entrada del fundo) hasta el centroide del clúster asignado a ese camión, lo cual se multiplica por 2 para considerar la distancia de regreso.
- El segundo sumando es la distancia para recorrer todos los comedores de ese clúster, para ello se asume que los comedores forman un círculo cuyo centro es el centroide y cuyo radio es la distancia promedio de los comedores al centroide del clúster; por lo tanto, de esta forma este sumando es la distancia recorrida por el perímetro del círculo.

Figura 60

Cálculo de la distancia recorrida por camión



Para obtener una valoración global de cada alternativa tomando en cuenta ambos criterios, se le dio a cada uno un peso, tal como se muestra en la Tabla 86.

Tabla 86

Pesos por criterios para valoración de propuestas

Criterios	Pesos
Desviación de almuerzos recibidos	0.3
Distancia recorrida (m)	0.7

La alternativa ganadora es aquella que tiene menor valor global, dado que se desea reducir los valores de estos criterios.

A continuación, se muestran los resultados de cada criterio evaluado y determinación de la mejor alternativa o propuesta por época.

CÁLCULO DE LOS CRITERIOS POR CADA ÉPOCA.

Se muestran los valores del criterio de desviación de la cantidad de almuerzos y de las distancias recorridas por camión, para finalmente, ponderar ambos criterios y seleccionar la mejor propuesta. Estos cálculos se presentan por cada época.

ÉPOCA DE PODA

5.1.3.1.A Desviación de la cantidad de almuerzos recibidos por camión (ÉPOCA DE PODA)

Se evalúa este criterio para la situación actual y para las 2 propuestas:

5.1.3.1.A.1 Desviación de almuerzos por camión de la situación actual en época de poda

La Figura 61 muestra los almuerzos recibidos, durante la época de poda, por los 6 camiones que actualmente se usan en el proceso de reparto de almuerzos.

Figura 61

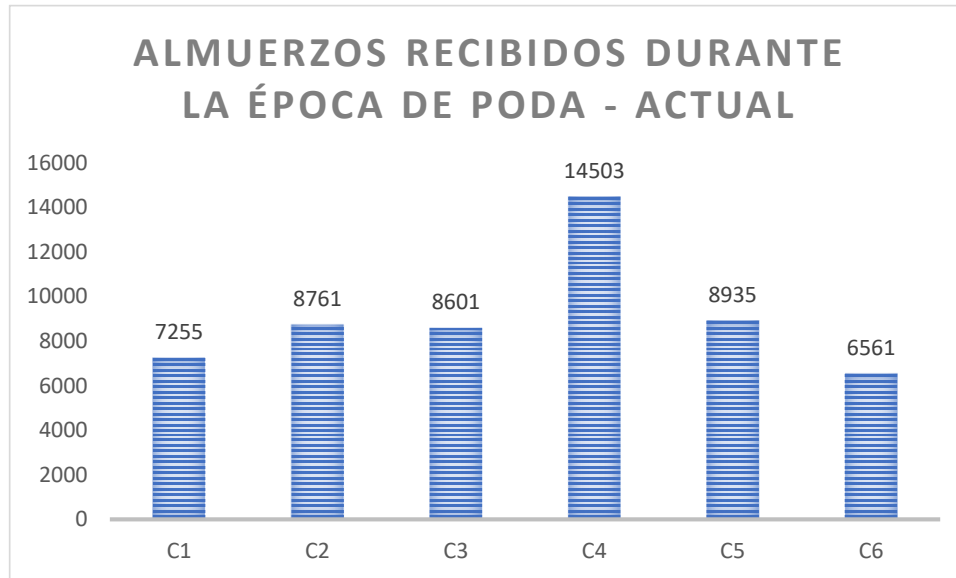
Almuerzos recibidos por los 6 camiones actuales en época de poda

CAMIONES	ÉPOCA DE PODA - ACTUAL				ALMUERZOS	Alm. x día
	Marzo	Abril	Mayo	Junio		
C1	2648	1653	1445	1509	7255	69.76
C2	3914	1754	1705	1388	8761	84.24
C3	3053	2345	1894	1309	8601	82.70
C4	6094	4113	2333	1963	14503	139.45
C5	3891	1450	2342	1252	8935	85.91
C6	1912	1222	1823	1604	6561	63.09
Cant. Alm. x Mes	21512	12537	11542	9025	54616	
					2808.3	DESVIACIÓN

La Figura 62 muestra que la cantidad de almuerzos recibidos por cada camión es muy variable, el camión 4 recibe cerca de 14,000 almuerzos y el camión 6 cerca de 6,000.

Figura 62

Almuerzos recibidos por los 6 camiones actuales en época de poda



5.1.3.1.A.2 Almuerzos recibidos por camión de la propuesta 1 en época de poda

La Figura 63 muestra los almuerzos recibidos, durante la época de poda, por los 4 camiones resultados de la propuesta 1.

Figura 63

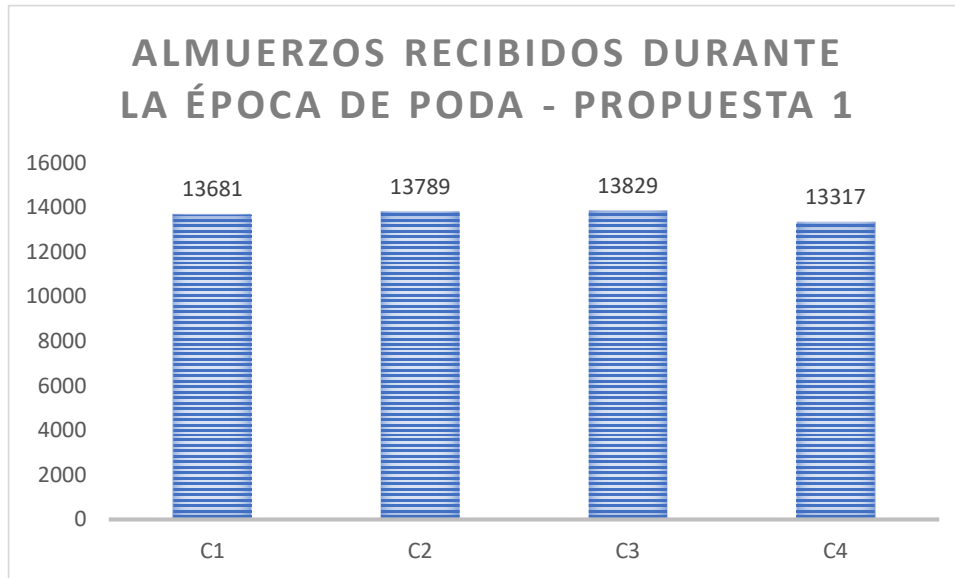
Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 1 en época de poda

CAMIONES	ÉPOCA DE PODA - PROPUESTA 1				ALMUERZOS	Alm x día
	Marzo	Abril	Mayo	Junio		
C1	5340	2668	2675	2998	13681	131.55
C2	5492	4069	2760	1468	13789	132.59
C3	5623	2933	3048	2225	13829	132.97
C4	5057	2867	3059	2334	13317	128.05
Cant Alm x Mes	21512	12537	11542	9025	54616	
					233.2	DESVIACIÓN

La Figura 64 muestra que la cantidad de almuerzos recibidos por los 4 camiones está nivelada, los 4 reciben alrededor de 13,000 almuerzos.

Figura 64

Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 1 en época de poda



5.1.3.1.A.3 Almuerzos recibidos por camión de la propuesta 2 en época de poda

La Figura 65 muestra los almuerzos recibidos, durante la época de poda, por los 4 camiones resultados de la propuesta 2.

Figura 65

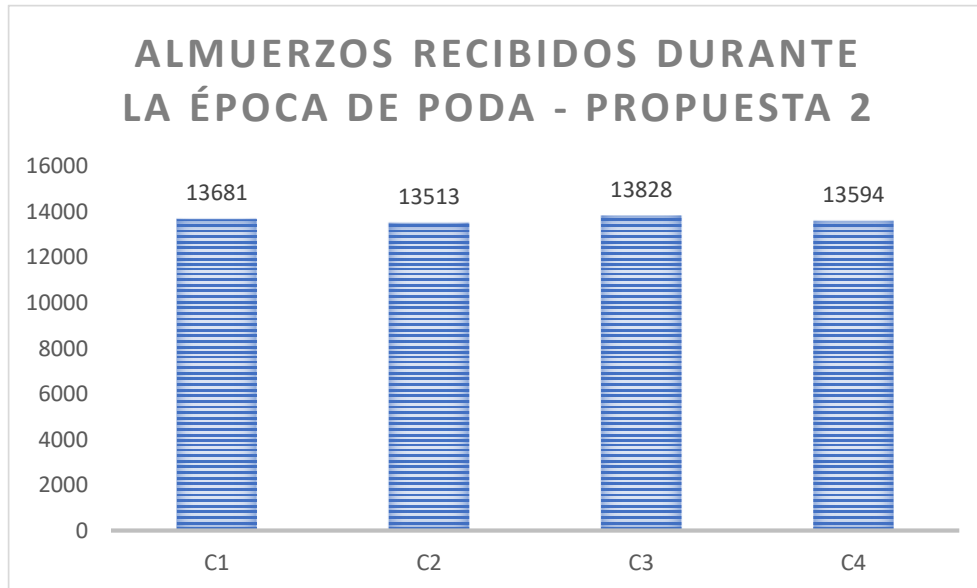
Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de poda

CAMIONES	ÉPOCA DE PODA - PROPUESTA 2				ALMUERZOS	Alm x día
	Marzo	Abril	Mayo	Junio		
C1	5340	2668	2675	2998	13681	131.55
C2	5650	3726	2725	1412	13513	129.93
C3	5168	2656	3557	2447	13828	132.96
C4	5354	3487	2585	2168	13594	130.71
Cant Alm x Mes	21512	12537	11542	9025	54616	
					134.8	DESVIACIÓN

La Figura 66 muestra que la cantidad de almuerzos recibidos por los 4 camiones está nivelada, los 4 reciben alrededor de 13,600 almuerzos.

Figura 66

Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de poda



5.1.3.2.A Distancia recorrida por camión (ÉPOCA DE PODA)

5.1.3.2.A.1 Distancia recorrida por camión de la situación actual en época de poda

En la Figura 67 se observa que, actualmente, los 6 camiones recorren 253,255 metros.

Figura 67

Distancia total recorrida en época de poda – actual

		ÉPOCA DE PODA - ACTUAL						
		CLÚSTER 1	CLÚSTER 2	CLÚSTER 3	CLÚSTER 4	CLÚSTER 5	CLÚSTER 6	
CENTROIDES		11	36	62	82	101	140	
Com 1 - ARM01		001011	001036	001062	001082	001101	001140	
1		1964	5866	10111	12578	19659	13238	
DIST DEL PUNTO INICIAL AL CENT	450.092	2414	6316	10561	13028	20109	13688	
RADIO PROMEDIO DEL CLÚSTER		1022	1138	1031	1377	2142	12551	
PERÍMETRO DEL CÍRCULO		6424	7151	6480	8653	13457	78858	
DISTANCIA RECORRIDA (m)	metros al día	11252	19783	27602	34709	53675	106233	Total: 253255

5.1.3.2.A.2 Distancia recorrida por camión de la propuesta 1 en época de poda

En la Figura 68 se observa que los 4 camiones de la propuesta 1 recorren 138,094 metros, menos de lo que se recorre actualmente.

Figura 68

Distancia total recorrida en época de poda – propuesta 1

		ÉPOCA DE PODA - PROPUESTA 1				
		CLÚSTER 1	CLÚSTER 2	CLÚSTER 3	CLÚSTER 4	
	CENTROIDES	23	67	115	138	
	Com 1 - ARM01	001023	001067	001115	001138	
	1	3463	10034	8566	11489	
DIST DEL PUNTO INICIAL AL CENT	450.092	3913	10484	9016	11939	
RADIO PROMEDIO DEL CLÚSTER		2319	2532	3007	2868	
PERÍMETRO DEL CÍRCULO		14568	15909	18891	18022	
DISTANCIA RECORRIDA (m)		22395	36877	36924	41899	Total: 138094

5.1.3.2.A.3 Distancia recorrida por camión de la propuesta 1 en época de poda

En la Figura 69 se observa que los 4 camiones de la propuesta 2 recorren 155,072 metros, menos de lo que se recorre actualmente.

Figura 69

Distancia total recorrida en época de poda – propuesta 2

		ÉPOCA DE PODA - PROPUESTA 2				
		CLÚSTER 1	CLÚSTER 2	CLÚSTER 3	CLÚSTER 4	
	CENTROIDES	23	67	120	76	
	Com 1 - ARM01	001023	001067	001120	001076	
	1	3463	10034	9665	17283	
DIST DEL PUNTO INICIAL AL CENT	450.092	3913	10484	10115	17733	
RADIO PROMEDIO DEL CLÚSTER		2319	1940	2791	4184	
PERÍMETRO DEL CÍRCULO		14568	12187	17537	26288	
DISTANCIA RECORRIDA (m)		22395	33156	37767	61755	Total: 155072

Resultados de los criterios evaluados para la ÉPOCA DE PODA:

Los resultados de la evaluación de criterios en la situación actual y en las 2 propuestas para la época de poda se muestran en la Tabla 87.

Tabla 87

Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de poda

ÉPOCA DE PODA		
Pesos	0.3	0.7
Criterios	Desviación de alm. recibidos	Distancia recorrida (m)
Actual	2808	253255
Propuesta 1	233	138094
Propuesta 2	135	155072
Promedio	1059	182140

Para conocer la propuesta ganadora, se evalúan los criterios (Tabla 88) teniendo en cuenta los pesos establecidos.

