

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**MEJORA DE LA LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE LOS  
COMEDORES POPULARES, EN LA SUBGERENCIA DE  
PROGRAMAS SOCIALES DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

Andrés Daniel Safra Soriano

**ASESOR:**

Dr. Jorge Vargas Florez

Lima, agosto, 2023


### Informe de Similitud

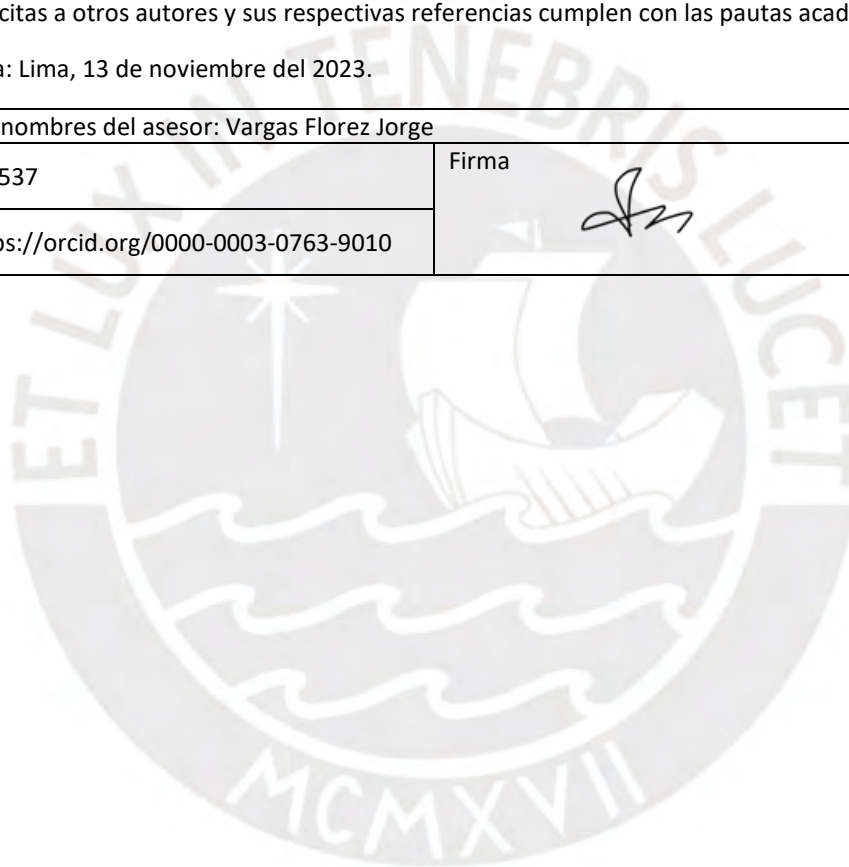
Yo, Jorge Vargas Florez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis: MEJORA DE LA LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE LOS COMEDORES POPULARES, EN LA SUBGERENCIA DE PROGRAMAS SOCIALES DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR del autor Andrés Daniel Safra Soriano.

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 13/11/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 13 de noviembre del 2023.

Apellidos y nombres del asesor: Vargas Florez Jorge	
DNI: 09684537	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-0763-9010">https://orcid.org/0000-0003-0763-9010</a>	



## RESUMEN

La presente tesis busca hacer uso de la programación lineal para mejorar el abastecimiento de los comedores populares en Villa El Salvador. Actualmente los 242 comedores populares del distrito reciben alimentos por parte del distrito de Villa El Salvador, la cual tiene un contrato anual con proveedores que realizan la entrega de los alimentos necesarios para que cada comedor popular pueda operar. Para realizar la distribución, el distrito dispone de 8 centros de distribución y un almacén general, mientras que los proveedores parten del almacén general hacia los diferentes centros de distribución para entregar los alimentos. Cabe resaltar que cada comedor popular tiene asignado un centro de distribución al cual debe acudir para recoger su demanda de alimentos de manera mensual. El objetivo es encontrar un número de centros de distribución que reduzca las distancias recorridas por las encargadas de los comedores populares y por los proveedores de alimentos.

Lo primero que se hizo fue ubicar los comedores populares en el mapa de Villa El Salvador, unirlos a sus respectivos centros de distribución y trazar las rutas seguidas por los proveedores. Luego, se ubicaron los puntos en un plano cartesiano con el fin de obtener las coordenadas de cada comedor. De igual manera, se propusieron nuevos centros de distribución candidatos y se ubicaron en el mapa y en el plano cartesiano. El siguiente paso fue calcular una matriz de distancias (usando las coordenadas obtenidas del plano cartesiano) en la cual se encontraban las distancias de cada comedor popular a cada centro de distribución candidato. Usando la matriz de distancias, la demanda de cada comedor y la distancia del almacén general a cada centro de distribución, se realizó un modelo matemático que seleccionara las localizaciones óptimas de los centros de distribución. En este primer modelo se usaron configuraciones de 4, 6, 8, 10 y 12 centros de distribución. Con los resultados obtenidos del primer modelo se procedió a usar un segundo modelo matemático, este modelo busca construir rutas de distribución para reducir la distancia recorrida y las unidades de transporte usadas por el proveedor. Para este segundo modelo se usaron como datos de entrada una matriz de distancias de un centro de distribución a otro (incluyendo el almacén general), las demandas de cada centro de distribución y la capacidad de los vehículos que realizan las entregas. Una vez obtenidos los centros de distribución y las rutas a utilizar se calcularon las distancias recorridas en cada configuración y se compararon con las distancias recorridas actualmente. Luego se realizó un dimensionamiento real para calcular las distancias reales aproximadas que se llegarían a ahorrar al momento de aplicar el modelo matemático. Finalmente se analizó el impacto económico teórico de aplicar cada una de las propuestas a la situación actual.

## DEDICATORIA



A Dios, a mi familia, a mi padrino y a mi madrina. A mis papas Cecilia y Daniel por su sacrificio constante para que no me falte nada y a mi abuela Lucia. A mi mejor amigo Sebastián, que en paz descanse, por todos los buenos momentos de amistad que tuvimos. A mi padrino Willians por exigirme, aconsejarme y siempre estar ahí cuando lo he necesitado. A mi madrina Sonia por apoyarme y preocuparse por mí. Gracias a todos por estar conmigo y haber hecho posible que llegue tan lejos.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 La cadena de suministro.....	2
1.2 Logística.....	2
1.2.1 Logística en la distribución física.....	3
1.2.1.1 Almacén y centros de distribución.....	3
1.2.1.2 Localización de centros de distribución.....	6
1.2.1.3 Ruteo.....	6
1.3 Investigación de operaciones.....	7
1.3.1 Programación lineal.....	7
1.3.2 Componentes de la programación lineal.....	8
1.3.3 Heurísticas.....	8
1.4 Modelos de programación lineal para problemas de localización.....	9
1.4.1 Modelo P-Mediana.....	9
1.4.2 Modelo de localización para plantas y almacenes con capacidades y varios productos.....	10
1.4.3 Modelo para localización y ruteo de almacenes.....	12
1.4.4 Problema de localización de facilidades con costo fijo.....	15
1.4.5 El problema de parar y dejar (SDRP).....	17
1.5 Modelos de programación lineal para problemas de ruteo.....	19
1.5.1 El problema de los múltiples agentes viajeros (m-TSP).....	20

1.5.2	El problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) .....	22
1.5.3	El problema de ruteo de vehículos de Ekram (Ekram VRP) .....	24
1.5.4	El problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado (PDVRP Periódico No Emparejado) .....	26
1.6	Aplicaciones de localización y ruteo.....	29
1.6.1	Caso 1: Solak, S., Scherrer, C. y Ghoniem, A. (2014). The stop-and-drop problem in nonprofit food distribution networks. <i>Annals of Operations Research</i> , 221(1), 407-426. <a href="https://doi.org/10.1007/s10479-012-1068-7">https://doi.org/10.1007/s10479-012-1068-7</a> .....	30
1.6.1.1	Antecedentes .....	30
1.6.1.2	Problema.....	30
1.6.1.3	Solución .....	31
1.6.1.4	Resultados .....	42
1.6.2	Caso 2: Alhindi, A., Alsaidi, A., Alasmay, W. y Alsabaan, M. (2020). Vehicle Routing Optimization for Surplus Food in Nonprofit Organizations. <i>International Journal of Advanced Computer Science and Applications</i> , 11 (3), 680-685. <a href="https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110384">https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110384</a> .....	43
1.6.2.1	Antecedentes .....	43
1.6.2.2	Problema.....	43
1.6.2.3	Solución .....	44
1.6.2.4	Resultados .....	44
1.6.3	Caso 3: Nair, D., Grzybowska, H., Rey, D. y Dixit, V. (2016). Food Rescue And Delivery: A Heuristic Algorithm for Periodic Unpaired Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem. <i>Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board</i> . 2548 (2548), 2-16. <a href="https://doi.org/10.3141/2548-10">https://doi.org/10.3141/2548-10</a> .....	45
1.6.3.1	Antecedentes .....	46
1.6.3.2	Problema.....	46
1.6.3.3	Solución .....	46
1.6.3.4	Resultados .....	50
CAPÍTULO 2: LA CADENA DE ABASTECIMIENTO HUMANITARIA.....		52
2.1	Metodología de investigación.....	52

2.2	Logística humanitaria.....	52
2.3	Problema de la seguridad alimentaria.....	53
2.4	Comedores populares.....	54
2.4.1	Comedores populares en el mundo .....	54
2.4.1.1	Estados Unidos .....	55
2.4.1.2	Canadá .....	56
2.4.1.3	Europa .....	56
2.4.1.4	Sudáfrica.....	57
2.4.2	Acción frente a la pandemia.....	57
2.5	Caso de red de abastecimiento.....	58
2.5.1	Programa Mundial de Alimentos (WFP).....	58
2.5.1.1	Logística en el WFP .....	59
2.5.2	Cáritas y su distribución de alimentos en tiempos de COVID-19.....	61
CAPÍTULO 3: LA RED DE ABASTECIMIENTO EN VES .....		63
3.1	Historia de los comedores populares en el Perú.....	63
3.2	Comedores populares en el Perú.....	63
3.3	Comedores populares en VES.....	65
3.3.1	Villa El Salvador.....	65
3.3.1.1	Población y estratos socioeconómicos en el distrito .....	66
3.3.2	Municipalidad caso .....	67
3.3.2.1	Análisis de la organización .....	67
3.3.2.2	Distribución de alimentos a cargo de la Subgerencia de Programas Sociales de VES .....	68
3.3.2.3	Análisis y diagnóstico .....	70
3.3.2.4	Descripción del caso .....	73
CAPÍTULO 4: UBICACIÓN DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DE RUTAS ÓPTIMAS.....		75
4.1	Número de beneficiados en los comedores populares y alimentos a transportar. .	75

4.2	Ubicación del almacén general, centros de distribución y comedores populares de VES .....	75
4.3	Ubicación de los nuevos centros de distribución y asignación de comedores .....	77
4.3.1	Fase 1: Localización y asignación de nuevos centros de distribución .....	78
4.3.2	Fase 2: Diseño de Rutas.....	80
4.3.3	Resultados.....	81
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE PROPUESTAS .....		88
5.1	Dimensionamiento Real.....	88
5.2	Impacto económico.....	89
5.2.1	Impacto económico en los comedores populares .....	89
5.2.2	Impacto económico en el distrito.....	90
5.2.3	Impacto económico total .....	92
5.3	Análisis de sensibilidad.....	93
5.3.1	Análisis de sensibilidad del impacto económico en los comedores .....	93
5.3.2	Análisis de sensibilidad del impacto económico en el distrito.....	94
5.3.3	Análisis de sensibilidad del impacto económico total .....	96
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		98
6.1	Conclusiones .....	98
6.2	Recomendaciones .....	99
BIBLIOGRAFÍA.....		101



## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Comparación de métricas entre el modelo aleatorio y el Ekram VRP para una simulación de un mes. ....	45
Tabla 2: Dimensiones de la seguridad alimentaria. ....	53
Tabla 3: Tipos de inseguridad alimentaria. ....	54
Tabla 4: Relación de rutas, centros de distribución y número de comedores a abastecer...	69
Tabla 5: Problemas en la distribución de alimentos. ....	70
Tabla 6: Análisis de la problemática de los tiempos de entrega usando los 5 ¿Por qué? ....	71
Tabla 7: Análisis de la problemática de los altos costos de entrega usando los 5 ¿Por qué? .....	72
Tabla 8: Distancias recorridas de acuerdo al número de centros de distribución, en unidades cartesianas. ....	82
Tabla 9: Asignación de comedores populares a sus centros de distribución. ....	86
Tabla 12: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3. ....	87
Tabla 11: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2. ....	87
Tabla 10: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1. ....	87
Tabla 13: Distancias recorridas de acuerdo al número de centros de distribución, en kilómetros. ....	88
Tabla 14: Ahorros en km y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual. ....	89
Tabla 15: Costos totales en soles de los comedores de acuerdo al número de centros de distribución y su distancia recorrida en km. ....	90
Tabla 16: Costos totales y por tipo de vehículo del distrito de acuerdo con el número de centros de distribución, en soles. ....	92
Tabla 17: Costos totales anuales de distribución de los comedores populares y el distrito, en soles. ....	92

Tabla 18: Ahorro de los comedores en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.....	94
Tabla 19: Ahorro del distrito en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.....	95
Tabla 20: Ahorro en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual. ....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Envíos con el uso de plataforma de expedición. ....	4
Figura 2: Envíos utilizando una plataforma cross dock.....	4
Figura 3: Transporte con centro de distribución. ....	5
Figura 4: Ilustración del SDRP .....	17
Figura 5: Ilustración del m-TSP, donde 0 es el nodo del depósito y los nodos del 1 al 11 son clientes.....	22
Figura 6: Ejemplo del PDVRP Periódico No Emparejado.....	27
Figura 7: Ilustración del Lema 1.....	41
Figura 8: Fases de la heurística para resolver el PDVRP periódico no emparejado.....	47
Figura 9: Algoritmos y Heurísticas usados para resolver el PDVRP periódico no emparejado. ....	50
Figura 10: Cadena de abastecimiento humanitaria. ....	59
Figura 11: Proceso de la cadena de abastecimiento en un nivel elemental.....	60
Figura 12: Alcance global del UNHRD en 2013.....	61
Figura 13: Proceso de respuesta de la Red de Cáritas del Perú frente al COVID-19.....	62
Figura 14: Articulación Nacional: Actores y Funciones.....	64
Figura 15: Distribución por sectores del distrito de Villa El Salvador. ....	66
Figura 16: Unión de comedores con sus centros de distribución y rutas de entrega. ....	76
Figura 17: Curvas de distancias recorridas por número de centros de distribución, en unidades cartesianas. ....	82
Figura 18: Ubicación de nuevos centros de distribución y unión a sus comedores populares asignados. ....	84
Figura 19: Rutas de distribución a utilizar para la entrega a los centros de distribución. ....	85
Figura 20: Curvas de los costos de distribución mensuales y anuales de los comedores populares.....	93
Figura 21: Curvas de los costos de distribución totales del distrito y sus componentes. ....	94
Figura 22: Curvas de los costos de distribución total anuales y sus componentes.....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Resultados computacionales de los algoritmos y heurísticas propuestas del problema parar y dejar aplicado en un banco de alimentos en Estados Unidos. ....	111
ANEXO B: Resultados gráficos del método aleatorio y el Ekram VRP aplicado en Ekram.	112
ANEXO C: Data inicial, solución óptima y códigos de programación del problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado aplicado en OzHarvest. ....	113
ANEXO D: Diagrama de flujo del proceso de investigación.....	118
ANEXO E: Plano y distribución de personas, familias y hogares según estratos de VES.	119
ANEXO F: Organigrama de la municipalidad caso.....	121
ANEXO G: Diagrama de flujo del proceso de distribución y del modelamiento y análisis..	122
ANEXO H: Visita a los comedores populares del Villa El Salvador. ....	124
ANEXO I: Relación de comedores populares, dirección, centro de distribución y número de beneficiarios de VES.....	127
ANEXO J: Cantidad de alimentos a transportar por comedor popular de VES.....	136
ANEXO K: Localización de comedores y centros de distribución candidatos de VES en el plano cartesiano.....	145
ANEXO L: Diagrama de flujo del proceso de solución del problema. ....	162
ANEXO M: Programación de los modelos matemáticos en el software AMPLIDE y resultados con solver CPLEX 20.1. ....	163
ANEXO N: Explicación gráfica de la Fase 1 – Modelo de localización y asignación de nuevos centros de distribución. ....	165
ANEXO O: Explicación gráfica de la Fase 2 – Diseño de rutas. ....	169
ANEXO P: Resultados del modelo matemático para 4 centros de distribución.....	177
ANEXO Q: Resultados del modelo matemático para 6 centros de distribución. ....	181
ANEXO R: Resultados del modelo matemático para 8 centros de distribución. ....	185
ANEXO S: Resultados del modelo matemático para 10 centros de distribución.....	189
ANEXO T: Dimensionamiento real de las distancias en kilómetros. ....	193
ANEXO U: Curvas de distancias recorridas por número de centros de distribución, en kilómetros. ....	195

ANEXO V: Gastos de los comedores populares para el transporte de alimentos.....	196
ANEXO W: Datos y cálculos de los costos de distribución de la situación actual. ....	197
ANEXO X: Costos de distribución mensuales y anuales para el uso de 12, 10, 8, 6 y 4 centros de distribución.....	200



# INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), durante los años 2018 y 2019 la variación porcentual de pobreza extrema se incrementó en el Perú, siendo estas variaciones del 1,70% para la Costa, 2,80% para la Sierra y 3,10% para la Selva (INEI 2020: 32). Se define como pobre extremo a toda aquella persona que integre un hogar cuyo gasto per cápita esté por debajo del costo de la canasta básica de alimentos, por ejemplo, si una persona posee una buena casa pero sus gastos no cubren el costo de una canasta de alimentación básica, entonces esta persona está en condición de pobreza extrema (INEI 2020: 29). Al no tener un ingreso que les permita acceder siquiera a una canasta básica de alimentos, las personas pertenecientes a este grupo no tienen acceso a servicios básicos dignos que les permitan siquiera cocinar sus alimentos, puesto que estos servicios implican un gasto mayor al de una canasta de alimentos. Es por esto que existen iniciativas como: Programa Vaso de Leche, Comedores Populares y Clubes de Madres. Estas buscan contribuir al desarrollo integral de las localidades en riesgo y mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentran en situaciones extremas (INEI 2018: 113).

En la presente tesis se trabajará en el distrito de Villa El Salvador (VES), el cual actualmente gestiona 242 distribuidos por todo el distrito. Según el INEI, Lima alberga el 26,60% de beneficiarios de los comedores populares y, de las 797 770 personas beneficiadas por los comedores populares a nivel nacional, 20 627 personas pertenecen al distrito de VES, siendo este el tercer distrito más beneficiado detrás de Comas y San Juan de Lurigancho (2018: 115). El objetivo es aplicar la programación lineal para poder presentar propuestas de mejora que beneficien tanto al distrito como a los comedores populares.

El primer capítulo muestra una revisión de la literatura enfocada en la cadena de suministro, la logística y la investigación de operaciones, además, muestra ejemplos de modelos aplicados en casos similares. En el segundo capítulo se definen los términos de logística humanitaria, seguridad alimentaria y comedores populares, adicionalmente se muestran ejemplos de comedores populares en el mundo y algunos casos de la red de abastecimiento. El tercer capítulo repasa la historia de los comedores populares en el Perú, la situación actual de los comedores en el distrito de VES y un análisis y diagnóstico de la problemática. El cuarto capítulo se enfoca en la programación del modelo matemático y los resultados obtenidos, mientras que el quinto capítulo muestra el dimensionamiento real, el impacto económico y su análisis de sensibilidad. Finalmente, el último capítulo presenta las conclusiones del trabajo realizado en la tesis y algunas recomendaciones con respecto al trabajo.

# **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1 La cadena de suministro**

La cadena de suministro, según Carreño "... está formada por empresas que coordinan y colaboran con el objetivo de explotar una oportunidad de mercado, satisfaciendo las necesidades de los clientes. Dichas empresas, que conforman la cadena de suministro, son proveedores, fabricantes, distribuidores, minoristas y el mismo cliente final" (2017: 7). Además, añade que esta busca administrar los flujos de productos, información y fondos que se dan a lo largo de estas redes, con el objetivo de mejorar el servicio al cliente e incrementar los beneficios para toda la cadena de suministro (2017: 8). Por otro lado, Mora se refiere a la cadena de suministro como una evolución de la logística, la cual busca una planeación, colaboración e integración entre los proveedores, fabricantes y consumidores con el fin de lograr un flujo constante entre estos mismos (2016: 154).

Entonces, gracias a estas definiciones, podemos afirmar que la cadena de suministro está conformada por empresas involucradas en el flujo de un producto, las cuales buscan mejorar la manera en que realizan sus operaciones a fin de brindar un mejor servicio al cliente y a su vez aumentar sus ganancias mediante la mejora de operaciones.

## **1.2 Logística**

Mora afirma que, en síntesis, la logística se define como "... la gerencia de la cadena de abastecimiento, desde la materia prima hasta el punto donde el producto o servicio es finalmente consumido o utilizado. Con tres flujos importantes de materiales (inventarios), información (trazabilidad) y capital de trabajo (costos)" (2016: 5). En su libro menciona que esté es un mecanismo de planificación, el cual vincula las diferentes áreas que existen en una compañía, desde la programación de compras de materias primas hasta el servicio postventa; además, en una función gerencial, esta puede involucrar conceptos como la localización de las plantas y bodegas, los niveles de inventarios, los sistemas de indicadores de gestión y el sistema de información (2016: 4-5).

Finalmente, Mora señala que la logística tiene como objetivos: asegurar que el menor costo operativo sea un factor clave del éxito, convertir la logística en una ventaja competitiva ante los rivales y suministrar adecuada y oportunamente los productos que requiere el cliente final. (2016: 6). A pesar que la logística abarca muchas áreas, haremos un énfasis mayor en los

campos relacionados a la localización de centros de distribución, abastecimiento y transporte de las materias primas.

### **1.2.1 Logística en la distribución física**

Un punto importante a abarcar en la logística es la distribución física de los productos, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) menciona que, con respecto a la distribución física, la gestión logística es responsable de: el transporte del producto, la gestión de la red de almacenamiento y control de inventarios, administración de pedidos de los clientes, el servicio al cliente, la previsión de demanda, el diseño de los embalajes y manipulación de los productos terminados, los lineamientos para la planeación de producción y la investigación y desarrollo del sistema de distribución (1993: 42). De todo lo mencionado, abordaremos específicamente la gestión de la red de almacenamiento (localización centros de distribución) y el transporte del producto (ruteo).

#### **1.2.1.1 Almacén y centros de distribución**

Carreño define que “El almacén es un sistema que combina infraestructura, recursos humanos, maquinarias, equipos y procesos para labores de conservación o almacenamiento de inventarios y manipulación de los mismos, que requieran las empresas participantes de la cadena de suministro” (2017: 56). Sin embargo, el mantener un inventario genera un costo de almacenamiento, los cuales son: costo de instalaciones del almacén, costo de las estanterías de almacenamiento, costos de equipos de manipulación, costos de personal, costo de sistemas de información y costos de mermas, robos y pérdidas de almacén (2017: 77 – 79).

Antes de hablar de los centros de distribución es importante definir dos tipos de almacenes: las plataformas de expedición y las plataformas cross dock. Carreño menciona que las primeras son usadas cuando se tiene un solo punto de origen y varios puntos de destino localizados a gran distancia del punto de origen (2017: 59). En la figura 1 se muestra gráficamente el flujo de envíos de esta.

Donde:

PO: Punto de Origen

PE: Punto de Expedición

P1, P2, P3: Puntos de Destino



$f_1, f_2, f_3$  y  $F_4$ : Fletes de distribución

$D, d$ : Distancias entre un punto y otro, donde  $D > d$

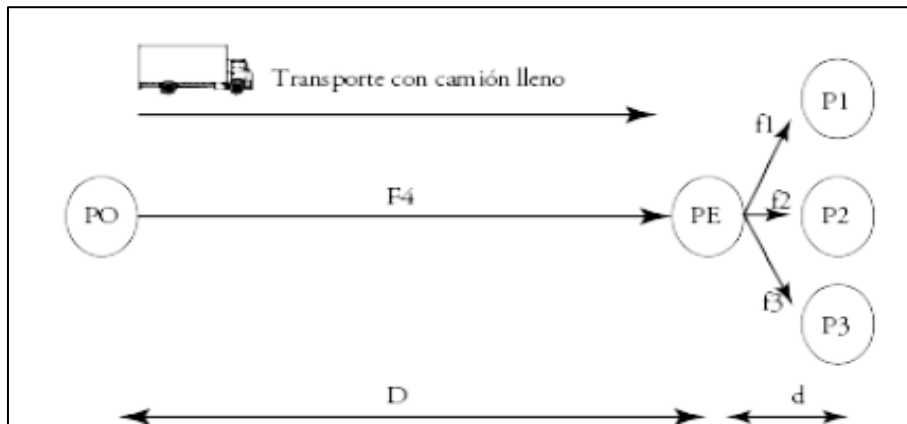


Figura 1: Envíos con el uso de plataforma de expedición.

Fuente: (Carreño 2017: 58, figura 3.4)

Por otro lado, las plataformas cross dock se usan cuando se tienen múltiples puntos de origen con envíos pequeños que deben entregarse a múltiples puntos de destino (2017: 59). En la figura 2 se muestra gráficamente el flujo de envíos de esta.

Donde:

PO1, PO2 y PO3: Puntos de Origen 1, 2 y 3

PD1, PD2, PD3: Puntos de Destino 1, 2 y 3

$f(i - j)$ : Fletes de distribución desde el punto  $i$  hasta el punto  $j$

PCD: Plataforma Cross Dock

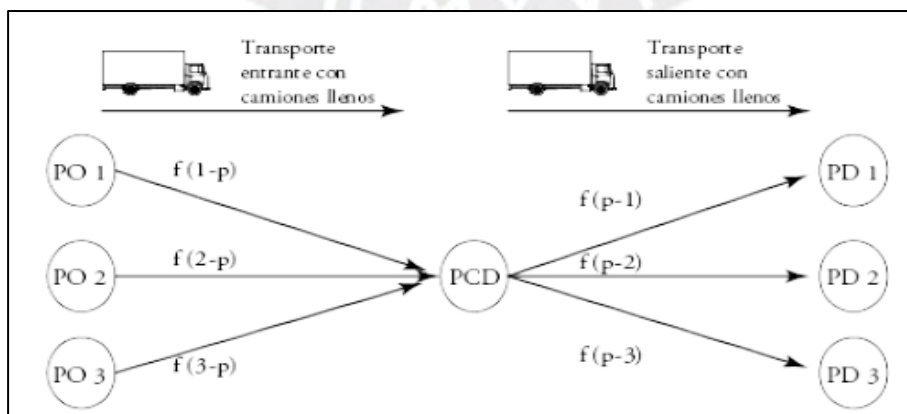


Figura 2: Envíos utilizando una plataforma cross dock.

Fuente: (Carreño 2017: 59, figura 3.6)

Con estos dos tipos de plataforma podemos definir los centros de distribución, los cuales Carreño menciona que “Son instalaciones que combinan capacidades de almacenamiento con las capacidades de las plataformas de expedición y de cross dock, las cuales coexisten dentro de la misma instalación y logran mover los stocks a grandes velocidades, manteniendo bajos los costos de operación” (2017: 60). Además, más adelante añade que “... un centro de distribución mantiene stocks para abastecer la demanda de los clientes y una plataforma de expedición no” (2017: 238). En la figura 3 se muestra el flujo de envío del centro de distribución.

Donde:

PO: Punto de Origen

CD: Centro de Distribución

P1, P2, P3: Puntos de Destino

f1, f2, f3 y F4: Fletes de distribución

d1, d2: Distancias entre un punto y otro, donde  $d1 > d2$

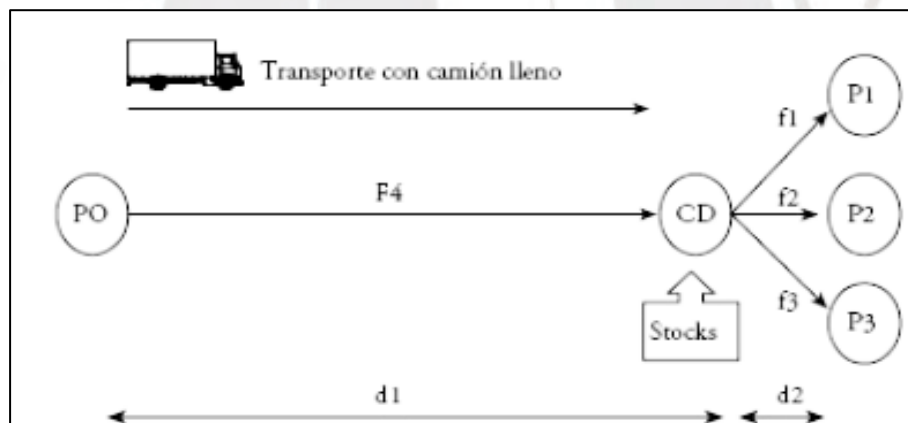


Figura 3: Transporte con centro de distribución.

Fuente: (Carreño 2017: 239, figura 7.19)

Cabe añadir que, al igual que los dos tipos de almacenes anteriores, los centros de distribución también tienen como objetivo la distribución de pedidos a destinos múltiples y al ser un tipo de almacén, sus costos van a tener una estructura similar a los costos de almacenamiento mencionados anteriormente.

### **1.2.1.2 Localización de centros de distribución**

En general, Daskin menciona que las decisiones relacionadas a la localización de las instalaciones suelen ser las más críticas y difíciles de tomar con respecto a la necesidad de mejorar la eficiencia en la cadena de suministro. Esto se debe a que, a diferencia de las decisiones de transporte e inventario (que pueden ser cambiadas en un periodo corto de tiempo en respuesta a cambios de disponibilidad, costos de transporte, precio, etc.), las decisiones relacionadas a la localización de instalaciones son fijas y difíciles de cambiar incluso en un mediano plazo (la localización no puede cambiar inmediatamente ni a corto plazo si, por ejemplo, la demanda de los clientes varía o el costo de un material sube). Además, una localización ineficiente puede resultar en un excesivo costo sin importar que tan bien esté planeada la producción, las opciones de transporte y el manejo de inventario (2003: 4).

Es por esto que, la decisión de localización tiene una gran influencia en la cadena de suministro, ya que de esta también dependen los costos de transporte y la distancia a recorrer (sin considerar los costos del terreno o alquiler), para poder determinar las opciones de localización se deberá hacer uso de modelos de programación lineal y heurísticas con el fin de poder tomar la mejor decisión posible con respecto a la localización de los centros de distribución.

### **1.2.1.3 Ruteo**

El ruteo nace de la necesidad de encontrar una ruta que permita la óptima distribución de los productos, desde su centro de producción, almacenamiento o centros de distribución hasta sus compradores o usuarios finales. Sin embargo, esta problemática no es tan simple de resolver, para esto Olivera define que:

A grandes rasgos un Problema de Ruteo de Vehículos consiste en, dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema. (2014: 2).

En su libro, Olivera señala las variables ligadas a los clientes, depósitos y vehículos las cuales son a simples cuentas: la demanda y su ubicación, para los clientes; la ubicación, capacidad de producción y disposición de vehículos, para los depósitos; la capacidad y costos, para los vehículos (2014: 2-3). Como se mencionó anteriormente, estas características dan lugar a

varias variantes de problemas de ruteo, por lo cual es necesario estudiar y seleccionar la variante que más se asemeje y adecue a la problemática que se presente.

### 1.3 Investigación de operaciones

Hillier y Lieberman afirman que la investigación de operaciones nace de la problemática y necesidad de tener que asignar los recursos de una organización de la manera más eficaz entre todas las actividades que esta realiza, según ellos, esta es una disciplina que tiene como objetivo investigar sobre las operaciones de una organización y aplicar la investigación a la problemática relacionada con la conducción y actividades de la misma, intentando resolver los conflictos de intereses entre los componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para todo el conjunto (2010: 1-3).

Por otro lado, Winston señala que "... es, simplemente, un enfoque científico en la toma de decisiones que busca el mejor diseño y operar un sistema, por lo regular en condiciones que requieren la asignación de recursos escasos." (2005: 1). Winston añade que, para este enfoque científico, es necesario el uso de uno o más modelos matemáticos, los cuales son representaciones matemáticas de las situaciones reales que pueden ser usados para tomar mejores decisiones con respecto a la problemática (2005: 1).

Con ambas afirmaciones, podemos concluir que la investigación de operaciones nos permite encontrar una solución óptima a las problemáticas que pueda presentar una organización con respecto a su asignación de recursos, sin importar la naturaleza de la misma organización.

#### 1.3.1 Programación lineal

Al ser una parte esencial de la investigación de operaciones, Hillier y Lieberman dicen que "La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo *lineal* significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser *funciones lineales*" (2010: 21). En la misma página señala que el término 'programación' hace referencia a la forma de plantear un problema en términos matemáticos, es decir que, en realidad la programación lineal se refiere a la forma de plantear un problema en ecuaciones lineales matemáticas con el objetivo de obtener un resultado óptimo para la solución de un problema.

Además, Winston menciona que la programación lineal se utiliza para resolver problemas de optimización en diversas industrias aclarando que, para poder desarrollar un modelo de programación lineal, es necesario establecer tres componentes: La función objetivo, las variables de decisión y las restricciones. Él define que un problema de programación lineal

deberá: Maximizar (o minimizar) la función objetivo, satisfacer un conjunto de restricciones relacionados a las variables de decisión y relacionar una restricción de signos a cada variable (2005: 49-53).

### **1.3.2 Componentes de la programación lineal**

En el punto anterior se hizo mención a los tres componentes de la programación lineal, para esto se hará uso de las definiciones usadas por Winston (2005):

#### **Variables de Decisión:**

Las variables de decisión son todas aquellas variables de las cuales sus valores están bajo nuestro control e influyen en el desempeño del sistema (y por ende en la función objetivo). Estas deben describir las decisiones que se deben tomar con respecto al problema.

#### **Función Objetivo:**

La función objetivo hace referencia a la función lineal que se desea maximizar (o minimizar), esta función objetivo está ligada a las variables de decisión del problema.

#### **Restricciones:**

En la mayoría de problemas, las variables de decisión estarán limitadas a tomar ciertos valores, las limitaciones a estos valores son llamadas restricciones.

#### **Restricciones de signo:**

Las restricciones de signo hacen referencia al signo de los valores que pueden tomar las variables de decisión, definir el signo nos ayudará a completar la formulación del problema. En caso una variable pueda tomar valores positivos y negativos se dirá que esta no tiene restricciones de signo.

### **1.3.3 Heurísticas**

Las heurísticas son algoritmos usados para encontrar soluciones “buenas” a problemas de gran tamaño, permitiendo obtener un buen resultado a un costo aceptable en una gran variedad de problemas; sin embargo, no existe garantía sobre la calidad de los datos obtenidos. Estas se pueden calificar en dos familias: heurísticas específicas y metaheurísticas. Las primeras son diseñadas para resolver un tipo de problema en específico, mientras que las segundas son algoritmos con propósitos generales que pueden ser aplicados para resolver casi cualquier problema de optimización. (Talbi 2009: 21).

Teniendo esta definición como punto de partida, en el siguiente trabajo nos referiremos como heurísticas a todos los algoritmos usados para encontrar soluciones a aquellos modelos de programación lineal que son demasiado grandes y que, al momento de su ejecución en algún tipo de software, conllevan una gran carga computacional para su resolución.

## 1.4 Modelos de programación lineal para problemas de localización

Como se mencionó anteriormente, haremos uso de la programación lineal con el fin de poder encontrar una solución óptima al problema de localización de centros de distribución, Araneda y Morada comentan que “La localización de instalaciones investiga dónde ubicar físicamente un conjunto de facilidades, de modo de satisfacer las demandas de un grupo de clientes (Hale & Moberg 2003), todo esto, sujeto a una serie de restricciones, para seleccionar un conjunto óptimo de facilidades para instalar en los sitios candidatos, de modo de optimizar alguna función objetivo” (2005: 58). Es importante aclarar que los objetivos, variables y restricciones van a variar dependiendo de la situación o problemática que se quiera afrontar, es por esto que más adelante mencionan que “... no existe un modelo genérico que sea apropiado para todos los problemas. Por lo que, modelos con distinto objetivo, pueden provocar diferentes soluciones para el mismo caso en estudio” (2005: 58).

### 1.4.1 Modelo P-Mediana

Según Araneda y Morada (2005: 60), el modelo P-Mediana fue inicialmente planteado por Seifollah Louis Hakimi entre 1964 y 1965. Este modelo busca encontrar la ubicación para  $p$  facilidades con el fin de minimizar la demanda-distancia total entre los nodos de demanda y la facilidad a la cual son asignados.

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (1.1)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (1.2)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (1.3)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (1.4)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (1.5)$$

Donde:

I: Conjunto de nodos de la demanda i.

J: Conjunto de localizaciones candidatas de las facilidades j.

p: Número de facilidades a localizar.

$h_i$ : Demanda del nodo i.

$d_{ij}$ : Distancia entre la demanda de nodo i y su facilidad candidata localizada en el sitio j.

Variables de decisión:

$x_j$ : 1, si se localiza en el sitio j; 0, en otro caso.

$y_{ij}$ : 1, si la demanda del nodo i se asigna a la facilidad ubicada en el sitio j; 0, en otro caso.

En este problema la función objetivo tiene el propósito de minimizar la demanda-distancia total entre los nodos de demanda y las facilidades seleccionadas. En el caso de las restricciones, la primera restricción (1.1) significa que existirán un número p de facilidades instaladas; la segunda (1.2) requiere que cada nodo de demanda sea asignado a solo una facilidad y la tercera (1.3) solo permite que la demanda de un nodo sea asignada a una facilidad abierta (es decir, una facilidad seleccionada). Las dos últimas restricciones (1.4) y (1.5) son restricciones binarias que establecen la naturaleza entera del modelo (Araneda y Morada 2005: 60).

#### **1.4.2 Modelo de localización para plantas y almacenes con capacidades y varios productos**

A diferencia del modelo anterior, el modelo de localización para plantas y almacenes con capacidades y varios productos (*Multi-Product Capacitated Plant and Warehouse Location Model* en inglés) propuesto por Pirkul & Jayaraman en 1996, toma en consideración la existencia de clientes que demandan múltiples productos, estos productos son enviados de los almacenes a los clientes y, a su vez, los almacenes reciben estos productos de las plantas de manufactura. El objetivo del modelo es minimizar los costos fijos de los almacenes y plantas, minimizar los costos de transporte y obtener una asignación clientes/almacén y almacén/planta. Para esto debemos de considerar que la localización y demanda de los

clientes es conocida, también deberemos saber el número de plantas y almacenes a instalar, por último, solo un almacén puede cubrir las demandas de un cliente, pero un almacén puede tener varios proveedores (Araneda y Morada 2005: 60-62).

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_i \sum_j \sum_l h_{il} c_{ijl} y_{ijl} + \sum_j \sum_k \sum_l c_{jkl} w_{jkl} + \sum_k f_k p_k + \sum_j f_j x_j$$

Sujeto a:

$$\sum_j y_{ijl} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2.1)$$

$$\sum_i \sum_l h_{il} s_j y_{ijl} \leq V_j \quad \forall j \quad (2.2)$$

$$y_{ijl} \leq x_j \quad \forall i, j, l \quad (2.3)$$

$$\sum_j x_j = W \quad (2.4)$$

$$\sum_i h_{il} y_{ijl} = \sum_k w_{jkl} \quad \forall j, l \quad (2.5)$$

$$\sum_i \sum_l s_l w_{jkl} \leq D_k p_k \quad \forall k \quad (2.6)$$

$$\sum_k p_k = P \quad (2.7)$$

$$y_{ijl}, p_k, x_j \in \{0,1\} \quad \forall i, j, l, k \quad (2.8)$$

$$w_{jkl} \geq 0 \quad \forall j, k, l \quad (2.5)$$

Donde:

I: Conjunto de clientes i.

J: Conjunto de localizaciones candidatas a almacenes j.

K: Conjunto de localizaciones candidatas a plantas j.

L: Conjunto de productos l.

$c_{ijl}$ : Costo de transporte desde almacén j hasta el cliente i, para el producto l.

$c_{jkl}$ : Costo de transporte desde planta k hasta el almacén j, para el producto l.

$f_k$ : Costo fijo de la planta k.

$f_j$ : Costo fijo del almacén j.



$h_{ij}$ : Demanda del producto  $l$  del cliente  $i$ .

$V_j$ : Máxima capacidad del almacén  $j$ .

$D_k$ : Máxima capacidad de la planta  $k$ .

$s_l$ : Espacio ocupado producto  $l$ .

$W$ : Número de almacenes a instalar.

$P$ : Número de plantas por localizar.

Variables de decisión:

$y_{ijl}$ : 1, si la demanda del cliente  $i$  es satisfecha por el almacén  $j$  para el producto  $l$ ; 0, en otro caso.

$w_{jkl}$ : Cantidad transportada desde la planta  $k$  hasta el almacén  $j$  para el producto  $l$

$x_j$ : 1, si el almacén  $j$  es abierto; 0, en otro caso.

$p_k$ : 1, si la planta  $k$  es abierta; 0, en otro caso.

En este problema, el primer término de la función objetivo representa los costos de asignar la demanda de los clientes a los almacenes candidatos, el segundo término representa el costo de transporte desde las plantas hacia los almacenes, el tercer término representa los costos fijos de instalación y operación de los sitios candidatos para las plantas y el cuarto término representa los costos fijos de instalación y operación de los sitios candidatos para los almacenes. En el caso de las restricciones, la primera restricción (2.1) garantiza que solo un almacén atenderá a un cliente; la segunda (2.2) asegura que no se sobrepase la cantidad de almacenes; la tercera (2.3) verifica que solo se asignen las demandas de un cliente a los almacenes abiertos; la cuarta (2.4) indica el número de almacenes a instalar. La quinta (2.5) garantiza que toda la demanda del cliente  $i$  para el producto  $l$  disponible en el almacén  $j$  ha sido transportado desde las plantas; la sexta (2.6) representa la capacidad de la planta  $k$  y la séptima (2.7) indica el número de plantas a instalar. Las dos últimas restricciones establecen la naturaleza del problema (Araneda y Morada 2005: 62).

### 1.4.3 Modelo para localización y ruteo de almacenes

A diferencia de los modelos anteriores, los cuales consideraban cada entrega al cliente independiente una de la otra (es decir, no existía una ruta para realizar la entrega a varios clientes), el modelo para localización y ruteo de almacenes (*Warehouse Location-Routing* en

inglés) planteado por Perl y Daskin en 1985 busca dar respuesta a tres decisiones: la localización de almacenes (o facilidades), la asignación de clientes a almacenes y el ruteo para la distribución de productos a los clientes (Araneda y Morada 2005: 62; Daskin, Lawrence y Berger 2003: 12-16).

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min } \sum_{j \in J} f_j x_j + \sum_{s \in S} \sum_{j \in J} c_{sj} w_{sj} + \sum_{j \in J} v_j \sum_{i \in I} h_i y_{ij} + \sum_{k \in K} \alpha_k \sum_{j \in P} \sum_{i \in P} d_{ij} z_{ijk}$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in P} z_{ijk} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.1)$$

$$\sum_{i \in I} h_i \sum_{j \in P} z_{ijk} \leq \sigma_k \quad \forall k \in K \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in P} \sum_{i \in P} d_{ij} z_{ijk} \leq \tau_k \quad \forall k \in K \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in \bar{V}} \sum_{k \in K} z_{ijk} \geq 1 \quad \forall \text{ subconjunto } V \subset P \text{ tal que } J \subset V \quad (3.4)$$

$$\sum_{j \in P} z_{ijk} - \sum_{j \in P} z_{jik} = 0 \quad \forall i \in P; \forall k \in K \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} z_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (3.6)$$

$$\sum_{s \in S} w_{sj} - \sum_{i \in I} h_i y_{ij} = 0 \quad \forall j \in J \quad (3.7)$$

$$\sum_{s \in S} w_{sj} - t_j x_j \leq 0 \quad \forall j \in J \quad (3.8)$$

$$\sum_{m \in P} z_{imk} + \sum_{h \in P} z_{jhk} - y_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J; \forall i \in I; \forall k \in K \quad (3.9)$$

$$x_j, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J; \forall i \in I \quad (3.10)$$

$$z_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in P; \forall j \in P; \forall k \in K \quad (3.11)$$

$$w_{sj} \geq 0 \quad \forall s \in S; \forall j \in J \quad (3.12)$$

Donde:

I: Conjunto de nodos de demanda (localización de los clientes) i.

J: Conjunto de nodos de oferta (localizaciones candidatas a facilidades) j.

P: I u J.

f<sub>j</sub>: Costo fijo de la locación candidata a instalar la facilidad j ∈ J.

$h_i$ : Demanda del cliente localizado en  $i \in I$ .

$d_{ij}$ : Distancia del nodo  $i \in P$  hacia el nodo  $j \in P$ .

$v_j$ : Costo variable unitario de procesar una unidad en la facilidad candidata ubicada en  $j \in J$ .

$V$ : Subconjunto de puntos que pertenecen a  $P$  tal que contenga puntos candidatos a facilidades)

$t_j$ : Capacidad de la facilidad candidata ubicada en  $j \in J$ .

$S$ : Conjunto de proveedores  $s$ .

$c_{sj}$ : Costo unitario de enviar un producto del punto  $s \in S$  a la facilidad candidata ubicada en  $j \in J$ .

$K$ : Conjunto de vehículos  $k$ .

$\sigma_k$ : Capacidad del vehículo  $k \in K$ .

$\tau_k$ : Máxima distancia permitida en una ruta atendida por el vehículo  $k \in K$ .

$\alpha_k$ : Costo por unidad de distancia para entrega en la ruta  $k \in K$ .

VARIABLES DE DECISIÓN:

$x_j$ : 1, si la facilidad candidata situada en  $j$  es abierta; 0, en otro caso.

$y_{ij}$ : 1, si la demanda del cliente  $i$  es satisfecha por la facilidad candidata situada en  $j$ ; 0, en otro caso.

$z_{ijk}$ : 1, si el vehículo  $k$  va directamente del punto  $i \in P$  al punto  $j \in P$ ; 0, en otro caso.

$w_{sj}$ : cantidad enviada desde el proveedor  $s$  a la facilidad candidata situada en  $j$ .

En este problema la función objetivo busca minimizar la sumatoria de todos los costos, el primer término representa los costos fijos de instalación de las facilidades, el segundo término representa el costo de transporte desde los proveedores hasta las facilidades, el tercer término representa los costos variables de producir en la facilidad  $j$  y el cuarto término representa los costos de distribución a los clientes. Este modelo toma en consideración que los costos de entrega a un cliente van a depender de las entregas hechas a otros clientes en la misma ruta. La primera restricción (3.1) busca que cada cliente pertenezca solamente a una ruta; la segunda (3.2) asegura que no se sobrepase la capacidad de los vehículos; la tercera (3.3) determina la distancia máxima de cada ruta. La cuarta (3.4) requiere que al menos una ruta vaya desde un conjunto  $V$  (apropiado subconjunto de puntos  $P$  que contienen

el conjunto de sitios candidatos para instalar facilidades) hasta su complemento, en otras palabras, generar rutas que sólo visiten rutas; la quinta (3.5) asegura que si una ruta ingresa a un nodo  $i \in P$  también pueda salir de este nodo; la sexta (3.6) asegura que cada facilidad tenga una sola ruta; la séptima (3.7) garantiza que la cantidad enviada desde los proveedores hacia las facilidades sea la misma que la cantidad enviada desde las facilidades hacia los clientes. La octava restricción (3.8) verifica que no se viole la capacidad de la facilidad, además de no asignar una facilidad a una planta al menos que esta sea abierta; la novena (3.9) establece que si un vehículo  $k \in K$  parte desde el nodo cliente  $i \in I$  y también parte de la facilidad  $j \in J$ , entonces la demanda del cliente  $i$  puede ser asignada a la facilidad  $j$ . Las restricciones (3.10) y (3.11) son restricciones binarias, mientras que la restricción (3.12) asegura la no negatividad del modelo (Araneda y Morada 2005: 63; Daskin et al. 2003: 15-16).

#### 1.4.4 Problema de localización de facilidades con costo fijo

El problema de localización de facilidades con costo fijo (*Fixed Charge Facility Location Problem* en inglés) es un problema clásico de localización, el cual es la base de varios modelos de localización usados para el diseño de la cadena de abastecimiento. Para este problema las localizaciones y demanda de los clientes son conocidos, también se conoce el costo unitario de envío entre un sitio candidato y un determinado cliente. Además, se tendrá un conjunto de localizaciones candidatas para las facilidades y sus costos fijos de localización. El modelo buscará reducir los costos combinados de localización y envío entre las facilidades y los clientes. A continuación, se presentará una extensión del problema, el cual fue propuesto por Geoffrion and Graves en 1974. Esta extensión del problema incluye los envíos de plantas a centros de distribución (facilidad) y múltiples productos. (Daskin et al. 2003: 6-12).

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} f_j x_j + \sum_{j \in J} v_j \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} d_{li} y_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} c_{lkji} z_{lkji}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} z_{lkji} \leq s_{lk} \quad \forall k \in K; \forall l \in L \quad (4.1)$$

$$\sum_{k \in K} z_{lkji} = d_{li} y_{ij} \quad \forall l \in L; \forall j \in J; \forall i \in I \quad (4.2)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (4.3)$$

$$\sum_{l \in L} x_j \leq \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} d_{li} y_{ij} \leq \bar{V}_j x_j \quad \forall j \in J \quad (4.4)$$

$$x_j, y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall j \in J; \forall i \in I \quad (4.5)$$

$$z_{lkji} \geq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J; \forall k \in K; \forall l \in L \quad (4.6)$$

Donde:

I: Conjunto de nodos de demanda (localización de los clientes) i.

J: Conjunto de nodos de oferta (localizaciones candidatas a centros de distribución) j.

K: Conjunto de localizaciones de la planta k.

L: Conjunto de productos l.

$d_{li}$ : Demanda del producto  $l \in L$  del cliente  $i \in I$ .

$f_j$ : Costo fijo de la locación candidata a instalar el centro de distribución  $j \in J$ .

$s_{lk}$ : Suministro del producto  $l \in L$  de la planta  $k \in K$ .

$\underline{V}_j; \bar{V}_j$ : Producción mínima y máxima permitida en el centro de distribución  $j \in J$ .

$v_j$ : Costo unitario de producción en la localización candidata  $j \in J$ .

$c_{lkji}$ : Costo unitario de producción y envío del producto  $l \in L$  entre la planta  $k \in K$ , la facilidad candidata ubicada en  $j \in J$  y el cliente ubicado en  $i \in I$ .

Variables de decisión:

$x_j$ : 1, si la facilidad candidata situada en  $j \in J$  es abierta; 0, en otro caso.

$y_{ij}$ : 1, si la demanda del cliente ubicado en  $i \in I$  es satisfecha por la facilidad candidata situada en  $j \in J$ ; 0, en otro caso.

$z_{lkji}$ : Cantidad del producto  $l \in L$  enviado entre la planta  $k \in K$ , la facilidad candidata ubicada en  $j \in J$  y el cliente ubicado en  $i \in I$ .

En la función objetivo, el primer término representa los costos fijos de localización de los centros de distribución, el segundo término representa los costos variables de los centros de distribución y el tercer término representa los costos de transporte desde las plantas a los centros de distribución y a los clientes. En el caso de las restricciones, la primera restricción (4.1) garantiza que la cantidad total de productos  $l \in L$  enviado de la planta  $k \in K$  no exceda la capacidad de producción de la planta  $k$  para ese producto. La segunda (4.2) indica que la

cantidad del producto  $l \in L$  enviado al cliente  $i \in I$  mediante el centro de distribución  $j \in J$  debe ser igual a la cantidad del producto producido en todas las plantas y que son destinados al cliente a través del centro de distribución; esta restricción estipula que la demanda debe ser satisfecha para cada cliente y para cada producto, también sirve como enlace del flujo de las variables  $z$  e  $y$ . La tercera (4.3) asegura que la demanda del cliente sea satisfecha por solo un centro de distribución; la cuarta (4.4) establece que no se sobrepasen los límites de producción establecidos para cada centro de distribución; también sirve como una condición de que establece que solo se pueden asignar demandas a las facilidades abiertas. Las últimas restricciones establecen la naturaleza del problema (Daskin et al. 2003: 12).

### 1.4.5 El problema de parar y dejar (SDRP)

El problema de parar y dejar (*Stop-and-Drop Problem* en inglés), ilustrado en la figura 4, involucra a uno o varios depósitos con ubicación conocida y un conjunto de sitios de recojo candidatos para que los consumidores puedan viajar y recoger sus demandas. Los vehículos a utilizar partirán únicamente del depósito hacia los sitios de recojo candidatos seleccionados, mientras que a cada consumidor se le asignará un único sitio de recojo candidato, los cuales están conectados a los depósitos y funcionan como centros de distribución. El modelo busca reducir los costos del ruteo de vehículos y los costos de viaje de los consumidores. Además, se asume que los costos de transporte entre los sitios de recojo, el depósito y los consumidores son conocidos, al igual que las localizaciones de los sitios candidatos y los consumidores (Solak, Scherrer y Ghoniem 2014: 409-410).

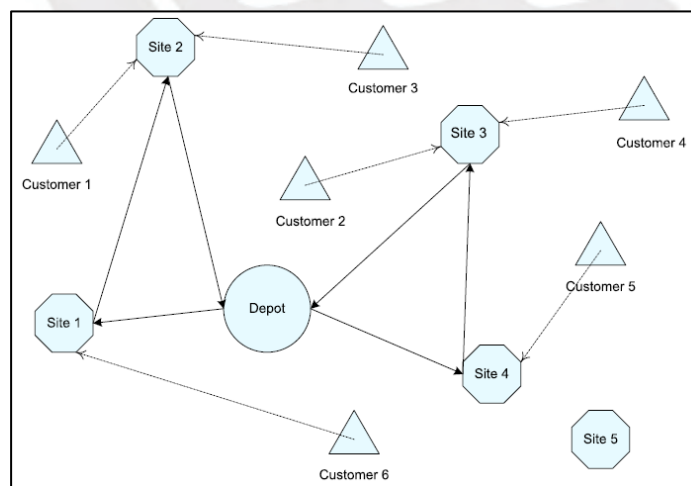


Figura 4: Ilustración del SDRP

Fuente: (Solak, Scherrer y Ghoniem 2014: 411, figura 1)

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min } \lambda \sum_{v \in V} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} w_{ijv} + (1 - \lambda) \sum_{i \in S} \sum_{k \in K} f_{ik} x_{ik}$$

Sujeto a:

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} \leq 1 \quad \forall i \in S \quad (5.1)$$

$$\sum_{j \in I} w_{0jv} = 1 \quad \forall v \in V \quad (5.2)$$

$$\sum_{i \in I - \{j\}} w_{ijv} - \sum_{i \in I - \{j\}} w_{jiv} = 0 \quad \forall v \in V, j \in I \quad (5.3)$$

$$\rho_{jv} - \rho_{iv} - \sum_{k \in K} d_k x_{jk} + Q(1 - w_{ijv}) \geq 0 \quad \forall v \in V, (i, j) \in A \quad (5.4)$$

$$q_{ikv} \geq x_{ik} + \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} - 1 \quad \forall v \in V, i \in S, k \in K \quad (5.5)$$

$$q_{ikv} \leq \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} \quad \forall v \in V, i \in S, k \in K \quad (5.6)$$

$$q_{ikv} \leq x_{ik} \quad \forall v \in V, i \in S, k \in K \quad (5.7)$$

$$\rho_{iv} - Q \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} \leq 0 \quad \forall v \in V, i \in I \quad (5.8)$$

$$\sum_{k \in K} d_k q_{ikv} - \rho_{iv} \leq 0 \quad \forall v \in V, i \in S \quad (5.9)$$

$$\rho_{0v} = 0 \quad \forall v \in V \quad (5.10)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{v \in V} q_{ikv} = 1 \quad \forall k \in K \quad (5.11)$$

$$w_{ijv}, w_{jiv}, x_{ik}, q_{ikv} \in \{0,1\} \quad \forall v \in V, i \in S, k \in K \quad (5.12)$$

$$\rho_{jv}, \rho_{iv} \geq 0 \quad \forall v \in V, j \in I, i \in I \quad (5.13)$$

Donde:

I: Conjunto de nodos tal que  $I = \{0\} \cup S$ , donde el nodo 0 es el depósito.

A: Conjunto de arcos tal que  $A = \{(i, j) | i \in I, j \in I, i \neq j\} \cup \{(0, 0)\}$ , donde el arco (0, 0) es añadido como opción para usar la menor cantidad de vehículos disponibles.

V: Conjunto de vehículos idénticos.

S: Conjunto de nodos de sitios de recojo candidatos.

K: Conjunto de nodos de los consumidores.

$Q$ : Capacidad de pallets del vehículo.

$d_k$ : Demanda del nodo  $k$ .

$c_{ij}$ : Costo del viaje de para el arco  $(i, j) \in A$ .

$f_{ik}$ : Costo de asignar el consumidor  $k \in K$  al sitio  $i \in S$ .

Variables de decisión:

$w_{ijv}$ : 1, si el arco  $(i, j)$  usa el vehículo  $v$ ; 0, en otro caso.

$x_{ik}$ : 1, si el consumidor  $k$  es asignado al nodo  $i$ ; 0, en otro caso.

$\rho_{iv}$ : Entregas totales acumuladas al visitar el nodo  $i$  con el vehículo  $v$ .

$q_{ikv}$ : 1, si el nodo  $i$  es visitado por el vehículo  $v$  y el consumidor  $k$  es asignado al nodo  $i$ ; 0, en otro caso.

La función objetivo busca minimizar la suma ponderada del costo de ruteo de los vehículos y el costo de viaje de los consumidores, para esto el valor de  $\lambda$  deberá estar entre 0 y 1. La primera restricción (5.1) asegura que cada nodo de los sitios de recojo candidatos sea visitado por un solo vehículo. La segunda (5.2) requerirá que cada ruta se genere en el nodo del depósito, mientras que la tercera (5.3) asegurará el balance de flujo y que la ruta de cada vehículo termine en el depósito. La cuarta restricción (5.4) asegura que cuando un vehículo  $v$  visite al nodo  $j$  este entregue la demanda total de todos los consumidores a los cuales se les asignó el nodo  $j$ , además, sirve como una restricción de eliminación de sub-tours. Las restricciones (5.5), (5.6) y (5.7) establecen a  $q_{ikv}$  con el valor de 1 si el nodo  $i$  es visitado por el vehículo  $v$  y el consumidor  $k$  es asignado al nodo  $i$ , en otro caso se le dará el valor de 0. La octava restricción (5.8) verifica que no se sobrepase la capacidad del vehículo. La novena restricción (5.9) requiere que el total de entregas acumuladas hechas a cualquier localización sea mayor o igual a las demandas específicas asignadas a esa localización. La décima (5.10) inicia las entregas hechas por cada vehículo en el depósito; la onceava (5.11) asegura que la demanda de cada consumidor sea atendida por un vehículo. Las últimas restricciones (5.12) y (5.13) establecen la naturaleza del problema (Solak et al. 2014: 412).

## 1.5 Modelos de programación lineal para problemas de ruteo

Al igual que en los problemas de localización, también se hará uso de la programación lineal para buscar una solución al problema del ruteo. Olivera (2004: 1) comenta que la distribución de productos desde ciertos depósitos a sus usuarios finales juega un papel central en la



gestión de sistemas logísticos, mientras que su adecuada planificación puede generar grandes ahorros. Además, menciona que el área de ruteo de vehículos se ha desarrollado considerablemente, puesto que los modelos se apegan cada vez más a la realidad y usan algoritmos que permiten resolver los problemas de manera eficiente.

Para este tipo de problemas, es importante tener en consideración las condiciones relacionadas a los clientes, los depósitos donde se almacenará la mercadería y los vehículos a usar para su distribución; ya que estas nos darán varias variantes del problema. En los ítems subsiguientes explicaremos algunos de los problemas de ruteo que serán de interés para el caso.

### 1.5.1 El problema de los múltiples agentes viajeros (m-TSP)<sup>1</sup>

El problema de los múltiples agentes viajeros (*multi-Travelling Salesman Problem* en inglés) es un problema de ruteo en el cual se tiene un depósito y  $m$  vehículos, el propósito de la formulación matemática es construir una ruta para cada vehículo, de tal manera que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Además, cada ruta deberá comenzar y terminar en su depósito correspondiente, y a lo sumo podrá atender a  $p$  clientes (Olivera 2004: 5).

La formulación propuesta por Miller (1960), es el siguiente:

$$\text{Min } \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in \Delta+(0)} x_{0j} = m \quad (6.1)$$

$$\sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (6.2)$$

$$\sum_{i \in \Delta-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (6.3)$$

$$u_i - u_j + px_{ij} \leq p - 1 \quad \forall (i,j) \in E, i \neq 0, j \neq 0 \quad (6.4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E \quad (6.5)$$

$$u_i \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (6.6)$$

<sup>1</sup> C. Miller, A. Tucker, R. Zemlin Integer programming formulation of traveling salesman problems (1960). Journal of the ACM 7

Donde:

0: Nodo que representa al depósito de donde salen los envíos.

E: Conjunto de arcos  $(i, j)$ , los cuales representan el mejor camino para ir del nodo  $i$  al nodo  $j$ .

m: Número de vehículos disponibles.

n: Número de clientes, los cuales serán representados del nodo 1 hasta el n.

$c_{ij}$ : Costo asociado de recorrer el nodo  $(i, j)$ .

$\Delta^+(0)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo 0, es decir  $\Delta^+(0) = \{j \in V \mid (i, j) \in E\}$ .

$\Delta^+(i)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo  $i$ , es decir  $\Delta^+(i) = \{j \in V \mid (i, j) \in E\}$ .

$\Delta^-(j)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo  $j$ , es decir  $\Delta^-(j) = \{i \in V \mid (j, i) \in E\}$ .

V: Conjunto total de puntos (nodos del 0 a n).

p: Total de clientes atendidos por una ruta.

Variables de decisión:

$x_{ij}$ : 1, si el arco  $(i, j)$  es recorrido; 0, en otro caso.

$u_i, u_j$  : Variables reales, las cuales son forzadas a tomar valores crecientes a lo largo de la ruta, es decir,  $u_j \geq u_i + 1$ , si  $j$  es visitada inmediatamente después que  $i$ .

Para este problema, la función objetivo representa la suma de costos en los que se incurre al utilizar determinados arcos para llegar a los clientes. La primera restricción (6.1) indica que todos los vehículos salen del depósito a sus respectivas rutas; la segunda (6.2) y tercera (6.3) restricción aseguran que cada cliente sea un nodo intermediario en exactamente una ruta; la cuarta restricción (6.4) elimina los sub-tours e impone que en cada ruta no existan más de  $p$  clientes. En el caso que  $p = n$  (es decir, cuando la cantidad de clientes por ruta no está acotada) el  $m$ -TSP puede formularse como un TSP (Problema del agente viajero)<sup>2</sup> con  $m$  copias del depósito tales que la distancia entre ellos sea infinita (de tal manera que no se

---

<sup>2</sup> En nuestro caso, no será necesario revisar ni utilizar el TSP, dado que nuestra problemática no lo requiere. Sin embargo, se podrá encontrar información en la misma bibliografía que el  $m$ -TSP.

conecten dos copias de un depósito), por lo tanto, las soluciones pueden ser interpretadas como soluciones del m-TSP. (Olivera 2004: 5).

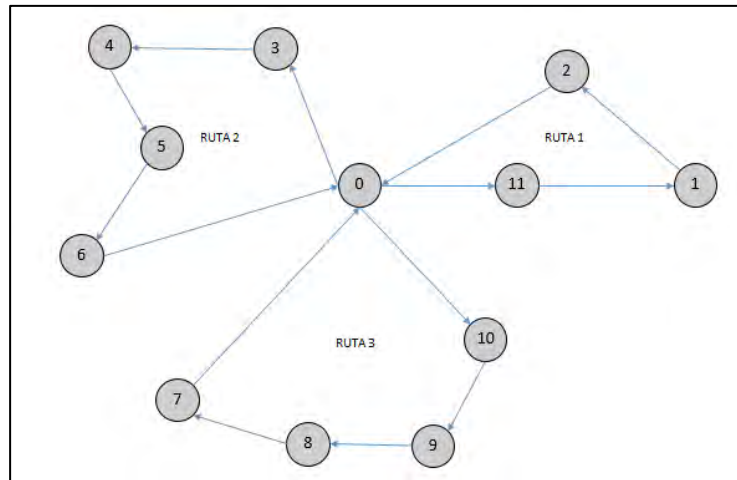


Figura 5: Ilustración del m-TSP, donde 0 es el nodo del depósito y los nodos del 1 al 11 son clientes.

### 1.5.2 El problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW)

El problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (*Vehicle Routing Problem with Time Windows* en inglés) es una variante del problema que tiene en consideración la existencia de una flota heterogénea, donde existirá una capacidad para cada vehículo; además cada cliente tendrá una demanda asociada a una ventana de tiempo para poder ser atendida, cabe resaltar que se tendrá en cuenta un tiempo de servicio para cada entrega. Para este caso, el vehículo deberá arribar al lugar de un cliente después de que este “abra”, en caso el vehículo llegue antes deberá esperar hasta que el cliente “abra”. Finalmente, al igual que el problema anterior, se contará con un solo depósito para atender las demandas de los clientes (Olivera 2004: 6).

El problema, formulado por Cordeau, Desaulniers, Desrosiers, Solomon y Soumis (2000) es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{(i, j) \in E} C_{ijk} X_{ijk}$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta^-(i)} X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\} \quad (7.1)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} X_{0jk} = 1 \quad \forall k \in K \quad (7.2)$$

$$\sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ijk} - \sum_{j \in \Delta-(i)} x_{jik} = 0 \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{0, n+1\} \quad (7.3)$$

$$\sum_{i \in V \setminus \{0, n+1\}} d_i \sum_{j \in \Delta+(i)} x_{ijk} \leq q_k \quad \forall k \in K \quad (7.4)$$

$$y_{jk} - y_{ik} \geq s_i + t_{ijk} - M(1 - x_{ijk}) \quad \forall i, j \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K \quad (7.5)$$

$$e_i \leq y_{ik} \leq l_i \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K \quad (7.6)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) \in E, k \in K \quad (7.7)$$

$$y_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K \quad (7.8)$$

Donde:

0, n + 1: Nodos que representan al depósito de donde salen los envíos.

E: Conjunto de arcos (i, j), los cuales representan el mejor camino para ir del nodo i al nodo j.

K: Conjunto de vehículos k, en este caso k hace referencia a un vehículo de forma individual.

n: Número de clientes, los cuales serán representados del nodo 1 hasta el n.

$c_{ijk}$ : Costo asociado de recorrer el nodo (i, j) con el vehículo k.

$\Delta+(0)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo 0, es decir  $\Delta+(0) = \{j \in V \mid (i, j) \in E\}$ .

$\Delta+(i)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo i, es decir  $\Delta+(i) = \{j \in V \mid (i, j) \in E\}$ .

$\Delta-(i)$ : conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo i, es decir  $\Delta-(i) = \{j \in V \mid (j, i) \in E\}$ .

V: Conjunto total de puntos (nodos del 0 a n).

$q_k$ : Capacidad del vehículo k.

$d_i$ : Demanda del nodo i.

$e_i$ : Cota inferior perteneciente a la ventana de tiempo, la cual indica la hora de “apertura” del nodo i.

$l_i$ : Cota superior perteneciente a la ventana de tiempo, la cual indica la hora de “apertura” del nodo i.

$s_i$ : Tiempo de servicio en el nodo i.

$t_i, t_j$ : Horas de arribo a los clientes  $i$  y  $j$ .

$t_{ij}$ : En caso  $t_i < e_i$  se deberá esperar a que el cliente “abra”, entonces se tendrá que cumplir que  $t_j = e_i + s_i + t_{ij}$ .

$M$ : Variable lo suficientemente grande.

VARIABLES DE DECISIÓN:

$x_{ijk}$ : 1, si el arco  $(i, j)$  es recorrido por el vehículo  $k$ ; 0, en otro caso.

$y_{ik}, y_{jk}$  : Variables que indican la hora de arribo al cliente  $i$  y  $j$  cuando es visitado por el vehículo  $k$  (si el cliente no es visitado por el vehículo  $k$  el valor de la variable no tiene significado).

La función objetivo buscará reducir el costo total de las rutas. La primera restricción (7.1) indicará que todos los clientes deberán ser visitados; la segunda (7.2) y tercera (7.3) asegurarán que cada vehículo recorre una ruta de 0 hasta  $n+1$ , es decir, sale del depósito y regresa luego de terminar su ruta. La cuarta restricción (7.4) verifica que no se sobrepase la capacidad del vehículo  $k$ . La quinta restricción (7.5) asegura que, siendo  $M$  una constante grande, un vehículo  $k$  que viaja de  $i$  a  $j$  no puede a  $j$  antes que  $y_i + s_i + t_{ijk}$ ; además, actúan como restricciones de eliminación de sub-tours. La sexta restricción (7.6) impone los límites de tiempo para la atención de cada cliente; las dos últimas restricciones (7.7) y (7.8) establecen la naturaleza del problema (Olivera 2004: 6 - 7).

### 1.5.3 El problema de ruteo de vehículos de Ekram (Ekram VRP)

El problema de ruteo de vehículos de Ekram (*Ekram Vehicle Routing Problem* en inglés) es una variante propuesta para Ekram, la cual es una organización sin fines de lucro en Arabia Saudita. En este problema la organización busca recoger los excedentes de comida de los donantes y repartirlos en depósitos que luego distribuirán los excedentes a la gente necesitada. El modelo en cuestión busca reducir el tiempo y el esfuerzo involucrados en el proceso de recoger los sobrantes de comidas y el manejo del problema. Se tendrá en cuenta que solo existirán nodos de depósitos (donadores) y de demanda (destinatarios), además los vehículos a usar tendrán la misma capacidad (Alhindi, Alsaidi, Alasmay y Alsabaan 2020: 681-682).

La formulación es la siguiente:

$$\text{Min} \sum_{i \in A} \sum_{j \in A} c_{ij} x_{ijk} \quad k \in V$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in V} y_{ik} \geq 1 \quad \forall i \in C \quad (8.1)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} z_{ij} = y_{ijk} \quad \forall i \in N, k \in V \quad (8.2)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} z_{ij} = y_{ijk} \quad \forall i \in N, k \in V \quad (8.3)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ijk} - \sum_{(i,j) \in A} x_{ij} = q_i y_{ik} \quad \forall i \in C, k \in V \quad (8.4)$$

$$x_{ijk} < Lz_{ijk} \quad \forall (i,j) \in A, k \in V \quad (8.5)$$

$$y_{ik} = 1 \quad \forall i \in C, k \in V \quad (8.6)$$

$$y_{ik}, y_{ijk}, z_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A, k \in V \quad (8.7)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in A, k \in V \quad (8.8)$$

Donde:

N: Conjunto de los nodos de demanda y nodos de depósito.  $N = \{n_1, \dots, n_m\}$ .

A: Conjunto de arcos  $(i, j)$ .  $A = \{(i, j): i, j \in N, i \neq j\}$ .

C: Conjunto de donadores asociados con Ekram.

V: Conjunto de vehículos.  $V = \{v_1, \dots, v_m\}$ .

L: Capacidad del vehículo.

k: Vehículo que ha visitado un nodo.

$d_j$ : Demanda del nodo i.

Variables de decisión:

$x_{ijk}$ : Variable continua que representa la cantidad que está en el vehículo.

$y_{ik}$ : 1, si el nodo i es servido por el vehículo k; 0, en otro caso.

$y_{ijk}$ : 1, si el nodo j es servido por el vehículo k después del nodo i; 0, en otro caso.

$z_{ijk}$ : 1, si el vehículo k visita al nodo j después de visitar al nodo i; 0, en otro caso.

La función objetivo busca minimizar la distancia total recorrida. La primera restricción (8.1) estructura que cada consumidor es servido por al menos un vehículo. La segunda (8.2) y la tercera (8.3) describen el arco dentro del cual cada vehículo dejará o visitará al nodo  $i$ , la entrada o salida tienen la siguiente condición: si el nodo  $i$  es visitado por el vehículo  $k$  entonces el vehículo  $k$  debe usar un arco para entrar al nodo y otro para salir, si el nodo  $i$  no es visitado por el vehículo  $k$  entonces este no deberá usar ningún arco para entrar o salir de  $i$ . La cuarta restricción (8.4) describe la conservación del flujo en cada uno de los nodos y para cada vehículo; la quinta (8.5) asegura que la capacidad del vehículo no sea sobrepasada. La sexta restricción (8.6) muestra cuando un vehículo está en el depósito. Las últimas restricciones (8.7) y (8.8) determinan la naturaleza del problema. (Alhindi et al. 2020: 682).

#### **1.5.4 El problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado (PDVRP Periódico No Emparejado)**

El problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado (*Unpaired Periodic Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem* o *Unpaired Periodic PDVRP* en inglés), ilustrado en la figura 6, asumirá que todos los vehículos empezarán y terminarán en el depósito 0, cuyo abastecimiento y demanda será nula. Cada nodo de entrega podrá ser atendido los días que este requiera durante un determinado periodo de tiempo (una semana), sin embargo, solo podrá ser visitado por un solo vehículo una vez al día. Además, los vehículos recogerán y entregarán un solo producto. El producto recogido de los nodos de recojo podrá ser enviado a cualquier nodo de entrega, es decir, no existen restricciones de emparejamiento. Las rutas inician y terminan en los depósitos, por lo tanto, los vehículos no podrán regresar a los depósitos para cargar o descargar un producto. El máximo número de rutas por día no deberá exceder el número total de vehículos y la distancia total recorrida por cada vehículo no deberá exceder el límite permitido. Existirá un horizonte de tiempo en días, durante el cual se podrá atender la demanda de los nodos y, para cada día, existirá un calendario asignado (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 5-7).