Tabla 88

Criterios evaluados de las propuestas en época de poda

	Desviación de alm. Recibidos	Distancia recorrida (m)	Evaluación Ponderada
Actual	2.65	1.39	1.7690
Propuesta 1	0.22	0.76	0.5968
Propuesta 2	0.13	0.85	0.6342

Con los cálculos realizados, se puede indicar que la propuesta ganadora para la época de poda es la **propuesta 1**.

Las otras épocas se calculan de la misma forma. Aquí se muestran los resultados de su evaluación.

ÉPOCA DE COSECHA BAJA

Resultados de los criterios evaluados para la ÉPOCA DE COSECHA BAJA:

Tabla 89

Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de cosecha baja

ÉPOCA DE COSECHA BAJA		
Pesos	0.3	0.7
Criterios	Desviación de alm. recibidos	Distancia recorrida (m)
Actual	8995	245223
Propuesta 1	215	196149
Propuesta 2	215	196149
Promedio	3142	212507

Para conocer la propuesta ganadora se evalúan los criterios en la Tabla 90, teniendo en cuenta los pesos establecidos.

Tabla 90

Criterios evaluados de las propuestas en época de cosecha baja

	Desviación de alm. recibidos	Distancia recorrida (m)	Evaluación Ponderada
Actual	2.86	1.15	1.6667
Propuesta 1	0.07	0.92	0.6666
Propuesta 2	0.07	0.92	0.6666

Con los cálculos realizados se puede indicar que la propuesta ganadora para la época de cosecha baja puede ser la **propuesta 1 o 2**, ambos obtuvieron el mismo resultado.

ÉPOCA DE COSECHA ALTA

Resultados de los criterios evaluados para la ÉPOCA DE COSECHA BAJA:

Tabla 91

Resumen de los criterios para la valoración de propuestas de la época de cosecha alta

ÉPOCA DE COSECHA ALTA		
Pesos	0.3	0.7
Criterios	Desviación de alm. recibidos	Distancia recorrida (m)
Actual	15930	245223
Propuesta 1	633	289854
Propuesta 2	567	270867
PROMEDIO	5710	268648

Para conocer la propuesta ganadora se evalúan los criterios en la Tabla 92, teniendo en cuenta los pesos establecidos.

Tabla 92

Criterios normalizados de las propuestas en época de cosecha alta

	Desviación de alm. recibidos	Distancia recorrida (m)	Evaluación Ponderada
Actual	2.79	0.91	1.4759
Propuesta 1	0.11	1.08	0.7885
Propuesta 2	0.10	1.01	0.7356

Con los cálculos realizados se puede indicar que la propuesta ganadora para la época de cosecha alta es la **propuesta 2**.

5.2.1.4 Resultados: PROGRAMA DE REPARTO

A continuación, se muestran las propuestas ganadoras y la cantidad de clústeres por cada época.

Tabla 93

Propuesta ganadora para la época de poda

	ÉPOCA DE PODA
Propuesta ganadora	1
Clústeres y camiones	4

Tabla 94

Propuesta ganadora para la época de cosecha baja

	ÉPOCA COSECHA BAJA
Propuesta ganadora	1
Clústeres y camiones	6

Tabla 95

Propuesta ganadora para la época de cosecha alta

	COSECHA ALTA
Propuesta ganadora	2
Clústeres y camiones	9

A continuación, se muestra la lista de comedores que cada camión y grupo repartidor debe atender por época (Figura 70).

5.1.4.A Programa de Reparto para la ÉPOCA DE PODA

Figura 70

Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de poda

Camión 1	
1	ARM01-01
2	ARM01-02
3	ARM01-03
4	ARM01-04
5	ARM01-05
6	ARM01-06
7	ARM01-07
8	ARM01-08
9	ARM01-09
10	ARM01-10
11	ARM02-01
12	ARM02-02
13	ARM02-03
14	ARM02-04
15	ARM02-05
16	ARM02-06
17	ARM02-07
18	ARM02-08
19	ARM02-09
20	ARM02-10
21	ARM02-11
22	ARM02-12
23	ARM02-13
24	ARM03-01
25	ARM03-02
26	ARM03-03
27	ARM03-04
28	ARM03-05
29	ARM03-06
30	ARM03-07
31	ARM03-08
32	ARM03-09
33	ARM03-10
34	ARM03-11
35	ARM03-12
36	ARM03-13
37	ARM03-14
38	ARM03-15
39	ARM03-16
47	SLU01-01
48	SLU01-02
49	SLU01-03
50	SLU01-04
51	SLU01-05
52	SLU01-06

Camión 2	
40	ARM04-01
41	ARM04-02
43	ARM04-04
44	ARM04-05
45	ARM04-06
46	ARM04-07
53	SLU01-07
54	SLU01-08
55	TUMI-01
56	TUMI-02
57	TUMI-03
58	TUMI-04
59	TUMI-05
60	TUMI-06
61	TUMI-07
62	TUMI-08
63	TUMI-09
64	TUMI-10
65	TUMI-11
66	TUMI-12
67	TUMI-13
68	TUMI-14
69	TUMI-15
70	TUMI-16
71	TUMI-17
72	TUMI-18
81	ESP02-05
82	ESP02-06
84	ESP02-08
88	ESP02-12
89	ESP02-13
90	ESP02-14
92	ESP02-16
93	ESP02-17
94	ESP02-18
96	ESP02-20
97	ESP02-21

Camión 3	
42	ARM04-03
73	ESP01-01
74	ESP01-02
75	ESP01-03
76	ESP01-04
77	ESP02-01
78	ESP02-02
79	ESP02-03
80	ESP02-04
83	ESP02-07
85	ESP02-09
86	ESP02-10
87	ESP02-11
99	ESP03-02
100	ESP03-03
101	ESP03-04
102	ESP03-05
103	ESP03-06
104	ESP03-07
106	ESP03-09
110	ESP03-13
111	ESP03-14
112	ESP03-15
114	ILU01-01
115	ILU01-02
116	ILU01-03
117	ILU01-04
118	ILU01-05
119	ILU02-01
120	ILU02-02
131	REM01-11
134	REM01-14
155	REM02-17

Camión 4	
91	ESP02-15
95	ESP02-19
98	ESP03-01
105	ESP03-08
107	ESP03-10
108	ESP03-11
109	ESP03-12
113	ESP03-16
121	REM01-01
122	REM01-02
123	REM01-03
124	REM01-04
125	REM01-05
126	REM01-06
127	REM01-07
128	REM01-08
129	REM01-09
130	REM01-10
132	REM01-12
133	REM01-13
135	REM01-15
136	REM01-16
137	REM01-17
138	REM01-18
139	REM02-01
140	REM02-02
141	REM02-03
142	REM02-04
143	REM02-05
144	REM02-06
145	REM02-07
146	REM02-08
147	REM02-09
148	REM02-10
149	REM02-11
150	REM02-12
151	REM02-13
152	REM02-14
153	REM02-15
154	REM02-16

En la Figura 71 se muestra la asignación de comedores a los 6 camiones actuales en época de poda, y en la Figura 72, la asignación a los 4 camiones de la propuesta ganadora.

Figura 71

Distribución de comedores a los 6 camiones actuales en época de poda

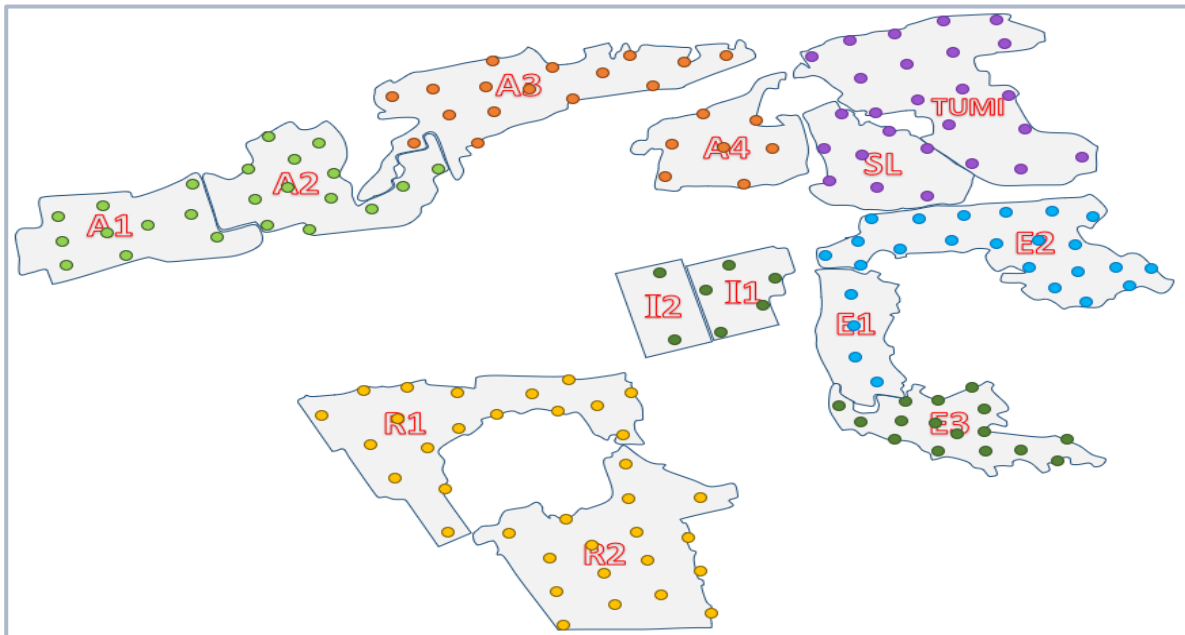
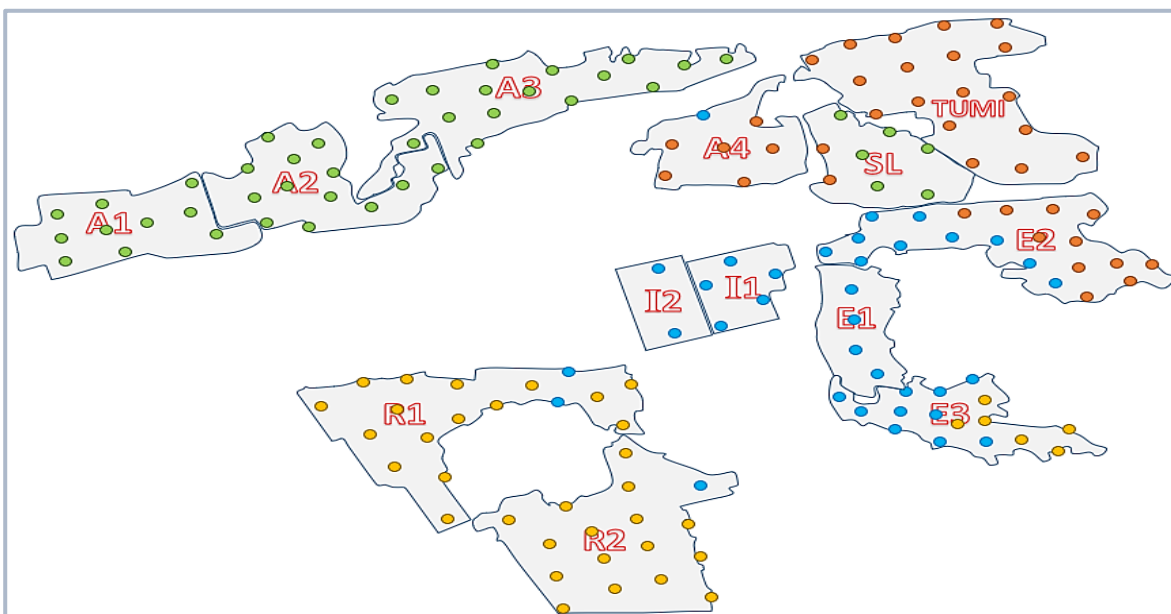


Figura 72

Distribución de comedores a los 4 camiones de la propuesta ganadora en época de poda



5.1.4.B Programa de Reparto para la ÉPOCA DE COSECHA BAJA

Figura 73

Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de cosecha baja

Camión 1		Camión 2		Camión 3		Camión 4		Camión 5		Camión 6	
2	ARM01-02	1	ARM01-01	40	ARM04-01	73	ESP01-01	74	ESP01-02	114	ILU01-01
7	ARM01-07	3	ARM01-03	41	ARM04-02	77	ESP02-01	75	ESP01-03	118	ILU01-05
8	ARM01-08	4	ARM01-04	43	ARM04-04	78	ESP02-02	76	ESP01-04	119	ILU02-01
9	ARM01-09	5	ARM01-05	44	ARM04-05	79	ESP02-03	98	ESP03-01	120	ILU02-02
10	ARM01-10	6	ARM01-06	45	ARM04-06	80	ESP02-04	99	ESP03-02	121	REM01-01
11	ARM02-01	24	ARM03-01	47	SLU01-01	81	ESP02-05	100	ESP03-03	122	REM01-02
12	ARM02-02	25	ARM03-02	48	SLU01-02	82	ESP02-06	101	ESP03-04	123	REM01-03
13	ARM02-03	26	ARM03-03	49	SLU01-03	83	ESP02-07	102	ESP03-05	124	REM01-04
14	ARM02-04	27	ARM03-04	50	SLU01-04	84	ESP02-08	103	ESP03-06	126	REM01-06
15	ARM02-05	28	ARM03-05	51	SLU01-05	87	ESP02-11	104	ESP03-07	127	REM01-07
16	ARM02-06	29	ARM03-06	52	SLU01-06	90	ESP02-14	105	ESP03-08	128	REM01-08
17	ARM02-07	30	ARM03-07	53	SLU01-07	92	ESP02-16	106	ESP03-09	129	REM01-09
18	ARM02-08	31	ARM03-08	54	SLU01-08	93	ESP02-17	107	ESP03-10	130	REM01-10
19	ARM02-09	32	ARM03-09	55	TUMI-01	94	ESP02-18	108	ESP03-11	131	REM01-11
20	ARM02-10	33	ARM03-10	57	TUMI-03	95	ESP02-19	109	ESP03-12	132	REM01-12
21	ARM02-11	34	ARM03-11	58	TUMI-04	96	ESP02-20	110	ESP03-13	133	REM01-13
22	ARM02-12	35	ARM03-12	61	TUMI-07	97	ESP02-21	111	ESP03-14	134	REM01-14
23	ARM02-13	36	ARM03-13	62	TUMI-08	99	ESP03-02	112	ESP03-15	135	REM01-15
		37	ARM03-14	63	TUMI-09	101	ESP03-04	113	ESP03-16	136	REM01-16
		38	ARM03-15	65	TUMI-11	102	ESP03-05	114	REM02-02	137	REM01-17
		39	ARM03-16	66	TUMI-12	103	ESP03-06	140	REM02-03	138	REM01-18
		42	ARM04-03	67	TUMI-13	104	ESP03-07	141	REM02-04	139	REM02-01
		46	ARM04-07	68	TUMI-14	105	ESP03-08	142	REM02-05	145	REM02-07
		56	TUMI-02	69	TUMI-15	106	ESP03-09	143	REM02-06	146	REM02-08
		59	TUMI-05	70	TUMI-16	107	ESP03-10	144	REM02-09	150	REM02-12
		60	TUMI-06	71	TUMI-17	108	ESP03-11	147	REM02-10	151	REM02-13
		64	TUMI-10	72	TUMI-18	109	ESP03-12	148	REM02-11	152	REM02-14
				85	ESP02-09	111	ESP03-14	149	REM02-12	153	REM02-15
				86	ESP02-10	115	ILU01-02	155	REM02-17	154	REM02-16
				88	ESP02-12	116	ILU01-03				
				89	ESP02-13	117	ILU01-04				
				91	ESP02-15						
				125	REM01-05						

5.1.4.C Programa de Reparto para la ÉPOCA DE COSECHA ALTA

Figura 74

Clústeres finales para el Programa de Reparto en época de cosecha alta

Camión 1		Camión 2		Camión 3		Camión 4		Camión 5		Camión 6		Camión 7		Camión 8		Camión 9	
2	ARM01-02	1	ARM01-01	36	ARM03-13	55	TUMI-01	47	SLU01-01	73	ESP01-01	75	ESP01-03	107	ESP03-10	125	REM01-05
7	ARM01-07	3	ARM01-03	37	ARM03-14	56	TUMI-02	48	SLU01-02	74	ESP01-02	76	ESP01-04	108	ESP03-11	139	REM02-01
8	ARM01-08	4	ARM01-04	38	ARM03-15	57	TUMI-03	49	SLU01-03	77	ESP02-01	83	ESP02-07	118	ILU01-05	140	REM02-02
10	ARM01-10	5	ARM01-05	39	ARM03-16	58	TUMI-04	50	SLU01-04	79	ESP02-03	90	ESP02-14	120	ILU02-02	141	REM02-03
11	ARM02-01	6	ARM01-06	40	ARM04-01	60	TUMI-06	51	SLU01-05	80	ESP02-04	92	ESP02-16	121	REM01-01	142	REM02-04
12	ARM02-02	9	ARM01-09	41	ARM04-02	61	TUMI-07	52	SLU01-06	81	ESP02-05	94	ESP02-18	122	REM01-02	143	REM02-05
13	ARM02-03	23	ARM02-13	43	ARM04-04	62	TUMI-08	53	SLU01-07	82	ESP02-06	98	ESP03-01	123	REM01-03	144	REM02-06
14	ARM02-04	24	ARM03-01	44	ARM04-05	63	TUMI-09	54	SLU01-08	84	ESP02-08	99	ESP03-02	124	REM01-04	145	REM02-07
15	ARM02-05	25	ARM03-02	45	ARM04-06	64	TUMI-10	55	SLU01-09	85	ESP02-09	100	ESP03-03	126	REM01-06	146	REM02-08
16	ARM02-06	26	ARM03-03	46	ARM04-07	65	TUMI-11	56	SLU01-10	88	ESP02-12	101	ESP03-04	127	REM01-07	149	REM02-11
17	ARM02-07	27	ARM03-04	49	ARM04-09	66	TUMI-12	57	TUMI-16	89	ESP02-13	102	ESP03-05	128	REM01-08	150	REM02-12
18	ARM02-08	28	ARM03-05	59	TUMI-05	67	TUMI-13	58	ESP02-02	91	ESP02-15	103	ESP03-06	129	REM01-09	151	REM02-13
19	ARM02-09	29	ARM03-06	115	ILU01-02	68	TUMI-14	78	ESP02-10	93	ESP02-17	104	ESP03-07	130	REM01-10	152	REM02-14
20	ARM02-10	30	ARM03-07			69	TUMI-15	86	ESP02-10	95	ESP02-19	105	ESP03-08	132	REM01-12	153	REM02-15
21	ARM02-11	31	ARM03-08			71	TUMI-17	95	ESP02-19	114	ILU01-01	106	ESP03-09	133	REM01-13	154	REM02-16
22	ARM02-12	32	ARM03-09			72	TUMI-18	96	ESP02-20	119	ILU02-01	109	ESP03-12	134	REM01-14	155	REM02-17
		33	ARM03-10			87	ESP02-11					110	ESP03-13	135	REM01-15		
		34	ARM03-11									111	ESP03-14	136	REM01-16		
		35	ARM03-12									112	ESP03-15	137	REM01-17		
		42	ARM04-03									113	ESP03-16	138	REM01-18		
												131	REM01-11	147	REM02-09		
														148	REM02-10		

5.2.2 Mejora de procesos

Se plantea mejorar el proceso de recepción y entrega de almuerzos, considerando los resultados del Programa de Reparto.

Para realizar la mejora del proceso de reparto de almuerzos primero se debe conocer las actividades del proceso, a continuación, se detalla cómo inicia y finaliza.

5.2.2.1 Proceso actual

El proceso diario inicia alrededor de las 09:00 a.m. cuando el supervisor de reparto de almuerzos entrega a cada grupo repartidor el reporte de los comedores activos y la cantidad de almuerzos por comedor. El personal de reparto, ya ubicado en los 2 acopios, reciben los almuerzos desde las 9:00 a.m. hasta las 10:30 a.m., leen el código de barras de cada almuerzo con el escáner, en caso de que los almuerzos no tengan el código de barras, se digita el DNI del trabajador en el aplicativo el cual arroja la información del comedor donde se encuentra el cosechador, si el DNI buscado no arroja ninguna información, realiza una consulta telefónica al jefe del grupo, si no ubican al cosechador, entonces el almuerzo no es recibido y devuelto al familiar; una vez recibido el almuerzo se ubican en las jabas de acuerdo a la información obtenida. Alrededor de las 10:30 a.m. cuando terminan de recibir todos los almuerzos, se procede a ubicar las jabas dentro de los camiones sin seguir un orden específico, y seguidamente se sale al fundo a repartir. Una vez en el comedor, es necesario bajar las jabas correspondientes a ese comedor; sin embargo, muchas veces se presenta el inconveniente de que esas jabas están ubicadas al fondo del camión y para bajarlas necesitan retirar las otras y posteriormente volverlas a subir; evidentemente, esto genera retrasos en la entrega. Una vez entregados las jabas con los almuerzos al soporte de cosecha y después de capturar el código QR del comedor, el grupo repartidor continúa su ruta al siguiente comedor. Los soportes de cosecha reciben los almuerzos, cuentan y si falta alguno llaman al jefe del grupo

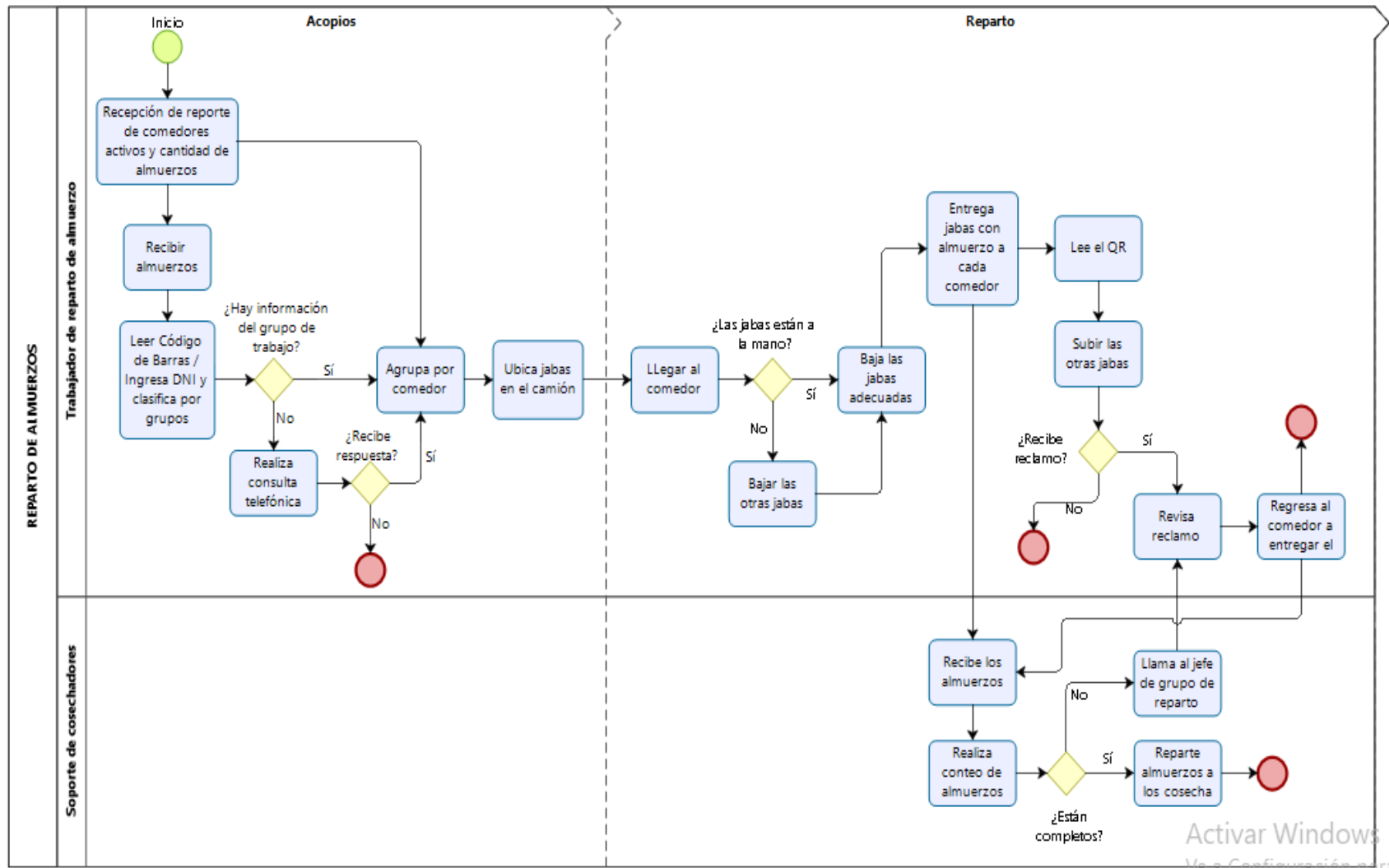
repartidor para realizar el reclamo; este inconveniente también parte de la ubicación de las jabas dentro de los camiones sin un orden específico, debido a que a veces se quedan almuerzos en el camión; al recibir el reclamo, el jefe del grupo revisa el camión para verificar que se quedaron algunos almuerzos y de ser así regresa al comedor a dejarlo; evidentemente, esto también genera retrasos en la entrega, lo que ocasiona el malestar de los cosechadores.

Con esta explicación se realiza el diagrama de flujo con la herramienta de Bizagi, el flujograma se muestra en la Figura 75.

El flujograma consta de 2 fases: recepción de almuerzos en los acopios y el reparto de los mismos. Y tiene como participantes principales al trabajador de reparto y al soporte de cosechadores.

Figura 75

Proceso actual de recepción y entrega de almuerzos



Con las actividades identificadas se procede a realizar la ventana de valor para identificar las actividades que no son necesarias y las que no agregan valor para eliminarlas.