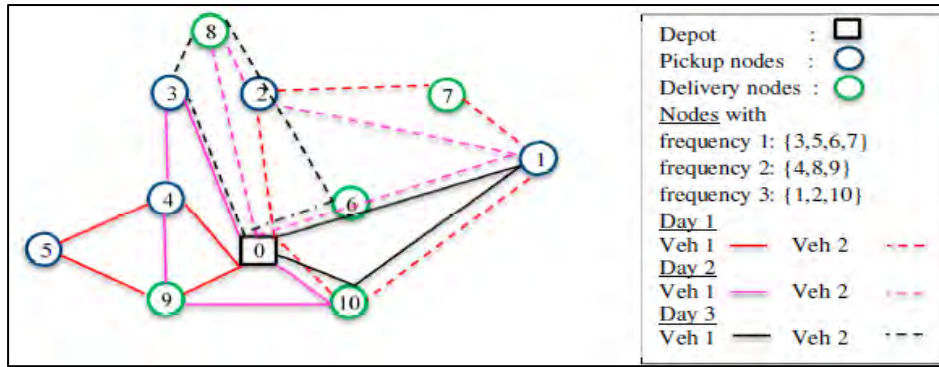


Figura 6: Ejemplo del PDVRP Periódico No Emparejado.

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 19, figura 1)

El modelo a formular es el siguiente:

$$\text{Min} \sum_{d \in D} \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} C_{ijk} X_{ijkd}$$

Sujeto a:

$$\sum_{s \in S_i} Z_{is} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (9.1)$$

$$\sum_{s \in S_i} Z_{is} a_{sd} = v_{id} \quad \forall d \in D, i \in N_c \quad (9.2)$$

$$\sum_{k \in K} X_{ijkd} = \frac{v_{id} + v_{jd}}{2} \quad \forall d \in D, i, j \in N_c, i \neq j \quad (9.3)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} X_{ijkd} = v_{id} \quad \forall d \in D, j \in N_c \quad (9.4)$$

$$\sum_{j \in N, i \neq j} X_{ijkd} - \sum_{j \in N, i \neq j} X_{jikd} = 0 \quad \forall d \in D, i \in N, k \in K \quad (9.5)$$

$$\sum_{i \in N_c} X_{i0kd} \leq 1 \quad \forall d \in D, k \in K \quad (9.6)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} C_{ij} X_{ijkd} \leq T_k \quad \forall d \in D, k \in K \quad (9.7)$$

$$l_{0kd} = q_{0d} \quad \forall d \in D, k \in K \quad (9.8)$$

$$l_{jkd} \geq (l_{ijk} + q_{jd}) X_{ijkd} \quad \forall i, j \in N, d \in D, k \in K \quad (9.9)$$

$$\max(0, q_{id}) \leq l_{ikd} \leq \min(C_k, C_k + q_{id}) \quad \forall d \in D, i \in N, k \in K \quad (9.10)$$

$$u_{0kd} = 1 \quad \forall d \in D, k \in K \quad (9.11)$$

$$u_{ikd} - u_{jkd} + (|N| - 1) X_{ijkd} \leq |N| - 2 \quad \forall (i, j) \in A_c, d \in D, k \in K \quad (9.12)$$



$$2 \leq u_{ikd} \leq |N| \quad \forall (i, j) \in A_c, d \in D, k \in K \quad (9.13)$$

$$x_{ijkd} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, d \in D, k \in K \quad (9.14)$$

$$u_{ikd} \geq 0 \quad \forall d \in D, i \in N, k \in K \quad (9.15)$$

Donde:

$N_p$ : Conjunto de nodos de recojo,  $N_p = \{1, \dots, n\}$ .

$N_d$ : Conjunto de nodos de entrega  $N_d = \{n+1, \dots, n'\}$ .

$N_c$ : Conjunto de nodos de recojo y entrega,  $N_c = N_p \cup N_d$ .

$N$ : Conjunto de todos los nodos, incluyendo el nodo de depósito  $\{0\}$

$A_c$ : Conjunto de arcos no dirigidos tal que  $A_c = \{(i, j) : i, j \in N_c, i \neq j\}$ .

$c_{ij}$ : Costo de viaje desde el nodo  $i$  al nodo  $j$ , donde  $c_{ij} \neq 0$  y  $c_{ij} = c_{ji}$ .

$K$ : Conjunto de vehículos  $k$ .

$T_k$ : Distancia máxima total permitida para el vehículo  $k$ .

$C_k$ : Capacidad del vehículo  $k$ .

$D$ : Conjunto de días  $d$  en un horizonte de tiempo.

$S$ : Conjunto de todos los posibles calendarios de servicio  $s$ .

$q_{id}$ : Demanda asociada al nodo  $i \in N_c$  en el día  $d$ , valores positivos para el recojo y valores negativos para la entrega.

$f_i$ : Número de visitas para cada nodo de demanda.

$a_{sd}$ : Parámetro que enlaza los calendarios  $s$  con los días  $d$ . 1, si el calendario  $s$  es para el día  $d$ ; 0, en otro caso.

VARIABLES DE DECISIÓN:

$v_{id}$ : 1, si el nodo  $i \in N_c$  es visitado en el día  $d \in D$ ; 0, en otro caso.

$v_{jd}$ : 1, si el nodo  $j \in N_c$  es visitado en el día  $d \in D$ ; 0, en otro caso.

$z_{is}$ : 1, si el calendario  $s \in S$  es asignado al nodo  $i \in N_c$ ; 0, en otro caso.

$x_{ijkd}$ : 1, si el arco  $(i, j)$  es una solución óptima; 0, en otro caso. Cuando  $i$  y  $j$  son nodos visitados por el vehículo  $k$  en el día  $d$ .

$l_{ikd}$ : Carga del vehículo  $k$  cuando abandona el nodo  $i$  en el día  $d$ .

$u_{ikd}$ : Posición del nodo  $i$  en la ruta en el día  $d$ .

La función objetivo buscará minimizar el costo total de transporte. La primera restricción (9.1) asegurará que cada nodo sea asignado a un calendario factible y la segunda (9.2) un calendario factible es asignado a cada nodo. La tercera (9.3) y cuarta (9.4) garantizan que cada nodo será visitado por un solo vehículo en un día; mientras que la quinta (9.5) representa una conservación en el flujo. La sexta restricción (9.6) hará que los vehículos empiecen y terminen en el mismo depósito, además no será necesario que todos los vehículos dejen el depósito. La séptima restricción (9.7) asegurará que los vehículos no sobrepasen la distancia total permitida; la octava (9.8) y novena (9.9) identifican la carga del vehículo mientras deja un nodo y asegura que la carga en el vehículo a lo largo de la ruta sea consistente con los requerimientos de entrega y recojo. La décima restricción (9.10) asegura la factibilidad con respecto a la capacidad del vehículo, mientras que las restricciones (9.11), (9.12) y (9.13) son restricciones para la eliminación de sub-tours. Finalmente, las restricciones (9.14) y (9.15) son restricciones que definen la naturaleza del problema; es importante resaltar que la variable  $q_{id}$  no tiene restricciones de signo (Nair et al. 2016: 7).

## 1.6 Aplicaciones de localización y ruteo

Para las aplicaciones de localización y ruteo se estudiaron 3 casos, los cuales son:

- Caso 1: El problema de parar y dejar en redes de distribución de alimentos sin fines de lucro (*The stop-and-drop problem in nonprofit food distribution networks* en inglés). Basado en el trabajo de Solak, S., Scherrer, C. y Ghoniem, A. (2014).
- Caso 2: Optimización del ruteo de vehículos para abastecimiento de alimentos en organizaciones sin fines de lucro (*Vehicle Routing Optimization for Surplus Food in Nonprofit Organizations* en inglés). Basado en el trabajo de Alhindi, A., Alsaidi, A., Alasmary, W. y Alsabaan, M. (2020).
- Caso 3: Rescate y entrega de alimentos: Un algoritmo heurístico para el problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado. (*Food Rescue And Delivery: A Heuristic Algorithm for Periodic Unpaired Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem* en inglés). Basado en el trabajo de Nair, D., Grzybowska, H., Rey, D. y Dixit, V. (2016).

En los siguientes puntos se darán a conocer los antecedentes, problemas, solución y resultados de cada caso.

**1.6.1 Caso 1: Solak, S., Scherrer, C. y Ghoniem, A. (2014). The stop-and-drop problem in nonprofit food distribution networks. *Annals of Operations Research*, 221(1), 407-426. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1068-7>**

**1.6.1.1 Antecedentes**

Este caso se enfocará en un banco de alimentos que se encuentra ubicado en el sudeste de Estados Unidos. El banco recibe financiamiento del gobierno para poder realizar las compras de alimentos, y a su vez, recibe grandes donaciones de distribuidores de comida y tiendas de comestibles asociadas. Además, funciona como un almacén y centro de distribución para los alimentos recibidos, los cuales son dados a comedores comunes, iglesias, centros de cuidado de niños y refugios nocturnos, quienes finalmente se los brindan a los más necesitados. Uno de los problemas que presentan las organizaciones sin fines de lucro es el conflicto entre la eficiencia (servir la mayor cantidad de comida posible) y la equidad (operar de tal manera que cada persona tenga la misma probabilidad de ser atendida). En un esfuerzo de poder abarcar una mayor área, el banco está interesado en entregar pallets de comida a varios sitios de recojo dentro del área de servicio, estos sitios de recojo funcionarán como centros de distribución a los cuales los consumidores (comedores comunes, iglesias, etc.) acudirán a recoger los alimentos que demandan. El problema en cuestión consistirá en seleccionar un conjunto de sitios de entrega y un horario de ruta para los vehículos de entrega, además de asignar consumidores a los sitios seleccionados (Solak et al. 2014: 408).

**1.6.1.2 Problema**

Para el problema, se usó data real de un banco de alimentos en el sudeste de Estados Unidos. Se asumió que los consumidores y los sitios de recojo estaban distribuidos en un radio de 25 a 75 millas alrededor de un solo depósito, esto se debe a que los consumidores que se encontraban a menos de 25 millas del depósito iban directamente a recoger sus demandas de alimentos al depósito. El número de consumidores se estableció como 50 y el número inicial de sitios de recojo se estableció en 25. Múltiples instancias del problema fueron generadas y usadas en el estudio computacional, las coordenadas de los consumidores y los sitios de recojo se determinaron de manera independiente para cada instancia de prueba usando una distribución normal; las distancias entre los nodos se determinaron usando el teorema de Pitágoras en millas. La demanda de los consumidores se midió en pallets, las

cantidades promedio estaban dentro de 1 y 5 pallets. Basándose en la demanda pasada del banco estudiado, las demandas se estimaron usando la siguiente distribución de probabilidad:  $P(d_k = 1) = 0.5$ ,  $P(d_k = 2) = 0.2$ ,  $P(d_k = 3) = 0.1$ ,  $P(d_k = 4) = 0.1$  y  $P(d_k = 5) = 0.1$ . Las capacidades para los vehículos fueron de 25 pallets.

### 1.6.1.3 Solución

Los problemas reales involucran una larga red de consumidores y potenciales sitios de entrega, esto puede generar grandes desafíos computacionales para los métodos de solución exactos (por ejemplo: el modelo de parar y dejar mencionado en la parte teórica), es por esto que se crearon heurísticas que permiten obtener soluciones casi óptimas para el SDRP en un menor tiempo que el método exacto.

#### Solución 1: Heurística de aproximación secuencial de dos fases (SH)

Para una de las soluciones del problema se usó una heurística secuencial, la cual separó los componentes del problema en distintas fases, las cuales se resolvieron de manera individual. La primera fase consistió en escoger los sitios de recojo y los grupos de consumidores a los que atenderán, mientras que la segunda fase consistió en los horarios de enrutamiento.

##### Primera fase

En esta fase escogieron los sitios de recojo del conjunto de sitios candidatos y luego se le asignó consumidores a cada uno de estos. Esto se hizo minimizando la combinación ponderada del total de la distancia viajada por los consumidores hacia su sitio de recojo y una aproximación del total de la distancia recorrida por los vehículos que parten del depósito.

$$\text{Min } \lambda \sum_{i \in S} c_{i0} \pi_i + (1 - \lambda) \sum_{i \in S} \sum_{k \in K} f_{ik} x_{ik}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in S} x_{ik} = 1 \quad \forall k \in K \quad (10.1)$$

$$\sum_{k \in K} d_k x_{ik} \leq Q \quad \forall i \in S \quad (10.2)$$

$$x_{ik} \leq \pi_i \quad \forall i \in S, k \in K \quad (10.3)$$

$$x_{ik}, \pi_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in S, k \in K \quad (10.4)$$

Donde:

S: Conjunto de nodos de sitios de recojo candidatos.

K: Conjunto de nodos de los consumidores.

$d_k$ : Demanda del nodo k.

$c_{i0}$ : Costo del viaje del nodo  $i \in S$  al depósito.

$f_{ik}$ : Costo de asignar el consumidor  $k \in K$  al sitio  $i \in S$ .

Q: Capacidad de pallets del vehículo.

VARIABLES DE DECISIÓN:

$x_{ik}$ : 1, si el consumidor k es asignado al nodo i; 0, en otro caso.

La nueva variable  $\pi_i$  tomará el valor de 1 si la localización i es usada en la solución, en otro caso su valor será 0.

La función objetivo consiste en los costos fijos de los sitios seleccionados, ponderados por el parámetro  $\lambda$ , y los costos de viaje de los consumidores, ponderados por  $(1 - \lambda)$ . Es importante notar que el componente de costo anterior es introducido para aproximar los costos del ruteo de vehículos en los cuales se incurrirá basándose en la selección de sitios y la asignación de consumidores. Como resultado, es probable que los sitios seleccionados produzcan menores costos de viaje y mejores resultados generales de costos para el SDRP. La primera restricción (10.1) asegura que cada consumidor sea asignado a solo un sitio de recojo, mientras que la segunda (10.2) requerirá que no se exceda la capacidad del vehículo. La tercera restricción (10.3) no permitirá que un consumidor sea asignado a un sitio de recojo que no sea usado. La última restricción (10.4) define la naturaleza del problema.

### Segunda fase

Para esta fase, se resolvió un VRP con capacidades para el conjunto de sitios seleccionados, para esto se usó la heurística de ahorros de Clark and Wright, seguido de un procedimiento de intercambio de 2 vértices. El siguiente paso envolvió una aplicación del método del barrido, seguido del método de intercambio de 2 vértices. Finalmente se procedió a usar la solución más barata.

### Solución 2: Algoritmo de descomposición de Benders basado en la relajación de una programación lineal (BD-LP)

El uso de la descomposición de Benders se basa en la existencia de una “complicación” de variables que, una vez fijadas, producen un problema residual más fácil en las demás variables. Para esto, se orquesta una interacción sistemática entre un programa maestro restringido (RMP) y uno o varios subproblemas continuos (SP). Para cada interacción, resolver el RMP asigna valores a las variables complicadas. Estos valores luego son comunicados con un subproblema continuo, los cuales buscan una mejor solución en las variables restantes, y la información dual del subproblema es pasada al RMP en la forma de cortes de Benders (*Benders cuts* en inglés). La adición dinámica de los cortes de Benders guía de manera progresiva a soluciones más atractivas, el proceso seguirá hasta que un criterio de convergencia específico sea logrado.

En nuestro contexto, una vez seleccionados los sitios de entrega, el siguiente problema a solucionar es el VRP. Por lo tanto, un proceso intuitivo es usar un problema de localización de facilidades con capacidades como el RMP para obtener un conjunto de sitios de entrega seleccionados. El problema es que no es posible implementar directamente el algoritmo de Bender con un problema de programación entera como el SDRP. Sin embargo, es concebible usar una relajación de una programación lineal (*LP relaxation* en inglés) del VRP resultante en el subproblema para evaluar la calidad de los sitios seleccionados en el RMP y luego, acorde a eso, generar recortes de optimización que se añadirán al RMP. Una vez que se logra la convergencia en un “buen” conjunto de sitios de entrega, un VRP para los sitios seleccionados puede ser resuelto usando un método exacto o aproximado para determinar un horario de ruteo factible.

La ventaja más importante de este procedimiento es que el componente del tamaño del problema de ruteo se reduce significativamente, ya que el número de sitios seleccionados es generalmente más bajo que el número de sitios disponibles. Por lo tanto, la solución final del VRP es más eficiente debido al tamaño del problema.

El subproblema del SDRP es la relajación de una programación lineal de un VRP, el cual se denominará SP-LP y tendrá la siguiente formulación:

$$\text{Min } \lambda \sum_{v \in V} \sum_{(i, j) \in A'} c_{ij} w_{ijv}$$

Sujeto a:

$$\sum_{v \in V} \sum_{i \in I' - \{j\}} w_{ijv} = 1 \quad \forall i \in I' \quad (11.1)$$

$$\sum_{j \in I'} w_{0jv} = 1 \quad \forall v \in V \quad (11.2)$$

$$\sum_{i \in I' - \{j\}} w_{ijv} - \sum_{i \in I'} w_{jiv} = 0 \quad \forall v \in V, j \in I' \quad (11.3)$$

$$\rho_{jv} - \rho_{iv} - \sum_{k \in K} d_k \bar{x}_{jk} + Q(1 - w_{ijv}) - (Q - \sum_{k \in K} d_k \bar{x}_{jk} - \sum_{k \in K} d_k \bar{x}_{ik}) w_{ijv} \geq 0 \quad \forall v \in V, (i, j) \in A' \quad (11.4)$$

$$q_{ikv} \geq \bar{x}_{ik} + \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} - 1 \quad \forall v \in V, i \in S', k \in K \quad (11.5)$$

$$q_{ikv} \leq \sum_{j \in I - \{i\}} w_{ijv} \quad \forall v \in V, i \in S', k \in K \quad (11.6)$$

$$q_{ikv} \leq \bar{x}_{ik} \quad \forall v \in V, i \in S', k \in K \quad (11.7)$$

$$\rho_{iv} - Q \sum_{j \in I'} w_{ijv} \leq 0 \quad \forall v \in V, i \in I' \quad (11.8)$$

$$\sum_{k \in K} d_k q_{ikv} - \rho_{iv} \leq 0 \quad \forall v \in V, i \in S' \quad (11.9)$$

$$\rho_{0v} = 0 \quad \forall v \in V \quad (11.10)$$

$$\sum_{i \in S'} \sum_{v \in V} q_{ikv} = 1 \quad \forall k \in K \quad (11.11)$$

$$w_{ijv}, w_{jiv}, \bar{x}_{ik}, q_{ikv} \in \{0,1\} \quad \forall v \in V, i \in S, k \in K \quad (11.12)$$

$$\rho_{jv}, \rho_{iv} \geq 0 \quad \forall v \in V, j \in I, i \in I \quad (11.13)$$

Donde:

I': Conjunto de nodos tal que  $I' = \{0\} \cup S'$ , donde el nodo 0 es el depósito.

A': Conjunto de arcos que envuelven el conjunto de sitios seleccionados y el depósito, tal que  $A = \{(i, j) | i \in I', j \in I', i \neq j\} \cup \{(0, 0)\}$ .

V: Conjunto de vehículos idénticos.

S': Conjunto de nodos de sitios de recojo seleccionados.

K: Conjunto de nodos de los consumidores.

Q: Capacidad de pallets del vehículo.

$d_k$ : Demanda del nodo k.

$c_{ij}$ : Costo del viaje de para el arco  $(i, j) \in A'$ .

$f_{ik}$ : Costo de asignar el consumidor  $k \in K$  al sitio  $i \in S'$ .

VARIABLES DE DECISIÓN:

$\bar{x}_{ik}$ : 1, si el consumidor k es asignado al nodo i; 0, en otro caso. Esta variable representa una solución para el RMP

$w_{ijv}$ : 1, si el arco  $(i, j)$  usa el vehículo  $v$ ; 0, en otro caso.

$\rho_{iv}$ : Entregas totales acumuladas al visitar el nodo  $i$  con el vehículo  $v$ .

$q_{ikv}$ : 1, si el nodo  $i$  es visitado por el vehículo  $v$  y el consumidor  $k$  es asignado al nodo  $i$ ; 0, en otro caso.

Las restricciones siguen la misma lógica que el modelo presentado inicialmente. Ahora dejaremos que  $\alpha_i$ ,  $\beta_v$ ,  $k_{ijv}$ ,  $\gamma_{ikv}$ ,  $\delta_{ikv}$  y  $\eta_k$  sean los duales de asociados a las restricciones (11.1), (11.2), (11.4), (11.5), (11.7) y (11.9) respectivamente. Luego, el subproblema tiene el siguiente objetivo dual:

$$\begin{aligned} \text{Max} \sum_{i \in I'} \alpha_i + \sum_{v \in V} \beta_v + \sum_{v \in V} \sum_{(i, j) \in A} k_{ijv} (\sum_{k \in K} d_k x_{jk} - Q) + \sum_{i \in S'} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} \gamma_{ikv} (x_{ik} - 1) \\ + \sum_{i \in S'} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} \delta_{ikv} x_{ik} + \sum_{k \in K} \eta_k \end{aligned}$$

Una vez dada la solución dual del subproblema, los cortes de Benders generados pueden ser integrados dentro de un problema maestro restringido. Para el SDRP, el problema maestro es un problema de asignación generalizado, complementados con los límites impuestos a través de los cortes de Benders añadidos. La variable  $\theta$  representa el componente de costo de los vehículos, mientras que  $h$  representa el número de iteración.

El modelo se denominará RMP-LP y su formulación es el siguiente:

$$\text{Min } \theta + (1 - \lambda) \sum_{i \in S} \sum_{k \in K} f_{ik} x_{ik}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in S} x_{ik} = 1 \quad \forall k \in K \quad (12.1)$$

$$\sum_{k \in K} d_k x_{ik} \leq Q \quad \forall i \in S \quad (12.2)$$

$$\begin{aligned} \theta \geq \sum_{i \in I'} \alpha_{ih} + \sum_{v \in V} \beta_{vh} + \sum_{v \in V} \sum_{(i, j) \in A} k_{ijvh} (\sum_{k \in K} d_k x_{jk} - Q) + \\ \sum_{i \in S'} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} \gamma_{ikvh} (x_{ik} - 1) + \sum_{i \in S'} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} \delta_{ikvh} x_{ik} + \sum_{k \in K} \eta_{kh} \quad \forall h \quad (12.3) \end{aligned}$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in S, k \in K \quad (12.4)$$

Donde  $\alpha_i$ ,  $\beta_v$ ,  $k_{ijv}$ ,  $\gamma_{ikv}$ ,  $\delta_{ikv}$  y  $\eta_k$  son los resultados duales óptimos con respecto al subproblema en la iteración  $h$ .



La solución del RMP provee un límite inferior para el SDRP con la relajación de una programación lineal de las decisiones de ruteo. Además, la solución del subproblema para un vector  $x$  dado, obtenido a través del RMP, provee un límite superior para el problema. Dada la convergencia finita del algoritmo, las iteraciones pueden ser realizadas hasta converger en una óptima solución para el RMP-LP en el cual las variables de la segunda fase han sido relajadas para tener valores fraccionados. La solución resultante provee una “buena” selección de sitios de entrega, los cuales sirven como datos de entrada para el algoritmo del VRP con capacidades para poder determinar la mejor ruta a seguir.

Como parte de la heurística, complementamos la implementación de Benders resolviendo el VRP correspondiente en múltiples iteraciones para diferentes conjuntos de sitios de entrega seleccionados, e identificando la solución de costo mínimo. La implementación está basada en la observación de que la mejor solución de la relajación de una programación lineal podría no tener el mejor conjunto de sitios de entrega para el verdadero problema.

### **Solución 3: Heurística basada en la lógica de la descomposición de Benders (BD-Logic)**

En adición al método explicado anteriormente, se propuso una nueva heurística con el fin de identificar “buenas” soluciones al problema. La descomposición del problema es tal que las decisiones principales del problema consisten en seleccionar los sitios de entrega, asignar consumidores a estos sitios y asignar los sitios a vehículos sin considerar alguna decisión de ruteo. Dada una solución en el problema maestro restringido, una solución factible para el SDRP puede ser obtenida determinando las rutas que los vehículos deberán viajar para entregar las cantidades establecidas a los sitios seleccionados. Esto se puede lograr resolviendo el problema del agente viajero (TSP) para cada vehículo sobre sus sitios asignados.

El modelo a presentar se denominará RMP-Logic y su formulación es la siguiente:

$$\text{Min } (1 - \lambda) \sum_{i \in S} \sum_{k \in K} f_{ik} x_{ik} + K_0 \sum_{i \in S} \sum_{j \in S: i < j} \sum_{v \in V} c_{ij} r_{ijv} + \lambda \sum_{v \in V} \theta_v$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in S} x_{ik} = 1 \quad \forall k \in K \quad (13.1)$$

$$\sum_{v \in V} l_{iv} \leq 1 \quad \forall i \in S \quad (13.2)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{k \in K} d_k q_{ikv} \leq Q \quad \forall v \in V \quad (13.3)$$

$$x_{ik} + l_{iv} - q_{ikv} \leq 1 \quad \forall i \in S, k \in K, v \in V \quad (13.4)$$

$$q_{ikv} - x_{ik} \leq 0 \quad \forall i \in S, k \in K, v \in V \quad (13.5)$$

$$q_{ikv} - l_{iv} \leq 0 \quad \forall i \in S, k \in K, v \in V \quad (13.6)$$

$$x_{ik} - \sum_{v \in V} l_{iv} \leq 0 \quad \forall i \in S, k \in K \quad (13.7)$$

$$r_{ijv} - l_{iv} \leq 0 \quad \forall i, j \in S, i < j, v \in V \quad (13.8)$$

$$r_{ijv} - l_{jv} \leq 0 \quad \forall i, j \in S, i < j, v \in V \quad (13.9)$$

$$l_{iv} + l_{jv} - r_{ijv} \leq 1 \quad \forall i, j \in S, i < j, v \in V \quad (13.10)$$

$$\text{Los cortes de Benders se generarán en las iteraciones } 1, \dots, h - 1 \quad (13.11)$$

$$x_{ik}, l_{iv}, q_{ikv}, r_{ijv} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in S, i < j, k \in K, v \in V \quad (13.12)$$

$$\theta_v \geq 0 \quad \forall i, j \in S, i < j, k \in K, v \in V \quad (13.13)$$

Donde:

I: Conjunto de nodos tal que  $I = \{0\} \cup S$ , donde el nodo 0 es el depósito.

A: Conjunto de arcos tal que  $A = \{(i, j) | i \in I, j \in I, i \neq j\} \cup \{(0, 0)\}$ , donde el arco (0, 0) es añadido como opción para usar la menor cantidad de vehículos disponibles.

V: Conjunto de vehículos idénticos, cuya capacidad de pallets es Q.

S: Conjunto de nodos de sitios de recojo candidatos.

K: Conjunto de nodos de los consumidores.

$d_k$ : Demanda del nodo k.

$c_{ij}$ : Costo del viaje de para el arco  $(i, j) \in A$ .

$f_{ik}$ : Costo de asignar el consumidor  $k \in K$  al sitio  $i \in S$ .

$\theta_v$ : Costo de ruteo del vehículo v.

Variables de decisión:

$x_{ik}$ : 1, si el consumidor k es asignado al nodo i; 0, en otro caso.

$q_{ikv}$ : 1, si el nodo i es visitado por el vehículo v y el consumidor k es asignado al nodo i; 0, en otro caso.

$l_{iv}$ : 1, si el sitio  $i$  es visitado por el vehículo  $v$ ; 0, en otro caso.

$r_{ijv}$ : 1, si el nodo  $i$  y el nodo  $j$  son visitados en la misma ruta por el vehículo  $v$ ; 0, en otro caso.

En la función objetivo, el primer componente modela los costos de viaje de los consumidores hacia su sitio asignado, el segundo componente introduce una penalidad para cada par de sitios asignados al mismo tour (o ruta), basado en la distancia entre ellos. La segunda penalidad es usada para llevar al RMP hacia mejores soluciones reduciendo el número de sitios seleccionados para cada ruta de vehículos, agrupando a los sitios con menores valores de distancia entre ellos y, reduciendo implícitamente, los costos de viaje del vehículo. El coeficiente  $K_0$  puede ser afinado de manera empírica con el objetivo de mejorar los ratios de convergencia y la calidad de las soluciones dadas por el algoritmo. Para esto, el coeficiente puede empezar con un valor grande y luego puede ir reduciéndose gradualmente para asegurar en las iteraciones siguientes que los límites inferiores obtenidos son válidos. El tercer componente de la función representa una aproximación de los costos de ruteo de los vehículos.

Con respecto a las restricciones, la primera restricción (13.1) asegura que cada consumidor sea asignado a un solo sitio de entrega; la segunda (13.2) requerirá que cada sitio sea visitado únicamente por un solo vehículo y la tercera (13.3) es la restricción de capacidad de cada vehículo. La cuarta (13.4), quinta (13.5) y sexta (13.6) definen la variable  $q_{ikv}$  estableciendo una relación entre las variables  $x_{ik}$ ,  $l_{iv}$ , y  $q_{ikv}$ . La séptima (13.7) asegura que un consumidor sea asignado a un sitio solo si este tiene un horario para ser visitado por un vehículo. La octava (13.8), novena (13.9) y décima (13.10) definen a la variable  $r_{ijv}$  mediante una relación con la variable  $l_{iv}$ . Las últimas restricciones establecen la naturaleza del problema.

Como cada subproblema en la descomposición es un TSP, se podría utilizar formulaciones de programación entera para obtener resultados exactos en problemas pequeños, sin embargo, para problemas grandes se puede hacer uso de procedimientos heurísticos con el fin de obtener el ruteo de los vehículos. En los estudios computacionales (que se mostrarán más adelante) se muestra que en muchas instancias el SDRP genera subproblemas que consisten en TSPs de tamaño manejable.

A pesar de que cualquier formulación del TSP puede ser usada para resolver estos problemas, se realizó una formulación basada en restricciones de eliminación de sub-tours. El modelo, denominado SP-Logic, es aplicado a cada vehículo  $v$  y su formulación se muestra a continuación:

$$\text{Min} \sum_{(i, j) \in A'_v} c_{ij} y_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in I'_v} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in I'_v \quad (14.1)$$

$$\sum_{j \in I'_v} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I'_v \quad (14.2)$$

$$p_i + p_j - |I'_v| y_{ij} \leq |I'_v| - 1 \quad \forall (i, j) \in A'_v \quad (14.3)$$

$$p_0 = 0 \quad (14.4)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) \in A'_v \quad (14.5)$$

$$p_i, p_j \geq 0 \quad \forall i, j \in I'_v \quad (14.6)$$

Donde:

$I'_v$ : Conjunto de nodos tal que  $I = \{0\} \cup S'_v$ , donde el nodo 0 es el depósito.

$A'_v$ : Conjunto de arcos sobre el conjunto de sitios seleccionados y el depósito.

$V$ : Conjunto de vehículos idénticos, cuya capacidad de pallets es  $Q$ .

$S'_v$ : Conjunto de nodos de sitios de recojo asignados al vehículo  $v$ .

$c_{ij}$ : Costo del viaje de para el arco  $(i, j) \in A'_v$ .

Variables de decisión:

$y_{ij}$ : 1, si se usa el arco  $(i, j) \in A'_v$  en el TSP tour; 0, en otro caso.

$p_i$ : Variable auxiliar para las restricciones de eliminación de sub-tours.

Estableceremos  $Z_h(I'_v)$  como la representación del costo del TSP tour sobre el conjunto  $I'_v$  para un vehículo  $v$  en la interacción  $h$  del algoritmo de Benders. También dejaremos que  $j$  y  $k$  hagan referencia al sitio predecesor y sucesor para la localización  $i \in I'_v$  en el tour. Se definirá el parámetro  $m_{ih} = c_{ji} + c_{ik}$  como un límite superior del costo marginal del sitio  $i$  en el tour, siendo  $m_{ih}$  mayor o igual que la diferencia entre  $Z_h(I'_v)$  y el costo óptimo del TSP tour para el conjunto  $I'_v \setminus \{i\}$ . Dado que el problema se hace por cada vehículo, el  $m_{ih}$  no tendrá que ser distinguido por cada vehículo.

### Lema 1

Definiendo  $TSP^*$  como el valor óptimo de la función objetivo para el TSP sobre un conjunto de  $N$  localizaciones, donde el costo de viaje dentro de las localizaciones satisface una

inequidad triangular. Luego,  $\bar{N}$  representa un conjunto de  $N$ , y  $TSP_{\bar{N}}$  representa el valor óptimo de la función objetivo para el problema sobre un conjunto  $\bar{N}$ . Si  $m_i = c_{ji} + c_{ik}$ , donde  $j$  y  $k$  son nodos adyacentes al nodo  $i \in \bar{N} \equiv N \setminus \bar{N}$  en  $TSP^*$ . Además, el indicador  $\delta_{i'i'}$  tomará el valor de 1 cuando los nodos  $i$  y  $i'$  sean adyacentes en  $TSP^*$ , su valor será de 0 en otro caso. Luego de esto se formula la siguiente ecuación:

$$TSP^* - TSP_{\bar{N}} \leq \sum_{i \in \bar{N}} m_i - \sum_{i, i' \in \bar{N}} \delta_{i'i'} c_{i'i'}$$

El resultado anterior se puede mantener por contradicción. Supóngase que  $TSP_{\bar{N}} \leq TSP^* - \sum_{i \in \bar{N}} m_i + \sum_{i, i' \in \bar{N}} \delta_{i'i'} c_{i'i'}$ , y considere el óptimo resultado para el TSP tour para el conjunto  $N$ . Es posible generar un tour válido para conjunto  $N$  insertando los nodos en  $\bar{N}$  dentro de este tour óptimo, usando únicamente los arcos que son adyacentes a estos nodos en el  $TSP^*$  y eliminando un arco del  $TSP_{\bar{N}}$ . Se asumirá que los arcos removidos tendrán los costos máximos sobre todos los arcos en el  $TSP_{\bar{N}}$ . El costo para este TSP tour sobre los nodos  $N$  se representan en el lado derecho de la siguiente inecuación:

$$TSP_{\bar{N}} + \sum_{\substack{i \in \bar{N}, j \in N \\ (i, j) \in TSP^*}} c_{ij} - \max_{(i, j) \in TSP_{\bar{N}}} \{c_{ij}\} < TSP^* - \sum_{i \in \bar{N}} m_i + \sum_{i, i' \in \bar{N}} \delta_{i'i'} c_{i'i'}$$

$$+ \sum_{\substack{i \in \bar{N}, j \in N \\ (i, j) \in TSP^*}} c_{ij} - \max_{(i, j) \in TSP_{\bar{N}}} \{c_{ij}\}$$

Notar que  $\sum_{i \in \bar{N}} m_i - \sum_{i, i' \in \bar{N}} \delta_{i'i'} c_{i'i'} = \sum_{i \in \bar{N}, j \in N, (i, j) \in TSP^*} c_{ij}$ . Como un arco solo se puede usar una vez en las inserciones y si dos nodos en  $N$  son adyacentes, entonces cuando se conecta un arco entre dos nodos esto contribuirá en el aumento del costo solo una vez. Por lo tanto, se sigue que:

$$TSP_{\bar{N}} + \sum_{\substack{i \in \bar{N}, j \in N \\ (i, j) \in TSP^*}} c_{ij} < TSP^*$$

La cual contradice a el valor óptimo del  $TSP^*$ .

En la figura 7 se demuestra la discusión anterior. Los nodos negros representan el conjunto  $\bar{N}$ , mientras que los otros representan a  $\tilde{N}$ . Asumiendo que el  $TSP^*$  sobre el conjunto  $N \equiv \bar{N} \cup \tilde{N}$  es dado por arcos no punteados que conectan los nodos. Suponga ahora que todos los nodos  $i \in \bar{N}$  son removidos de la red, y deje que los arcos punteados representen a  $TSP_{\bar{N}}$

sobre el conjunto de nodos remanentes. La inecuación de arriba implica que el costo del  $TSP_{\bar{N}}$  no puede ser menor que la suma de los costos de los arcos negros gruesos que se muestran en la figura. De lo contrario, insertando los nodos en  $\bar{N}$  usando los arcos continuos delgados, se puede generar un TSP tour sobre el conjunto  $N$  que tendría un costo menor que  $TSP^*$ .

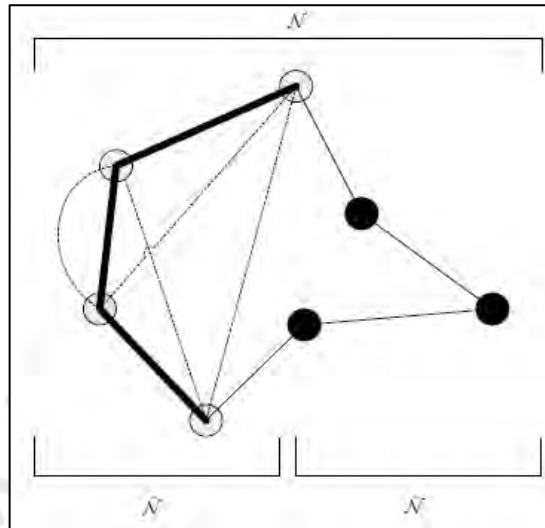


Figura 7: Ilustración del Lema 1.