Tabla 96

Matriz de valor aplicada a las actividades del proceso de reparto de almuerzos

		¿Agregan valor?	
		SÍ	NO
¿Es necesario?	SÍ	<p>Maximizar</p> <ul style="list-style-type: none"> -Recepción de reporte de comedores activos y cantidad de almuerzo. -Recibir almuerzos -Leer código de barras / ingresar DNI. -Clasificar por grupos. -Agrupar por comedor. -Ubicar jabas en el camión. -Llegar al comedor. -Bajar las jabas adecuadas. -Entregar jabas con almuerzos a cada comedor. -Leer el QR del comedor atendido. -Recibir los almuerzos. -Realizar conteo de almuerzos. -Repartir almuerzos a los cosechadores. 	<p>Minimizar</p> <ul style="list-style-type: none"> -Realizar consulta telefónica. -Revisar reclamos.
	NO	<p>Crear la necesidad</p>	<p>Eliminar</p> <ul style="list-style-type: none"> -Bajar jabas que no pertenecen al comedor por atender. -Subir las otras jabas. -Presentar reclamos al grupo de reparto. -Revisar reclamos. -Regresar al comedor a entregar el almuerzo extraviado/olvidado.

Con el uso de la ventana de valor, se pudo identificar qué actividades se deben eliminar del proceso para hacerlo más eficiente y así aumentar la satisfacción del cliente, que en este caso son los cosechadores.

Estas actividades innecesarias y que no agregan valor se dan a consecuencia de que los grupos repartidores no tienen el orden de entrega a los comedores y al momento de ordenar las jabas en los camiones lo hacen de acuerdo a su criterio y no en base a un orden establecido. Por ello, se plantea la implementación de un “Formato de Reparto de Almuerzos a Comedores Activos” que reemplazará al reporte diario que entrega el supervisor, la diferencia es que este Formato tendrá la lista de comedores con el orden de atención; de tal forma que cada grupo repartidor pueda ordenar las jabas desde el último comedor a atender hasta el primero, según el orden establecido en el Formato.

El nuevo formato propuesto se basa en los resultados obtenidos en el Programa de Reparto, el cual brinda los comedores en orden a repartir por cada camión (Figura 73 y 74).


A continuación, se detalla más acerca de esta propuesta:

5.2.2.2 Proceso mejorado de recepción y reparto de almuerzos

El Formato de Reparto de Almuerzos a Comedores Activos (Figura 76) tendrá los siguientes datos: la fecha de reparto, la cantidad de comedores activos, la cantidad de grupos, el nombre del jefe de grupo, la cantidad de comedores asignados y la lista con códigos de dichos comedores en orden, de modo tal, que sirva para que el personal ordene las jabas dentro del camión y evite bajar jabas que no corresponden en los comedores que están atendiendo.

Figura 77

Instructivo de trabajo para los grupos repartidores - página 1

	INSTRUCTIVO			PÁGINA
	INSTRUCTIVO PARA EL REPARTO DE ALMUERZOS A LOS COMEDORES ACTIVOS			1 DE 2
CÓDIGO: IT-REP-ALM-COMED-ACT-001		VERSIÓN: 01	APROBACIÓN: 25/01/2023	ACTUALIZACIÓN: 25/01/2023

1. OBJETIVO

Nivelar la carga laboral de los grupos repartidores, optimizar recursos y tiempos de reparto de almuerzos.

2. ALCANCE

A todos los grupos repartidores de almuerzos.

3. RESPONSABLES

- Supervisor de reparto de almuerzos
- Grupos de repartidores

4. DESCRIPCIÓN

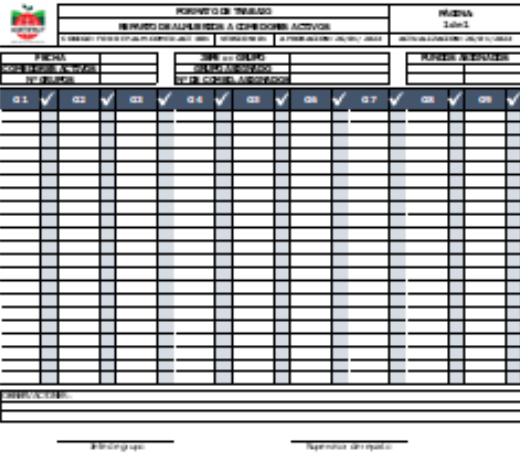

PASO	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA O REFERENCIA
1	Ordenar las jabas de acuerdo con el <i>Formato de Reparto de Almuerzos a Comedores Activos</i> .	
2	Recibir almuerzos y leer código de barras; en caso no tengan el código de barras, buscar con DNI del cosechador, en caso no salga el fundo y comedor llamar al jefe de grupo como última opción de búsqueda.	

Figura 78

Instructivo de trabajo para los grupos repartidores – página 2

INSTRUCTIVO		PÁGINA 2 DE 2
INSTRUCTIVO PARA EL REPARTO DE ALMUERZOS A LOS COMEDORES ACTIVOS		
CÓDIGO: IT-REP-ALM-COMED-ACT-001	VERSIÓN: 01	APROBACIÓN: 25/01/2023
		ACTUALIZACIÓN: 25/01/2023
3	Clasificar los almuerzos de acuerdo con el comedor y fundo donde se ubica el cosechador.	
4	Cargar el camión con las jabas tomando en cuenta el orden de la lista, del último al primero.	
5	Entregar almuerzo al cosechador y capturar código QR del comedor para confirmar entrega de almuerzos.	

5. REGISTROS

NOMBRE DEL REGISTRO	RESPONSABLE DEL REGIS.	TIEMP. MIN. CONSERV	DISPOCIS. FINAL
Formato de Reparto de Almuerzos a Comedores Activos	Supervisor de Reparto de Almuerzos	Último vigente	Eliminación

6. REVISIÓN Y APROBACIÓN

ELABORADO POR	SALCEDO NAVARRO, ROXANA ROCÍO	
APROBADO POR	HURTADO VEGA, ALCÓN	

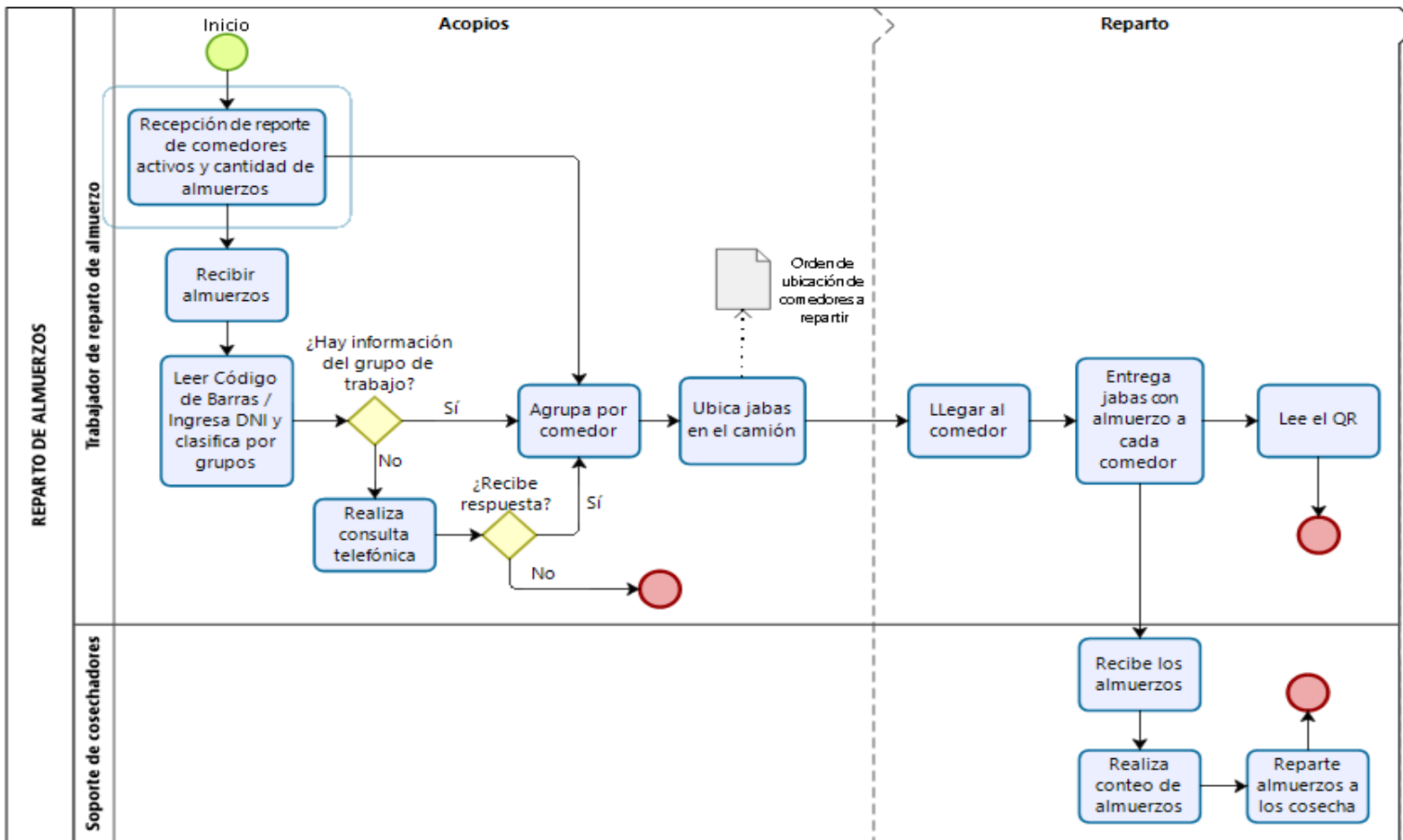
7. CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	CAMBIOS REALIZADOS
01	Versión inicial

A continuación, se muestra el proceso mejorado (Figura 79) sin las actividades que generan retraso en la entrega y reclamos de los trabajadores, los cuales se plantea mejorar con la lista de comedores ordenados desde el primero a atender hasta el último.

Figura 79

Proceso mejorado de recepción y entrega de almuerzos



5.3 Análisis final de los resultados

Con el programa de reparto que incluye las propuestas ganadoras y la mejora del proceso se verifican las siguientes mejoras alineadas a los objetivos específicos:

- Reducción de recursos
- Nivelación de carga laboral
- Reducción de las distancias recorridas
- Incremento del nivel de servicio

A continuación, se muestran los cálculos de cada uno.

5.2.3.1 Reducción de recursos:

Con la propuesta de solución se logra reducir los siguientes recursos:

1. Camiones

2. Personal de reparto

Seguidamente, se muestra la reducción de cada uno:

1. Camiones-mes:

La unidad camión-mes significa el uso o trabajo de un camión durante un mes. Con la propuesta de solución se logra reducir el uso de camiones-mes en un 29.8% anual. En la Tabla 97 se muestra el detalle de la reducción de camiones-mes por épocas.

Tabla 97

Reducción de camiones

						Camión-mes	Reducción anual
Situación Actual	Poda		Cosecha			104	29.8%
	Meses	Camiones	Meses	Camiones			
4	6	8	10				
Programa de Reparto	Poda		Cosecha baja		Cosecha alta		
	Meses	Camiones	Meses	Camiones	Meses	Camiones	
	4	4	5	6	3	9	

2. Personal de reparto: hombre-mes:

La unidad hombre-mes significa el trabajo de un hombre durante un mes. Con la propuesta de solución se logra reducir el personal de reparto en un 29.8% anual. En la Tabla 98 se muestra el detalle de la reducción de personal por épocas.

Tabla 98

Reducción del personal de reparto

							Hombre-mes	Reducción anual
Situación Actual	Personal de reparto	Poda		Cosecha			416	29.8%
		Meses	Cant.	Meses	Cant.			
	Chofer	4	6	8	10			
	Jefe de grupo	4	6	8	10			
Ayudantes	4	12	8	20				
Programa de Reparto	Personal de reparto	Poda		Cosecha Baja		Cosecha Alta		292
		Meses	Cant.	Meses	Cant.	Meses	Cant.	
	Chofer	4	4	5	6	3	9	
	Jefe de grupo	4	4	5	6	3	9	
Ayudantes	4	8	5	12	3	18		

5.2.3.2 Nivelación de carga laboral

Desviación de la cantidad de almuerzos recibidos por camión:

Con la propuesta de solución se logra nivelar la carga laboral de los grupos repartidores, lo cual se refleja en la disminución de la desviación de la cantidad de almuerzos recibidos por camión.

Tabla 99

Reducción de la desviación de la cantidad de almuerzos recibidos por camión

	Situación Actual	Propuesta de Solución	Reducción
Poda	2802	233	91.7%
Cosecha baja	8995	215	97.6%
Cosecha alta	15930	567	96.4%
ANUAL	27727	1015	96.3%

5.2.3.3 Reducción de las distancias recorridas

Distancias recorridas:

Con la propuesta de solución se logra reducir la distancia recorrida de los grupos repartidores.

Tabla 100

Reducción de las distancias recorridas (en metros)

	Situación Actual	Propuesta de Solución	Reducción
Poda	253255	138094	45.5%
Cosecha baja	245223	196149	20.0%
Cosecha alta	245223	270867	-10.5%
ANUAL	743701	605110	18.6%

5.2.3.4 Incremento del nivel de servicio

Tiempo de entrega de almuerzos:

En la Figura 80 se muestra el tiempo promedio de entrega actual y en la Figura 81 el tiempo promedio de entrega con la propuesta de solución.

Figura 80

Hora promedio de entrega de almuerzos de los camiones en cosecha alta - actual

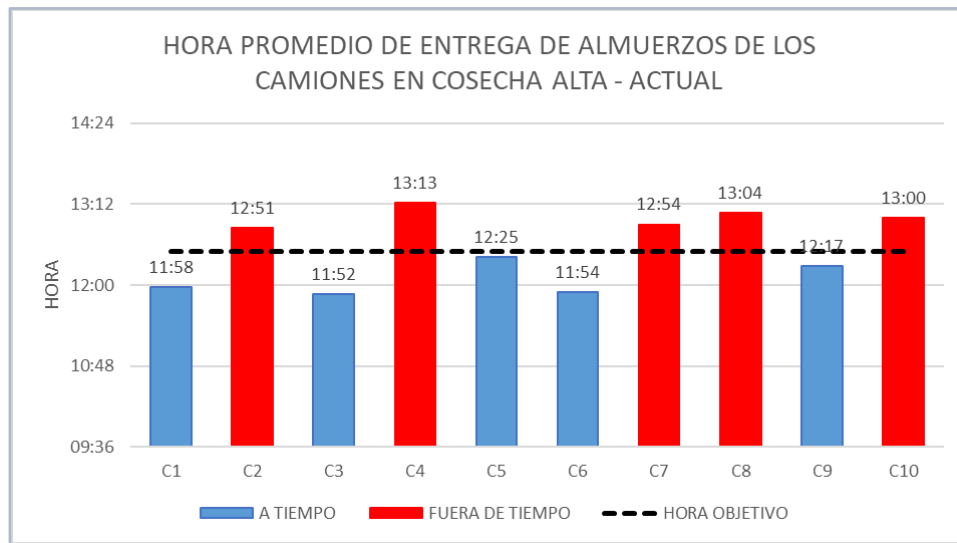
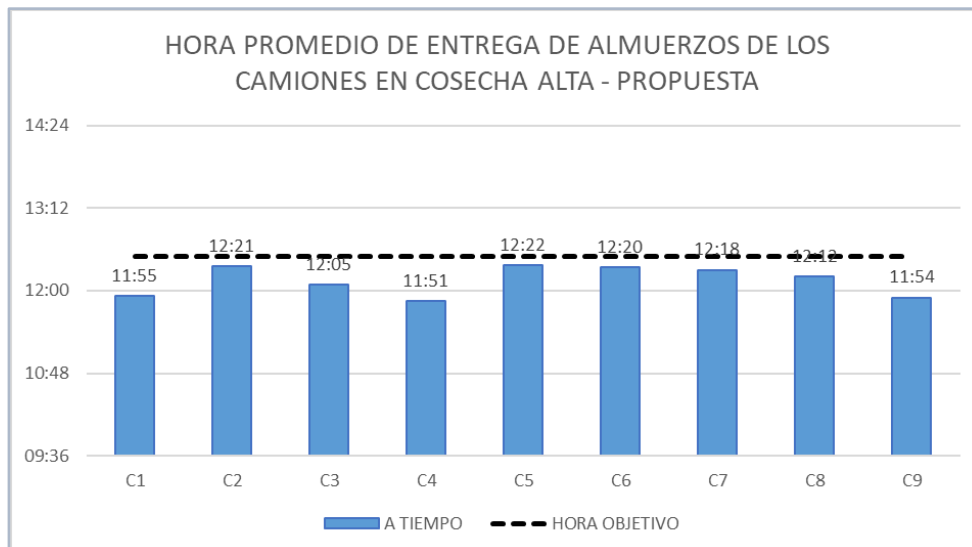


Figura 81

Hora promedio de entrega de almuerzos de los camiones en cosecha alta - propuesta



Con la propuesta de solución se logra que la hora promedio de entrega de almuerzos de los camiones sea menor que la hora objetivo, 12:30 p.m.

Tabla 101

Hora promedio de entrega de almuerzos actual vs. propuesta

	Situación Actual	Propuesta de Solución
Hora promedio de entrega de almuerzos	12:41 p.m.	12:08 p.m.

Con este logro el nivel de servicio del proceso incrementa debido a que se cumple con la hora objetivo de entrega de los almuerzos, lo que impacta directamente en los cosechadores, disminuyendo las quejas por demora en la entrega.

Eliminación de actividades innecesarias:

Con la propuesta de solución se logra eliminar 6 actividades innecesarias y que no agregan valor al proceso; incluso, son las que producen queja de los cosechadores por la demora en la entrega de los almuerzos.

Tabla 102

Eliminación de actividades innecesarias y que no agregan valor

	Situación Actual	Propuesta de Solución	Reducción
Actividades	18	12	33.3%
ANUAL	18	12	33.3%

5.2.3.5 Incremento de la eficiencia del reparto de almuerzos

Finalmente, con el programa de reparto que incluye las propuestas ganadoras y la mejora del proceso se logra incrementar la eficiencia del reparto de almuerzos, que está alineado al objetivo general.

Para calcular la eficiencia del proceso dividimos la cantidad de almuerzos repartidos por camión al año sobre la cantidad esperada de almuerzos repartidos.

La cantidad esperada de almuerzos repartidos es calculada por la cantidad máxima esperada de almuerzos que debe repartir un camión, en este caso son 500 almuerzos, 12 jabas, y multiplicarlo por la cantidad de días de trabajo al año.

En la Tabla 104, se muestra que la eficiencia actual es de 65.5%.

Tabla 103

Total de almuerzos al año y promedio de camiones actual

Época	Cantidad de almuerzos	Total de almuerzos al año	Camiones	Meses	Promedio de camiones
C. Alta	519,399		10	3	
C. Baja	315,244	889,259	10	5	9
Poda	54,616		6	4	

Tabla 104

Eficiencia actual del proceso

		Eficiencia actual
Cantidad actual de almuerzos repartidos por camión al año	102,567.36	
Cantidad esperada de almuerzos repartidos por camión al año	156,500	65.5%

En la Tabla 106, se muestra que la eficiencia con la propuesta de solución incrementa a 93.5%.

Tabla 105

Total de almuerzos al año y promedio de camiones con la propuesta de solución

Época	Cantidad de almuerzos	Total de almuerzos al año	Camiones	Meses	Promedio de camiones
C. Alta	519,399	889,259	9	3	7
C. Baja	315,244		6	5	
Poda	54,616		4	4	

Tabla 106

Eficiencia con la propuesta de solución del proceso

		Eficiencia con la propuesta de solución
Cantidad propuesta de almuerzos repartidos por camión al año	146259.70	93.5%
Cantidad esperada de almuerzos repartidos por camión al año	156500	

Finalmente, se demuestra que la eficiencia del proceso incrementó de 65.5% a 93.5%.

Capítulo VI: Evaluación Económica y Financiera Previa y Posterior a la Implementación de la Solución.

6.1 Reducción de Costos

A continuación, se muestran los costos de los recursos durante un año antes de la propuesta.

Tabla 107

Costos de recursos antes de la propuesta

COSTO DE RECURSOS ANTES DE LA PROPUESTA											
RECURSO	COSTO MENSUAL (SOLES)	ÉPOCA DE COSECHA ALTA			ÉPOCA DE COSECHA BAJA			ÉPOCA DE PODA			COSTO TOTAL ANUAL
		Cantidad mensual	Meses	Costo por época	Cantidad mensual	Meses	Costo por época	Cantidad mensual	Meses	Costo por época	
Camión	S/ 4,500.00	10	3	S/ 135,000.00	10	5	S/ 225,000.00	6	4	S/ 108,000.00	
Chofer	S/ 1,700.00	10	3	S/ 51,000.00	10	5	S/ 85,000.00	6	4	S/ 40,800.00	
Repartidor	S/ 1,300.00	30	3	S/ 117,000.00	30	5	S/ 195,000.00	18	4	S/ 93,600.00	
S/ 303,000.00				S/ 505,000.00				S/ 242,400.00			
DIESEL (10Gl x 100Km)	Costo x GL	Recorrido		Costo por época	Recorrido		Costo por época	Recorrido		Costo por época	
		diario (KM)	Días		diario (KM)	Días		diario (KM)	Días		
	S/ 20.00	245.22	79	S/ 38,744.76	245.22	130	S/ 63,757.20	253.26	104	S/ 52,678.08	
S/ 38,744.76				S/ 63,757.20				S/ 52,678.08			
S/ 341,744.76				S/ 568,757.20				S/ 295,078.08			S/ 1,205,580.04

Con el Programa de Reparto se logra reducir la cantidad de camiones por año y el personal de reparto por año; de igual forma se logra reducir el consumo del diésel al año. En la Tabla 108, se muestran los costos de los recursos durante un año después de la propuesta.

Tabla 108

Costo de recursos después de la propuesta

COSTO DE RECURSOS DESPUÉS DE LA PROPUESTA											
RECURSO	COSTO MENSUAL (SOLES)	ÉPOCA DE COSECHA ALTA			ÉPOCA DE COSECHA BAJA			ÉPOCA DE PODA			
		Cantidad mensual	Meses	Costo por época	Cantidad mensual	Meses	Costo por época	Cantidad mensual	Meses	Costo por época	
Camión	S/ 4,500.00	9	3	S/ 121,500.00	6	5	S/ 135,000.00	4	4	S/ 72,000.00	
Chofer	S/ 1,700.00	9	3	S/ 45,900.00	6	5	S/ 51,000.00	4	4	S/ 27,200.00	
Repartidor	S/ 1,300.00	27	3	S/ 105,300.00	18	5	S/ 117,000.00	12	4	S/ 62,400.00	
				S/ 272,700.00				S/ 303,000.00			S/ 161,600.00
DIESEL (10Glx100Km)	Costo x GL	Recorrido		Costo por época	Recorrido		Costo por época	Recorrido		Costo por época	
		diario (KM)	Días		diario (KM)	Días		diario (KM)	Días		
	S/ 20.00	270.87	79	S/ 42,796.94	196.15	130	S/ 50,998.84	138.09	104	S/ 28,722.72	
				S/ 42,796.94				S/ 50,998.84			S/ 28,722.72
				S/ 315,496.94				S/ 353,998.84			S/ 190,322.72
										S/ 859,819.18	
REDUCCIÓN EN COSTOS										S/ 345,760.86	

Finalmente, se realiza una comparación de costos para ver el porcentaje de reducción anual. Con la propuesta de solución se logra reducir los costos en 28.7%.

Tabla 109

Reducción anual de costos

Costos		Reducción anual
Costos antes de la propuesta	S/ 1,205,580.04	28.7%
Costos después de la propuesta	S/ 859,819.18	

6.2 Análisis Económico de la Mejora

6.2.1 Ingresos y Costos Ajustados a la Propuesta de Mejora

6.2.1.1 Ingresos Ajustados a la Propuesta de Mejora

Con la implementación de la propuesta de mejora se logra una reducción de costos considerable, este monto ingresará como **beneficio** (ahorro generado) por la mejora dentro del flujo de caja.

Tabla 110

Ahorro total generado por la propuesta de mejora

Costos actuales	Costos después de la propuesta	Costo anual reducido
S/ 1,205,580.33	S/ 859,819.36	S/ 345,761.00

Para calcular el ahorro generado mensual se toma en cuenta la reducción de recursos obtenidos durante cada mes, el ahorro mensual generado por la mejora quedaría de la siguiente manera:

Tabla 111

Ahorro mensual general por la propuesta de mejora

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
S/ 42,951.64	S/ 42,951.64	S/ 26,188.84	S/ 26,188.84	S/ 26,188.84	S/ 26,188.84	S/ 42,951.64	S/ 42,951.64	S/ 42,951.64	S/ 8,749.10	S/ 8,749.10	S/ 8,749.10

6.2.1.2 Costos Asociados a la Propuesta de Mejora

Para la implementación de la propuesta de mejora, es importante considerar los gastos asociados con la contratación de un analista y un asistente. Los cuales se encargarán de recopilar y analizar los datos relevantes. Se estima que se necesitará un periodo de 12 meses para supervisar y evaluar la implementación de las mejoras. En la Tabla 112, se calcula el sueldo total del mes considerando las prestaciones sociales, como la asignación familiar, la gratificación, las vacaciones, el CTS y ESSALUD de ambos profesionales.

Tabla 112*Costos asociados al nuevo personal*

Nuevo personal	Sueldo	Asignación familiar (10% mínima vital)	Gratificación (16.67% por mes)	Vacaciones (8.33% por mes)	CTS (9.72% por mes)	ESSALUD (9% por mes)	Total mes
Analista de Procesos	S/ 7,000.00	S/ 700.00	S/ 1,166.90	S/ 583.10	S/ 680.40	S/ 630.00	S/ 10,760.40
Asistente de Procesos	S/ 3,000.00	S/ 300.00	S/ 500.10	S/ 249.90	S/ 291.60	S/ 270.00	S/ 4,611.60
Total	S/ 10,000.00	S/ 1,000.00	S/ 1,667.00	S/ 833.00	S/ 972.00	S/ 900.00	S/ 15,372.00

Se propone que para empezar con la recopilación de datos se deben considerar los costos por la compra de 2 laptops, una para el analista y otra para el asistente, y el costo de los implementos para el recorrido, como polos manga larga, sombreros de sol, entre otros.

Tabla 113*Costos asociados para empezar con la toma de datos*

Toma de datos	Cantidad de personal	Meses	Costo por mes (S/)	Costo total (S/)
Laptop	2	-	-	10,000
Implementos necesarios para el recorrido por el fundo	2	1	500	1,000
TOTAL				11,000

Se sugiere que el analista y el asistente lleven a cabo la implementación de la mejora en un período de 12 meses. Durante este tiempo, también se contempla la capacitación del jefe de reparto y del personal de reparto, así como el seguimiento y la evaluación de la mejora. Los gastos relacionados con el análisis de datos incluyen la inversión necesaria para establecer una oficina donde trabajarán el analista y el asistente, que incluye sillas, escritorios y otros elementos. El costo individual de la movilidad dentro del fundo es de 720 soles mensuales, lo que equivale aproximadamente a 30 soles diarios, ya que utilizarán cuatrimotos como medio de transporte personal dentro del fundo. Por último, se debe considerar los costos de los suministros de oficina, como papel, lapiceros, entre otros.