Fuente: (Solak, Scherrer y Ghoniem 2014: 421, figura 2)

Con los resultados del Lema 1, se puede establecer una lógica basada en los cortes de Benders de la siguiente manera:

### Teorema 1

Ahora  $TSP_{I'_v}$  representará al TSP tour sobre el conjunto  $I'_v$ . Para cada iteración  $h$  del algoritmo de descomposición de Benders, la siguiente inequidad es un corte de Benders válido para el SDRP:

$$\theta \geq Z_h(I'_v) - \sum_{i \in I'_v} (1 - l_{iv'}) m_{ih} + \sum_{\substack{i, j \in I'_v \\ (i, j) \in TSP_{I'_v}}} (1 - r_{ijv'}) c_{ij} \quad \forall v, v', h$$

Para cada iteración del algoritmo de Benders, el RMP asigna sitios a los vehículos a través de la variable  $l_{iv'}$ , la cual también define a la variable  $r_{ijv'}$ . El Lema 1 implica que, por cada vehículo, si un conjunto de sitios es removido de su tour correspondiente entonces la reducción del costo en el nuevo tour será como máximo la suma de los costos de los arcos adyacentes de los sitios removidos, ajustado por las relaciones de adyacencias. Dado que esto se mantiene para cada tour factible, y cada tour factible puede ser asignado a cualquier

vehículo, la inequidad del teorema es válida como límite inferior para los costos del TSP en el SDRP.

La implementación del algoritmo de Benders incluye resolver el RMP y los subproblemas de manera iterativa para poder obtener límites inferiores y superiores para la solución del SDRP, el algoritmo se terminará cuando se logre alcanzar algún criterio de parada. Para el procedimiento de la heurística, el RMP es ligeramente modificado debido al componente  $K_0$ , por eso, cualquier límite inferior podría no ser válido excepto para las iteraciones con  $K_0 = 0$ . Por otro lado, los límites superiores serán siempre válidos ya que se calculan sustrayendo el componente  $K_0$  de la función objetivo. Se modificó el procedimiento de descomposición basado en la lógica de Benders para que sea similar a un método de búsqueda, donde el RMP no siempre se resolverá de manera óptima. En consecuencia, se impusieron límites de tiempo para las soluciones del RMP, una vez obtenida la mejor solución se procederá a determinar la factibilidad de la estructura de localización-asignación, las cuales serán usadas para obtener un límite superior. En los experimentos computacionales, la heurística brinda mejores soluciones que la implementación clásica del método de Benders cuando el tiempo de corrida es de 1 hora.

#### **1.6.1.4 Resultados**

Los modelos de programación entera fueron resueltos usando el GAMS/CPLEX 12.1.0 solver con los niveles de tolerancia por defecto y usando algunas opciones de ruptura de simetría incorporadas. En la tabla A1 Anexo A se muestran los resultados obtenidos utilizando las 3 soluciones mencionadas anteriormente: Heurística de aproximación secuencial de dos fases (SH), Algoritmo de descomposición de Benders basado en la relajación de una programación lineal (BD-LP) y Heurística basada en la lógica de la descomposición de Benders (BD-Logic). Además, considera la aplicación del modelo matemático del SDRP (IP) mencionado en la parte teórica. La primera columna representa el costo total de la mejor solución obtenida; en el caso de IP, la segunda columna representa el óptimo Gap reportado por el software CPLEX, mientras que en las demás secciones la segunda columna representa el porcentaje de diferencia entre el método utilizado y el método exacto (IP). La última columna representa el tiempo del CPU en segundos.

De la tabla mostrada en el Anexo A obtenemos que el método más rápido de resolver es el de la heurística de dos fases (SH), sin embargo, los resultados brindan un promedio de resultados mayores en un 3,80% a los obtenidos con el modelo exacto. Por otro lado, el algoritmo de descomposición de Benders basado en la relajación de una programación lineal

(BD-LP) presenta una mejora en los resultados promedio de 3,50%, además de tener un menor tiempo promedio de corrida del CPU. Finalmente, la heurística basada en la lógica de la descomposición de Benders (BD-Logic) obtiene resultados promedio mejores en un 0,60%, mientras que su tiempo promedio de corrida es el mismo que el método exacto. Por lo tanto, podemos obtener mejores resultados que el método exacto usando el BD-LP y el BD-Logic, siendo el primero más efectivo y eficiente que el segundo, ya que obtiene mejores resultados y a su vez emplea menos tiempo para su solución.

**1.6.2 Caso 2: Alhindi, A., Alsaidi, A., Alasmay, W. y Alsabaan, M. (2020). Vehicle Routing Optimization for Surplus Food in Nonprofit Organizations. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (3), 680-685. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110384>**

### **1.6.2.1 Antecedentes**

La aplicación del modelo toma como referencia a Ekram (<http://www.ekram.org.sa>), una organización sin fines de lucro ubicada Makkah, una ciudad al oeste de Arabia Saudita. La organización cumple un rol crucial en la lucha contra el hambre mediante la preservación de los recursos alimenticios de la ciudad, para esto, brindan un servicio de recolección (y empaque) de alimentos de los donantes y de entrega de alimentos a los más necesitados. Ekram busca crear un ambiente de conciencia, el cual muestre la importancia de donar los excedentes de comida y no botarlos. Sin embargo, la mayoría de las decisiones con respecto al ruteo de vehículos en Ekram es tomado de manera aleatoria, por lo cual se desea emplear un modelo que la ayude a mejorar su eficiencia en la distribución de alimentos (Alhindi et al. 2020; 681-682).

### **1.6.2.2 Problema**

El modelo estudiado se presentó en una organización similar a Ekram, para esto, se asumió que se tenían 20 depósitos y 30 vehículos, cuya capacidad es infinita. Se asignó un ID para cada depósito y vehículo, los cuales fueron distribuidos de manera uniforme en un área de 10 km por 10 km. En la simulación, para cada hora de trabajo, la organización tomaba órdenes del depósito, las cuales incluían el ID del depósito y la cantidad de comida sobrante. Para



cada orden el programa seleccionaba el vehículo a utilizar, luego se calculaba el tiempo promedio de entrega usando la velocidad promedio del vehículo y distancia entre el vehículo y el depósito. Finalmente, el programa calculaba la cantidad de comida recibida para cada día.

### 1.6.2.3 Solución

Para la simulación, se asumió que existirá un número de 20 pedidos para la siguiente hora, los vehículos serán asignados de manera aleatoria a estas órdenes, el resultado se mostrará en la figura 8. Por otro lado, se aplicó el Ekram VRP para el mismo problema mencionado anteriormente, los resultados se mostrarán en la figura 9.

Para la evaluación del rendimiento, se tendrá en cuenta dos indicadores:

- Tiempo de viaje: Será el tiempo que demora cada vehículo en llegar a su destino.

$$\text{Tiempo de viaje} = \text{distancia} \div \text{velocidad}$$

- Distancia de viaje: Será la distancia recorrida por el vehículo hasta su destino.

$$\text{Distancia de viaje} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

Para realizar los cálculos respectivos se asumirá que cada pixel del gráfico representa 2 metros, mientras que la velocidad promedio de los vehículos será de 80 km/h.

Debemos tener en cuenta que, al realizarse una simulación para cada método (el aleatorio y el Ekram VRP), las localizaciones de los depósitos y vehículos serán diferentes para cada caso. En las figuras a presentar los puntos verdes representarán a los vehículos y los puntos negros representarán a los depósitos.

### 1.6.2.4 Resultados

En los resultados de la asignación aleatoria (figura B1 del Anexo B) se observa que existen vehículos que viajan a puntos lejanos a ellos, además, algunos vehículos viajan más que otros. En cambio, para los resultados del Ekram VRP (figura B2 del Anexo B), se observa que los vehículos viajan a los puntos más cercanos a ellos y, por lo tanto, usan la ruta más corta.

Después de los resultados preliminares, se implementó la simulación para un mes, el Ekram VRP (PRO) mostró mejores resultados frente al modelo aleatorio (RAND) tanto en el tiempo como en la distancia de viaje. Para comparar los modelos se usó un porcentaje de utilización, para calcularlo se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Utilización(\%)} = [(\text{RAND}_{\text{valor métrico}} - \text{PRO}_{\text{valor métrico}}) \div \text{RAND}_{\text{valor métrico}}] \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 1: Comparación de métricas entre el modelo aleatorio y el Ekram VRP para una simulación de un mes.

	Tiempo de viaje (horas)	Distancia recorrida (metros)	Número de vehículos
Modelo aleatorio	467	64 989 494,0671	30
Erkham VRP	188	34 746 409,7178	17
% de Utilización	59,7%	46,5%	43,3%

Fuente: (Alhindi, Alsaidi, Alasmay y Alsabaan 2020; 684, tabla 1)

Como se muestra en la tabla, al comparar los datos podemos observar que el Ekram VRP recorre una menor distancia, tiene un tiempo de viaje menor y usa una menor cantidad de vehículos. Esto se debe a que el modelo busca las rutas con las menores distancias antes de asignar un vehículo, esto a su vez inhabilita a otro vehículo a atender otro pedido. A pesar de que en la simulación presentada no se usa una capacidad limitada para los vehículos, el modelo propuesto puede comparar los tipos y cantidades de comida donados con el fin de escoger al vehículo más adecuado para ir y recogerlo. En el caso de más de un donador, un mismo vehículo puede atender varios puntos si su capacidad se lo permite, además de seguir la ruta más óptima para evitar largos viajes o el movimiento innecesario de vehículos casi vacíos.

En resumen, este modelo es capaz de minimizar los costos operacionales, minimizar las distancias de las rutas, brindar una rápida recolección de alimentos de los depósitos y reducir la cantidad de vehículos utilizados para la recolección de alimentos. Por lo tanto, el modelo nos puede ser útil al momento de querer determinar la cantidad de vehículos y las rutas a seguir al momento de realizar una repartición de alimentos.

**1.6.3 Caso 3: Nair, D., Grzybowska, H., Rey, D. y Dixit, V. (2016). Food Rescue And Delivery: A Heuristic Algorithm for Periodic Unpaired Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.* 2548 (2548), 2-16. <https://doi.org/10.3141/2548-10>**

### **1.6.3.1 Antecedentes**

El modelo fue aplicado en las operaciones de recolección y entrega de alimentos de OzHarvest (<https://www.ozharvest.org>), la cual es una de las primeras y más grandes organizaciones de rescate de alimentos perecibles en Sydney, Australia. OzHarvest recolecta 56 toneladas de comida de diferentes proveedores cada semana, la cual es distribuida a lugares que brindan asistencias a hombres, mujeres y niños vulnerables (Nair et al. 2016: 3).

### **1.6.3.2 Problema**

Debido a que los alimentos recolectados son perecibles, se busca poder entregarlos en el menor periodo de tiempo posible, para esto se aplicará el problema de ruteo de vehículos para recojo y entrega periódico no emparejado en las operaciones de ayuda alimentaria en Sydney, Australia. La red de distribución de alimentos de OzHarvest consiste en alrededor de 500 proveedores de comida y más de 250 destinatarios distribuidos alrededor de un área de 12 000 kilómetros cuadrados. A pesar de la dificultad de manejar una larga red de distribución, OzHarvest distribuyó el área en 5 regiones: Sydney, Sureste, Noroeste, Noreste y Suroeste. El flujo interno y externo de cada región es manejado de manera individual.

El periodo de entrega de alimentos considerado es de una semana, periodo durante el cual los nodos de recolección y entrega pueden ser visitados en múltiples ocasiones. Sin embargo, los puntos de recolección no tendrán un calendario flexible, ya que estos solo donarán comida en días específicos; por otro lado, los puntos de entrega tendrán un calendario flexible, permitiendo visitas en cualquier día de la semana. Para el estudio se consideró una red de rescate y entrega de alimentos de una semana, y el objetivo fue diseñar una ruta de recolección y entrega con el fin de conocer los niveles de servicio requerido en los nodos minimizando los costos totales de ruteo (distancia total recorrida).

La demanda de recolección se determinó como promedio de la comida recolectada por todos los proveedores, mientras que la demanda de entrega es el promedio de la comida entregada en todos los puntos de entrega. En la tabla C1 del Anexo C se muestran los datos de la red de recolección y distribución.

### **1.6.3.3 Solución**

Debido al gran tamaño del modelo, se hizo uso de la heurística con el fin de hallar una solución al problema de manera más sencilla. Los resultados de aplicar el modelo junto a la heurística

se presentan en la tabla C1 del Anexo C, en dichos resultados podemos observar que no se usa la totalidad de los vehículos disponibles y que, en algunos casos, algunas rutas visitan menos nodos que otras.

### Heurísticas y algoritmos

La heurística usada (ilustrada en la figura 8) está conformada por dos fases. La primera fase consiste en crear un calendario inicial usando un programa integral lineal, luego de esto los otros calendarios factibles serán generados; el calendario inicial podrá ser mejorado usando el operador de movimiento de un punto (*One-Point Move Operator* en inglés). En la segunda fase se crearon rutas para todos los calendarios generados en la primera fase, las rutas iniciales fueron creadas usando el método del barrido y heurísticas de inserción, luego las rutas se mejoraron usando el operador de reorganización (*Rearrange Operator* en inglés).

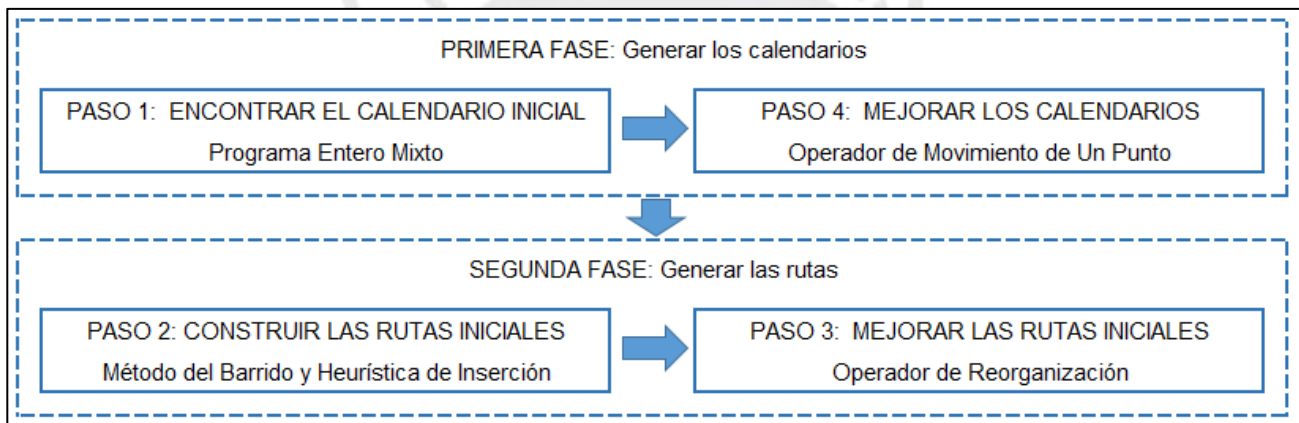


Figura 8: Fases de la heurística para resolver el PDVRP periódico no emparejado.

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey, Dixit 2016: 20, figura 2)

Finalmente, se seleccionaron como soluciones óptimas a los calendarios y rutas con un menor costo de ruteo, el proceso se mostrará gráficamente en la figura 9 (Nair, Grzybowska, Rey, Dixit 2016: 7).

#### Primera fase:

##### Calendario Inicial

Para la creación del calendario inicial se usó la siguiente formulación:

$$\text{Min } Q$$

Sujeto a:

$$\sum_{s \in S_i} z_{is} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (15.1)$$

$$\sum_{i \in N_c} \sum_{s \in S_i} z_{is} a_{sd} q_{id} \geq 0 \quad \forall d \in D \quad (15.2)$$

$$\sum_{i \in N_c} \sum_{s \in S_i} z_{is} a_{sd} q_{id} \leq Q \quad \forall d \in D \quad (15.3)$$

$$Q \geq 0 \quad (15.4)$$

Donde:

$N_p$ : Conjunto de nodos de recojo,  $N_p = \{1, \dots, n\}$ .

$N_d$ : Conjunto de nodos de entrega  $N_d = \{n+1, \dots, n'\}$ .

$N_c$ : Conjunto de nodos de recojo y entrega,  $N_c = N_p \cup N_d$ .

$Q$ : Máxima diferencia entre la demanda de recolección y entrega servida por día durante el periodo planeado.

$q_{id}$ : Demanda asociada al nodo  $i \in N_c$  en el día  $d$ , valores positivos para el recojo y valores negativos para la entrega.

$a_{sd}$ : Parámetro que enlaza los calendarios  $s$  con los días  $d$ . 1, si el calendario  $s$  es para el día  $d$ ; 0, en otro caso.

Variables de decisión:

$z_{is}$ : 1, si el calendario  $s \in S$  es asignado al nodo  $i \in N_c$ ; 0, en otro caso.

La función objetivo busca minimizar la máxima diferencia entre la demanda de recolección y entrega servida por día durante el periodo planeado ( $Q$ ). La primera restricción (15.1) asegura que cada nodo sea asignado a un solo calendario factible. La segunda restricción (15.2) verifica que el requerimiento total de entrega no exceda la demanda de recolección de un día en particular. La tercera restricción (15.3) asegura que la diferencia entre la demanda de recolección y la demanda de entrega de un día no exceda la máxima cantidad  $Q$ .

### Mejora del calendario inicial

Para llevar a cabo la mejora se utilizó el operador de movimiento de un punto. El objetivo de esto fue mover los nodos de uno en uno desde un calendario actual hacia un calendario diferente. Por ejemplo, se tiene un nodo cuya frecuencia de visita es de 2 y que puede ser atendido en 3 posibles calendarios si es que el periodo de planeamiento es de 3 días: día 1 y día 2, día 2 y día 3, y día 1 y día 3. Si el nodo fue asignado al calendario 2 mientras se creaba el calendario inicial, podemos tratar mover este nodo al calendario 1 o 3 usando el

Operador de Movimiento de Un Punto sin violar la restricción 15.2. En la tabla C2 del Anexo C se muestra el pseudo-código usado en el Operador de Movimiento.

## **Segunda fase:**

### **Generando una solución inicial para el PDVRP periódico no emparejado**

El siguiente procedimiento es una combinación de dos algoritmos: El método del barrido y una versión adaptada de la heurística de inserción. En el método del barrido los nodos fueron ordenados de menor a mayor dependiendo del ángulo que formaban con la ubicación del depósito y el eje x, el depósito fue considerado como el nodo de origen (0, 0) y la localización de los demás nodos se determinaron en referencia al nodo del depósito. El eje x fue tomado como una línea de referencia y a partir de este partió un rayo que recorrió toda el área en sentido anti horario (tal como se muestra en la parte 3(b) de la figura 9) de manera que todos los puntos fueron ordenados y puestos en una lista. Es importante tener en cuenta que primero se numeraron los nodos de recolección y luego los nodos de entrega (o demanda).

Una vez numerados los nodos se procedió a usar la heurística de inserción, la cual es un proceso iterativo que tiene como objetivo crear un número de rutas iguales o menores al número de vehículos disponibles. El proceso inicia con el primer nodo de la lista creada anteriormente, las tres restricciones que restringen el ingreso de un nodo a la ruta son:

- La carga del vehículo debe ser no negativa y menor a la capacidad del vehículo.
- La carga del vehículo debe ser mayor a la demanda de entrega antes de visitar el nodo de entrega.
- La distancia total de la ruta no debe exceder la distancia máxima permitida por el vehículo.

Una vez que un nodo es insertado de manera exitosa, se procede a insertar otro nodo de la lista. Los nodos que no pudieron ser insertados en la ruta se dejaron en la lista y se insertaron en otra ruta. Una vez que se llegó la distancia máxima permitida o la restricción de capacidad, se procedió a cerrar la ruta y crear una nueva. El proceso se repitió hasta que todos los nodos fueron integrados en las rutas. En la tabla C3 del Anexo C se mostrará el pseudo-código del algoritmo.

### **Mejorando la solución inicial obtenida del PDVRP periódico no emparejado**

Con las rutas obtenidas del modelo anterior, se procedió a realizar una mejora de resultados usando el operador de reorganización. El objetivo fue buscar una solución más barata ordenando la secuencia de los nodos de la ruta original, es decir, mover los nodos hacia

delante o hacia atrás en la ruta sin violar las condiciones mencionadas anteriormente. Las rutas aceptarán la modificación siempre y cuando se obtenga un menor costo de ruta. El pseudo-código se muestra en la tabla C4 del Anexo C, mientras que en la parte 3(d) de la figura 9 se mostrará gráficamente el algoritmo.

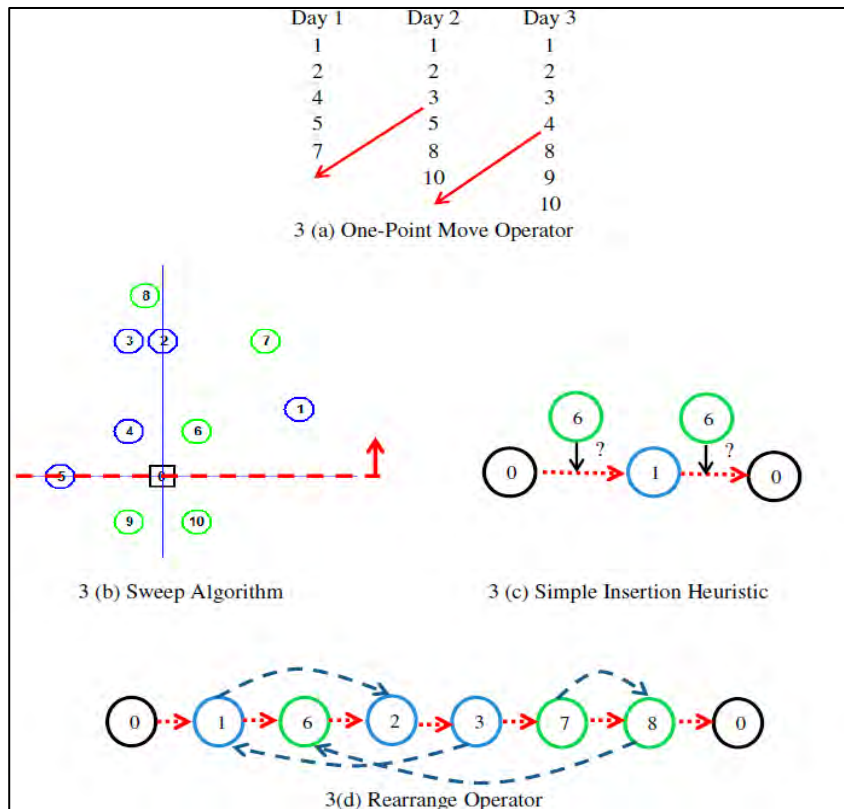


Figura 9: Algoritmos y Heurísticas usados para resolver el PDVRP periódico no emparejado.

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 21, figura 3)

### 1.6.3.4 Resultados

#### Evaluación del desempeño de la heurística

Se usaron dos instancias para evaluar la heurística, las cuales se crearon teniendo en cuenta que los nodos de recolección y entrega fueron asignados de manera aleatoria con respecto a los ratios  $r_1$  y  $r_2$ , los cuales son:

$$r_1 = \frac{|N_p|}{|N_d|}$$

$$r_2 = \frac{\sum_{i \in N_p} S_i}{\sum_{j \in N_d} R_j}$$

Donde:

$N_p$ : Conjunto de nodos de recojo,  $N_p = \{1, \dots, n\}$ .

$N_d$ : Conjunto de nodos de entrega  $N_d = \{n+1, \dots, n'\}$

$S_i$ : Cantidad recolectada del nodo  $i \in N_p$ .

$R_j$ : Cantidad entregada al nodo  $j \in N_d$ .

El ratio  $r_1$  es la división entre el número de nodos de recolección sobre el número de nodos de entrega, y tiene valores como 0,30; 0,40; 0,50; 0,60 y 0,70. Por otro lado, el ratio  $r_2$  es la división entre la cantidad total recolectada de todos los puntos de recolección sobre la cantidad total entregada a todos los nodos de demanda, este ratio tiene un valor establecido mayor a 1. La tabla C1 del Anexo C muestra las distancias recorridas en kilómetros que brinda la solución óptima. Por otro lado, en la tabla C5 se muestran las características de las instancias creadas, al igual que los resultados de aplicar el método exacto a un problema de dimensiones pequeñas. Además, en la misma tabla se mostrarán los resultados de aplicar la heurística al mismo problema.

Cabe precisar que, para correr el problema, se codificó el algoritmo heurístico en el programa C++.Net2010, mientras que para el método exacto se usó el CPLEX solver. De los resultados mostrados en el mismo paper (los cuales se muestran en la tabla C5 del Anexo C) se puede observar que la heurística logra obtener los mismos resultados que el método exacto en un menor periodo de tiempo. Además, conforme van aumentando la cantidad de nodos (y por ende, el tamaño del problema) el método heurístico presenta, en su mayoría, mejores resultados que el método exacto. Por ejemplo, para un caso de estudio el método exacto arrojó que el costo de la solución sería de 1 431,48 unidades (no define moneda), mientras que con la heurística el costo de 1 263,75 unidades; comparando estos resultados obtenemos una desviación de 167,73 unidades. Entonces, se puede afirmar que la heurística nos puede ser de utilidad para encontrar buenos resultados frente a un problema de gran magnitud.



# **CAPÍTULO 2: LA CADENA DE ABASTECIMIENTO HUMANITARIA**

## **2.1 Metodología de investigación**

El proceso de investigación realizado inició con una revisión de la literatura, en la cual se revisaron los conceptos de: logística humanitaria, seguridad alimentaria, comedores populares y el funcionamiento de los comedores populares en el Perú; además de hacer una revisión de casos de redes de abastecimiento en el Programa Mundial de Alimentos. Luego de eso, con ayuda del Dr. Jorge Vargas Flores (asesor de la presente tesis) se contactó vía zoom con la Subgerenta de Programas Sociales de Villa El Salvador, la cual nos brindó una entrevista virtual donde explicaba el proceso de abastecimiento de los comedores populares en el distrito de VES, cómo se realizaban los contratos con los proveedores, la cantidad de comedores en el distrito, entre otros detalles. Después de la entrevista se solicitaron algunos datos que podrían ser de ayuda para el caso, tales como: número de rutas, número de comedores por ruta, número de centros de distribución, número de comedores por centro de distribución, etc. Más adelante se realizó una segunda entrevista, la cual sirvió para aclarar algunas dudas sobre la distribución de alimentos realizada a los comedores populares. Finalmente se realizó una visita al distrito de Villa El Salvador, en la que se visitó la Subgerencia de Programas Sociales y algunos de los comedores populares ubicados en el distrito. Durante la visita se entrevistó a diferentes trabajadoras involucradas en los procesos realizados por los comedores, lo cual sirvió para conocer un poco más a detalle el funcionamiento de los comedores y el rol del distrito en el funcionamiento de estos. La figura D1 del Anexo D muestra el diagrama de flujo correspondiente al proceso de investigación.

## **2.2 Logística humanitaria**

El término de logística humanitaria hace referencia al proceso de planeamiento, manejo de información, implementación y control de eficiencia, costos de flujo y almacenamiento de bienes y materiales para ayudar a las personas que se encuentran en situaciones vulnerables. Entre sus funciones se encuentra la preparación, planificación, adquisición, transporte, almacenamiento, rastreo y seguimiento, y despacho de aduanas. Esta es importante en el socorro frente a algún tipo de desastre, debido a que se encarga de la efectividad y rapidez de respuesta para la entrega de comida, agua, refugio y atención médica; cuyos costos de adquisición y transporte suelen ser elevados. Dado que el departamento de logística maneja

la información de los bienes a través de la cadena de suministro, esta data puede ser analizada para proveer un aprendizaje posterior al evento. La data logística refleja el desempeño de la ejecución, por lo tanto, es crítica para el desempeño actual y futuro de las operaciones y programas humanitarios (Thomas y Kopczack 2005: 2).

La logística humanitaria es usada en procesos que realizan las organizaciones humanitarias que, debido a la naturaleza de sus operaciones, deben de hacer frente a problemas como: una demanda impredecible, tanto en términos de tiempo, lugar, tipo y cantidad; demandas imprevistas en grandes cantidades y plazos de entrega muy cortos para una variedad de productos; riesgos altos con respecto a una entrega adecuada y a tiempo; y falta de recursos, tales como oferta, personal, tecnología transporte y dinero (Balcik y Beamon 2008: 102).

### 2.3 Problema de la seguridad alimentaria

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) usa la definición brindada en la Cumbre Mundial de la Alimentación (*World Food Summit* en inglés) de 1996, la cual menciona que la seguridad alimentaria se logra cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos sanos y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimenticias para tener una vida activa y saludable. Para que los objetivos de la seguridad alimentaria puedan lograrse, se debe cumplir con cuatro dimensiones, las cuales son: Disponibilidad física de alimentos, Acceso físico y económico a alimentos, Utilización de alimentos y la estabilidad de las tres dimensiones anteriores a lo largo del tiempo (FAO 2008: 1).



Tabla 2: Dimensiones de la seguridad alimentaria.

DISPONIBILIDAD física de alimentos	La disponibilidad de alimento está dirigida a la "parte de suministro" de la seguridad alimentaria y es determinada por el nivel de producción de alimentos, los niveles de inventario y la red de comercio.
ACCESO económico y físico a los alimentos	Un adecuado suministro de alimentos en los niveles nacionales o internacionales no garantiza la seguridad alimentaria familiar. Las preocupaciones sobre el acceso insuficiente a los alimentos han resultado en un mayor enfoque en las políticas de ingresos, gastos, mercados y precios con el fin de lograr los objetivos de la seguridad alimentaria.
UTILIZACIÓN de alimentos	La utilización es comúnmente entendida como la manera en la que el cuerpo maneja la mayoría de los nutrientes de la comida. El consumo suficiente de energía y nutrientes por parte de los individuos es el resultado de buenas prácticas de cuidado y alimentación, preparación de alimentos, diversidad en la dieta y distribución de comida dentro del hogar. Combinadas con la buena utilización biológica de los alimentos consumidos, estas determinan el estatus nutricional de los individuos.
ESTABILIDAD de las tres dimensiones anteriores a través del tiempo	Incluso si el consumo de alimentos es adecuado hoy en día, una persona aún se considera alimentariamente insegura si tiene un acceso inadecuado a los alimentos de manera periódica, con el riesgo de deteriorar su estatus nutricional. Condiciones climáticas adversas, inestabilidad política, o factores económicos (desempleo, alza de precios de los alimentos) pueden tener un impacto en el estatus de seguridad alimentaria de un individuo.

Fuente: (FAO 2018: 1, tabla 1)

El problema principal que enfrenta la seguridad alimentaria es combatir la inseguridad alimentaria, cuya definición es la incapacidad de obtener alimentos sanos y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimenticias para tener una vida activa y saludable. Existen dos tipos de inseguridad alimentaria: la inseguridad alimentaria crónica, y la inseguridad alimentaria crónica (FAO 2008: 1).

Tabla 3: Tipos de inseguridad alimentaria.

	INSEGURIDAD ALIMENTARIA CRÓNICA 	INSEGURIDAD ALIMENTARIA TRANSITORIA 
Es...	a largo plazo o persistente.	a corto plazo y temporal.
Ocurre cuando...	las personas son incapaces de cumplir con los requerimientos mínimos de alimentos sobre un periodo de tiempo prolongado.	existe una caída repentina en la habilidad de producir o acceder a los alimentos suficientes para mantener un buen estatus nutricional.
Es resultado de...	largos periodos de pobreza, falta de activos y acceso inadecuado para producir o financiar recursos.	shocks y fluctuaciones de corto plazo en la disponibilidad y acceso a los alimentos, incluyendo las variaciones año a año en la producción doméstica de alimentos, precios de alimentos e ingresos familiares.
Puede ser superado con...	las medidas típicas de desarrollo a largo plazo también se utilizan para abordar la pobreza, así como la educación o el acceso a recursos productivos. Ellos también pueden necesitar un acceso más directo a los alimentos para que puedan aumentar su capacidad productiva.	la inseguridad alimentaria transitoria es relativamente impredecible y puede aparecer en cualquier momento. Esto dificulta el planeamiento y la programación, además, requiere de diferentes capacidades y tipos de intervención, incluida la capacidad de alerta temprana y los programas de redes de seguridad.

Fuente: (FAO 2018: 1, tabla 2)

## 2.4 Comedores populares

Los comedores comunales (*community kitchens* o *soup kitchens* en inglés) son programas de organizaciones humanitarias usadas como estrategia de salud pública, las cuales brindan beneficios sociales y nutricionales a personas de bajos ingresos y sus familias en diferentes escenarios. Estas están conformadas por un pequeño grupo de personas que se reúnen para preparar una o más comidas juntos, estas comúnmente se caracterizan por la agrupación de recursos y mano de obra para producir grandes cantidades de comida (Ibrahim, Honein-AbouHaidar y Jomaa 2019: 1-2).

### 2.4.1 Comedores populares en el mundo

En las siguientes secciones se dará algunos ejemplos de comedores populares alrededor del mundo, a pesar de no contar con mucha bibliografía correspondiente a este tema, existen

diferentes comedores que cuentan con páginas web en las cuales brindan información sobre las labores que realizan, las donaciones que reciben e información de contacto con el fin de informar y alentar a las personas a colaborar con su causa.

#### **2.4.1.1 Estados Unidos**

##### **Comedor de beneficencia La casa de nuestro padre**

El Comedor de beneficencia La casa de nuestro padre (*Our Father's House Soup Kitchen* en inglés, página web: <https://ofhsoupkitchen.org>) ubicada en Pompano Beach, Florida; es una organización cristiana sin fines de lucro que brinda ayuda a las personas pobres y desamparadas fundada en el año 1989. La organización trabaja 5 días a la semana, en los cuales dan almuerzos calientes, sándwiches y snacks a la gente de bajos recursos. Además, ofrecen ropa, zapatos y artículos de higiene personal a las personas en caso de que lo necesiten. En su página web, mencionan que llevan más de 30 años operando, tiempo durante el cual han servido más de 900 000 comidas a los pobres, teniendo un promedio de repartición de 145 comidas servidas por día (Our Father's House Soup Kitchen 2021).

##### **El comedor de beneficencia de Boynton Beach**

El comedor de beneficencia (*The Soup Kitchen* en inglés, página web: <https://thesoupkitchen.org>) es una organización sin fines de lucro ubicada en Boynton Beach, Florida. Esta fue fundada en el año 1983, con el propósito de mejorar la vida de las personas menos afortunadas del país. Este comedor no recibe financiamiento local, del condado ni del gobierno federal, sino que, es financiado por donaciones de las personas de la comunidad. El comedor de beneficencia atiende los 365 días del año y, hasta el día de hoy, han logrado servir más de 3 millones de almuerzos a las personas necesitadas, teniendo un promedio de 800 almuerzos servidos por día. Además, también brinda servicios de entrega de comida para las personas mayores confinadas que se encuentran en el área de Boynton Beach (The soup Kitchen 2021).

##### **Comedor de beneficencia de los Santos Apóstoles**

El comedor de beneficencia de los Santos Apóstoles (*Holy Apostles Soup Kitchen* en inglés, página web: <https://holypostlesnyc.org>) fundado en 1982, pertenece a la Iglesia Los Santos Apóstoles (*Holy Apostles Church*) la cual se encuentra ubicada en Manhattan, Nueva York. El comedor provee alimento, apoyo de servicio social y puestos de trabajos con el fin de mejorar la salud, el hogar y el trabajo de la sociedad. Actualmente este es uno de los comedores más grandes de la ciudad de Nueva York, habiendo repartido alrededor de 10

millones de almuerzos hasta la fecha. El comedor atiende todos los días de la semana, repartiendo alrededor de 1 000 almuerzos por día y distribuyendo más de 30 000 almuerzos todas las semanas (Holy Apostles 2021).

#### **2.4.1.2 Canadá**

##### **El comedor de beneficencia de las Cataratas del Niágara**

El comedor de beneficencia (*The Soup Kitchen* en inglés, página web: <https://www.nfsoupkitchen.ca>) se encuentra ubicado en las Cataratas del Niágara, Ontario. El comedor pertenece a la organización Alcance comunitario de las Cataratas del Niágara (*Niagara Falls Community Outreach* en inglés), la cual es una organización de sin fines de lucro que tiene como objetivo el aliviar el dolor del hambre a través de comidas nutritivas a cualquier persona que lo necesite. La organización opera gracias a las donaciones de iglesias, empresas, clubes sociales e individuos de su comunidad, logrando atender alrededor de 148 personas por día y un total de 53 980 comidas en el año 2020 (Niagara Falls Community Outreach 2021).

##### **El ejército de salvación**

El ejército de salvación (*The Salvation Army* en inglés, página web: <https://salvationarmy.ca>) es una organización cristiana ubicada en Canadá y fundada en 1882. La organización brinda apoyo en 400 comunidades alrededor de Canadá y en 130 países, donde provee diversos tipos de servicios (o programas) de alimentos, tales como: banco de alimentos, almuerzos comunitarios y almuerzos escolares. Con respecto al programa de almuerzos comunitarios, en el año 2020 sirvieron alrededor de 2,80 millones de almuerzos a las personas vulnerables y hambrientas (The Salvation Army 2021).

#### **2.4.1.3 Europa**

##### **Comedor comunitario para refugiados**

El Comedor comunitario para refugiados (*Refugee Community Kitchen* en inglés, página web: <https://refugeecommunitykitchen.org>) nace en el año 2015, como un grupo de personas que tenían el propósito de brindar alimento a las personas que se encontraban en los campos de refugiados de Calais y otros lugares de Francia. Estas realizan sus operaciones a través de las donaciones que reciben y, actualmente, se encuentran operando en lugares como el Norte

de Francia, Londres y Edimburgo, teniendo un alrededor 2 millones de comidas servidas hasta el momento (Refugee Community Kitchen 2021).