Tabla 114

Costos asociados al análisis de datos

Análisis de datos	Cantidad de personal	Costo por persona (S/)	Meses	Costo total (S/)
Implementación de una oficina	2	2,500	-	5,000
Movilidad por el fundo	2	720	12	17,280
Útiles de oficina	2	50	12	1,200
TOTAL				23,480

Finalmente, en la Tabla 115 se muestran los costos totales por concepto asociados a la mejora.

Tabla 115

Costos asociados a la mejora

Concepto	Costo total (S/)
Nuevo personal	184,464
Toma de datos	11,000
Análisis de datos	23,480
TOTAL	218,944

Tabla 116

Flujo de costos para doce meses

	Costos asociados a la propuesta												
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Costo de contratación	S/ 0	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372	S/ 15,372
Costos para la toma de datos	S/ 11,000	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0	S/ 0
Costos para el análisis de datos	S/ 5,000	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540	S/ 1,540
Total, costos	S/ 16,000	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912

Figura 82

Cálculo del WACC

Concepto	Monto
Inversión inicial	S/ 345,760.86
Deuda 40%	S/ 138,304.34
Patrimonio	S/ 207,456.52

KE	15%
KD	8%
Impuestos	30%
Deuda /(D+P)	40%
Patrimonio/(D+P)	60%

WACC
11.24%

6.2.2 Flujo de caja Económico

Tabla 117

Flujo de caja operativo

FLUJO DE CAJA OPERATIVO													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS													
Ahorros generados por la propuesta		S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 8,749	S/ 8,749	S/ 8,749
TOTAL INGRESOS		S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 26,189	S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 42,952	S/ 8,749	S/ 8,749	S/ 8,749
EGRESOS													
Costo Fijo		S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912	S/ 16,912
Costo Variable		S/ 644.27	S/ 644.27	S/ 392.83	S/ 392.83	S/ 392.83	S/ 392.83	S/ 644.27	S/ 644.27	S/ 644.27	S/ 131.24	S/ 131.24	S/ 131.24
SUB TOTAL COSTOS		S/ 17,556	S/ 17,556	S/ 17,305	S/ 17,305	S/ 17,305	S/ 17,305	S/ 17,556	S/ 17,556	S/ 17,556	S/ 17,043	S/ 17,043	S/ 17,043
Gastos de Administración		S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000	S/ 1,000
Depreciación AF		S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00	S/ 180.00
TOTAL EGRESOS		S/ 18,736	S/ 18,736	S/ 18,485	S/ 18,485	S/ 18,485	S/ 18,485	S/ 18,736	S/ 18,736	S/ 18,736	S/ 18,223	S/ 18,223	S/ 18,223
FLUJO DE CAJA OPERATIVO		S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 24,215	-S/ 9,474	-S/ 9,474	-S/ 9,474

Tabla 118

Flujo de caja económico

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO														
WACC	11.24%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo de Caja Operativo		0	S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 24,215	-S/ 9,474	-S/ 9,474	-S/ 9,474
Flujo de Caja de Capital		S/ 16,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO		S/ 16,000	S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 7,704	S/ 24,215	S/ 24,215	S/ 24,215	-S/ 9,474	-S/ 9,474	-S/ 9,474

6.2.3 Análisis de Retorno de la Inversión (ROI)

Para el cálculo del Retorno de la Inversión (ROI) se divide la diferencia entre el ahorro proyectado y la inversión, entre la inversión, el resultado se muestra en porcentaje (Tabla 120).

Tabla 119

Porcentaje de retorno sobre la inversión

ROI	
Ahorro proyectado	S/ 107,470.45
Inversión	S/ 16,000.00
ROI	572%

6.2.4 Determinación del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación (PR)

6.2.4.1 Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR)

A continuación, se calcula el valor actual neto (VAN), que permite conocer la viabilidad del proyecto si resultado positivo, y la tasa interna de retorno (TIR), que permite conocer la tasa de recuperación de la inversión inicial. Los cálculos se muestran en la Tabla 121.

Tabla 120

VAN y TIR

VAN	66,815.02	VAN \geq 0 Proyecto viable
TIR	132.86%	TIR \geq Tasa de recuperación

Con el resultado del VAN y TIR se concluye que el proyecto es viable económicamente y atractivo para invertir.

6.2.4.2 Periodo de Recuperación (PR)

El periodo de recuperación, analizando el flujo de caja, es de 1 mes (Tabla 122).

Tabla 121

Periodo de recuperación

Periodo de recuperación		
PR	1	mes

6.3 Análisis de sensibilidad

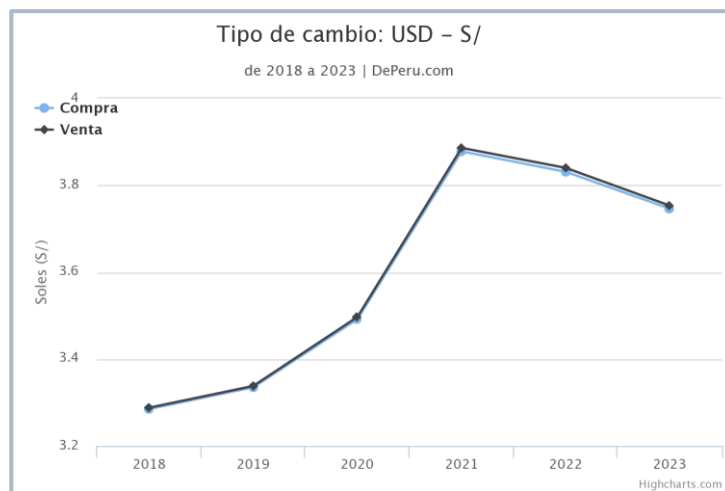
El análisis de sensibilidad de riesgo se realizará considerando la volatilidad del dólar, debido a que puede afectar los resultados financieros del proyecto. La volatilidad implica cambios significativos en el tipo de cambio entre la moneda local (para este caso es el Sol) y el dólar, lo

que puede tener impactos positivos o negativos. Para este trabajo de investigación, la volatilidad del dólar afecta directamente los costos.

En la Figura 83, se puede ver el tipo de cambio entre el dólar y el Sol del 2018 al 2023.

Figura 83

Tipo de cambio entre el Dólar y el Sol, de 2018 a 2023



Nota. Tomada de *Evolución histórica del Dólar*, por De Perú, 2023, DePerú.com

(https://www.deperu.com/tipo_cambio/historico/).

Considerando la volatilidad del dólar, se muestran los 3 escenarios de riesgo, escenario optimista, conservador y pesimista.

Tabla 122

Escenario pesimista, conservador y optimista

Variable	Escenarios		
	Pesimista	Conservador	Optimista
Tipo de cambio	4.127	3.56	3.327
Ahorro proyectado	S/ 72,255.29	S/ 107,470.45	S/ 121,941.58
Inversión	S/ 18,548.31	S/ 16,000.00	S/ 14,952.81
ROI	290%	572%	716%
VAN	S/ 46,793.22	S/ 66,815.02	S/ 75,042.67
TIR	93.30%	132.86%	152.48%

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones.

7.1 Conclusiones

La aplicación de la técnica de clustering modificada y la mejora de procesos incrementa la eficiencia del proceso del reparto de almuerzos de 65.5% a 93.5%. Asimismo, este incremento se verifica con la reducción de recursos que permite lograr el mismo trabajo.

Con respecto al recurso camiones, las cantidades de camiones en épocas de poda, de cosecha baja y de cosecha alta, se reducen en 2, 4, y 1 camiones, respectivamente, obteniendo globalmente una reducción anual del 29.8% de camiones, lo que representa una reducción de costos anual de S/ 139,500.

Con respecto al recurso personal de reparto (chofer, jefe de grupo y ayudantes), las cantidades de colaboradores en épocas de poda, de cosecha baja y de cosecha alta, se reducen en 8, 16, y 4 colaboradores, respectivamente, obteniendo una reducción anual del 29.8% de colaboradores, lo que representa una reducción de costos anual de S/ 173,600.

El programa de reparto obtenido de la aplicación de la técnica de clustering modificada reduce la desviación (desigualdad en la distribución de carga) de la cantidad de almuerzos recibidos por camión, en la época de poda se logra una reducción del 91.7% de la desviación (la desviación se redujo 12 veces), en la época de cosecha baja se logra un 97.6% (se redujo 42 veces), y en la época de cosecha alta se logra un 96.3% (se redujo 27 veces). De esta forma la carga laboral de los camiones queda muy bien nivelada en todas las épocas, haciendo el trabajo más equitativo.

Con el programa de reparto obtenido se reduce las distancias recorridas por los camiones; en épocas de poda y de cosecha baja, se logran reducciones del 45.5% y 20%, respectivamente, aunque en época de cosecha alta el recorrido aumenta 10%, lo que en total representa una

reducción anual del 18.6% del recorrido, y equivale a una reducción de costos de combustible anual de S/ 32,660.97.

Tomando en cuenta la reducción de recursos y de las distancias recorridas, los costos anuales se reducen globalmente en 28.7% anual, lo que equivale a una reducción de costos total global de S/ 345,760.91, por la implementación de la propuesta.

Con la mejora propuesta en el proceso de recepción y entrega de almuerzos se eliminan actividades que generan retrasos y extravíos en la entrega de los almuerzos que generan reclamos de los trabajadores; por ello, el formato obtenido del programa de reparto, con la lista y el orden de atención de comedores por camión será de gran ayuda para el personal de reparto.

Finalmente, se concluye que la propuesta es viable económicamente debido a que el VAN obtenido es positivo y el TIR es atractivo para la empresa.

7.2 Recomendaciones

Combinar la técnica de clustering con técnicas de pronósticos o estimación de datos, de tal manera que se pueda facilitar el cálculo del Plan de Reparto futuro.

Es importante que el personal de reparto y el supervisor del proceso tengan el compromiso para llevar a cabo la implementación.

Explorar el campo de ciencia de datos, que permite extraer información valiosa a partir de grandes cantidades de datos. Parte de este campo son el machine learning y el clustering, que, como otros tipos de problemas, se pueden relacionar con diversas áreas, en particular con la ingeniería industrial. En este trabajo se ha desarrollado en detalle el clustering, pero existen aplicaciones ya desarrolladas que se pueden usar en la ingeniería industrial.

Finalmente, se sugiere aplicar la técnica del clustering modificado a otros procesos de la empresa, por ejemplo, en el reparto de agua a los trabajadores destinados a la cosecha y poda.

Referencias Bibliográficas

Agroexportaciones no tradicionales crecieron un 17.1% en el primer trimestre de 2022. (s.f.).

COMEX - Sociedad de Comercio Exterior Del Perú. (2015).

<https://www.comexperu.org.pe/articulo/agroexportaciones-no-tradicionales-crecieron-un-171-en-el-primer-trimestre-de-2022>

Arteaga Sarmiento, W., Enciso Caicedo, M. A. y Guarín Cortés, N. L. (2018). Modelo de Ruteo de Vehículos como alternativa de transporte, estudio de caso: UMNG sede campus. *Revista Politécnica*,

14(27), 45-56.

https://www.redalyc.org/journal/6078/607866319006/html/#redalyc_607866319006_ref8

Asana. (s.f.). *¿Qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* Asanas.

<https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

CAMPOSOL S.A. *Importaciones y Exportaciones.* (s.f.). VeritradeCorp.com.

<https://www.veritradeCorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-camposol-sa/ruc-20340584237>

Camposol se mantiene como la principal empresa agroexportadora de Perú en 2020. (s.f.).

Agraria.pe. Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/camposol-se-mantiene-como-la-principal-empresa-agroexportado-23623>

Caparrini, F. S., & Windmill Web Work. (20 de diciembre de 2020). *Algoritmos de clustering.*

Cs.U.S. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=230>

Danper, *Quiénes Somos.* (s.f.). Danper.com. Recuperado el 12 de febrero, 2023, de

<https://danper.com/conocenos/quienes-somos/>

DANPER TRUJILLO S.A.C. *Importaciones y Exportaciones.* (s.f.). VeritradeCorp.com.

Recuperado el 12 de febrero, 2023, de

<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-danper-trujillo-sac/ruc-20170040938>

García, C. (2019). *Informe Hortifrut 2019*. Humphreys Clasificadora de Riesgo.

https://www.cmfchile.cl/documentos/pueag/crcrri/recrri_2019010011984.pdf

Diagrama de Flujo - Concepto, proceso, simbología y ejemplos. (s.f.). Concepto.

<https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

Gestión. (04 de octubre de 2017). *Hortifrut de Chile se consolida en Perú y se fusiona con negocio*

de arándanos de Talsa. Gestión. <https://gestion.pe/economia/empresas/hortifrut-chile-consolida-peru-fusiona-negocio-arandanos-talsa-220072>

Home. (16 de enero de 2019). Camposol. <https://www.camposol.com/>

Hortifrut Investor. (2020). Hortifrut.com. <https://investor.hortifrut.com/compania/>

La agroindustria de Perú: Un ejemplo a nivel mundial. (s.f.). Agraria.pe Agencia Agraria de

Noticias. <https://agraria.pe/columna/la-agroindustria-de-peru-un-ejemplo-a-nivel-mundial-24045>

Loyola García-Huidobro, F. (s.f.). *Icrchile.Cl*.