### **Fundación Arrels**

La fundación Arrels (*Arrels Fundació* en catalán, página web: <https://www.arrelsfundacio.org>) es una fundación ubicada en Barcelona, España. Fundada en 1987, la fundación brinda desayuno, almuerzo, merienda y cena debidamente balanceadas a las personas desamparadas y sin hogar. Adicionalmente, les brindan refugio, abrigo y asistencia sanitaria. Esta recibe donaciones tanto de las personas como de las entidades privadas, teniendo un total de 400 voluntarios y alrededor de 4 000 colaboradores (ShBarcelona 2019).

### **El comedor de beneficencia en Londres**

El comedor de beneficencia (*The Soup Kitchen* en inglés, página web: <https://soupkitchenlondon.org>) fue fundado en 1986 y está ubicado en Londres, Inglaterra. Su labor, además de brindar comidas calientes, incluye el donar ropa y artículos de tocador a las personas sin hogar, ancianos y pobres de Londres. Con un presupuesto anual de 75 000 libras esterlinas la asociación atiende alrededor de 90 personas al día, repartiendo más 25 000 comidas al año y estando disponible 6 días a la semana (American International Church 2021).

#### **2.4.1.4 Sudáfrica**

##### **Cucharones de amor**

Cucharones de amor (*Ladles of Love* en inglés, página web: <https://www.ladlesoflove.org.za>) es un comedor de beneficencia que nació en el año 2014 en Ciudad del Cabo, Sudáfrica. El comedor opera gracias a donaciones y la ayuda de personas voluntarias, las cuales atienden 4 días de la semana con propósito de brindar alimento a las personas y familias vulnerables. En el año 2020, lograron servir alrededor de 250 000 almuerzos a la semana y lograron establecer 21 comidas comunitarias (Ladles of Love 2021).

#### **2.4.2 Acción frente a la pandemia**

A raíz de la pandemia del COVID-19 muchas economías se vieron afectadas mundialmente, a raíz de esto y los conflictos previos existentes, el número de personas en situación de inseguridad alimentaria aguda o peores ascendió a 155 millones. De este número, se especifica que más de 40 millones de personas se encuentran en esta situación debido a la

recesión económica provocada por la pandemia (Programa Mundial de Alimentos 2021). Como consecuencia, el número de personas demandantes de alimentos en los comedores populares se incrementó a lo largo del mundo.

Ante el aumento de demanda y a pesar de los contagios, comedores de beneficencia como el de los Santos Apóstoles o el Programa de alimentos de Grand Central (*Grand Central Food Program* en inglés) no han parado de atender a las personas que necesitan alimentos (The New Yorker 2020; Insider 2020). Otros comedores como los mencionados en la sección anterior aún continúan con sus páginas web activas, lo cual implica que aún siguen operando a pesar de la pandemia. Por otro lado, en América Latina, la presencia de ollas comunes ha aumentado en respuesta al escenario de hambre y pobreza que se presenta. En Paraguay se cuentan con 770 ollas populares para atender un aproximado de 70 mil personas. En países como Chile y Perú, debido a la escasa ayuda del gobierno, muchas mujeres trabajan y colaboran con el fin de combatir el hambre en sus comunidades como consecuencia de la pandemia (Nodal 2021).

En conclusión, la pandemia ha afectado enormemente a la seguridad alimentaria mundial, por lo tanto, la labor de los comedores populares o de beneficencia se ha tornado crucial como consecuencia de la pandemia, dado que, de ellos depende que muchas personas puedan tener alimento y no mueran de hambre.

## **2.5 Caso de red de abastecimiento**

### **2.5.1 Programa Mundial de Alimentos (WFP)**

El Programa Mundial de Alimentos (WFP por sus siglas en inglés) es una organización humanitaria dedicada a la asistencia alimentaria en emergencia y a trabajar con las comunidades para mejorar la nutrición y crear resiliencia. Galardonado con el Premio Nobel de la Paz en 2020, el WFP mantiene en movimiento 5 600 camiones, 30 barcos y alrededor de 100 aviones, los cuales entregan alimentos y asistencia a las personas que más lo necesitan. Con el compromiso de mejorar la seguridad alimentaria, terminar el hambre y mejorar la nutrición, el WFP distribuye anualmente alrededor de 15 000 millones de raciones de alimentos, además de trabajar en alianza con más de 1 000 ONG nacionales e internacionales (WFP 2021).

Para el WFP, la cadena de abastecimiento hace referencia al proceso de entrega de productos u otro tipo de asistencia desde sus donantes hasta los beneficiarios. Esta es una serie de cadenas de suministro vinculadas (figura 10), las cuales tienen como centro la cadena de suministro del WFP, y que facilitan la entrega de las donaciones brindadas por los donantes. Existen tres conexiones importantes dentro de estas cadenas de suministro, las cuales son: gestión de realizaciones con los donantes, la cual envuelve el trabajo con los donantes para comprender las necesidades de los beneficiarios, movilizar los recursos e informar sobre los resultados generales y de asistencia alimentaria; gestión de relaciones con los socios, la cual envuelve trabajos a nivel país con los gobiernos y socios para gestionar la demanda, establecer los mecanismos y distribuir los canales para llevar la asistencia alimentaria hacia los puntos de distribución; y gestión de relaciones con los beneficiarios, la cual hace referencia a los procesos de los socios en la gestión de distribución de la asistencia a los beneficiarios (Yu 2010: 296).

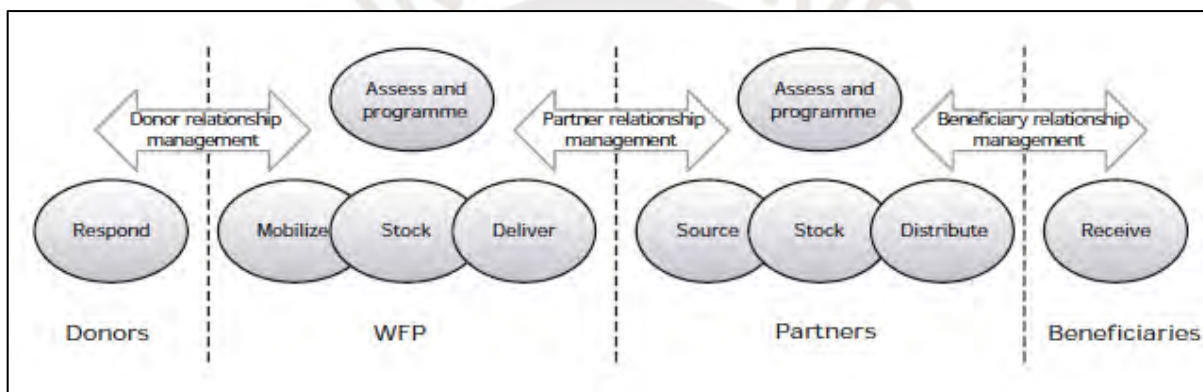


Figura 10: Cadena de abastecimiento humanitaria.

Fuente: (Yu 2010: 296, figura 18.1)

### 2.5.1.1 Logística en el WFP

Las actividades logísticas del WFP están enfocadas en el transporte eficiente, puntual y económico de las materias primas. Para lograr esto el WFP mantiene stocks de alimentos y apoyo que puedan ser desplegados de manera rápida, posee personal de emergencia y socios de reserva que permitan un rápido despliegue de expertos, moviliza activos de transporte (camiones, helicópteros, aeronaves, etc.) y provee de puentes aéreos (incluso en nombre de otras organizaciones) para el transporte de cargamentos de socorro (Quinn 2010: 309). En la figura 11 se muestran las principales actividades logísticas, las cuales son: obtención, transporte, almacenamiento y distribución.



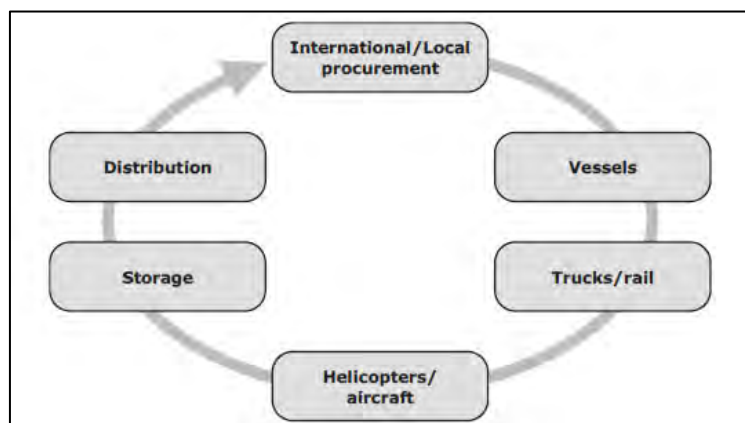


Figura 11: Proceso de la cadena de abastecimiento en un nivel elemental.

Fuente: (Quinn 2010: 309, figura 19.1)

### **Obtención**

Cuando es posible, el WFP compra el alimento en las localidades y regiones principalmente de países en desarrollo, mientras mantiene un estricto estándar de calidad. Aproximadamente, un 50,00% del alimento distribuido proviene de los países y regiones en donde es necesitado; la obtención de estos alimentos contribuye a las economías nacionales, beneficiando a los granjeros, productores, vendedores y procesadores de comida, además de fomentar el desarrollo en la infraestructura, transportes, almacenes, calidad y servicio (Quinn 2010: 310).

### **Transporte y distribución**

Existen tres medios mediante los cuales el WFP realiza los transportes de alimentos: marítimo, aéreo y terrestre. En el primer caso, el WFP hace contacto directo con los dueños de embarcaciones para de esta manera negociar precios favorables para el envío de cargas. En el caso del transporte aéreo, el WFP gestiona al Servicio Aéreo Humanitario de las Naciones Unidas (UNHAS por sus siglas en inglés) la cual permite acceso aéreo a las ONGs, agencias de las Naciones Unidas, donantes representativos, comunidades diplomáticas y socios implementadores humanitarios. Mediante el UNHAS el WFP puede hacer entrega de alimentos y otros ítems a diferentes localizaciones difíciles de acceder. Para el transporte y distribución terrestres, el 95,00% se realizan mediante contratos con proveedores comerciales, los que incluyen servicios de almacenamiento. Para el otro 5,00%, el WFP realiza las entregas con su propia flota, la cual consiste en 700 camiones diseñados para lidiar con las más duras condiciones de carretera (WFP 2013: 8-11).

## Almacenamiento

En el párrafo anterior se mencionó que algunos contratos con proveedores incluían el servicio de almacenamiento de materias primas, sin embargo, el WFP también mantiene relación con el Almacén de Respuesta Humanitaria de las Naciones Unidas (UNHRD por sus siglas en inglés), la cual es una red de seis depósitos alrededor del mundo (figura 12). Los suministros son pre-posicionados en los almacenes para los socios humanitarios, la UNHRD se encarga de obtener, almacenar, transportar y empacar los equipamientos y suministros para más de 59 socios (incluido el WFP), con el fin de que este pueda ser enviado de manera rápida durante cualquier emergencia (WFP 2013: 14).



Figura 12: Alcance global del UNHRD en 2013.

Fuente: (WFP 2013: 15, figura 6)

### 2.5.2 Cáritas y su distribución de alimentos en tiempos de COVID-19

Cáritas del Perú es una organización de Iglesia Católica fundada en 1995 con el propósito de promover y liderar programas, proyectos e intervenciones para favorecer a las poblaciones más pobres y vulnerables del país. Esta forma parte de la Confederación Caritas Internationalis, la cual está conformada por 165 organizaciones en más de 200 países y territorios (Cáritas del Perú 2021).

En el marco de la pandemia del COVID-19 y como respuesta a la Emergencia Sanitaria por COVID-19 en el país, la red de Cáritas realizó un trabajo articulado con organismos del Estado, municipalidades, plataformas de Defensa Civil y otras organizaciones con el fin de

lograr llevar la ayuda humanitaria a la mayor población posible. Gracias a esto, se logró recaudar S/. 6 887 223,26 en fondos monetarios, mientras que gracias a la campaña “Ayúdanos a Ayudar” se recaudaron donaciones valorizadas en S/. 8 647 814,72. Como consecuencia, la Red de Cáritas del Perú logró atender a un promedio de 1 225 903 familias en situación de vulnerabilidad en todo el Perú (Cáritas del Perú 2020: Diapositivas 11, 31).

Como un añadido adicional, en la figura 13 se muestra el proceso de respuesta para brindar la ayuda humanitaria a las familias en situación vulnerable debido a la pandemia.

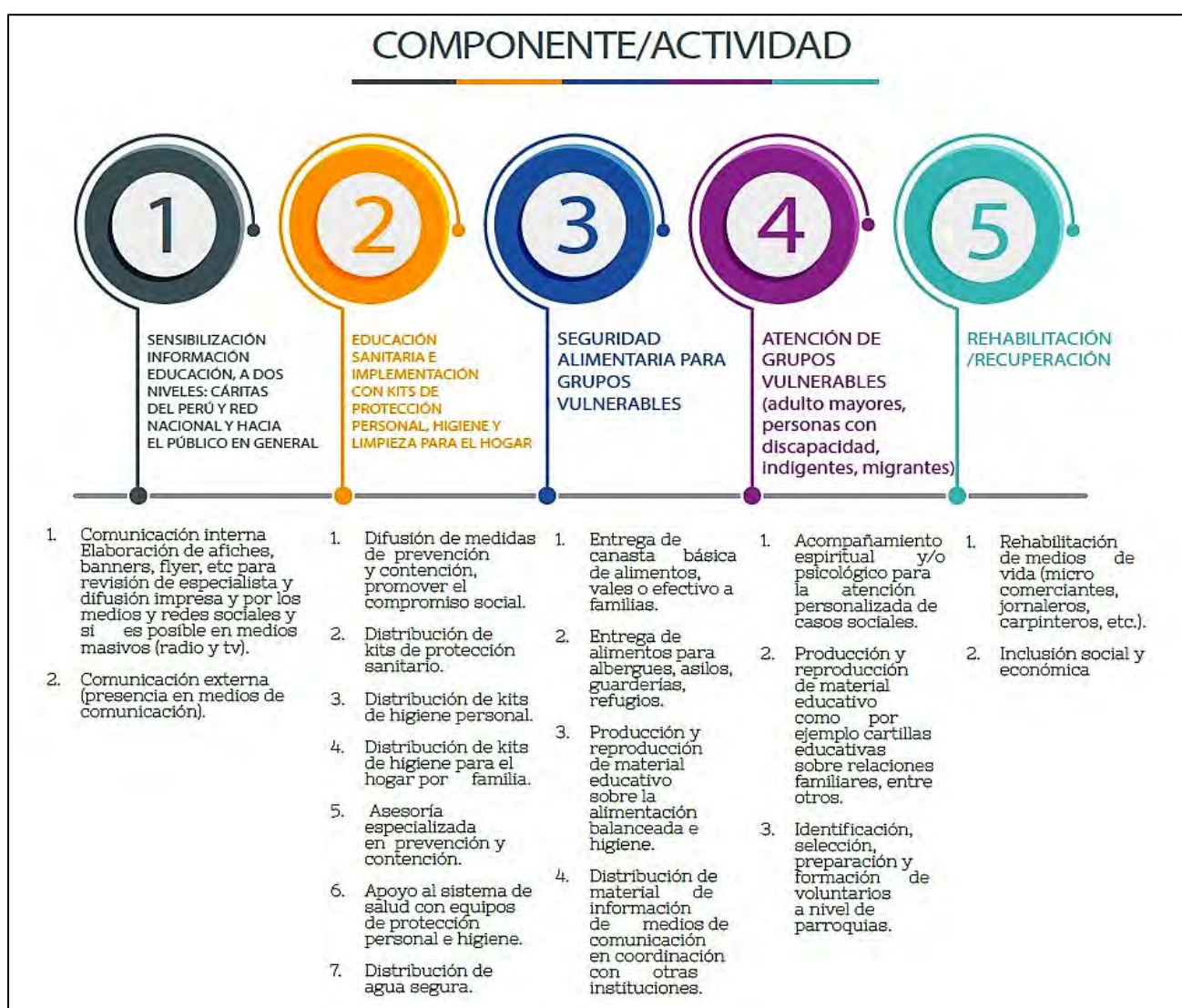


Figura 13: Proceso de respuesta de la Red de Cáritas del Perú frente al COVID-19

Fuente: (Cáritas del Perú 2020: Diapositivas 13)

## **CAPÍTULO 3: LA RED DE ABASTECIMIENTO EN VES**

### **3.1 Historia de los comedores populares en el Perú**

Los comedores populares en el Perú nacieron como una iniciativa de las mujeres pobladoras de las zonas populares de Lima Metropolitana ante el problema de la alimentación familiar. Los primeros comedores populares aparecieron en el año 1978 en el distrito de Comas, expandiéndose a las zonas de El Agustino, Villa El Salvador y San Martín de Porres. Fue a partir de los años 80 cuando la presencia de estos fue aumentando gracias a la ayuda de iglesias, partidos políticos, organizaciones no gubernamentales y agencias filantrópicas. Durante este periodo los comedores se vincularon entre ellos, llegando a constituir centrales de coordinación y representación para los diferentes distritos de Lima Metropolitana. (Angulo 2011: 2-3; Blondet, Montero 1995: 55-57).

A partir del año 1990 el número de comedores aumentó drásticamente debido al shock económico del gobierno de Alberto Fujimori, a pesar de esto, las demandas de los comedores nuevos y ya existentes fue en aumento. Para el año 1991 había un total de 5 112 comedores populares en Lima Metropolitana, mientras que para el 1994 se dio un total de 4 848 organizaciones de servicio de comedor, entre Clubes de Madres y Comedores Populares (Blondet, Montero 1995: 64-65, 94). Para los años 2000s, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) registra un total de 4 337 comedores en Lima Metropolitana en el año 2005, y 4 344 en el año 2007. En el año 2017, las municipalidades de la provincia de Lima reportaron alrededor de 4 141 comedores populares en la provincia, los cuales beneficiaron a un total de 211 871 personas (INEI 2010: 70; INEI 2018: 115).

Para el año 2020 el Ministerio de Inclusión y Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) registró un total de 13 644 comedores a nivel nacional, de los cuales 3 031 pertenecen a Lima Metropolitana. A raíz de la pandemia del COVID-19, muchos comedores se vieron en la obligación de cerrar debido al riesgo de contagio. Sin embargo, para septiembre del 2020 un 73,00% de ellos reinició sus operaciones aplicando los lineamientos de seguridad sanitaria emitidos por el MIDIS, mientras se esperaba que los restantes retomen sus operaciones de manera progresiva (Portal web del Gobierno del Perú 2020).

### **3.2 Comedores populares en el Perú**

Actualmente, los comedores populares en el Perú se encuentran a cargo del Programa de Complementación Alimentaria (PCA). El PCA nace a partir del Programa Nacional de

Asistencia Alimentaria (PRONAA), el cual fue creado en el año 1992. El PCA consiste en brindar apoyo alimentario a través de diferentes modalidades, las cuales son: Comedores, Hogares – Albergues, Personas en riesgo, Trabajo Comunal y Programa de Alimentación y Nutrición para el Paciente con Tuberculosis y Familia. Durante el periodo de los años 2003 al 2007 se empezó la transferencia del PCA a los gobiernos locales (a excepción de Lima Metropolitana), para el año 2011 el PCA ya había sido distribuido a los municipios distritales de Lima Metropolitana. Durante el periodo 2012 al 2017 el PCA pasa a pertenecer al MIDIS, el cual logra transferirlo a 238 gobiernos locales a nivel nacional (43 en Lima Metropolitana y 195 en provincias). Para llevar a cabo la ayuda social, el PCA requiere de cuatro participantes, los cuales son: Los Centros de Atención, el Gobierno Local, Comité de Gestión Local y el MIDIS (MIDIS 2018: Diapositivas 2-6). En la figura 14 se muestran las funciones de los participantes mencionados anteriormente.

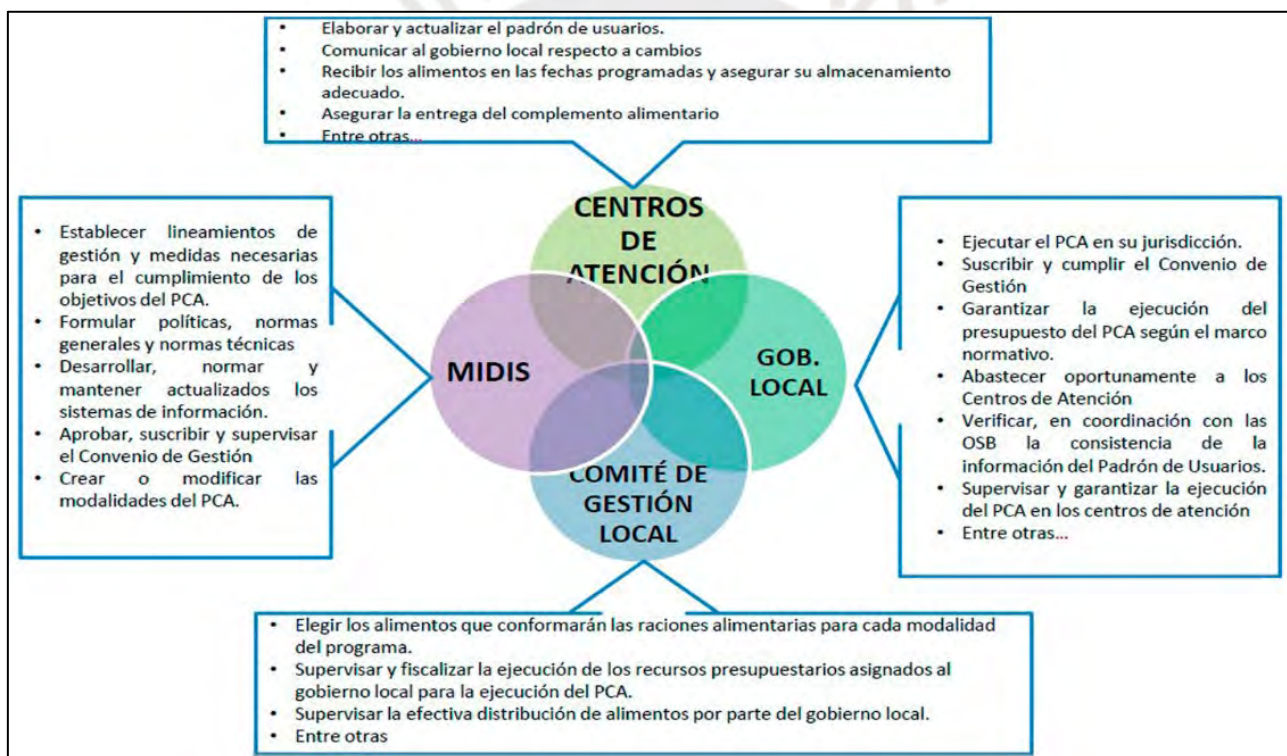


Figura 14: Articulación Nacional: Actores y Funciones.

Fuente: (MIDIS 2018: Diapositiva 6)

Existen dos tipos de supervisión para los centros de supervisión: la regular, realizada de acuerdo a un Plan de Supervisión aprobado por el Comité de Gestión; y la especial, la cual se hace en función a una denuncia o a pedido del MIDIS. Ambas son realizadas por el supervisor del gobierno local, durante la primera visita el supervisor podrá realizar recomendaciones y dejar una constancia mediante el Acta de la visita y de las

recomendaciones; para la segunda visita (que deberá ser 15 días después de la primera) se podrá realizar observaciones y otorgar un plazo no menor de 15 días para que se puedan subsanar; y para la tercera, se deberá verificar el levantamiento o no de las observaciones. En caso de que se las observaciones hayan sido subsanadas se levantará un acta en donde se detallen las acciones realizadas, conclusiones y recomendaciones. Si las observaciones no han sido subsanadas y persisten, el gobierno local podrá suspender y/o cancelar el apoyo alimentario al Centro de Atención (MIDIS 2018: Diapositiva 13).

### **3.3 Comedores populares en VES**

Actualmente, los comedores populares de Villa El Salvador (VES) son gestionados por la municipalidad del distrito a través de la Subgerencia de Programas Sociales de VES, siendo un total de 242 comedores que se mantienen activos en el distrito y que benefician a un total de 19 948 personas en el distrito. Cada comedor, que puede ser auto-gestionado o subsidiado, emite un padrón de beneficiarios de los comedores y los requerimientos de alimentos para poder satisfacer la demanda de raciones de comida. El rol del distrito, mediante la Subgerencia de Programas Sociales y el área de logística es realizar supervisiones de manera periódica y encargarse de la compra y abastecimiento de materias primas que los comedores solicitan (A. Guillén, comunicación personal, 22 de abril de 2021).

#### **3.3.1 Villa El Salvador**

El distrito de Villa El Salvador, fundado el 11 de mayo de 1971 y declarado distrito en 1983, es uno de los 43 distritos que conforman la provincia de Lima. Se encuentra ubicado al sur de Lima Metropolitana, ubicado entre los Km 15,50 y 25 de la Carretera Panamericana Sur. Abarca una superficie de 35,46 km<sup>2</sup> y está subdividido en territorios, urbanizaciones, sectores, grupos y manzanas (Municipalidad de Villa El Salvador, 2021). La figura 15 muestra la distribución del distrito por sectores.

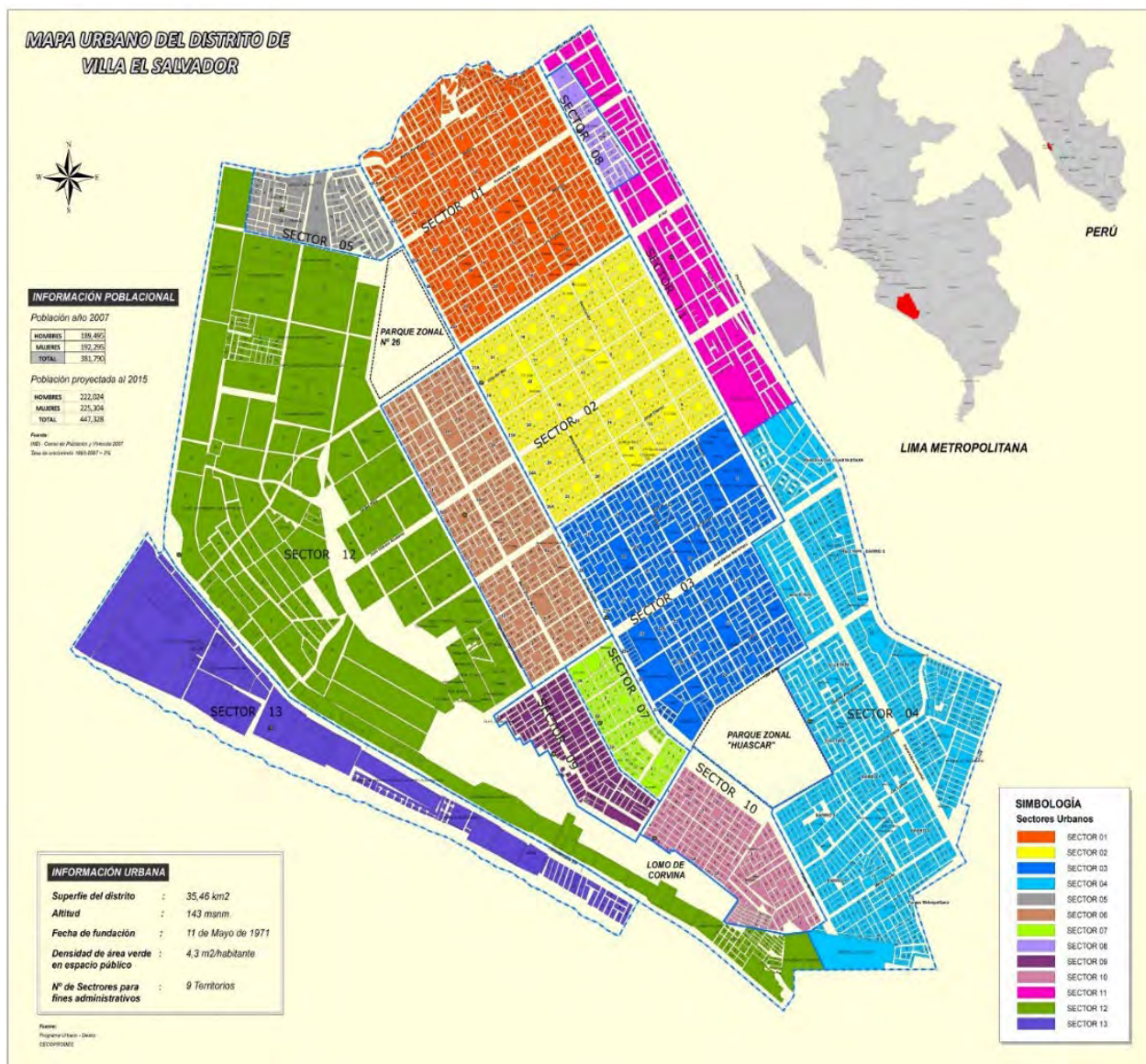


Figura 15: Distribución por sectores del distrito de Villa El Salvador.

Fuente: (Observatorio Urbano 2021)

### 3.3.1.1 Población y estratos socioeconómicos en el distrito

Según los resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017, el distrito de Villa El Salvador registró un total de 393 254 habitantes en el distrito durante ese año, representando un 4,60% de la población total en la provincia de Lima (INEI 2018: 25). Sin embargo, de acuerdo al Mapa de Pobreza provincial y Distrital 2009, el distrito poseía un total de 410 313 habitantes, de los cuales un 1,30% se encontraba en condición de pobreza extrema, un 24,60% se encontraba en pobreza no extrema y un 74,10% estaba en condición de no pobre. Para llegar a esos resultados se tuvo en consideración la línea de pobreza total y la línea de pobreza extrema. La primera está representada por un componente alimentario (calculado a partir de

los precios de los productos que conforman la canasta básica de alimentos) y el componente no alimentario (calculado a partir del uso de los servicios básicos), mientras que la segunda solo posee el componente alimentario (INEI 2010: 19, 89).

En el año 2020 el INEI realizó un plano estratificado del distrito en base al ingreso per cápita por hogar usando información recogida del Censo de Población y Vivienda 2017, gracias a esto se identificó que el 54,90% de los hogares posee un ingreso medio-bajo (863,72 – 1 073,01 soles), seguido de un 29,90% que tiene un ingreso medio (1 073,00 – 1 449,71 soles), un 14,30% que recibe un ingreso bajo (menos de 863,71 soles) y un 1,00% que posee un ingreso medio-alto (1 449,72 – 2 412,44 soles) (INEI 2020: 58). La tabla E1 del Anexo E muestra la distribución de estratos en unidades y porcentajes, mientras que la figura E1 muestra el plano del distrito.

### **3.3.2 Municipalidad caso**

La municipalidad caso, fundada el 11 de mayo de 1971, es la responsable de que los comedores en el distrito presenten un correcto funcionamiento y buenas condiciones de salubridad. Esta tiene como visión “Ser una Municipalidad líder, con una gestión eficiente, transparente y participativa, donde sin distinción económica, social o de género se sumen esfuerzos para posicionar a Villa El Salvador como una ciudad ordenada, segura, moderna, inclusiva y saludable” (Municipalidad de Villa El Salvador, 2021). Mientras que su misión es “Representar al vecino consolidando su participación democrática, con servicios de calidad, promoviendo el desarrollo económico, social y ambiental mediante un manejo responsable y transparente de los recursos públicos” (Municipalidad de Villa El Salvador, 2021).

Para poder llevar a cabo sus objetivos, la municipalidad caso presenta un conjunto de comités, consejos, oficinas, gerencias y subgerencias que son presentados en el organigrama ubicado en el Anexo F.

#### **3.3.2.1 Análisis de la organización**

La alcaldía es el órgano del gobierno local, siendo el alcalde el representante legal de la municipalidad y máxima autoridad administrativa. La Gerencia Municipal es el órgano de alta dirección encargada de planificar, normar, ejecutar y controlar el funcionamiento de los sistemas administrativos y funcionales. Para esto, la Gerencia Municipal posee 3 oficinas, 6 gerencias y 4 agencias municipales, estas últimas actúan como órganos desconcentrados distribuidos en el territorio del distrito. (Municipalidad de Villa El Salvador 2019: 11, 19).



Las oficinas se dividen en: La Oficina General de Administración, la cual gestiona el funcionamiento de los sistemas administrativos de abastecimiento, contabilidad, gestión de recursos humanos, tesorería y del sistema funcional de informática; La Oficina de Asesoría Jurídica, la cual se encarga del asesoramiento de temas jurídicos; y La Oficina de Planeamiento y Presupuesto, la cual gestiona el funcionamiento de los sistemas administrativos de presupuesto público, planeamiento estratégico, inversión pública y de modernización de la gestión pública (Municipalidad de Villa El Salvador 2019: 12-13).

Las gerencias están conformadas por: La Gerencia de Rentas y Administración Tributaria, encargada del funcionamiento de los procesos concernientes a la administración tributaria municipal; La Gerencia de Desarrollo Económico y Empresarial, la cual gestiona el funcionamiento del sistema funcional de producción; La Gerencia de Desarrollo Urbano, responsable del funcionamiento de los sistemas funcionales de vivienda, construcción y saneamiento; La Gerencia de Desarrollo e Inclusión Social, encargada del funcionamiento de los sistemas funcionales de desarrollo social, cultura, deporte, salud, participación ciudadana y del Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables; La Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental, encargada del funcionamiento del sistema local de gestión ambiental y del sistema administrativo de registro civil; y La Gerencia de Seguridad Ciudadana y Vial, responsable del funcionamiento del sistema funcional de seguridad ciudadana, transporte y seguridad vial y del sistema nacional de gestión del riesgo de desastres (Municipalidad de Villa El Salvador 2019: 14-18).

Para el presente trabajo se hará énfasis en la Subgerencia de Programas Sociales, la cual se encuentra dentro de la Gerencia de Desarrollo e Inclusión Social. La Subgerencia es responsable de la supervisión y el correcto funcionamiento de los comedores populares, el Programa Vaso de Leche, el Programa de Alimentación y Nutrición para el Paciente con Tuberculosis y Familia, etc. Además de encargarse de la distribución de materias primas necesarias para poder satisfacer las demandas que presenta cada programa social (A. Guillén, comunicación personal, 17 de junio de 2021).

### **3.3.2.2 Distribución de alimentos a cargo de la Subgerencia de Programas Sociales de VES**

Anualmente, el distrito de VES realiza una convocatoria anual para la contratación de proveedores de alimentos, en dicha propuesta se plantean ciertos requisitos y una demanda anual de alimentos a satisfacer. Los proveedores que cumplen los requisitos postulan a la convocatoria y el distrito los escoge y contrata en base a sus propuestas y cotización. La

distribución de alimentos es realizada de manera mensual por la Subgerencia de Programas Sociales de VES en conjunto con los proveedores de alimentos contratados. Para la distribución se dispone de un almacén general, en el cual los proveedores de alimentos entregan las cantidades solicitadas por el distrito. Durante la entrega de los alimentos el personal de la subgerencia verifica la conformidad con respecto a la calidad y cantidad entregados, luego de esto, se realiza la entrega mediante rutas. Las entregas mediante rutas se hacen junto con el proveedor de alimentos, además, las rutas ya se encuentran establecidas para visitar una cierta cantidad de centros de distribución en un determinado día. Los centros de distribución, que también funcionan como comedores, albergan su demanda local y la demanda de sus comedores asignados, de manera que las encargadas de los comedores asignados van a recoger las cantidades que solicitan a su respectivo centro de distribución. Es importante resaltar que los centros de distribución no hacen uso de espacios físicos, sino que, sirven como un punto de distribución en donde los tráileres entregan los alimentos a cada encargada del comedor en ese momento (A. Guillén, comunicación personal, 17 de junio de 2021). En el Anexo G se muestra un diagrama de flujo del proceso de distribución (Figura G1) y, otro diagrama (Figura G2) con todas las etapas realizadas en el modelamiento, el cual inicia con la revisión de la literatura y termina con las conclusiones del trabajo.

Actualmente, el distrito cuenta con 3 proveedores de alimentos, a los cuales se les manda el pedido con 3 semanas de anticipación. Las entregas a los comedores se realizan de manera mensual, y se atienden 2 rutas por día. Actualmente, se dispone de un total de 4 rutas de entrega y 8 centros de distribución, la información de los centros de distribución que atiende cada ruta y el número de comedores asignados a los centros de distribución se mostrarán en la siguiente tabla:

Tabla 4: Relación de rutas, centros de distribución y número de comedores a abastecer.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	# COMEDORES
1	1. CORAZÓN DE JESÚS	21
	2. SANTA TERESITA	11
2	3. TERESA DE JESUS	30
	4. FAMILIA Nº 2	18
	5. SEÑOR DE LOS MILAGROS	27
3	6. NUESTRA SRA DE LAS MERCEDES	34
4	7. SANTA ROSA DE LIMA	42
	8. MENSAJERO DE LA PAZ	59

Cada comedor posee un determinado número de beneficiarios, con este número es posible calcular la cantidad total de alimentos que necesita cada comedor en base a los requerimientos de una dieta ya establecida. Parte de estos alimentos son brindados por el distrito, mientras que la otra parte es obtenida por las responsables del comedor popular. Dado que se posee la demanda de cada comedor y el número de comedores asignados a cada centro de distribución, la cantidad que se entrega al centro de distribución es igual a la suma de las demandas de los comedores asignados más la demanda del mismo centro de distribución. De esta manera, se establece la cantidad de alimentos que cada ruta debe distribuir durante su recorrido.