<http://www.icrchile.cl/index.php/corporaciones/hortifrut-s-a-2/informes-32/687-hortifrut-informe-de-primera-clasificacion-diciembre-2011/file>

MANDARINA, QUINUA Y ARÁNDANO SON LOS PRODUCTOS DE AGROEXPORTACIÓN

CON MAYOR CRECIMIENTO. (s.f.). Agraria.pe. Agencia Agraria de Noticias.

<https://agraria.pe/noticias/mandarina-quinua-y-arandano-son-los-productos-de-agroexport-5959>

Mapeo de procesos: qué es, ventajas, tipos y cómo hacerlo. (23 de mayo de 2022). TOTVS.

<https://es.totvs.com/blog/gestion-de-negocios/mapeo-de-procesos-que-es-ventajas-tipos-y-como-hacerlo/>

Rojas, N. (8 de octubre de 2017). *Hortifrut de Chile se fusiona con Talsa en negocio de arándanos.*

Arándanos Perú. <https://arandanosperu.pe/2017/10/08/hortifrut-de-chile-se-fusiona-con-talsa-en-negocio-de-arandanos/>

Coll, F. (23 de mayo de 2021). *Agroindustria.* Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/agroindustria.html>

Kuo, M. (23 de mayo de 2023). *Resolviendo el problema de enrutamiento de vehículos (2023).*

Routific. Recuperado el 12 de julio de 2023 de <https://blog.routific.com/blog/what-is-the-vehicle-routing-problem#why-is-the-vehicle-routing-problem-so-tough-to-solve>

Talsa. (s.f.). Talsa. <https://web.talsa.com.pe/>

Técnicas de recolección de datos - Una guía. (20 de julio de 2022). SafetyCulture.

<https://safetyculture.com/es/temas/recoleccion-de-datos/tecnicas-de-recoleccion-de-datos/>

Veritrade. (s.f.). *Veritradecorp.com.* Recuperado el 12 de febrero, 2023, de

<https://www.veritradecorp.com/es/peru/importaciones-y-exportaciones-hortifrut--peru-sac/ruc-20602822533>

Vilaplana, M. (2 de octubre de 2017). *Mapeo de la cadena de valor o “Value Stream Mapping”*

(VSM). *Proyecta Innovación.* <http://www.productividadlean.com/2017/10/02/389/>

Yepes, V. (27 de noviembre de 2018). *Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process,*

AHP). Poli Blogs, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 12 de julio de 2023 de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

Anexos

Anexo 1 Reporte diario del proceso de reparto de almuerzos

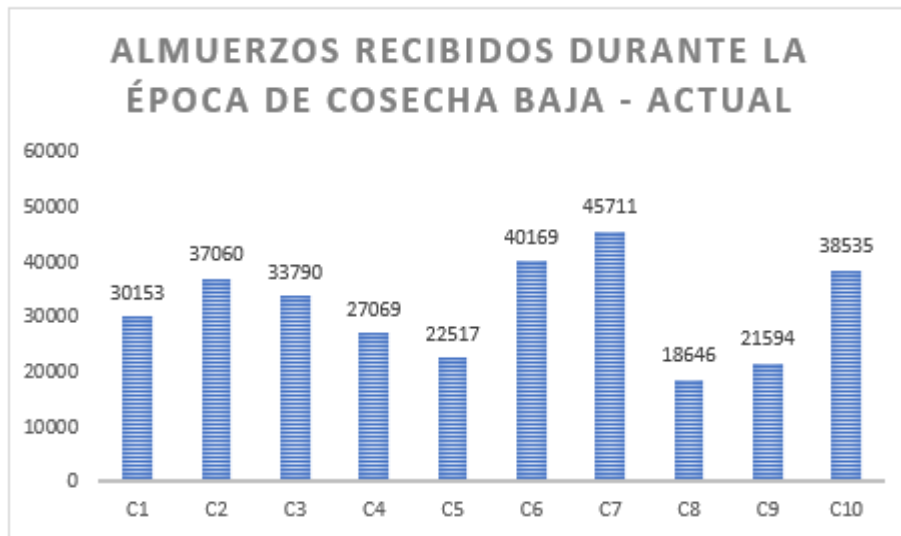
Fecha 05/01/2019

Empresa	FUNDO	Nombre de Comedor	Supervisor	Grupo Trabajo	Nro Trabajadores	FechaHoraEnvio	
Hortifrut Tal S.A.C	SAN LUIS	SLU01-COMEDOR 02	ZAVALETA ULLOA EDER YSAIN	HT27	45	5/01/2019 07:34	
		SLU01-COMEDOR 06	LOPEZ GALARRETA NICOLAS	HT43	45	5/01/2019 07:16	
			JARA DE LA CRUZ HUMBERTO	HT41	33	5/01/2019 07:16	
			JUAREZ ESQUIVEL BUNNY ANDY	HT42	40	5/01/2019 07:16	
		SLU01-COMEDOR 08	JIMENEZ ANDRADE JENRRY ELON	01	3	5/01/2019 07:40	
		SLU01-COMEDOR 07	VEGAS SEVILLANO FLAVIO	HT24	42	5/01/2019 07:13	
			CRUZ COLLANTES ELAR EDWIN	HT29	41	5/01/2019 07:13	
		ESPERANZA 3	ESP03-COMEDOR 08	RODRIGUEZ REBAZA CESAR JOSUE	HT30	71	5/01/2019 07:13
				RODRIGUEZ PEREZ LEINER	HT18	46	5/01/2019 07:25
	MERLO HERNANDEZ DENIS EDWARD			HT06	44	5/01/2019 07:25	
	GABRIEL BARRETO GROBERT ALEX			HT19	48	5/01/2019 07:25	
	TOCTO RAMIREZ LUIS ANTONIO			HT17	1	5/01/2019 07:25	
					46	5/01/2019 07:25	
	ESP03-COMEDOR 02		CHAMAYA GUEVARA ELIZABERTH	HT37	53	5/01/2019 07:28	
			CHAMAYA DIAZ ROMAN	HT79	24	5/01/2019 07:28	
			BARRERA MEJIA HILDA CARMEN	HT74	31	5/01/2019 07:28	
			NARVA JUAN DE DIOS ALEJANDRA ISABEL	HT76	62	5/01/2019 07:28	
			MONTERO RICASCA CESAR	HT75	35	5/01/2019 07:28	
			PEREZ MONTALVAN JEAN XIOMAR	HT73	24	5/01/2019 07:28	
			ESP03-COMEDOR 09	SALDAÑA NARRO MARIA YURI	HT62	42	5/01/2019 07:33
				VEGA DE LA CRUZ RAUL ANTONIO	HT67	39	5/01/2019 07:33
				MALDONADO VASQUEZ JUAN VIZMEY	HT83	39	5/01/2019 07:33
	ESP03-COMEDOR 01	GONZALES CARRASCO RONAL	HT82	36	5/01/2019 07:33		
		BRAVO SALAZAR ROBY PITTER	HT05	51	5/01/2019 07:22		
		GAMARRA SOLANO JORDI MICHAEL	HT78	41	5/01/2019 07:22		
		REYES VILCABANA AURELIO	HT80	62	5/01/2019 07:22		
		DIAZ HUANSI ERNESTO	HT81	39	5/01/2019 07:22		
		LOZANO CENTURION MAYCOL FRANK	HT77	29	5/01/2019 07:22		
	ESPERANZA 2	ESP02-COMEDOR 01	HUACCHILLO CANGO MARITZA NOEMI	HT20	1	5/01/2019 07:39	
			SALIRROSAS CRUZ JUANITO ANGEL	HT71	33	5/01/2019 07:39	

Anexo 2 *Desviación de almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha baja*

CAMIONES	ÉPOCA DE COSECHA BAJA - ACTUAL					ALMUERZOS	Alm x día
	Julio	Agosto	Setiembre	Enero	Febrero		
C1	1584	5508	9251	8715	5095	30153	231.95
C2	3433	7303	12193	6149	7982	37060	285.08
C3	1621	4967	9112	11984	6106	33790	259.92
C4	1322	4249	9619	7912	3967	27069	208.22
C5	2126	6211	8954	2940	2286	22517	173.21
C6	2953	4700	9592	14738	8186	40169	308.99
C7	1631	4141	11693	17031	11215	45711	351.62
C8	492	593	4769	7648	5144	18646	143.43
C9	2881	5141	7971	3926	1675	21594	166.11
C10	3789	12656	17074	3567	1449	38535	296.42
Cant. Alm. x Mes	21832	55469	100228	84610	53105	315244	
						8995.33	DESVIACIÓN

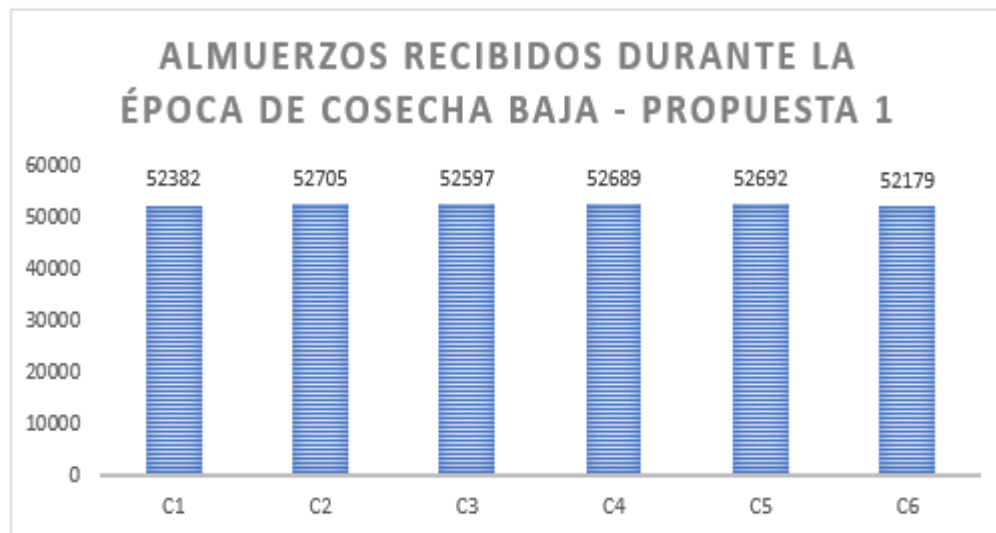
Anexo 3 *Almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha baja*



Anexo 4 *Desviación de almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha baja*

ÉPOCA DE COSECHA BAJA - PROPUESTA 1								
CAMIONES	Julio	Agosto	Setiembre	Enero	Febrero	ALMUERZOS	Alm x día	
C1	4086	10315	16924	10640	10417	52382	402.94	
C2	3045	8414	15256	16999	8991	52705	405.42	
C3	3201	9973	18985	12941	7497	52597	404.59	
C4	2176	5875	13339	19321	11978	52689	405.30	
C5	4182	9363	16407	14233	8507	52692	405.32	
C6	5142	11529	19317	10476	5715	52179	401.38	
Cart. Alm. x Mes	21832	55469	100228	84610	53105	315244		
						214.97	DESVIACIÓN	

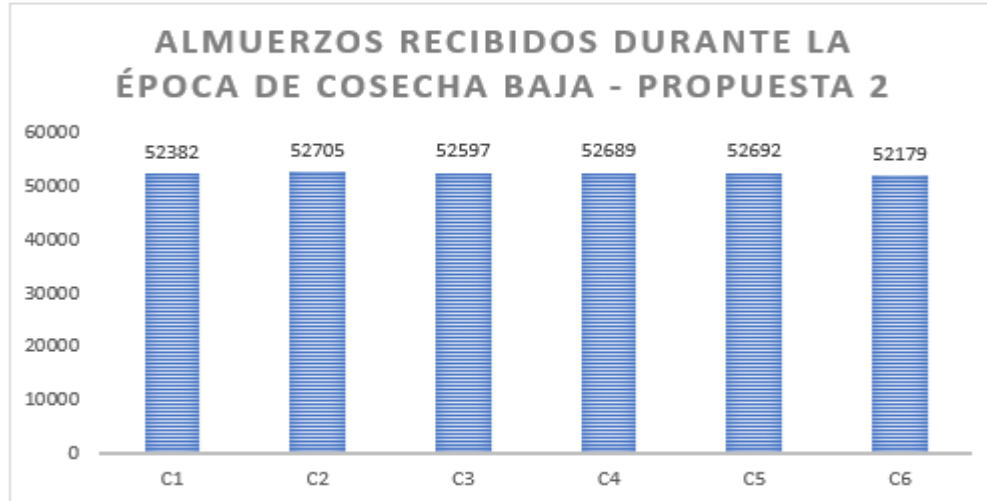
Anexo 5 *Almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha baja*



Anexo 6 *Desviación de almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha baja*

ÉPOCA DE COSECHA BAJA - PROPUESTA 2								
CAMIONES	Julio	Agosto	Setiembre	Enero	Febrero	ALMUERZOS	Alm x día	
C1	4086	10315	16924	10640	10417	52382	402.94	
C2	3045	8414	15256	16999	8991	52705	405.42	
C3	3201	9973	18985	12941	7497	52597	404.59	
C4	2176	5875	13339	19321	11978	52689	405.30	
C5	4182	9363	16407	14233	8507	52692	405.32	
C6	5142	11529	19317	10476	5715	52179	401.38	
Cant. Alm. x Mes	21832	55469	100228	84610	53105	315244		
						214.97	DESVIACIÓN	

Anexo 7 *Almuerzos recibidos por los 4 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha baja*



Anexo 8 *Distancia total recorrida en época de cosecha baja – actual*

		Clúster1	Clúster2	Clúster3	Clúster4	Clúster5	Clúster6	Clúster7	Clúster8	Clúster9	Clúster10	
	Centroides	6	20	33	47	62	116	89	98	130	148	
	ARM01-01	001006	001020	001033	001047	001062	001116	001089	001098	001130	001148	
	1	470	2520	5212	8680	10111	8811	12266	20209	12656	13084	
Dist. del punto inicial al cent.	450.092	920	2971	5662	9130	10561	9261	12716	20659	13106	13534	
Radio promedio del clúster		528	503	800	1128	617	1060	905	584	852	691	
Perímetro del círculo		3320	3163	5024	7089	3875	6659	5689	3667	5354	4342	Total:
Distancia Recorrida (m)		5161	9104	16349	25349	24997	25182	31121	44985	31566	31411	245223

Anexo 9 *Distancia total recorrida en época de cosecha baja – propuesta 1*

		ÉPOCA DE COSECHA BAJA - PROPUESTA 1						
		Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4	Clúster 5	Clúster 6	
	Centroides	14	33	47	82	76	134	
	ARM01-01	001014	001033	001047	001082	001076	001134	
	1	2300	5212	8680	12578	17283	11625	
Dist. del punto inicial al cent.	450.092	2750	5662	9130	13028	17733	12076	
Radio promedio del clúster		759	2310	1980	1786	3421	1743	
Perímetro del círculo		4771	14517	12440	11221	21492	10951	Total:
Distancia Recorrida (m)		10270	25842	30700	37277	56959	35102	196149

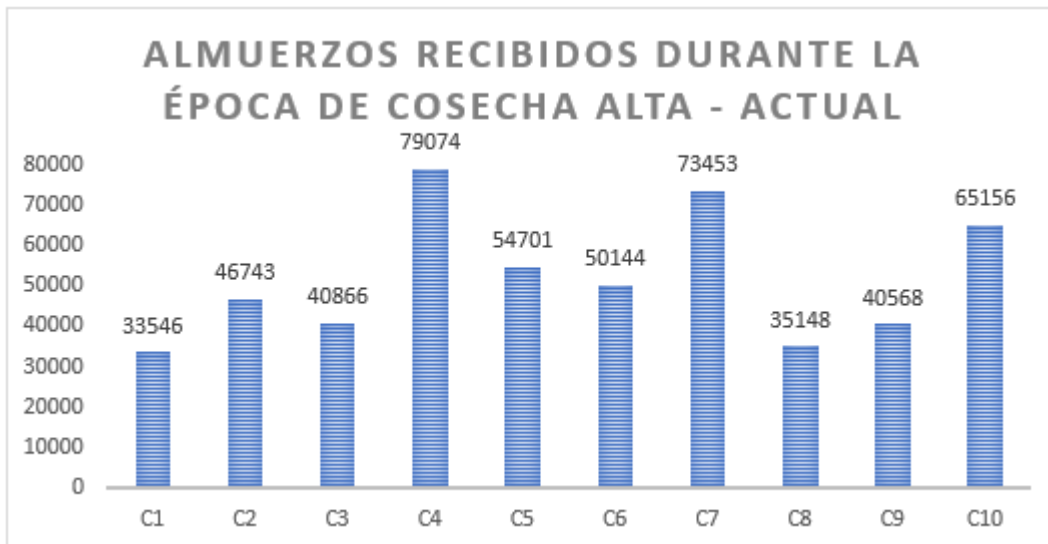
Anexo 10 *Distancia total recorrida en época de cosecha baja – propuesta 2*

		ÉPOCA DE COSECHA BAJA - PROPUESTA 2						
		Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4	Clúster 5	Clúster 6	
	Centroides	14	33	47	82	76	134	
	ARM01-01	001014	001033	001047	001082	001076	001134	
	1	2300	5212	8680	12578	17283	11625	
Dist. del punto inicial al cent.	450.092	2750	5662	9130	13028	17733	12076	
Radio promedio del clúster		759	2310	1980	1786	3421	1743	
Perímetro del círculo		4771	14517	12440	11221	21492	10951	Total:
Distancia Recorrida (m)		10270	25842	30700	37277	56959	35102	196149

Anexo 11 *Desviación de almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha alta*

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - ACTUAL					
CAMIONES	Octubre	Noviembre	Diciembre	ALMUERZOS	Alm x día
C1	11349	10516	11681	33546	424.63
C2	16226	15178	15339	46743	591.68
C3	13355	13438	14073	40866	517.29
C4	24435	27059	27580	79074	1000.94
C5	17748	19007	17946	54701	692.42
C6	17247	16624	16273	50144	634.73
C7	23786	24391	25276	73453	929.78
C8	10854	11753	12541	35148	444.91
C9	12476	13134	14958	40568	513.52
C10	22435	20426	22295	65156	824.76
Cant Alm x Mes	169911	171526	177962	519399	
				15929.88	DESVIACIÓN

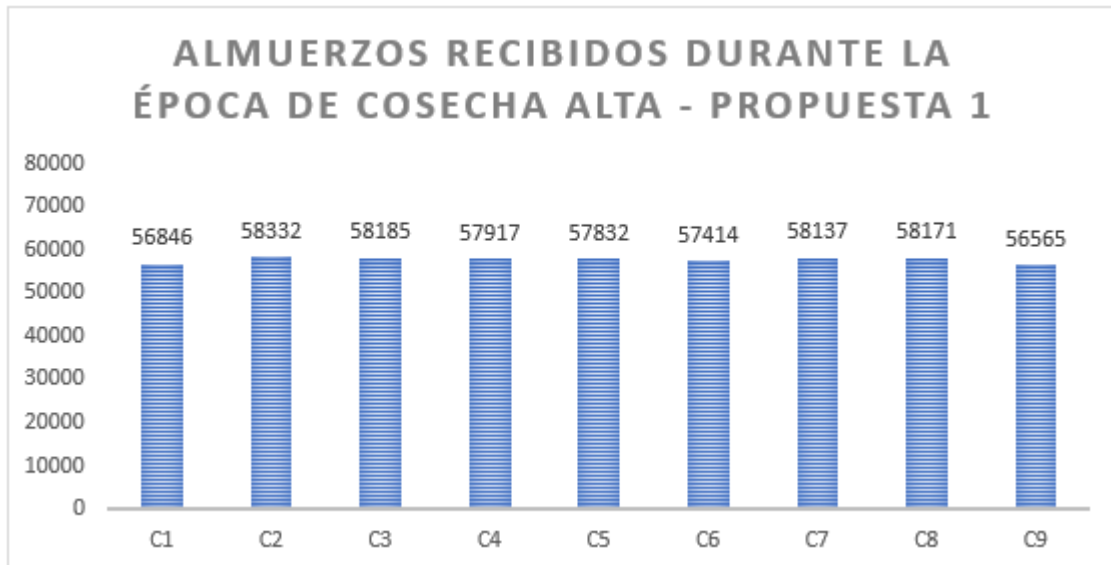
Anexo 12 *Almuerzos recibidos por los 10 camiones actuales en época de cosecha alta*



Anexo 13 *Desviación de almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha alta*

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - PROPUESTA 1					
CAMIONES	Octubre	Noviembre	Diciembre	ALMUERZOS	Alm x día
C1	19772	18409	18665	56846	719.57
C2	19488	18739	20105	58332	738.38
C3	17063	19872	21250	58185	736.52
C4	18937	19770	19210	57917	733.13
C5	19107	19578	19147	57832	732.05
C6	18962	19128	19324	57414	726.76
C7	18432	19600	20105	58137	735.91
C8	18668	18697	20806	58171	736.34
C9	19482	17733	19350	56565	716.01
Cant Alm x Mes	169911	171526	177962	519399	
				633.46	DESVIACIÓN

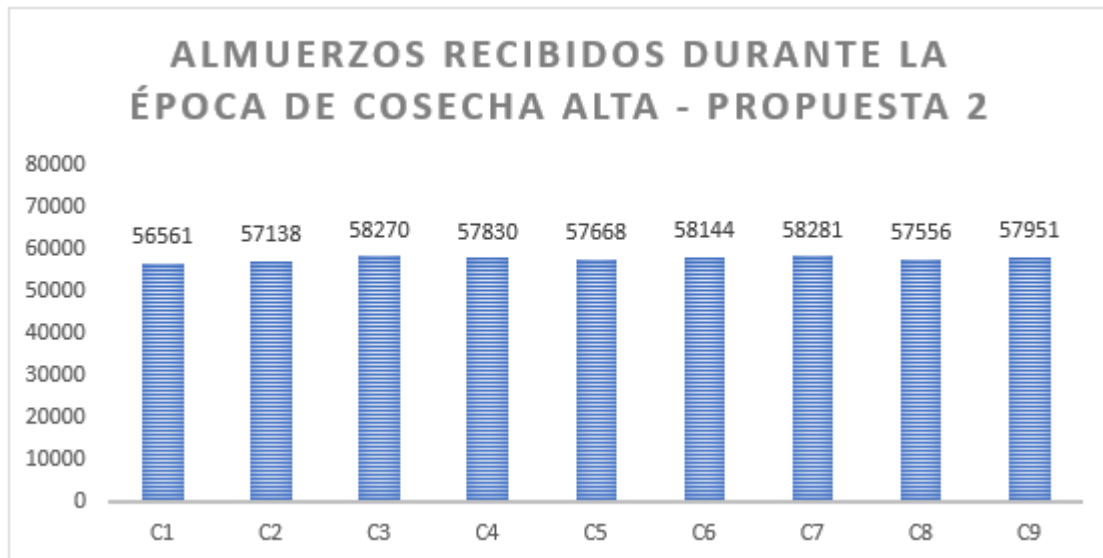
Anexo 14 *Almuerzos recibidos por los 6 camiones de la propuesta 1 en época de cosecha alta*



Anexo 15 Desviación de almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha alta

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - PROPUESTA 2					
CAMIONES	Octubre	Noviembre	Diciembre	ALMUERZOS	Alm x día
C1	19685	18326	18550	56561	715.96
C2	19053	18407	19678	57138	723.27
C3	19202	19293	19775	58270	737.59
C4	18588	19727	19515	57830	732.03
C5	17672	20140	19856	57668	729.97
C6	19207	19292	19645	58144	736.00
C7	18629	19666	19986	58281	737.73
C8	17971	18488	21097	57556	728.56
C9	19904	18187	19860	57951	733.56
Cant Alm x Mes	169911	171526	177962	519399	
				567.16	DESVIACIÓN

Anexo 16 Almuerzos recibidos por los 9 camiones de la propuesta 2 en época de cosecha alta



Anexo 17 *Distancia total recorrida en época de cosecha alta – actual*

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - ACTUAL											
		CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER	CLÚSTER
	CENTROIDES	6	20	33	47	62	116	89	98	130	148
	Com 1 - ARM01	001006	001020	001033	001047	001062	001116	001089	001098	001130	001148
	1	470	2520	5212	8680	10111	8811	12266	20209	12656	13084
DIST DEL PUNTO INICIAL AL CENT	450.092	920	2971	5662	9130	10561	9261	12716	20659	13106	13534
RADIO PROMEDIO DEL CLÚSTER		528	503	800	1128	617	1060	905	584	852	691
PERÍMETRO DEL CÍRCULO		3320	3163	5024	7089	3875	6659	5689	3667	5354	4342
DISTANCIA RECORRIDA (m)	metros al día	5161	9104	16349	25349	24997	25182	31121	44985	31566	31411
											Total:
											245223

Anexo 18 *Distancia total recorrida en época de cosecha alta – propuesta 1*

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - PROPUESTA 1										
		Clúster1	Clúster2	Clúster3	Clúster4	Clúster5	Clúster6	Clúster7	Clúster8	Clúster9
	Centroides	14	24	47	56	96	101	85	134	149
	ARM01-01	001014	001024	001047	001056	001096	001101	001085	001134	001149
	1	2300	3935	8680	9592	11277	19659	13199	11625	12815
Dist. del punto inicial al cent.	450.092	2750	4385	9130	10042	11727	20109	13649	12076	13265
Radio promedio del clúster		797	1797	1417	1355	2918	1831	2822	1553	724
Perímetro del círculo		5007	11291	8903	8511	18336	11504	17731	9757	4552
Distancia Recorrida (m)		10506	20060	27163	28595	41790	51723	45028	33908	31081
										Total:
										289854

Anexo 19 *Distancia total recorrida en época de cosecha alta – propuesta 2*

ÉPOCA DE COSECHA ALTA - PROPUESTA 2										
		Clúster1	Clúster2	Clúster3	Clúster4	Clúster5	Clúster6	Clúster7	Clúster8	Clúster9
	Centroides	14	24	43	62	51	85	101	134	149
	ARM01-01	001014	001024	001043	001062	001051	001085	001101	001134	001149
	1	2300	3935	6976	10111	9210	13199	19659	11625	12815
Dist. del punto inicial al cent.	450.092	2750	4385	7426	10561	9660	13649	20109	12076	13265
Radio promedio del clúster		676	1762	1112	1182	1773	1413	2478	2031	800
Perímetro del círculo		4246	11069	6986	7429	11140	8878	15572	12760	5027
Distancia Recorrida (m)		9746	19838	21838	28551	30460	36175	55791	36911	31556
										Total:
										270867