### 3.3.2.3 Análisis y diagnóstico

La Subgerencia de Programas Sociales enfrenta dos principales problemáticas al momento de la distribución de los alimentos: La puntualidad al momento de la entrega de los alimentos por parte de los proveedores y la calidad de los alimentos que son recibidos por parte de los proveedores. Por otro lado, los costos de entrega por parte de los proveedores en los cuales incurre el distrito es atendido por la Unidad de Abastecimiento, la cual pertenece a la Oficina General de Administración.

#### Análisis

La tabla 5 muestra los problemas que enfrenta el distrito de Villa El Salvador al momento de realizar la distribución de alimentos.

Tabla 5: Problemas en la distribución de alimentos.

<b>Problemas en la distribución de alimentos</b>
Tiempos de entrega
Calidad de los alimentos recibidos
Costos de entrega

De los problemas mostrados solo se realizará el análisis de dos: Los tiempos de entrega y los costos de entrega. Con el objetivo de encontrar la causa o raíz de los problemas se hará uso de la herramienta de los 5 ¿Por qué? Las tablas 6 y 7 muestran el análisis realizado y las propuestas para poder solucionar los problemas.

Tabla 6: Análisis de la problemática de los tiempos de entrega usando los 5 ¿Por qué?

PROBLEMA	1. ¿POR QUÉ?	2. ¿POR QUÉ?	3. ¿POR QUÉ?	4. ¿POR QUÉ?	5. ¿POR QUÉ?	RESULTADO DEL ANÁLISIS
Problemas con los tiempos de entrega (Puntualidad al momento de la entrega)	Porque existe una demora al momento de la distribución.	¿Por qué existe la demora? Porque las rutas usadas no son las mejores.	¿Por qué no son las mejores? Porque no se han establecido un modelo que determine las rutas óptimas.	¿Por qué no se ha establecido? Porque ya existen rutas preestablecidas.	¿Por qué las rutas preestablecidas no se modifican? Porque nadie ha propuesto una ruta óptima.	Usar un modelo que determine las rutas óptimas para la entrega de insumos.
					¿Por qué las rutas preestablecidas no se modifican? Porque existe el pensamiento que las rutas preestablecidas son óptimas.	Comparar otras propuestas de ruteo que determinen si las rutas usadas son óptimas.
	Porque las entregas se realizan por rutas y se debe visitar más de un centro de distribución por ruta.	¿Por qué se visita más de un centro? Porque las rutas están establecidas de esa manera.	¿Por qué están establecidas de esa manera? Porque en total son 8 centros de distribución a los que se les debe de realizar la entrega.	¿Por qué son 8 centros de distribución? Porque se estableció de esa manera anteriormente.	¿Por qué no se modificó? Porque no se ha realizado un estudio que determine el número óptimo de centros de distribución.	Determinar el número óptimo de centros de distribución.
			¿Por qué están establecidas de esa manera? Porque la localización de los centros de distribución hace que se tengan que agrupar por rutas.	¿Por qué la localización influye? Porque la distancia entre un centro de distribución y otro puede ser muy grande, por lo tanto, podría ser conveniente separarlos por rutas.	¿Por qué podría ser conveniente separar los centros de distribución por rutas? Porque los costos de distribución podrían ser más bajos.	Determinar y calcular el número de rutas y sus costos, con el fin de escoger la que presente los costos más bajos de distribución.

Tabla 7: Análisis de la problemática de los altos costos de entrega usando los 5 ¿Por qué?

PROBLEMA	1. ¿POR QUÉ?	2. ¿POR QUÉ?	3. ¿POR QUÉ?	4. ¿POR QUÉ?	5. ¿POR QUÉ?	RESULTADO DEL ANÁLISIS	
Altos costos de entrega	Los proveedores cobran costos de distribución.	¿Por qué cobran los costos? Porque el proveedor realiza la entrega de insumos junto a los encargados de la Subgerencia de Programas Sociales.	¿Por qué el proveedor realiza las entregas? Porque el distrito no dispone de vehículos para realizar la distribución.	¿Por qué no se dispone de vehículos? Porque el costo de adquisición de vehículos podría ser muy alto.		Evaluar la posibilidad de adquirir vehículos para realizar la distribución de insumos.	
				¿Por qué no se dispone de vehículos? Porque resulta más conveniente pagar los costos de distribución al proveedor.	¿Por qué resulta más conveniente? Porque no se debe incurrir en costos logísticos, de personal, mantenimiento, etc.	Evaluar los costos de realizar la distribución de insumos versus los costos de distribución pagados al proveedor.	
	Se distribuyen los insumos en varias rutas.	¿Por qué se distribuyen en varias rutas? Porque existen varios centros de distribución que atender y estos están agrupados por ruta.	¿Por qué están agrupados por ruta? Porque de esa manera se realiza la distribución de manera más sencilla.	¿Por qué se realiza la distribución de manera más sencilla? Porque se elimina la necesidad de visitar uno por uno los centros de distribución.			Comparar otras propuestas de ruteo que determinen si las rutas usadas son óptimas.
	El recorrido de largas distancias genera un mayor costo.	¿Por qué se recorren largas distancias? Porque los centros de distribución están alejados uno de otro.	¿Por qué se recorren largas distancias? Porque los centros de distribución están alejados uno de otro.	¿Por qué están alejados? Porque se usaron locales que sirvieran de comedores y centros de distribución a la vez.	¿Por qué se usaron esos locales? Porque el costo de adquirir un área que funcione como centro de distribución es muy alto.		Buscar una solución que reduzca el número de centros de distribución a utilizar.
					¿Por qué se usaron esos locales? Porque no se determinaron la cantidad ni ubicación óptimas para los centros de distribución.	¿Por qué no se determinó? Porque nadie ha propuesto una propuesta que mejore a la usada actualmente.	Buscar una solución que determine el número y localización óptima de los centros de distribución.
¿Por qué están alejados? Porque los centros de distribución atienden a los comedores de un área en particular.					¿Por qué atienden a los comedores de una determinada área? Porque de esa manera las encargadas de los comedores populares pueden recoger sus pedidos de manera más fácil.	¿Por qué pueden recoger sus pedidos de manera más fácil? Porque se acercan al centro de distribución más cercano, recorriendo menos distancia y ahorrando costos de transporte	Asignar comedores a cada centro de distribución de tal manera que se reduzca la distancia total entre los comedores su centro de distribución asignado.

## **Resultados**

Como resultado del análisis se pudo obtener que varias de las propuestas sugieren encontrar y comparar alternativas de rutas de distribución (incluida la usada actualmente) con el fin de poder reducir los tiempos de entrega. Además, señalan que es importante determinar el número óptimo de centros de distribución y su localización, dado que esto puede influir en las rutas usadas actualmente para la distribución y, por lo tanto, reducir los tiempos de entrega y los costos de distribución. Por otro lado, se debe realizar una asignación que encuentre la menor distancia total entre los comedores y sus centros de distribución asignados, ya que esto puede tener como consecuencia la reducción de costos y tiempos de distribución.

## **Conclusión**

En conclusión, para poder llevar a cabo una mejora en la distribución de alimentos actual se deberá de utilizar un modelo de localización y de ruteo. El modelo de localización nos será de utilidad para poder determinar la localización de nuevos centros de distribución, para esto se usarán configuraciones de 4, 6, 8, 10 y 12 centros de distribución. Dado que los centros de distribución usados actualmente funcionan como comedores populares, estos no representan algún tipo de costo de alquiler. Por lo tanto, se buscará encontrar nuevas localizaciones, los cuales deberán ser de preferencia espacios públicos (parques, lozas deportivas, etc.) de manera que no representen algún costo adicional al distrito. También se deberá tener en cuenta la asignación de los comedores populares a los centros de distribución con el objetivo de reducir la suma de la distancia entre ellos y, de esa manera, facilitar el recojo de pedidos por parte de las encargadas de los comedores. Por otro lado, el modelo de ruteo será de ayuda para determinar nuevas rutas que agrupen a los centros de distribución, y que reduzcan las distancias recorridas para la entrega. La reducción de las distancias recorridas tendrá como consecuencia un menor tiempo de entrega y una disminución en los costos de entrega.

### **3.3.2.4 Descripción del caso**

Los comedores populares ubicados en el distrito de Villa El Salvador reciben un apoyo por parte del distrito, el cual les brinda arroz, lentejas, frijol canario, aceite, pollo y huevos de gallina de manera mensual en base al número de beneficiarios que cada comedor atiende. Cada comedor popular tiene un determinado número de beneficiarios, el cual cada responsable del comedor popular debe de reportar al distrito. Este número sirve como referencia para el número de raciones que cocina el comedor diariamente. El distrito brinda alimentos para 20 días mensuales, es decir, sólo considera que los comedores funcionan 5

días por semana. Además, los alimentos brindados por el distrito representan entre un 70,00% y 80,00% de cada ración servida por el comedor, el 30,00% o 20,00% de la ración restante (por ejemplo: papas, verduras, etc.) es comprado por las responsables del comedor con los ingresos que registra el comedor popular.

Para el abastecimiento de alimentos, los proveedores primero visitan el almacén general para verificar la cantidad y calidad de los alimentos entregados, luego, realizan la entrega de alimentos conforme lo indican las rutas ya establecidas. Cada ruta visita un determinado número de centros de distribución en los cuales no se hace uso de espacio físico, sino que, el proveedor (en compañía de un encargado de la Subgerencia de Programas Sociales) entrega directamente los alimentos a cada responsable de un comedor popular. Para realizar esta entrega es importante que la responsable del comedor lleve consigo un acta de entrega firmada (como se muestra en la figura H3 del Anexo H), la cual sirve como una constancia de que se realizó la entrega de los alimentos. En caso de que alguna responsable de un comedor no se presente en ese momento, el proveedor procede a dejar los alimentos no recogidos en el almacén general que posee la Subgerencia de Programas Sociales, de manera que las responsables pasen a recoger los alimentos a esa ubicación en una fecha acordada con la Subgerencia. La figura G1 del Anexo G muestra el flujo del proceso de distribución, mientras que la tabla H1 del Anexo H muestra las contribuciones de las entrevistas realizadas a personas relacionadas al funcionamiento de los comedores populares durante la visita a VES.

## **CAPÍTULO 4: UBICACIÓN DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DE RUTAS ÓPTIMAS**

### **4.1 Número de beneficiados en los comedores populares y alimentos a transportar.**

Actualmente el distrito cuenta con un total de 242 comedores populares, cada comedor posee un determinado número de beneficiarios. Los comedores populares solo sirven una ración de comida por beneficiario, por lo tanto, el número de beneficiarios es igual al número de raciones que se sirven diariamente en el comedor popular. La tabla I1 del Anexo I muestra el nombre de los comedores, dirección, centro de distribución y número de beneficiarios.

Los alimentos que son transportados por los proveedores hacia el almacén general y los centros de distribución son los siguientes:

- Arroz superior mejorado (sacos de 50 kg)
- Lenteja calidad 2-superior (sacos de 10 kg)
- Frijol canario calidad 2-superior (sacos de 10 kg)
- Aceite vegetal comestible (botellas de 1 lt)
- Piezas de pollo / pollo entero congelado (paquetes de 10 kg)
- Huevo de gallina calidad primera (paquetes de 10 kg)

La tabla J1 del Anexo J muestra la cantidad total de alimentos a transportar a cada comedor popular, mientras que en la tabla J2 se muestran las cantidades a transportar por ruta y por centro de distribución.

### **4.2 Ubicación del almacén general, centros de distribución y comedores populares de VES**

El almacén general ubicado en la Subgerencia de Programas Sociales y los 242 comedores populares de Villa El Salvador se encuentran ilustrados en la figura K1 del Anexo K. Dicha figura incluye el número de beneficiarios por cada comedor popular y los agrupa por colores dependiendo el centro de distribución que tienen asignado actualmente. En la figura 16 se ilustra el agrupamiento de los comedores de acuerdo a sus centros de distribución y las rutas seguidas por los vehículos del proveedor para realizar la entrega a cada uno de estos centros de distribución (los cuales a su vez funcionan como comedores populares).



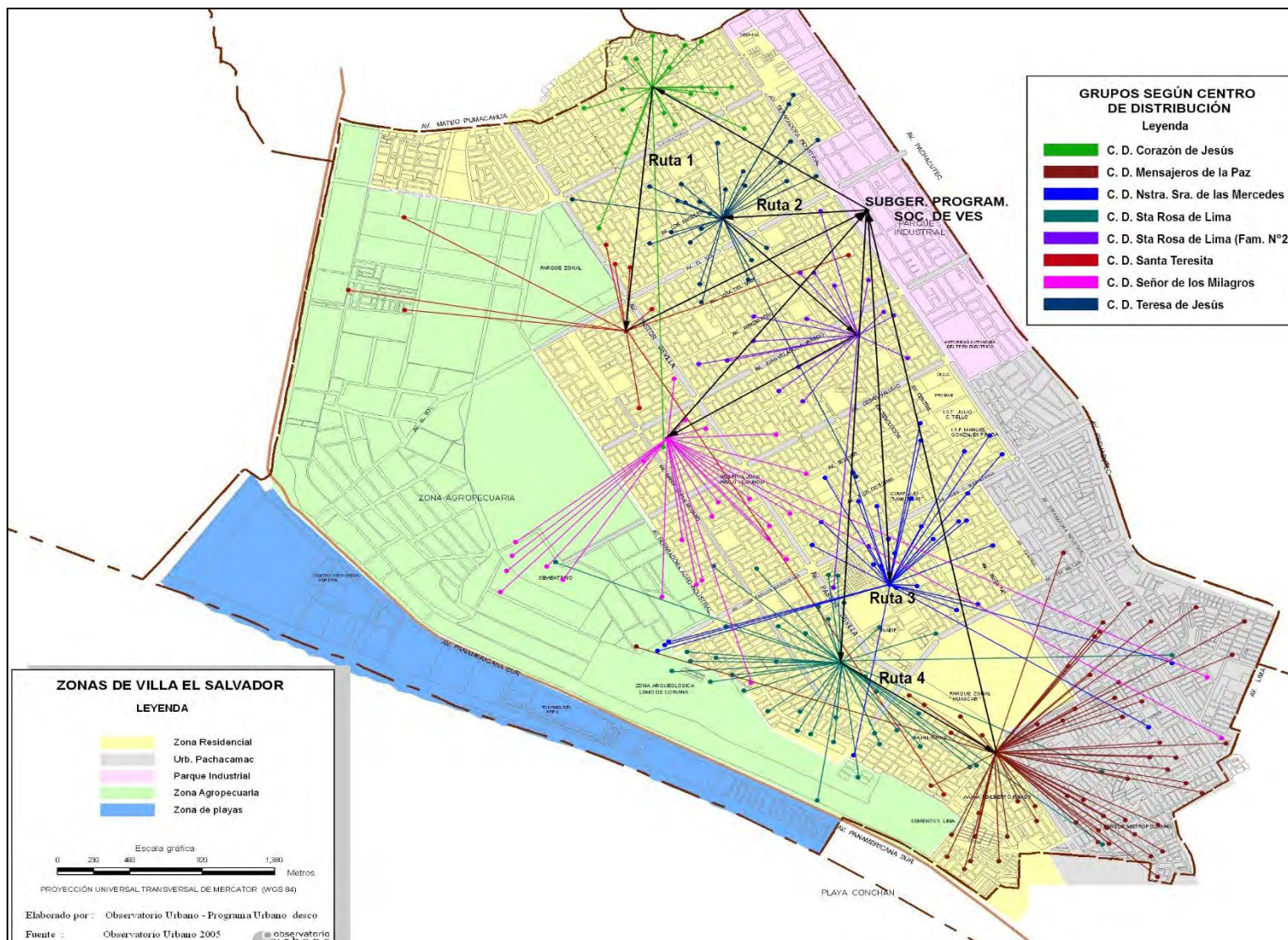


Figura 16: Unión de comedores con sus centros de distribución y rutas de entrega.

### 4.3 Ubicación de los nuevos centros de distribución y asignación de comedores

Con el objetivo de reducir la distancia total recorrida por las encargadas de los comedores populares y la distancia recorrida por los proveedores se desarrolló un modelo matemático de dos fases. La primera fase del modelo matemático consiste en seleccionar las nuevas localizaciones para los centros de distribución y luego asignar un centro de distribución a cada comedor. El objetivo de esta primera fase es reducir las distancias entre los comedores y sus centros de distribución, y las distancias entre el almacén general y los centros de distribución. Para el número de centros de distribución se usó valores pares desde 4 hasta 12 y se ejecutó el modelo para cada uno de estos valores (escenarios). Adicionalmente se tomaron en cuenta los siguientes supuestos:

- Las localizaciones candidatas a ser centros de distribución serán parques del distrito de VES, esto debido que, son un espacio público que no representan un costo para la municipalidad. Se descartaron aquellos parques que se encontraban en avenidas, en áreas de difícil acceso o en los límites del distrito.
- Se asume líneas rectas para medir las distancias entre el almacén general, los centros de distribución y los comedores; se calculan con el teorema de Pitágoras. Para esto se tomó como referencia sus coordenadas en el plano cartesiano (usando el software GeoGebra), siendo el almacén general (Subgerencia de Programas Sociales de VES) el punto de origen. La figura K2 muestra la ubicación de los comedores populares ubicados en el plano cartesiano, mientras que la figura K3 muestra la localización de los centros de distribución candidatos. La tabla K1 del Anexo K presenta las coordenadas de los comedores en el plano cartesiano.
- El costo de enviar los alimentos desde el almacén general a los centros de distribución y el costo de asignar un comedor a un centro de distribución es igual a la distancia que existe entre un punto de partida y el punto de llegada. Así mismo, los comedores populares solamente podrán estar asignados a un centro de distribución ya que el asignarlos a más de uno implicaría más viajes y como consecuencia, más costo.
- El valor de la demanda de cada comedor es constante y es igual a la sumatoria del peso de los alimentos que se les brindó durante un mes.

La segunda fase consiste en un modelo de ruteo que busca encontrar las rutas óptimas que se deberán seguir para entregar la demanda a cada centro de distribución, este modelo se ejecutó para cada uno de los escenarios de la fase 1. Adicionalmente se consideró que:

- El modelo de la fase 1 brindará como datos de entrada los centros de distribución que serán utilizados y sus demandas acumuladas. A partir de esto se realizará una matriz de distancias (considerando el almacén general) siguiendo los mismos criterios con respecto a las distancias de la fase 1.
- El punto de partida y de llegada de cada una de las rutas es el almacén general, y se asumirá que existirá un vehículo por cada ruta de entrega. La capacidad de carga máxima de los vehículos es igual a la mayor carga transportada actualmente (32 212 kg).

La figura L1 del Anexo L muestra el diagrama de flujo del proceso de la solución del problema. Para ambas fases se elaboró un programación lineal entera mixta en el lenguaje de modelado del software AMPLIDE y la solución con el solver CPLEX 20.1, dichos modelados se encuentran en el Anexo M.

#### **4.3.1 Fase 1: Localización y asignación de nuevos centros de distribución**

En esta primera fase busca reducir las distancias recorridas por los proveedores y los comedores populares. El modelo formulado es una adaptación del modelo de localización para plantas y almacenes con capacidades y varios productos (Multi-Product Capacitated Plant and Warehouse Location Model en inglés) propuesto por Pirkul & Jayaraman en 1996 (Araneda y Morada 2005: 60-62).

##### **Conjuntos e índices**

COMEDOR: Conjunto de los 242 comedores ubicados en el distrito, tal que:  
 $COMEDOR = \{1, 2, \dots, 242\}$ ,  $i \in COMEDOR$ .

CENTRO\_DISTR: Conjunto de las 122 localizaciones candidatas a ser centros de distribución, tal que:  $CENTRO\_DISTR = \{1, 2, \dots, 122\}$ ,  $j \in CENTRO\_DISTR$ .

##### **Parámetros**

$COSTO\_ENV_j$ : Costo de enviar los alimentos desde el almacén general hasta el centro de distribución  $j$ .

$COSTO\_ASIG_{ij}$ : Costo de asignar el comedor  $i$  al centro de distribución  $j$ .

$DEMANDA_i$ : Demanda total (en kg) de alimentos del comedor  $i$ .

Núm.CD: Número de centros de distribución usar, se tomarán valores pares del 4 hasta el 12.

##### **Variables**

$X_j$ : Valor acumulado de las demandas en el centro de distribución  $j$ , es decir, la sumatoria de las demandas de los comedores asignados al centro de distribución  $j$ .

$Z_j$ : Indicador que contabiliza e identifica las localizaciones escogidas como centros de distribución. Será igual a 1, si existe al menos un  $Y_{ij}$  que tenga el valor de 1; 0 en otro caso.

$Y_{ij}$ : Variable de decisión. 1, si se asigna el comedor  $i$  a la localización candidata  $j$ ; 0, en otro caso.

### Modelo de localización y asignación de nuevos centros de distribución

$$\text{Min} \sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} \text{COSTO\_ENV}_j Z_j + \sum_{\substack{i \in \text{COMEDOR} \\ j \in \text{CENTRO\_DISTR}}} \text{COSTO\_ASIG}_{ij} Y_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} Z_j = \text{Núm. CD} \quad \text{Núm. CD} \in \{4, 6, 8, 12\} \quad (16.1)$$

$$X_j = \sum_{i \in \text{COMEDOR}} \text{DEMANDA}_i Y_{ij} \quad \forall j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.2)$$

$$\sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in \text{COMEDOR} \quad (16.3)$$

$$Y_{ij} \leq Z_j \quad \forall i \in \text{COMEDOR}, \\ j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.4)$$

$$Y_{ij}, Z_j \in \{0,1\} \quad \forall i \in \text{COMEDOR}, \\ j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.5)$$

$$X_j \geq 0 \quad \forall j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.6)$$

La función objetivo busca reducir la sumatoria del costo de envío (distancia que recorre el proveedor para entregar la demanda a los centros de distribución) y el costo de asignación (distancia que recorren los comedores para recoger su demanda). La restricción 16.1 junto a la 16.4 establecen el número de centros de distribución a utilizar (se usarán los valores de 4, 6, 8, 10 y 12); la restricción 16.2 establece la demanda de cada centro de distribución como la sumatoria de las demandas de sus comedores asignados. La restricción 16.3 asegura que solo se le asigne un centro de distribución a cada comedor, mientras que la restricción 16.4 hace que la variable  $Z_j$  tome el valor de 1 si es que alguna variable  $Y_{ij}$  toma el valor de 1, esto permite que se sepa cuáles son las localizaciones escogidas como centros de distribución. La explicación gráfica del modelo se encuentra en el Anexo N.

### 4.3.2 Fase 2: Diseño de Rutas

Esta fase busca obtener las rutas óptimas a recorrer para entregar las demandas de los comedores. El modelo formulado se basa en gran medida en el código propuesto por la empresa de software LINDO para la solución del problema de ruteo de vehículos (*Vehicle Routing Problem* en inglés) este código se encuentra en el manual de usuario para LINGO 19.0 (LINDO SYSTEMS INC. 2020: 893).

#### Conjuntos e índices

CENTRO\_DISTR: Conjunto de centros de distribución incluyendo el almacén general {0}, tal que:  $CENTRO\_DISTR = \{0, 1, \dots, \text{Núm.CD}\}$ ,  $(i, j) \in CENTRO\_DISTR$ . Para este modelo  $k$  actúa como un nodo intermedio, tal que  $k \in CENTRO\_DISTR - \{0\}$ .

#### Parámetros

DISTANCIA<sub>ij</sub>: Distancia a viajar desde el punto  $i$  al punto  $j$ .

CAPACIDAD: Capacidad de carga del vehículo que recorrerá la ruta.

DEMANDA<sub>k</sub>: Demanda total (en kg) del centro de distribución  $k$ .

Núm.CD: Número de centros de distribución definidos en la fase 1.

#### Variables

$Y_k$ : Demanda acumulada al añadir el centro de distribución  $k$  a la ruta.

$X_{ij}$ : Variable de decisión. 1, si se viaja del centro de distribución  $i$  al centro de distribución  $j$ ; 0, en otro caso.

#### Modelo de ruteo

$$\text{Min} \sum_{i,j \in CENTRO\_DISTR} DISTANCIA_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

$$X_{kk} = 0 \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.1)$$

$$\sum_{i \in CENTRO\_DISTR} X_{ik} = 1 \quad \forall i \neq k; k \in CENTRO\_DISTR - \{0\};$$

$$DEMANDA_i + DEMANDA_k \leq CAPACIDAD \quad (17.2)$$

$$\sum_{j \in CENTRO\_DISTR} X_{kj} = 1 \quad \forall j \neq k; k \in CENTRO\_DISTR - \{0\};$$

$$DEMANDA_k + DEMANDA_j \leq CAPACIDAD \quad (17.3)$$

$$DEMANDA_k \leq Y_k \leq CAPACIDAD \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.4)$$

$$Y_k \geq Y_i + DEMANDA_k - CAPACIDAD + CAPACIDAD(X_{ki} + X_{ik}) - (DEMANDA_k + DEMANDA_i)X_{ki} \quad \forall i \neq k, (i, k) \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.5)$$

$$Y_k \leq CAPACIDAD - (CAPACIDAD - DEMANDA_k)X_{0k} \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.6)$$

$$Y_k \geq DEMANDA_k + \sum_{i \in CENTRO\_DISTR - \{0\}} DEMANDA_i X_{ik} \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.7)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in CENTRO\_DISTR \quad (17.8)$$

$$Y_k \geq 0 \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.9)$$

La función objetivo busca reducir la distancia total de la ruta de entrega. La restricción 17.1 impide que el vehículo entre en bucle visitando el mismo centro de distribución seguidamente (no considera al almacén). La restricción 17.2 establece el almacén como el punto de partida y hace que se use el arco desde i hasta k siempre y cuando la sumatoria de las demandas no excedan la capacidad del vehículo; la restricción 17.3 establece a al almacén como punto de llegada y funciona de análoga a la restricción anterior. En conjunto establecen las posibles combinaciones de rutas que inician y finalizan en el almacén general, siendo k el nodo intermedio. La restricción 17.4 limita el rango del valor de la demanda acumulada en k, ya que esta no puede exceder la capacidad del vehículo su valor mínimo no debería ser menor a la demanda de un punto. La restricción 17.5 hace que la demanda acumulada al viajar a un nuevo punto sea igual a la demanda acumulada en el punto anterior más la demanda del punto añadido; adicionalmente la restricción evita que se reutilice el mismo arco (entrando en falsedad si es que esto sucediera). La restricción 17.6 hace que la demanda acumulada cuando se viaja del almacén hasta k sea igual la demanda de k, esto debido a que para este punto aún no se han visitado otros centros de distribución. Finalmente, la restricción 17.7 establece que la demanda acumulada si se visita k luego de visitar el punto i debe ser mayor o igual a la suma de demandas individuales de cada punto. La explicación gráfica del modelo se encuentra en el Anexo O.

### 4.3.3 Resultados

Una vez obtenidos los resultados de ambos modelos se procedió a calcular la distancia recorrida por los comedores hasta sus centros de distribución y sumarlas, esto con el objetivo de determinar la distancia total recorrida por todos los comedores. Una vez obtenida la

distancia total recorrida por los comedores se procedió a sumarle la distancia recorrida por el proveedor (las cuales se obtuvieron en el segundo modelo) para poder hallar la distancia total recorrida por los comedores y los centros de distribución. Usando la escala del plano cartesiano colocado en el mapa y un nivel de precisión de 2 decimales (lo cual nos dará una mayor precisión al realizar el dimensionamiento real en km), la distribución actual usada por la municipalidad representa un recorrido total aproximado de 570,55 unidades cartesianas (506,47 recorridas por los comedores y 64,08 recorridas por los proveedores). El resultado más óptimo determina que el número de centros de distribución a utilizar es de 12, ya que con este el recorrido total se reduce a 328,24 unidades cartesianas. La tabla 8 presenta las distancias recorridas por cada configuración y la figura 17 muestra el comportamiento de las curvas de distancias.

Tabla 8: Distancias recorridas de acuerdo al número de centros de distribución, en unidades cartesianas.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	DISTANCIA COMEDOR	DISTANCIA PROVEEDOR	DISTANCIA TOTAL
12	272,92	55,32	328,24
10	297,20	55,83	353,04
8	330,23	55,65	385,88
6	383,89	51,68	435,57
4	474,20	56,27	530,47

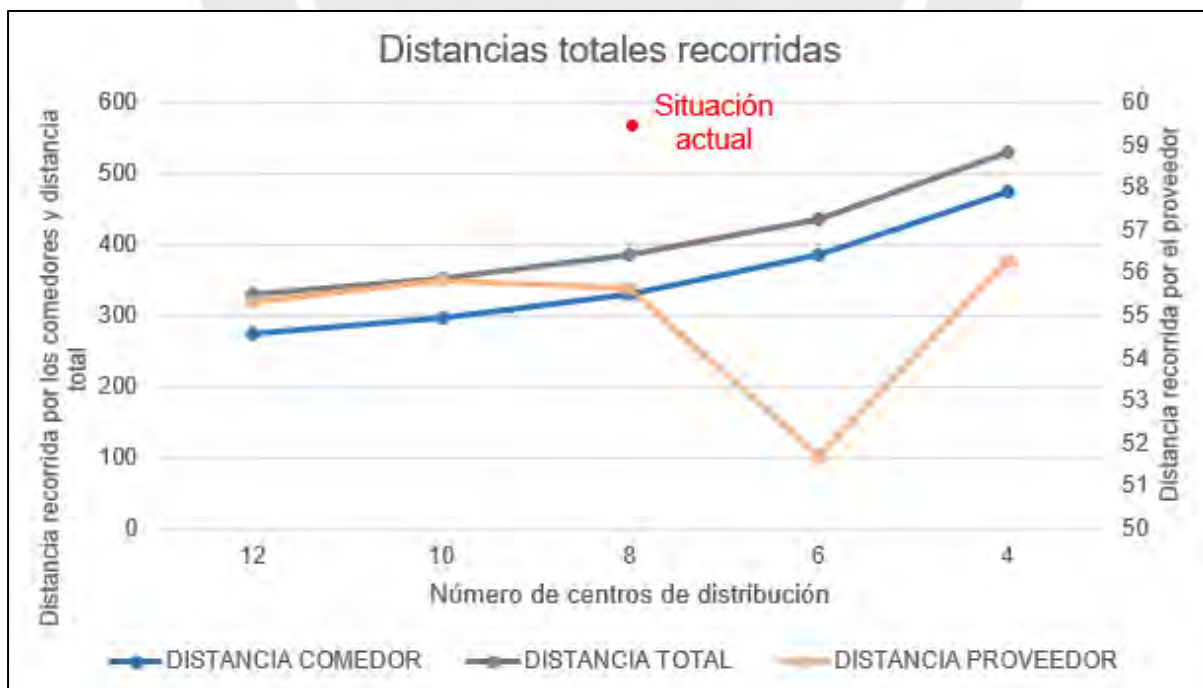


Figura 17: Curvas de distancias recorridas por número de centros de distribución, en unidades cartesianas.

La gráfica mostrada en anteriormente muestra dos escalas, la primera escala (lado izquierdo) es usada para la distancia recorrida por el comedor y la distancia recorrida total; la segunda escala es usada para la distancia recorrida por el proveedor. La segunda escala es usada con el propósito de mostrar la variación en la distancia recorrida por el proveedor, puesto que, la diferencia no se visualiza al momento de usar la escala principal. En la gráfica podemos apreciar que la distancia recorrida por el proveedor se mantiene casi constante para el uso de 12, 10 y 8 centros de distribución, sin embargo, el disminuye al usar 6 centros de distribución y aumenta al usar 4 centros de distribución. El aumento en la distancia recorrida por el proveedor se debe a que, debido a la capacidad de los vehículos, el proveedor no puede visitar varios centros de distribución en una misma ruta, sino que, debe visitar a un solo centro de distribución por ruta. Por otro lado, se observa que conforme disminuye el número de centros de distribución la distancia recorrida por los comedores aumenta, lo mismo sucede con la distancia total recorrida, la cual es igual a la suma de la distancia recorrida por los comedores y la distancia recorrida por los proveedores. Debido a que la distancia recorrida por el proveedor es más pequeña que la distancia recorrida por los proveedores el efecto de la distancia recorrida por el proveedor no se llega a apreciar en la curva de la distancia total recorrida, por lo tanto, las curvas de la distancia recorrida por los comedores y la distancia total muestran un comportamiento similar. El punto rojo representa el número de centros de distribución usados por el distrito actualmente y la distancia total recorrida por los comedores y los proveedores. Dado que la localización de los centros de distribución y la asignación de comedores a cada centro de distribución son ineficientes, la distancia total recorrida actualmente por el proveedor y los comedores representa un valor mucho más alto (570,549 unidades cartesianas) del que se obtiene con el modelo matemático (385,882 unidades cartesianas).

Finalmente, debido a que al utilizar 12 centros de distribución se logra disminuir los resultados totales, las figuras 18 y 19 representan las distribuciones óptimas y las rutas a utilizar para esta configuración, mientras que la tabla 9 presenta las asignaciones por centro de distribución. En los Anexos P, Q, R y S se muestran los resultados de las demás configuraciones.



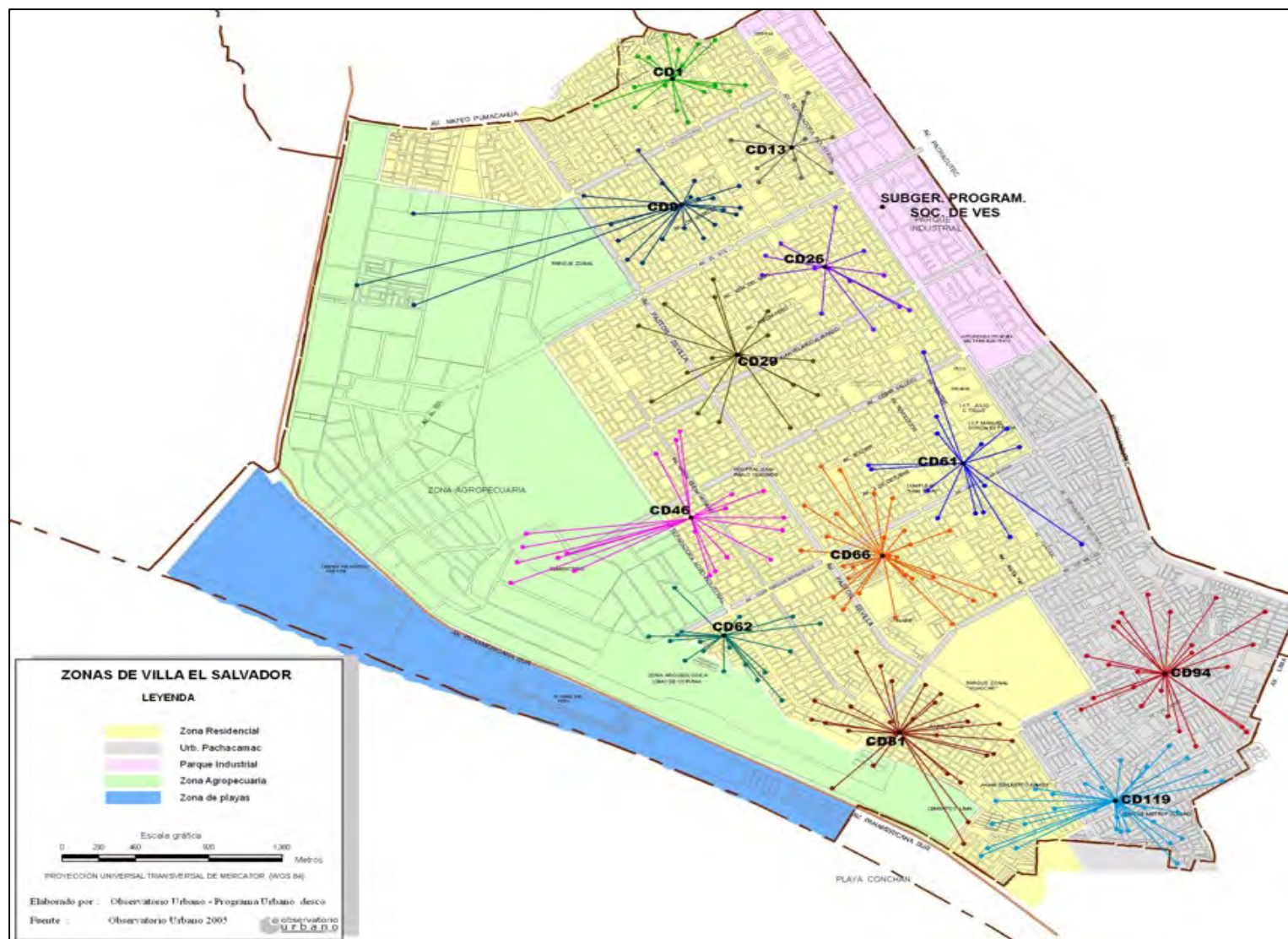


Figura 18: Ubicación de nuevos centros de distribución y unión a sus comedores populares asignados.

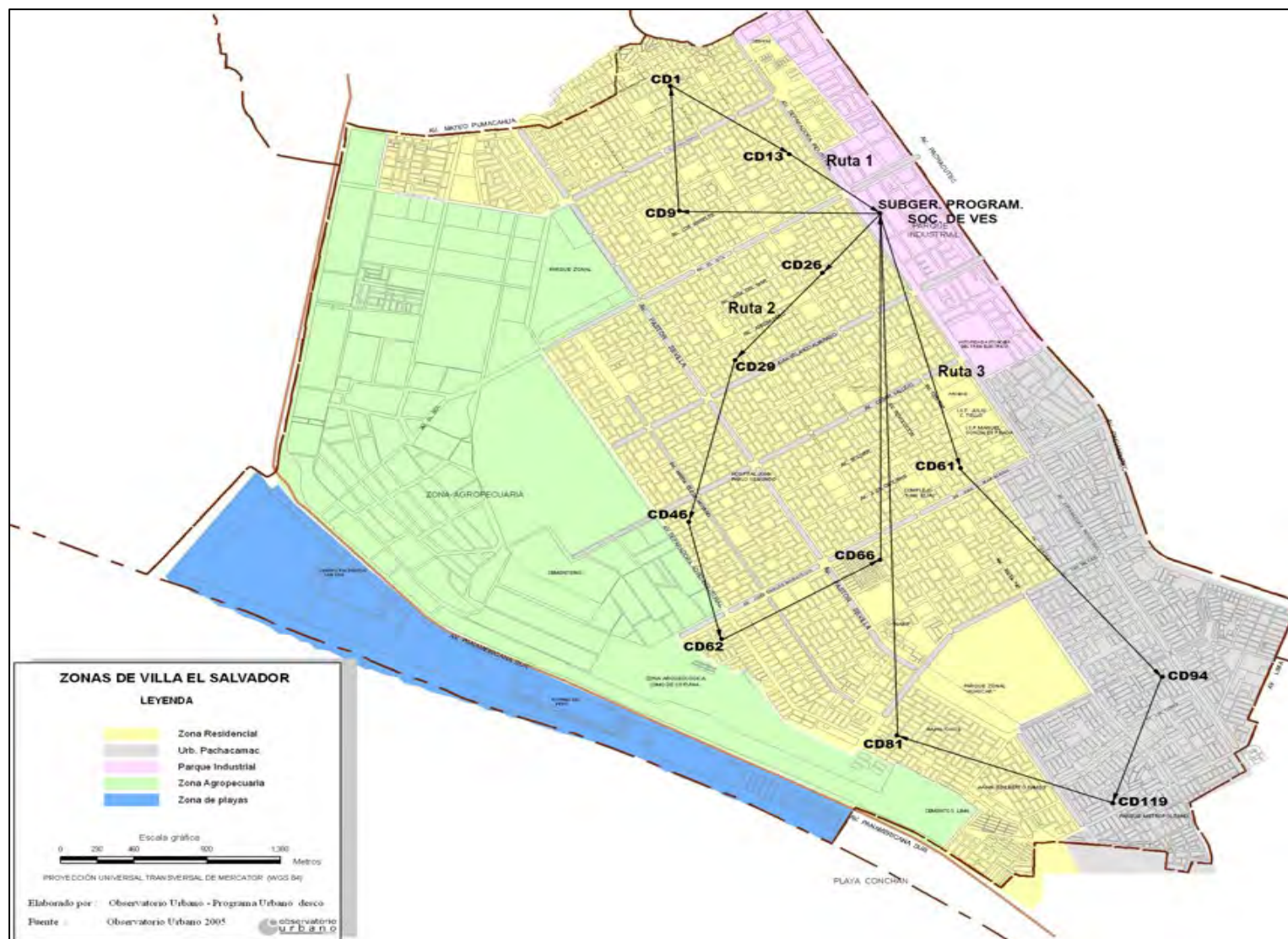


Figura 19: Rutas de distribución a utilizar para la entrega a los centros de distribución.

Tabla 9: Asignación de comedores populares a sus centros de distribución.

CD1	CD9	CD13	CD26	CD29	CD46	CD61	CD62	CD66	CD81	CD94	CD119
CM11	CM1	CM34	CM6	CM4	CM3	CM9	CM55	CM12	CM17	CM2	CM5
CM16	CM13	CM51	CM33	CM37	CM35	CM10	CM66	CM29	CM19	CM7	CM8
CM18	CM23	CM69	CM47	CM75	CM40	CM24	CM81	CM31	CM20	CM22	CM14
CM21	CM30	CM86	CM79	CM82	CM44	CM43	CM92	CM41	CM25	CM26	CM15
CM70	CM60	CM109	CM87	CM88	CM46	CM45	CM118	CM48	CM28	CM39	CM27
CM78	CM63	CM145	CM97	CM101	CM68	CM53	CM133	CM49	CM36	CM50	CM32
CM84	CM71	CM147	CM144	CM103	CM72	CM61	CM138	CM57	CM38	CM94	CM42
CM116	CM76	CM149	CM153	CM108	CM74	CM67	CM165	CM58	CM52	CM107	CM54
CM126	CM114	CM160	CM163	CM111	CM80	CM73	CM169	CM64	CM56	CM115	CM83
CM129	CM120	CM188	CM176	CM151	CM91	CM96	CM182	CM65	CM59	CM117	CM90
CM141	CM152	CM230	CM199	CM166	CM113	CM104	CM187	CM77	CM62	CM122	CM93
CM162	CM156		CM208	CM180	CM121	CM148	CM189	CM85	CM89	CM123	CM98
CM174	CM161		CM240	CM183	CM127	CM159	CM190	CM112	CM95	CM130	CM100
CM204	CM173			CM196	CM136	CM218	CM198	CM146	CM99	CM137	CM105
CM215	CM192			CM202	CM171	CM231	CM203	CM154	CM102	CM140	CM106
CM219	CM201			CM221	CM185		CM210	CM157	CM110	CM143	CM128
CM241	CM209				CM213		CM226	CM168	CM119	CM167	CM131
	CM211				CM222		CM235	CM177	CM124	CM175	CM132
	CM214				CM224			CM179	CM125	CM178	CM135
	CM216				CM228			CM184	CM134	CM186	CM142
	CM223							CM193	CM139	CM195	CM164
	CM233							CM212	CM150	CM205	CM170
								CM227	CM155	CM236	CM172
								CM229	CM158	CM239	CM194
								CM234	CM181		CM197
								CM238	CM191		CM200
								CM242	CM207		CM206
									CM232		CM217
											CM220
											CM225
											CM237

Las tablas 10, 11 y 12 muestran la secuenciación de cada ruta a utilizar, así como la distancia recorrida en unidades cartesianas y la demanda total en kilogramos. Cabe resaltar que, la demanda total se separa en dos categorías debido a que se transportan en diferentes vehículos:

- Demanda normal: Alimentos que son transportados en vehículos normales, en este caso son: arroz superior mejorado, lenteja calidad 2-superior, frijol canario calidad 2-superior, aceite vegetal comestible y huevo de gallina calidad primera
- Demanda fría: Alimentos que requieren ser transportados en vehículos frigoríficos, en este caso son las piezas de pollo / pollo entero congelado.

Tabla 11: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1.

RUTA 1	ALM-CD9	CD9-CD1	CD1-CD13	CD13-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	3,28	2,40	2,34	1,87	9,89
DEMANDA NORMAL	7 731,00	5 201,00	3 682,00	0,00	16 614,00
DEMANDA FRÍA	490,00	330,00	240,00	0,00	1 060,00
DEMANDA TOTAL	8 221,00	5 531,00	3 922,00	0,00	17 674,00

Tabla 10: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2.

RUTA 2	ALM-CD26	CD26-CD29	CD29-CD46	CD46-CD62	CD62-CD66	CD66-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	1,48	2,21	3,19	2,31	3,00	6,65	18,84
DEMANDA NORMAL	4 268,00	5 020,00	6 281,00	5 308,00	7 871,00	0,00	28 748,00
DEMANDA FRÍA	270,00	350,00	420,00	340,00	500,00	0,00	1 880,00
DEMANDA TOTAL	4 538,00	5 370,00	6 701,00	5 648,00	8 371,00	0,00	30 628,00

Tabla 12: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3.

RUTA 3	ALM-CD61	CD61-CD94	CD94-CD119	CD119-CD81	CD81-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	5,06	5,19	2,55	3,76	10,03	26,59
DEMANDA NORMAL	5 179,00	7 515,00	9 061,00	7 784,00	0,00	29 539,00
DEMANDA FRÍA	360,00	470,00	580,00	540,00	0,00	1 950,00
DEMANDA TOTAL	5 539,00	7 985,00	9 641,00	8 324,00	0,00	31 489,00

## CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE PROPUESTAS

### 5.1 Dimensionamiento Real

Para poder realizar el dimensionamiento real de las distancias mostradas en la tabla 8 se usó como referencia el Parque Zonal Huáscar. Usando la ayuda de Google Maps, se determinó la longitud de un segmento del parque, la cual era igual a 0,60 km (o 600 metros). Luego, se procedió a calcular la misma longitud en el mapa usado para los modelos matemáticos, en este caso, se calculó la longitud usando sus coordenadas en el plano cartesiano, obteniendo como resultado una longitud aproximada de 1,34 unidades. Con ambas longitudes se calculó un factor de conversión para poder convertir las distancias de unidades a kilómetros, el valor del factor de conversión fue de 0,45 km/unidad. Usando el factor de conversión y las distancias recorridas mostradas anteriormente se calculó un aproximado de las distancias recorridas en kilómetros. Las figuras T1 y T2 del Anexo T muestra las longitudes del parque en Google Maps y en el plano cartesiano respectivamente, mientras que la tabla 13 muestra las distancias recorridas por cada configuración en kilómetros.

Tabla 13: Distancias recorridas de acuerdo al número de centros de distribución, en kilómetros.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	DISTANCIA RECORRIDA COMEDORES	DISTANCIA RECORRIDA PROVEEDOR	DISTANCIA RECORRIDA TOTAL
12	122,65	24,86	147,51
10	133,56	25,09	158,65
8	148,40	25,01	173,41
6	172,52	23,22	195,74
4	213,10	25,29	238,39

Cabe resaltar que, usando el mismo factor de conversión en la situación actual, se obtiene que actualmente se recorren 256,40 km (227,60 km por parte de los comedores y 28,80 km por parte de los proveedores). Entonces, la distancia total recorrida al usar el resultado más óptimo (12 centros de distribución) es igual a 147,51 km. Por otro lado, dado que solo se ha usado un factor de conversión, la gráfica de los resultados (mostrada en el Anexo U muestra un comportamiento igual al de la gráfica mostrada en la figura 20. Finalmente, la tabla 14 muestra los km y porcentajes ahorrados por cada configuración en comparación a la situación actual.

Tabla 14: Ahorros en km y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	AHORRO DISTANCIA RECORRIDA COMEDOR		AHORRO DISTANCIA RECORRIDA PROVEEDOR		AHORRO DISTANCIA RECORRIDA TOTAL	
	KM	PORCENTAJE	KM	PORCENTAJE	KM	PORCENTAJE
12	104,95	46,11%	3,94	13,68%	108,89	42,47%
10	94,04	41,32%	3,71	12,88%	97,75	38,12%
8	79,20	34,80%	3,79	13,16%	82,99	32,37%
6	55,08	24,20%	5,57	19,36%	60,66	23,66%
4	14,50	6,37%	3,51	12,18%	18,01	7,02%

Se evidencia que, la configuración con un mayor ahorro en la distancia recorrida por los comedores y la distancia total es la que usa 12 centros de distribución, sin embargo, presenta el segundo mayor porcentaje de ahorro con respecto a la distancia recorrida por el proveedor. Por otro lado, la opción que reduce al máximo la distancia recorrida por los proveedores es la que usa 6 centros de distribución, pero como consecuencia, tiene una menor reducción en la distancia recorrida por los comedores populares. La peor opción es la que usa 4 centros de distribución, puesto que, presenta el ahorro total muy inferior en comparación a las otras propuestas.

## 5.2 Impacto económico

Finalizado el dimensionamiento real se calculó el impacto económico percibido por los beneficiarios (comedores populares) y por el distrito (costo que se paga a los proveedores que realizan la distribución), esto se debe a que ambas partes se verán afectadas por la aplicación de una nueva localización de los centros de distribución.

### 5.2.1 Impacto económico en los comedores populares

Dado que cada comedor popular tiene que recorrer una distancia diferente para recoger su respectiva demanda de su centro de distribución, los costos a los que incurre cada uno estará basado en la distancia que recorren. Se realizó una encuesta a 34 comedores populares para obtener sus distancias recorridas y los gastos de transporte, los cuales se muestran en la tabla V1 del Anexo V. Con la data recolectada se creó un factor de costo en base a los km totales recorridos y los soles totales gastados actualmente, es decir, en total los 34 comedores recorrieron 32,18 km y gastaron en conjunto un total de 600,00 soles. Con ambos datos se

calculó un factor de costo de 18,65 soles/km. Usando el factor calculado se estimó el gasto actual total de los 242 comedores populares. Se sabe que actualmente los 242 comedores recorren un total de 227,60 km, entonces, multiplicando ese valor por el factor de costo (18,65 soles/km) se obtiene que los 242 comedores gastan alrededor de 4 244,30 soles mensuales y 50 931,60 soles anuales en transportar sus alimentos desde el centro de distribución hacia sus comedores. La tabla 15 muestra los costos para cada configuración, en la tabla se muestra la distancia recorrida para cada configuración, las cuales serán multiplicadas por el factor de costo para obtener el costo mensual y anual de cada una, por ejemplo, en la configuración de 12 centros de distribución se obtiene que los comedores recorren un total de 122,65 km, entonces, multiplicando este valor por el factor de costo se obtiene que el costo mensual es de 2 287,20 soles mensuales y de 27 446,40 soles anuales.

Tabla 15: Costos totales en soles de los comedores de acuerdo al número de centros de distribución y su distancia recorrida en km.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	DISTANCIA RECORRIDA COMEDORES	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
12	122,65	2 287,20	27 446,40
10	133,56	2 490,60	29 887,20
8	148,40	2 767,40	33 208,80
6	172,52	3 217,10	38 605,20
4	213,10	3 973,90	47 686,80

## 5.2.2 Impacto económico en el distrito

Actualmente, los proveedores que realizan la distribución de alimentos tienen dos tarifas: la primera tarifa es con respecto al uso de vehículos normales para el traslado de arroz, lentejas, frijoles, huevos y aceites; la segunda tarifa es con respecto al uso de camiones frigoríficos para el transporte del pollo. El costo por vehículo normal es de 600,00 soles/día, mientras que el costo del vehículo frigorífico es de 180,00 soles/hora (o 90,00 soles/media hora). Los proveedores cuentan con vehículos normales con capacidades de 40,00; 12,00; 8,00 y 5,00 toneladas, y con vehículos frigoríficos de 2,20 y 1,40 toneladas. En la tabla W1 del Anexo W se muestran los datos de la situación actual de la distribución tales como: número de rutas, comedores asignados, tiempo total empleado, cantidad de vehículos usados, costos totales por tipo de vehículo, costos totales mensuales y costos totales anuales. Además, la tabla W2 presenta los tiempos de viaje entre un centro de distribución a otro, los tiempos de entrega, la descripción de los vehículos usados y el día en que se realiza la entrega. Actualmente el distrito incurre en costos de transporte mensual de 7 830,00 soles, mientras que el costo anual asciende a 93 960,00 soles.

Para calcular los costos de cada propuesta, se tuvo en cuenta que solo se atienden dos rutas por día. El uso de uno o más vehículos normales dependerá de la cantidad de carga normal (o seca), priorizando el uso del vehículo de 40,00 toneladas para las rutas que llevan cargas superiores a 20,00 toneladas, mientras que en el caso de los vehículos frigoríficos solo se hará uso de un vehículo por ruta. Por otro lado, se recolectó información del tiempo promedio de entrega actual que se demoran los proveedores en realizar la entrega a los centros de distribución y los tiempos de viaje de un centro de distribución a otro. La información recolectada se usó para calcular el tiempo promedio de entrega por comedor popular (5,08 minutos/comedor) y el tiempo promedio de viaje empleado por el proveedor para ir de un centro de distribución a otro (8,26 minutos/km), ambos cálculos se muestran en las tablas W3 y W4 del Anexo W. Dado que cada propuesta presenta un número diferente de centros de distribución y, por lo tanto, diferentes cantidades de comedores asignados y diferentes distancias entre centros de distribución, los tiempos promedios calculados previamente fueron usados para determinar los tiempos aproximados de entrega en los centros de distribución y los tiempos aproximados de viaje de un centro de distribución a otro para cada propuesta. Por ejemplo, se tiene que un centro de distribución atiende 11 comedores, entonces, el tiempo de entrega en ese centro de distribución será de 56 minutos aproximadamente, ya que se multiplica el número de comedores por el tiempo de entrega promedio (5,08 minutos/comedor) y se redondea hacia arriba. Por otro lado, se tiene que del almacén general al CD13 existen 0,84 kilómetros de distancia, entonces, el tiempo de viaje será igual a 7 minutos aproximadamente, ya que se multiplica la distancia por el tiempo promedio de viaje (8,26 minutos/km) y se aproxima al valor superior. Una vez calculados ambos tiempos (en minutos) se procedió a sumarlos y dividirlos entre 60 para poder obtener el tiempo total empleado por ruta en horas, las tablas del Anexo S muestran los cálculos para cada configuración. Con los tiempos totales por ruta se pudo determinar los costos para los vehículos frigoríficos y el tiempo total empleado por configuración. Es importante mencionar que, a pesar de que cada centro de distribución puede tener un tiempo total empleado (incluye los tiempos de viaje) fraccionario, el costo total para los vehículos frigoríficos es en base al tiempo de entrega total de cada ruta. Por ejemplo, se tiene una ruta que visita el CD55 y el CD67, el tiempo total empleado en cada centro de distribución son de 3,70 y 3,43 horas respectivamente, los costos individuales del vehículo frigorífico serían de 666,00 y 618,00 soles y el costo del vehículo frigorífico en la ruta debería de ser 1 284,00 soles. Sin embargo, dado que el costo de los camiones frigoríficos es en hora o fracción de media hora (0,50 horas), los tiempos de entrega de la ruta se deberán redondear hacia arriba en múltiplos de 0,50 solo en caso de que la parte decimal de la sumatoria de los tiempos supere las 0,20 horas (la cual es total a 12 minutos y se puede tomar como un periodo de tolerancia). Siguiendo el ejemplo, el tiempo total teórico de la ruta es igual a 7,13 horas, por lo cual



debemos redondearlo a 7,00 horas. Entonces, el costo a pagar por el vehículo frigorífico en la ruta será de 1 260,00 soles. El Anexo X muestra los cálculos realizados para hallar los costos de distribución para todas las configuraciones, mientras que la tabla 16 muestra los costos anuales totales y por tipo de vehículo (ambos obtenidos de las tablas del Anexo X). Por ejemplo, para la configuración que usa 12 centros de distribución, se tiene que el costo anual de los vehículos normales es de 28 800,00 soles, mientras que el costo anual de los vehículos es de 50 760,00 soles, la sumatoria de estos valores da como resultado un costo total anual de 79 560,00 soles para la configuración que usa 12 centros de distribución.

Tabla 16: Costos totales y por tipo de vehículo del distrito de acuerdo con el número de centros de distribución, en soles.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	COSTO VEHÍCULO NORMAL ANUAL	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO ANUAL	COSTO TOTAL ANUAL
12	28 800,00	50 760,00	79 560,00
10	28 800,00	50 760,00	79 560,00
8	28 800,00	48 600,00	77 400,00
6	28 800,00	49 680,00	78 480,00
4	43 200,00	49 680,00	92 880,00

### 5.2.3 Impacto económico total

El impacto económico total de cada propuesta es igual a la sumatoria de los costos de distribución del distrito y de los comedores populares. Actualmente, el costo total de la configuración usada en el distrito es de 144 891,60 soles aproximadamente (50 931,60 soles correspondientes a los comedores y 93 960,00 soles correspondientes al distrito). En la tabla 17 se presentan los costos totales anuales para los comedores populares y el distrito dependiendo del número de centros de distribución a utilizar. Por ejemplo, en la opción que usa 12 centros de distribución los costos anuales del comedor son de 27 446,40 soles y los costos del distrito son de 79 560,00 soles, la sumatoria de ambos costos hace que el costo total anual de la propuesta sea de 107 006,40 soles.

Tabla 17: Costos totales anuales de distribución de los comedores populares y el distrito, en soles.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	COSTO COMEDOR ANUAL	COSTO DISTRITAL ANUAL	COSTO TOTAL ANUAL
12	27 446,40	79 560,00	107 006,40
10	29 887,20	79 560,00	109 447,20
8	33 208,80	77 400,00	110 608,80
6	38 605,20	78 480,00	117 085,20
4	47 686,80	92 880,00	140 566,80

### 5.3 Análisis de sensibilidad

Se analizó el comportamiento de cada uno de los costos obtenidos en el impacto económico, primero se realizó un análisis de sensibilidad individual y luego uno total.

#### 5.3.1 Análisis de sensibilidad del impacto económico en los comedores

Se utilizó una gráfica para analizar su comportamiento de los costos de distribución de los comedores. La figura 20 muestra que el comportamiento de los costos mensuales y anuales tiende a incrementar conforme va disminuyendo el número de centros de distribución. Esto se debe a que el factor de costo está dado en soles/km, lo cual hace que el aumentar las distancias recorridas por los comedores también aumente el costo de distribución. El punto rojo representa los costos actuales de los comedores populares, evidenciando que existe un sobre costo debido a que la asignación usada por el distrito es ineficiente. La tabla 18 muestra los soles y los porcentajes de ahorro mensuales y anuales en comparación a la situación actual. Se muestra que el mayor ahorro, dado por la configuración de 12 centros de distribución, es del 46,11%, lo cual equivale a 23 485,20 soles anuales. Además, conforme van disminuyendo el número de centros de distribución, el ahorro disminuye hasta llegar al punto más bajo, el cual es de 6,37% y equivale 3 244,80 soles anuales.

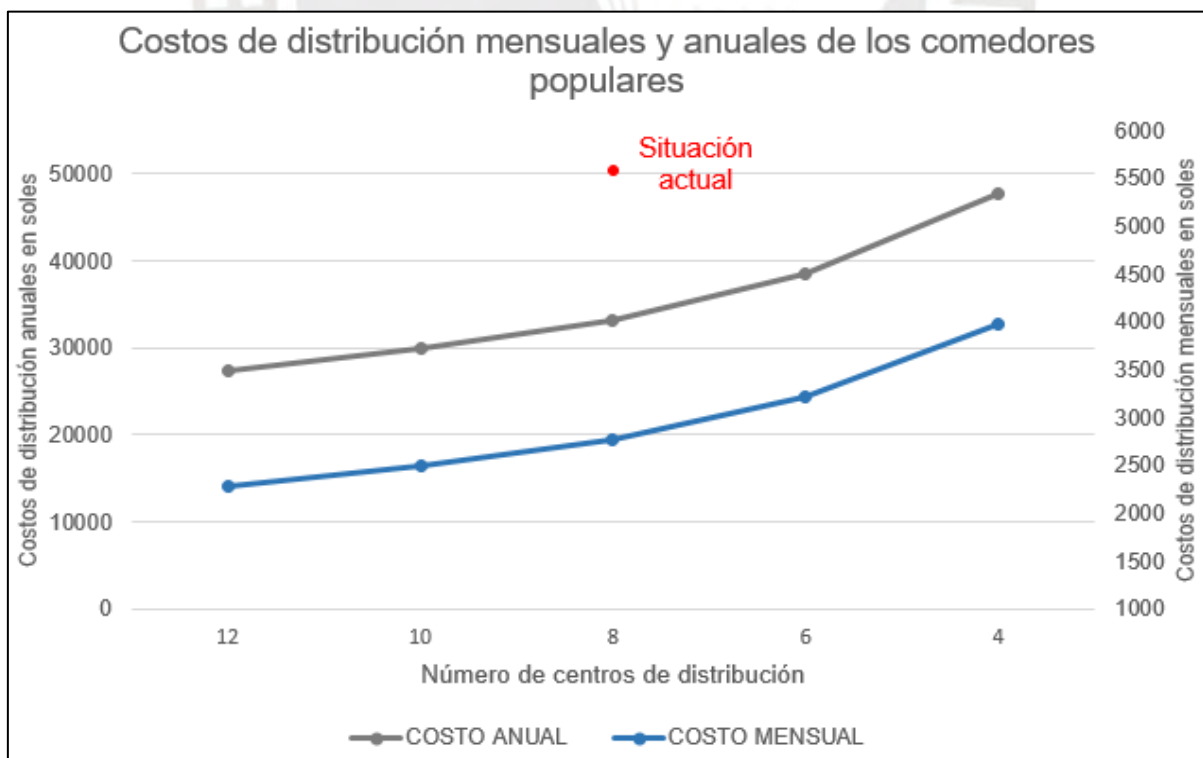


Figura 20: Curvas de los costos de distribución mensuales y anuales de los comedores populares.

Tabla 18: Ahorro de los comedores en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	AHORRO COSTO MENSUAL		AHORRO COSTO ANUAL	
	SOLES	PORCENTAJE	SOLES	PORCENTAJE
12	1 957,10	46,11%	23 485,20	46,11%
10	1 753,70	41,32%	21 044,40	41,32%
8	1 476,90	34,80%	17 722,80	34,80%
6	1 027,20	24,20%	12 326,40	24,20%
4	270,40	6,37%	3 244,80	6,37%

### 5.3.2 Análisis de sensibilidad del impacto económico en el distrito

Una vez calculados los costos de distribución del distrito para todas las configuraciones se utilizó una gráfica para analizar el comportamiento de los costos por tipo de vehículos y los costos totales.

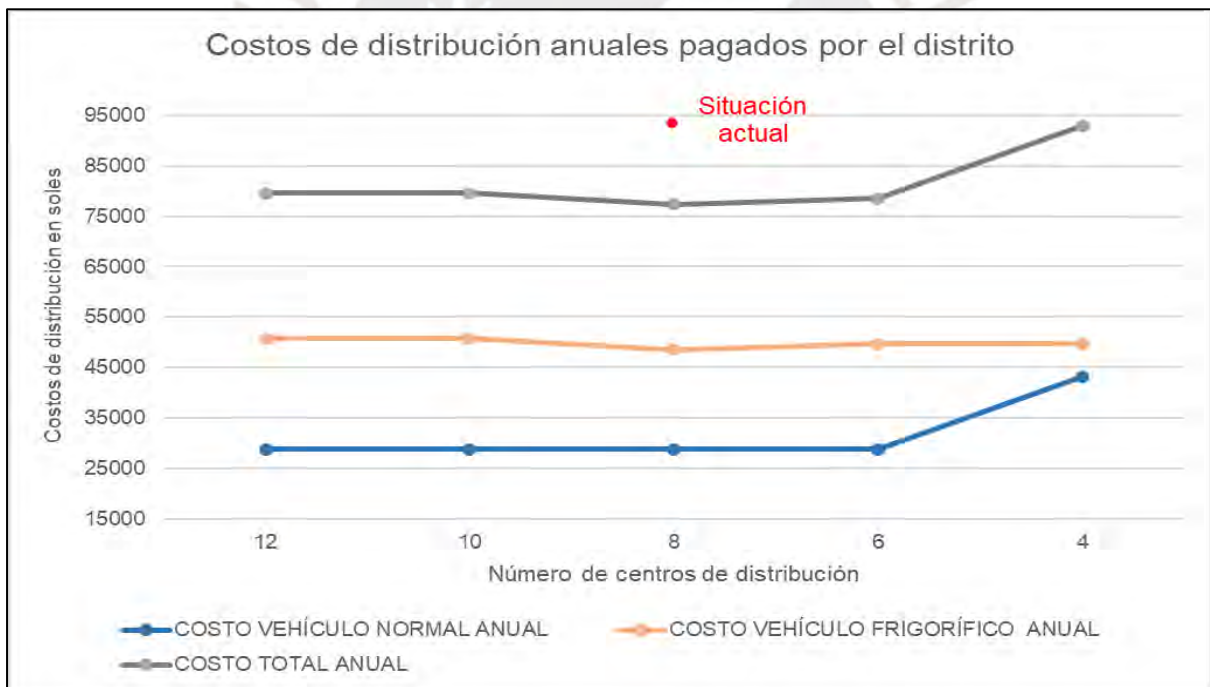


Figura 21: Curvas de los costos de distribución totales del distrito y sus componentes.

Como se puede observar en la figura 21, la gráfica muestra que el comportamiento del costo de los vehículos normales se muestra constante para el uso de 12, 10, 8 y 6 centros de distribución, esto se debe a que en estas configuraciones solo se hace uso de 4 vehículos normales, mientras que para el uso de 4 centros de distribución se hace uso de 6 vehículos

normales (los detalles son mostrados en las tablas del Anexo S). En el caso de usar 4 centros de distribución, se deben usar 4 rutas, lo cual aumenta el número de vehículos a usar por día. Esto se debe a que si bien la capacidad del vehículo de 40,00 toneladas puede hacer posible recorrer dos rutas juntas (siempre y cuando la carga suma de sus cargas secas no exceda las 40,00 toneladas), la capacidad de un vehículo frigorífico de 2,20 toneladas no permite que esto sea posible, ya que no existe ninguna configuración cuya suma de cargas frigoríficas no exceda las 2,20 toneladas. Dado a que el costo para este tipo de vehículo es en soles por día, los factores como la distancia recorrida y el tiempo de entrega no influyen en su costo. En el caso del costo de los vehículos frigoríficos se observa que tiene un comportamiento horizontal casi estable, esto se debe a que el costo para este vehículo se da en soles por hora, dado que se calculó un tiempo promedio de atención por comedor y que el número de comedores sigue siendo constante, es entendible que los costos no presenten una gran variación. Los costos totales muestran un comportamiento casi estable para el uso de 12 a 6 centros de distribución, presentando un aumento para el caso de 4 centros de distribución debido al aumento en los costos de los vehículos normales. Finalmente, el punto rojo representa los costos que paga el distrito para realizar la distribución actualmente (se ubica en la línea de 8 centros de distribución porque es el número que usa actualmente). Adicionalmente, en la tabla 19 se muestran los soles y porcentajes ahorrados totales y por tipo de vehículo en base al número de centros de distribución a usar.

Tabla 19: Ahorro del distrito en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	AHORRO VEHÍCULO NORMAL ANUAL		AHORRO VEHÍCULO FRIGORÍFICO ANUAL		AHORRO TOTAL ANUAL	
	SOLES	PORCENTAJE	SOLES	PORCENTAJE	SOLES	PORCENTAJE
12	14 400,00	33,33%	0,00	0,00%	14 400,00	15,33%
10	14 400,00	33,33%	0,00	0,00%	14 400,00	15,33%
8	14 400,00	33,33%	2 160,00	4,26%	16 560,00	17,62%
6	14 400,00	33,33%	1 080,00	2,13%	15 480,00	16,48%
4	0,00	0,00%	1 080,00	2,13%	1 080,00	1,15%

En la tabla se puede observar que existe un ahorro en las 4 primeras configuraciones de 14 400,00 soles en los costos de vehículos normales debido a la reducción de las rutas y vehículos normales. En el caso de los vehículos frigoríficos el ahorro esta entre 1 080,00 y 2 160,00 soles dependiendo de la configuración a usar. El ahorro máximo se da en el uso de 8 y 6 centros de distribución, mientras que disminuye al usar 10 y 12 centros de distribución. El ahorro total al usar 8 centros de distribución evidencia que, al igual que en los costos de los comedores, existe un sobre costo debido a la configuración ineficiente usada por el distrito.

En el caso de 4 centros de distribución, no existe una reducción en los costos de vehículos normales, lo cual hace que solo se presente un ahorro en el costo de los vehículos frigoríficos y que el ahorro total sea el más bajo de todos.

### 5.3.3 Análisis de sensibilidad del impacto económico total

Se graficó el comportamiento del costo total y de sus componentes. La figura 22 muestra el comportamiento de los costos totales, los costos del distrito y los costos de los comedores populares. En la gráfica se observa que los comportamientos de los costos totales anuales del distrito y de los comedores populares son iguales a los mostrados en los análisis anteriores. Los costos de los comedores populares muestran influencia sobre el costo total de distribución. La curva de los costos totales presenta un aumento creciente casi constante conforme van disminuyendo los centros de distribución. Sin embargo, muestra un aumento abrupto en la configuración que usa 4 centros de distribución como consecuencia de los aumentos en los costos del distrito y los comedores. El punto rojo representa los costos totales pagados actualmente (actualmente se usan 8 centros de distribución), los cuales muestran que la mala asignación y selección de centros de distribución afectan al distrito y a los comedores populares. La tabla 20 muestra los ahorros anuales en soles y en porcentaje con respecto a la situación actual.

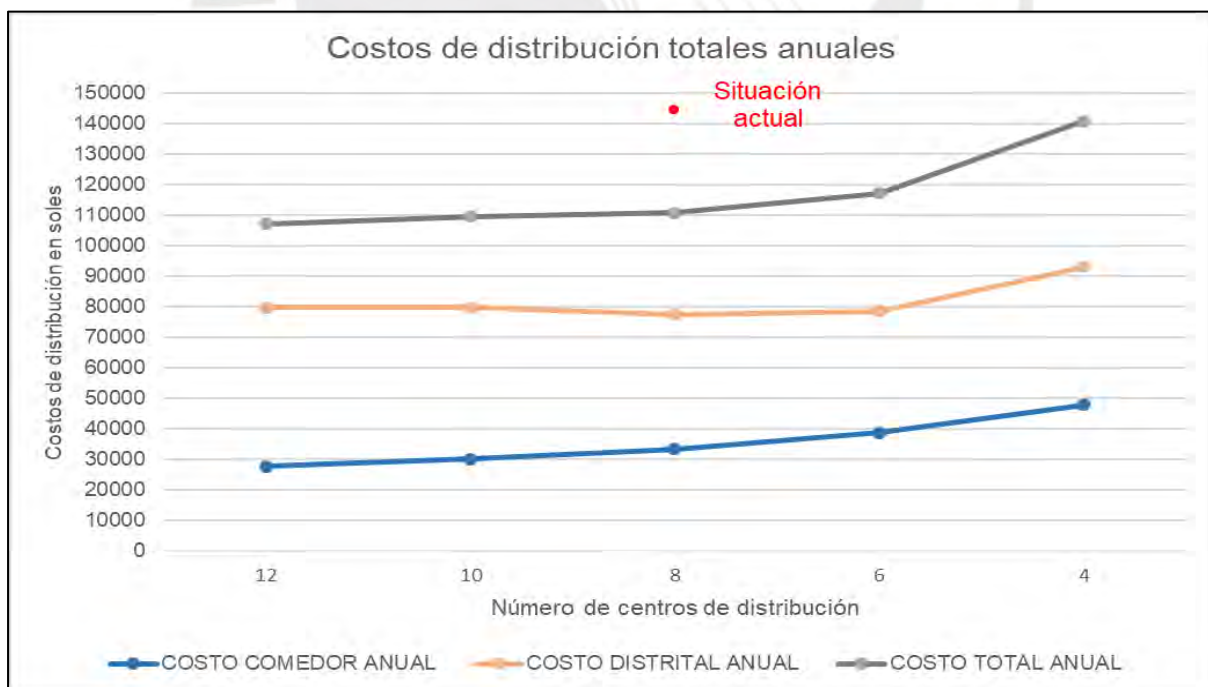


Figura 22: Curvas de los costos de distribución total anuales y sus componentes.

Tabla 20: Ahorro en soles y porcentajes en función al número de centros de distribución en comparación a la situación actual.

NÚMERO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	AHORRO COSTO COMEDOR ANUAL		AHORRO COSTO DISTRITAL ANUAL		AHORRO COSTO TOTAL ANUAL	
	SOLES	PORCENTAJE	SOLES	PORCENTAJE	SOLES	PORCENTAJE
12	23 485,20	46,11%	14 400,00	15,33%	37 885,20	26,15%
10	21 044,40	41,32%	14 400,00	15,33%	35 444,40	24,46%
8	17 722,80	34,80%	16 560,00	17,62%	34 282,80	23,66%
6	12 326,40	24,20%	15 480,00	16,48%	27 806,40	19,19%
4	3 244,80	6,37%	1 080,00	1,15%	4 324,80	2,98%

Se observa que el mayor porcentaje de ahorro viene dado por el componente del costo de los comedores populares, los cuales son los más beneficiados con la aplicación de las propuestas. Los porcentajes de ahorro dados en los costos del distrito son menores, sin embargo, influyen significativamente en el ahorro del costo total. Como se puede observar, los ahorros en los costos totales van disminuyendo conforme el número de centros de distribución pasa de 12 a 4, pasando de 26,15% (37 885,20 soles) a 2,98% (4 324,80 soles). El usar cualquiera de las 4 primeras configuraciones existirá un beneficio total entre el 26,15% y el 19,19%, mientras que el uso de la última configuración representará el menor ahorro, el cual es de 2,98%. A pesar de que las primeras opciones presentan un beneficio económico mayor, estas también conllevan un mayor uso de tiempo para realizar las entregas en sus rutas. En el caso del uso de 12 centros de distribución se presentan tiempos totales empleados de 5,00 hasta 9,50 horas dependiendo de la ruta; en caso del uso de 10 centros de distribución se presentan tiempos de 5,50 a 9,50 horas. Para el uso de 8 centros de distribución los tiempos totales empleados se encuentran entre las 7,00 hasta las 8,00 horas; mientras que en el caso del uso de 6 centros de distribución los tiempos totales empleados están entre las 7,50 hasta las 8,00 horas. Finalmente, al usar 4 centros de distribución los tiempos no exceden el uso de 6,50 horas para ninguna de sus rutas. Este detalle hace que las opciones más viables sean las de usar 8 o 6 centros de distribución, sin embargo, en caso de querer usar las opciones que presenten un mayor beneficio, es recomendable que se realicen mejoras en el proceso de entrega de alimentos para que no se exceda el valor de 8 horas laborales por día. Una mejora en el proceso de entrega podría conllevar a una reducción del tiempo de entrega promedio por comedor, lo cual traería como consecuencia la reducción del tiempo total empleado para realizar las entregas en los centros de distribución y así hacer viables las demás opciones propuestas.

# CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 Conclusiones

- La aplicación del modelo matemático de dos fases nos permite reducir las distancias que actualmente son recorridas por el proveedor y por los comedores populares. El uso de 12 centros de distribución ayudará a reducir en un 46,11% la distancia total recorrida por los comedores, en un 13,68% la distancia recorrida por los proveedores, presentando así un ahorro total de 42,47% con respecto a la distancia total recorrida en la situación actual. Además, permite un ahorro anual en los costos de distribución de 23 485,20 soles (46,11%) para los comedores y de 14 400,00 (15,33%) para el distrito de VES, lo cual es un ahorro total de 37 885,20 soles (26,15%), siendo la alternativa que presenta el mayor ahorro.
- Dado que los proveedores tienen tarifas que no están dadas en base de las distancias recorridas, el reducir la distancia total recorrida tiene un efecto beneficioso más notable en los comedores populares. Sin embargo, el reducir la distancia total y el número de rutas también beneficia al distrito. Si bien existe un ahorro mayor en el costo de los vehículos normales, el ahorro que se da en el caso de los vehículos frigoríficos también son beneficiosos para el distrito.
- El escoger otra configuración diferente a 12 centros de distribución reduce únicamente la distancia recorrida por el proveedor, mientras que la distancia recorrida por los comedores aumenta. Esto hace que el ahorro para los comedores disminuya y, como consecuencia, reduce el porcentaje de ahorro total de las demás alternativas.
- De acuerdo al modelo matemático, al usar 8 centros de distribución la distancia total recorrida debería ser igual a 173,41 km, sin embargo, actualmente se recorren un total de 256,40 km. Esto evidencia que las localizaciones de los centros de distribución y las asignaciones usadas por el distrito actualmente son ineficientes, dado que su distancia total recorrida es un 32,37% mayor que la del modelo matemático. Además, el costo determinado en el impacto económico muestra que existe un sobre costo de 17 722,80 soles (34,80%) para los comedores y de 16 560,00 soles (17,62%) para los proveedores en comparación del modelo matemático, los cuales suman un sobre costo total de 34 282,80 soles (23,66%).
- Se evidencia que la distancia recorrida por el proveedor no presenta mucho impacto sobre la distancia total recorrida, esto se debe a que la distancia recorrida por los comedores es mucho mayor a la distancia recorrida por el proveedor. Además, la reducción de esta distancia no presenta un impacto económico muy grande para el

distrito de VES en comparación al impacto de los comedores populares, esto debido a que la reducción del tiempo ayuda a reducir solamente los costos de los vehículos frigoríficos. Sin embargo, puede ayudar a reducir el tiempo empleado para ir de un centro de distribución a otro. La reducción de las rutas a utilizar es lo que beneficia en mayor medida al distrito, puesto que se usa una menor cantidad de vehículos normales para la distribución.

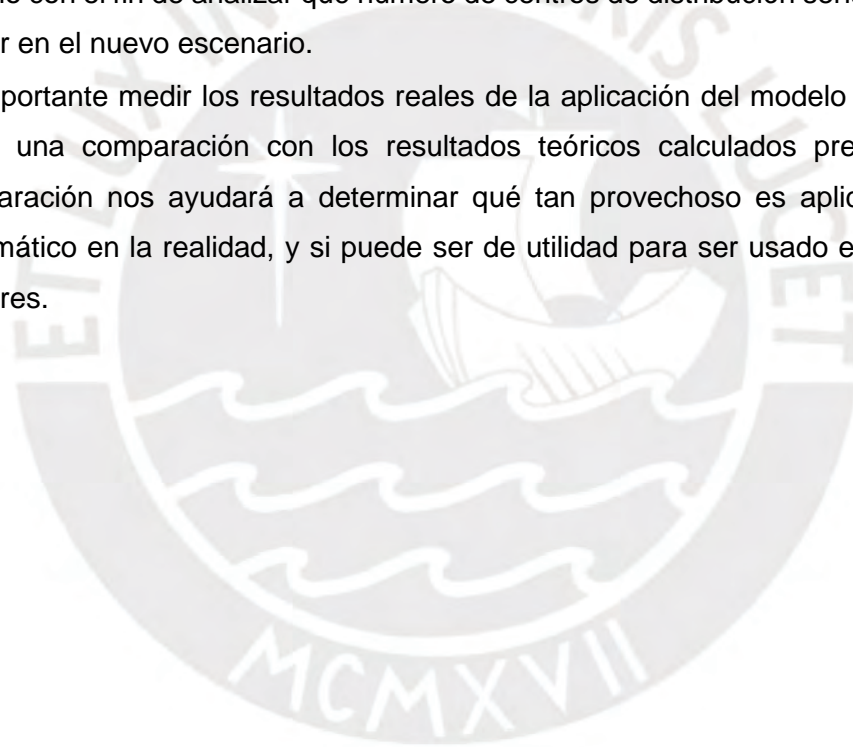
- A pesar de que todas las configuraciones presentan beneficios económicos, las configuraciones que usan 10, 8 y 4 centros de distribución aumentan la distancia recorrida por los comedores y no muestran un cambio importante en la distancia recorrida por los proveedores, lo cual las hace menos atractiva en comparación a la opción que usa 12 centros de distribución. Por otro lado, la limitación del tiempo hace que las únicas opciones viables sean las de usar 8, 6 y 4 centros de distribución, sin embargo, una mejora en el proceso de entrega podría conllevar a una reducción del tiempo de entrega promedio por comedor, lo cual traería como consecuencia la reducción del tiempo total empleado para realizar las entregas en los centros de distribución y así hacer viables las demás opciones propuestas.
- Con respecto al uso de 4 centros de distribución, se evidencia que no existe mucha variación en la distancia recorrida por el proveedor con respecto al uso de 12 centros de distribución (ambos recorren una distancia aproximada de 25,00 km). Sin embargo, existe un aumento significativo en la distancia recorrida los comedores (89,02 km), lo cual hace que esta opción perjudique a los comedores populares.
- El factor de tiempo de entrega promedio por comedor puede jugar en contra al momento de realizar las rutas de distribución, esto se debe a que los tiempos totales de entrega por ruta no deberían de exceder un máximo de 8,50 horas (teniendo en cuenta las variaciones debido a las aproximaciones y redondeos). Una reducción en los tiempos de entrega puede hacer viables las demás opciones que presentan mayores beneficios económicos.

## 6.2 Recomendaciones

- Sería recomendable usar un solo modelo matemático que realice la localización de centros de distribución, la asignación de los comedores y las rutas a utilizar. Sin embargo, dada la cantidad de comedores y centros de distribución candidatos, se deberá de contar con un ordenador de gran capacidad que pueda procesar una gran cantidad de datos de entrada y realizar varias iteraciones por segundo, de tal manera que pueda presentar los resultados del problema en un corto tiempo.



- Se recomienda que se plantee una mejora en el método de entrega de alimentos para los comedores en los centros de distribución con el objetivo de reducir el tiempo de entrega promedio por comedor popular. Esto se debe a que el tiempo es un factor influyente al momento de realizar las rutas de entrega, en primer lugar, existe el factor humano que no debe exceder las horas de trabajo establecidas por la ley, y, en segundo lugar, un aumento en los tiempos de entrega significa un aumento en los costos de los vehículos frigoríficos que realizan la entrega.
- Se recomienda que, independientemente del número de centros de distribución a utilizar, el distrito asigne el centro de distribución más cercano a los nuevos comedores que puedan aparecer en VES. El objetivo de esto es evitar el uso innecesario del modelo matemático por parte de la municipalidad, en caso de un aumento o reducción significativa en el número de comedores populares, es recomendable hacer el uso del modelo con el fin de analizar qué número de centros de distribución sería conveniente utilizar en el nuevo escenario.
- Es importante medir los resultados reales de la aplicación del modelo matemático y hacer una comparación con los resultados teóricos calculados previamente. La comparación nos ayudará a determinar qué tan provechoso es aplicar el modelo matemático en la realidad, y si puede ser de utilidad para ser usado en otros casos similares.



## BIBLIOGRAFÍA

ALHINDI, Ahmad y otros

2020 “Vehicle Routing Optimization for Surplus Food in Nonprofit Organizations”. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. s/l, volumen 11, número 3, pp. 680-685. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://thesai.org/Downloads/Volume11No3/Paper\\_84-Vehicle\\_Routing\\_Optimisation\\_for\\_Surplus\\_Food.pdf](https://thesai.org/Downloads/Volume11No3/Paper_84-Vehicle_Routing_Optimisation_for_Surplus_Food.pdf)

AMERICAN INTERNATIONAL CHURCH

*American International Church*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://amchurch.co.uk/soup-kitchen/>

ANGULO, Nedda

2011 “Comedores populares: Seguridad alimentaria y ejercicio de ciudadanía en el Perú”. *Femmes, economie et developpement : de la resistance a la justice sociale*. París: Érès. Consulta: 14 de junio de 2021.

[http://www.socioeco.org/bdf\\_fiche-document-4392\\_es.html](http://www.socioeco.org/bdf_fiche-document-4392_es.html)

ARANEDA, Raúl y Reinaldo MORAGA

2005 “La decisión de localización en la cadena de suministro”. *Revista Ingeniería Industrial*. Concepción, año 3, número 1, pp. 57-67. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://www.researchgate.net/publication/277276404\\_La\\_decision\\_de\\_localizacion\\_en\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro](https://www.researchgate.net/publication/277276404_La_decision_de_localizacion_en_la_cadena_de_suministro)

BALCIK, Burcu y Benita BEAMON

2008 "Facility location in humanitarian relief". *International Journal of Logistics: Research and Applications*. s/l, volumen 11, número 2, pp. 101-121. Consulta: 10 de abril de 2021.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13675560701561789>

BLONDET, Cecilia y Carmen MONTERO

1995 Hoy: menú popular: los comedores en Lima. Lima: Instituto de Estudios Peruanos. Consulta: 14 de junio de 2021.

<https://repositorio.iep.org.pe/handle/IEP/617>

CÁRITAS DEL PERÚ

2020 *Respuesta de la Red Cáritas en el Perú a la emergencia por la pandemia COVID-19* [diapositiva]. Consulta: 14 de junio de 2021.

[https://drive.google.com/file/d/1wPIEK65FAqMMjy\\_ysBnaVwwtSNXJS2rn/view](https://drive.google.com/file/d/1wPIEK65FAqMMjy_ysBnaVwwtSNXJS2rn/view)

*Cáritas del Perú*. Consulta: 14 de junio de 2021.

<https://www.caritas.org.pe/conoce-caritas/>

CARREÑO, Adolfo

2017 *Cadena de suministro y logística*. Primera edición. Lima: Fondo Editorial PUCP.

CORDEAU, Jean-François y otros

2000 "The VRP with Time Windows". *Les Cahiers du GERAD*. Quebec. Consulta: 10 de abril de 2021.

<http://www.bernabe.dorronsoros.es/vrp/data/articles/VRPTW.pdf>

DASKIN, Mark y otros

2003 "Facility Location in Supply Chain Design". Working Paper. Evanston: Northwestern University, Department of Industrial Engineering and Management Sciences. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://www.researchgate.net/publication/225967315\\_Facility\\_Location\\_in\\_Supply\\_Chain\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/225967315_Facility_Location_in_Supply_Chain_Design)

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO)

2008 "An Introduction to the Basic Concepts of Food Security". *Food Security Information for Action Practical Guides*. s/l, pp. 1-3. Consulta: 10 de junio de 2021.

<http://www.fao.org/3/al936e/al936e.pdf>

HILLIER, Frederick y Gerald LIEBERMAN

2010 *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Novena edición. México D.F.: McGraw-Hill.

HOLLY APOSTLES SOUP KITCHEN

*Holy Apostles Soup Kitchen*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://holyapostlesnyc.org/soup-kitchen-and-pantry/about-the-soup-kitchen>

IBRAHIM, Nadiya y otros

2019 "Perceived impact of community kitchens on the food security of Syrian refugees and kitchen workers in Lebanon: Qualitative evidence in a displacement context". *PLOS ONE*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210814>

## INSIDER

2020 "The largest mobile soup kitchen in America is scrambling to keep up with a 50% spike in demand". *Insider*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://www.businessinsider.com/soup-kitchen-food-nyc-homeless-coronavirus-2020-5>

## INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE y SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

1993 *Logística: Una visión sistémica*. México D. F.: s/e. Consulta: 6 de abril de 2021.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt14.pdf>

## INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI)

2020 *Planos Estratificados de Lima Metropolitana a Nivel de Manzanas 2020: Según el ingreso per cápita del hogar*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 9 de septiembre de 2021.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1744/lil\\_ib.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1744/lil_ib.pdf)

2020 *Evolución de la Pobreza Monetaria 2008 - 2019 [informe]*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 6 de abril de 2021.

[https://www.inei.gob.pe/media/cifras\\_de\\_pobreza/informe\\_pobreza2019.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/informe_pobreza2019.pdf)

2018 *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de comunidades Indígenas. Resultados Definitivos de la Provincia de Lima*. Tomo I. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 9 de septiembre de 2021.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1583/15ATOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1583/15ATOMO_01.pdf)

2018 *Perú: Indicadores de Gestión Municipal 2018 [informe]*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 14 de junio de 2021.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1636/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1636/libro.pdf)

2010 *Estadísticas de la Gestión Municipal e Infraestructura Distrital 2006 – 2008* [informe]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 14 de junio de 2021.

[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0951/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0951/libro.pdf)

2010 Mapa de Pobreza Provincial y Distrital 2009 [informe]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consulta: 9 de septiembre de 2021.

[https://www.mef.gov.pe/contenidos/pol\\_econ/documentos/mapa\\_pobreza\\_2009.pdf](https://www.mef.gov.pe/contenidos/pol_econ/documentos/mapa_pobreza_2009.pdf)

#### LADLESS OF LOVE

*Ladless of Love*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://www.ladlesoflove.org.za/projects/soup-kitchens/>

#### LINDO SYSTEMS INC.

2020 LINGO The Modeling Language and Optimizer [manual]. Chicago. Consulta: 10 de abril de 2021.

<https://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO.pdf>

#### MENNA, Sergio

2014 “Heurísticas y Metodología de la Ciencia”. *Mundo Siglo XXI*. México D. F., volumen 9, número 23, pp. 67-77. Consulta: 10 de abril de 2021.

<https://www.mundosigloxxi.ipn.mx/pdf/v09/32/06.pdf>

#### MINISTERIO DE DESARROLLO E INCLUSIÓN SOCIAL (MIDIS)

2020 “MIDIS: el 73 % de los comedores populares del ámbito del Programa de Complementación Alimentaria se ha reactivado en todo el país”. En *Portal web del Gobierno del Perú*. Consulta: 14 de junio de 2021.

<https://www.gob.pe/institucion/midis/noticias/304643-midis-el-73-de-los-comedores-populares-del-ambito-del-programa-de-complementacion-alimentaria-se-ha-reactivado-en-todo-el-pais>

2018 *Programa de Complementación Alimentaria – PCA* [diapositiva]. Consulta: 14 de junio de 2021.

[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/B278CE687128B5220525825C007372E7/\\$FILE/PPT\\_PCA\\_2018.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/B278CE687128B5220525825C007372E7/$FILE/PPT_PCA_2018.pdf)

MORA, Luis

2016 *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Segunda edición. Bogotá: Ecoe Ediciones.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR

2019 *Plan operativo institucional: año fiscal 2019*. Consulta: 21 de junio de 2021.

[http://www.munives.gob.pe/WebSite/municipalidad/Inf\\_Leg/Res\\_Alc/2018/RESOLUCION%20DE%20ALCALDIA%20136-2018.pdf](http://www.munives.gob.pe/WebSite/municipalidad/Inf_Leg/Res_Alc/2018/RESOLUCION%20DE%20ALCALDIA%20136-2018.pdf)

*Municipalidad distrital de Villa El Salvador*. Consulta: 14 de junio de 2021.

<https://www.munives.gob.pe/municipalidad.php>

NAIR, Divya y otros

2016 “Food Rescue And Delivery: A Heuristic Algorithm for Periodic Unpaired Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem”. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. s/l, volumen 2548. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://www.researchgate.net/publication/299955080\\_Food\\_Rescue\\_And\\_Delivery\\_A\\_Heuristic\\_Algorithm\\_for\\_Periodic\\_Unpaired\\_Pickup\\_and\\_Delivery\\_Vehicle\\_Routing\\_Problem](https://www.researchgate.net/publication/299955080_Food_Rescue_And_Delivery_A_Heuristic_Algorithm_for_Periodic_Unpaired_Pickup_and_Delivery_Vehicle_Routing_Problem)

NIAGARA FALLS SOUP KITCHEN

*Niagara Falls Soup Kitchen*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://www.nfsoupkitchen.ca/about.php>

## NOTICIAS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (NODAL)

2020 “Ollas populares y comedores en América Latina: solidaridad para combatir el hambre en tiempos de pandemia”. En Noticias de América Latina y el Caribe. Consulta: 10 de junio de 2021.

[https://www.nodal.am/2020/07/ollas-populares-y-comedores-en-america-latina-solidaridad-para-combatir-el-hambre-en-tiempos-de-pandemia/#Chile\\_Participacion\\_social\\_de\\_mujeres\\_en\\_tiempos\\_de\\_hambre\\_La\\_olla\\_no\\_nos\\_va\\_a\\_salvar\\_la\\_olla\\_nos\\_va\\_a\\_hacer\\_sobrevivir](https://www.nodal.am/2020/07/ollas-populares-y-comedores-en-america-latina-solidaridad-para-combatir-el-hambre-en-tiempos-de-pandemia/#Chile_Participacion_social_de_mujeres_en_tiempos_de_hambre_La_olla_no_nos_va_a_salvar_la_olla_nos_va_a_hacer_sobrevivir)

OLIVERA, Alfredo

2004 *Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos*. Montevideo: Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

OUR FATHER'S SOUP KITCHEN

*Our Father's House Soup Kitchen*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://ofhsoupkitchen.org/>

PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS (WFP)

2021 “La inseguridad alimentaria aguda alcanza su nivel más alto en cinco años, se advierte en el Informe mundial sobre las crisis alimentarias”. *Programa Mundial de Alimentos*. s/l. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://es.wfp.org/noticias/la-inseguridad-alimentaria-aguda-alcanza-su-nivel-mas-alto-en-cinco-anos-se-advierte-en-el>

2013 *Transforming Logistics: Progress Made in 2013* [Informe]. Roma. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/communications/wfp267579.pdf>

*Programa Mundial de Alimentos*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://es.wfp.org/panorama>



QUINN, Emma

2010 “Logistics for food assistance: delivering innovations in complex environments”. *Revolution: From Food Aid to Food Assistance*. Roma: World Food Programme, pp. 307-328. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/newsroom/wfp225973.pdf?\\_ga=2.75123026.1741873695.1623559882-1012526135.1623191788](https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/newsroom/wfp225973.pdf?_ga=2.75123026.1741873695.1623559882-1012526135.1623191788)

#### REFUGEE COMMUNITY KITCHEN

*Refugee community kitchen*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://refugeecommunitykitchen.org/>

SAFRA, Andrés

2021 “Primera Entrevista a Almendra Guillén Alfaro, Sub Gerenta de Programas Sociales de la Municipalidad de Villa El Salvador”. 22 de abril.

2021 “Segunda Entrevista a Almendra Guillén Alfaro, Sub Gerenta de Programas Sociales de la Municipalidad de Villa El Salvador”. 17 de junio.

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1EF1WSytcJj228T8CArEbqdgumSpH1bsi>

#### SHBARCELONA

2019 “Soup Kitchens in Barcelona”. En *ShBarcelona*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://www.shbarcelona.com/blog/en/soup-kitchens-barcelona/>

SOLAK, Senay y otros

2014 “The stop-and-drop problem in nonprofit food distribution networks”. *Annals of Operations Research*. s/l, volumen 221, pp. 407-426. Consulta: 10 de abril de 2021.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-012-1068-7>

## THE NEW YORKER

2020 "The soup kitchen that the coronavirus couldn't stop". *The New Yorker*. Nueva York. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://www.newyorker.com/magazine/2020/04/06/the-soup-kitchen-that-the-coronavirus-couldnt-stop>

## TALBI, El-Ghazali

2009 *Metaheuristics : From Design to Implementation*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

## THE SALVATION ARMY

*The Salvation Army*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://salvationarmy.ca/what-we-do/food-services/>

## THE SOUP KITCHEN

*The soup kitchen*. Consulta: 10 de junio de 2021.

<https://thesoupkitchen.org/home/history/>

## THOMAS, Anisya y Laura KOPCZAK

2005 *From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector*. s/l: Fritz Institute. Consulta: 10 de abril de 2021.

<http://www.fritzinstitute.org/pdfs/whitepaper/fromlogisticsto.pdf>

## WINSTON, Wayne

2005 *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos*. Cuarta edición. México D.F.: Thompson.

YU, Eduardo

2010 "Information and communications technology in food assistance". Revolution: From Food Aid to Food Assistance. Roma: World Food Programme, pp. 295-306. Consulta: 10 de abril de 2021.

[https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/newsroom/wfp225972.pdf?\\_ga=2.75123026.1741873695.1623559882-1012526135.1623191788](https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/newsroom/wfp225972.pdf?_ga=2.75123026.1741873695.1623559882-1012526135.1623191788)



## ANEXO A: Resultados computacionales de los algoritmos y heurísticas propuestas del problema parar y dejar aplicado en un banco de alimentos en Estados Unidos.

Tabla A1: Resultados computacionales del modelo inicial y las heurísticas propuestas.

Ins.	IP			SH			BD-LP			BD-Logic		
	Obj. Val.	% Gap	CPU(s)	Obj. Val.	%Diff IP	CPU(s)	Obj. Val.	%Diff IP	CPU(s)	Obj. Val.	%Diff IP	CPU(s)
1	1382	12.4%	3600	1442	4.2%	19	1274	-8.5%	3600	1362	-1.5%	3600
2	1624	17.3%	3600	1561	-4.0%	18	1466	-10.8%	1512	1523	-6.6%	3600
3	1401	13.2%	3600	1409	0.6%	21	1327	-5.6%	2047	1376	-1.8%	3600
4	1494	15.3%	3600	1580	5.4%	18	1433	-4.3%	3600	1457	-2.5%	3600
5	1508	15.1%	3600	1529	1.4%	19	1446	-4.3%	3600	1489	-1.3%	3600
6	1455	10.2%	3600	1554	6.4%	19	1452	-0.2%	795	1489	2.3%	3600
7	1530	9.2%	3600	1629	6.1%	20	1529	-0.1%	1198	1536	0.4%	3600
8	1422	9.8%	3600	1547	8.1%	20	1422	0.0%	3600	1475	3.6%	3600
9	1308	11.0%	3600	1360	3.8%	20	1308	0.0%	3600	1334	1.9%	3600
10	1512	9.1%	3600	1603	5.7%	19	1490	-1.5%	899	1505	-0.5%	3600
Avg.	-	12.3%	3600	-	3.8%	19.3	-	-3.5%	2445	-	-0.6%	3600

Fuente: (Solak, Scherrer y Ghoniem 2014: 423, tabla 1)

## ANEXO B: Resultados gráficos del método aleatorio y el Ekram VRP aplicado en Ekram.

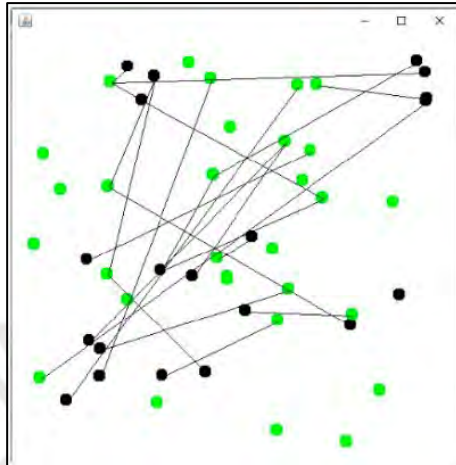


Figura B1: Simulación usando el método de asignación aleatorio.

Fuente: (Alhindi, Alsaidi, Alasmay y Alsabaan 2020: 683, figura 2)

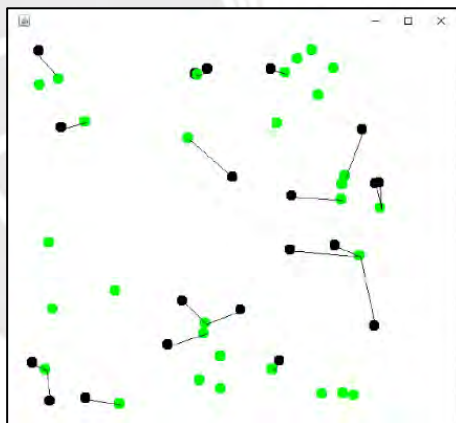


Figura B2: Simulación usando el Ekram VRP.

Fuente: (Alhindi, Alsaidi, Alasmay y Alsabaan 2020: 684, figura 3)

## ANEXO C: Data inicial, solución óptima y códigos de programación del problema de ruteo de vehículos para el recojo y entrega periódico no emparejado aplicado en OzHarvest.

Tabla C1: Características de la red de distribución y solución óptima obtenida.

Depósito	1		
Número de nodos (N)	171		
Número de nodos de recojo ( $N_p$ )	133		
Número de nodos de entrega ( $N_d$ )	37		
Periodo de tiempo (D)	7		
Número de vehículos (K)	10		
Capacidad del vehículo ( $C_k$ )	1000 kg		
Distancia máxima permitida ( $T_k$ )	100 km		
Número de nodos con $f_i$ 7	18		
Número de nodos con $f_i$ 6	22		
Número de nodos con $f_i$ 5	29		
Número de nodos con $f_i$ 4	6		
Número de nodos con $f_i$ 3	17		
Número de nodos con $f_i$ 2	18		
Número de nodos con $f_i$ 1	60		
<b>Solución óptima</b>			
Día	Número de vehículos usados	Número de nodos visitados en cada ruta	Distancia total recorrida (km)
1	7	30 - 23 - 11 - 7 - 4 - 6 - 5	394.256
2	7	33 - 27 - 4 - 8 - 6 - 12 - 6	559.473
3	6	26 - 16 - 5 - 6 - 12 - 8	491.955
4	5	30 - 25 - 11 - 8 - 13	421.824
5	7	29 - 23 - 6 - 11 - 6 - 9 - 11	407.105
6	6	37 - 26 - 5 - 8 - 4 - 15	473.41
7	9	29 - 32 - 4 - 4 - 5 - 4 - 13 - 5 - 3	697.266

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey, Dixit 2016: 18, tabla 3)

Tabla C2: Pseudo-código del operador de movimiento de un punto.

Tabla 1(a) Operador de Movimiento de Un Punto

---

```

1 Establecer N como la lista de nodos
2 Establecer  $L_d$  como la lista de nodos en el día d
3 Establecer  $r^*$  como el costo de ruta
4 Por cada nodo  $i \in N$ 
5     Por cada calendario  $s \in S$ 
6         Si la inserción de  $i$  es factible
7             Calcular el costo total de la ruta  $r$ 
8             Si  $r < r^*$ 
9                 Mover el nodo a  $L_d$ 
10        Sino
11            Ningún mejor movimiento posible para el nodo  $i$ 
12        Terminar Sino
13        Terminar Si
14    Terminar Si
15    Terminar Por
16 Terminar Por

```

---

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 15, tabla 1)

Tabla C3: Pseudo-código del método del barrido y la heurística de inserción.

Tabla 1(b) Método del Barrido y Heurística de Inserción

---

```

1 Establecer D como el conjunto de días
2 Por cada día  $d \in D$ 
3     Establecer N como la lista de todos los nodos
4     Ordenar todos los nodos por el incremento de su ángulo  $\angle A0P$ , donde:
5     P:= Nodo Actual
6     O:= Depósito
7     A0:= Línea de referencia fija
8     Establecer K como el conjunto de rutas a ser construidas
9     Establecer  $C_k$  como la capacidad del vehículo y  $T_k$  como la máxima longitud de recorrido para cada ruta
10    Establecer  $l_{kd}$  como la carga en el vehículo en el nodo  $i$ ,  $l_{0kd} = 0$ 
11    DetenerAlgoritmo = Falso
12    Mientras (DetenerAlgoritmo = Falso) Hacer
13        Establecer  $r_{kd}$  como la ruta construida y  $r_{kd} = \{0,0\}$ 
14        Por cada nodo  $i \in N$ 
15            Si  $r_{kd} = \{0,0\}$ 
16                Si la inserción del nodo  $i$  es factible
17                     $r_{kd} = \text{Insertar nodo } i$ 
18                Sino
19                    Mover  $i$  a  $i+1$ , y  $i+1$  a  $i$ 
20                    Si la inserción del nodo  $i$  es factible
21                         $r_{kd} = \text{Insertar nodo } i$ 
22                    Terminar Si
23                Terminar Sino
24            Terminar Si
25        Sino
26            Establecer  $r_{kd}$  como la mejor ruta factible encontrada y  $r_{kd}^* = \emptyset$ 
27            Por cada entero  $h \in \{1, \text{tamaño de } r_{kd}-1\}$ 
28                Si la inserción del nodo  $i$  en los arcos  $(h, h+1)$  es factible
29                     $r_{kd}^* = r_{kd}$ 
30                     $r_{kd}^* = \text{insertar el nodo } i \text{ en los arcos } (h, h+1)$ 
31                Terminar Si
32            Terminar Por
33        Terminar Sino
34        Remover el nodo  $i$  de la lista N
35    Terminar Por
36    Si  $N = \emptyset$ 
37        DetenerAlgoritmo = Verdadero
38    Terminar Si
39 Terminar Mientras
40 Terminar Por

```

---

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 15-16, tabla 1)



Tabla C4: Pseudo-código del operador de reorganización

Tabla 1(c) Operador de Reorganización

---

1 Establecer  $K$  como el conjunto de rutas definidas para la solución actual  $s$   
2 **Por** cada día  $d \in D$   
3     **Por** cada ruta  $r_{kd} \in K$   
4         Establecer  $r_{kd}^*$  como la mejor ruta y  $r_{kd}^* = r_{kd}$   
5         Hacer la valoración de modificar la ruta  $r_{kd}^* \Rightarrow c(r_{kd}^*)$   
6         **Mientras** no se encuentre el mejor movimiento  
7             **Por** cada nodo  $i \in r_{kd}$   
8                 Encontrar la mejor inserción del nodo  $i$   
9                 Hacer la valoración de modificar la ruta  $r_{kd}^* \Rightarrow c(r_{kd}^*)$   
10                 **Si**  $c(r_{kd}^*) < c(r_{kd}')$  y la ruta  $r_{kd}'$  es factible  
11                      $c(s^*) < c(s')$   
12                     El mejor movimiento ha sido encontrado  
13             **Terminar Si**  
14         **Terminar Por**  
15         **Si** el mejor movimiento no ha sido encontrado  
16              $r_{kd}^* = r_{kd}$   
17         **Terminar Si**  
18         **Terminar Mientras**  
19     **Terminar Por**  
20 **Terminar Por**

---

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 16, tabla 1)

Tabla C5: Comparación de resultados entre el método exacto y la heurística.

Test case	$N$	$r_1$	$K$	$C_k$	$T_k$	Exact Method		Heuristic		Deviation
						Solution Cost	Runtime (s)	Solution cost	Average $\diamond$ Runtime (s)	
1	11	0.3	2	200	500	1290.71*	4100	1290.71	5	0
2	11	0.4	2	200	500	1300.63*	5	1300.63	5	0
3	11	0.5	2	200	500	1282.89*	10	1282.89	5	0
4	11	0.6	2	200	500	1474.7*	600	1474.7	5	0
5	11	0.7	2	200	500	1042.52*	5	1042.52	5	0
6	21	0.3	3	200	500	983.656**	3600	976.719	10	6.937
7	21	0.4	3	200	500	1431.48**	3600	1263.75	10	167.73
8	21	0.5	3	200	500	1644.86**	3600	1536.62	10	108.24
9	21	0.6	3	200	500	1596.95**	3600	1522.41	10	74.54
10	21	0.7	3	200	500	1331.16**	3600	1413.28	10	-82.12

\* Solved to optimality, \*\* Solved with a fixed time limit 3600 seconds,  $\diamond$  number of runs- 3

Fuente: (Nair, Grzybowska, Rey y Dixit 2016: 17, tabla 2)

Algunos títulos de las columnas se definen a continuación:

$N$ : Conjunto de todos los nodos, incluyendo el nodo de depósito  $\{0\}$

$r_1$ : División entre el número de nodos de recolección sobre el número de nodos de entrega

$K$ : Conjunto de vehículos  $k$ .

$C_k$ : Capacidad del vehículo  $k$ .

$T_k$ : Distancia máxima total permitida para el vehículo  $k$ .

## ANEXO D: Diagrama de flujo del proceso de investigación.

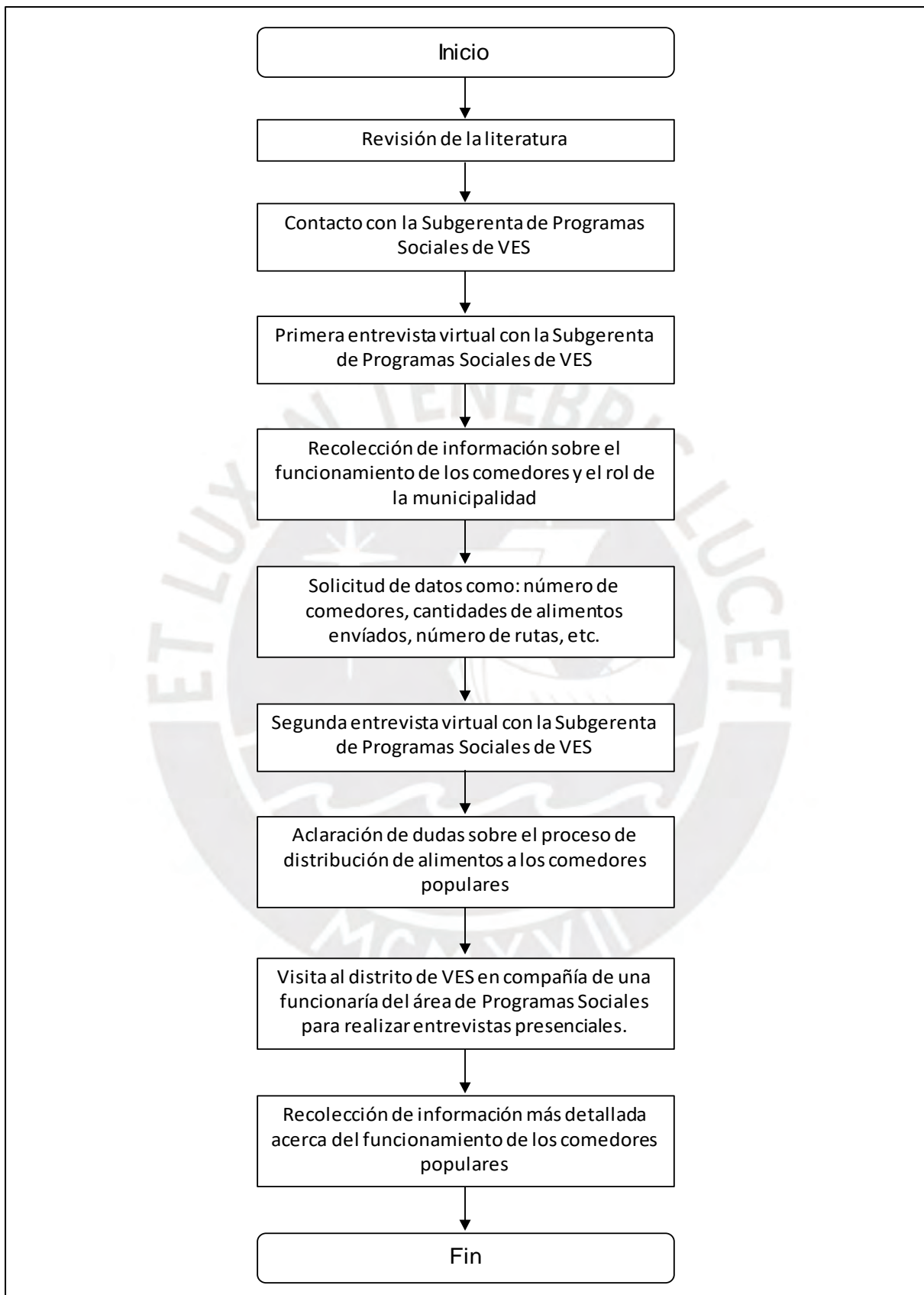


Figura D1: Diagrama de flujo correspondiente al proceso de investigación.

## ANEXO E: Plano y distribución de personas, familias y hogares según estratos de VES.

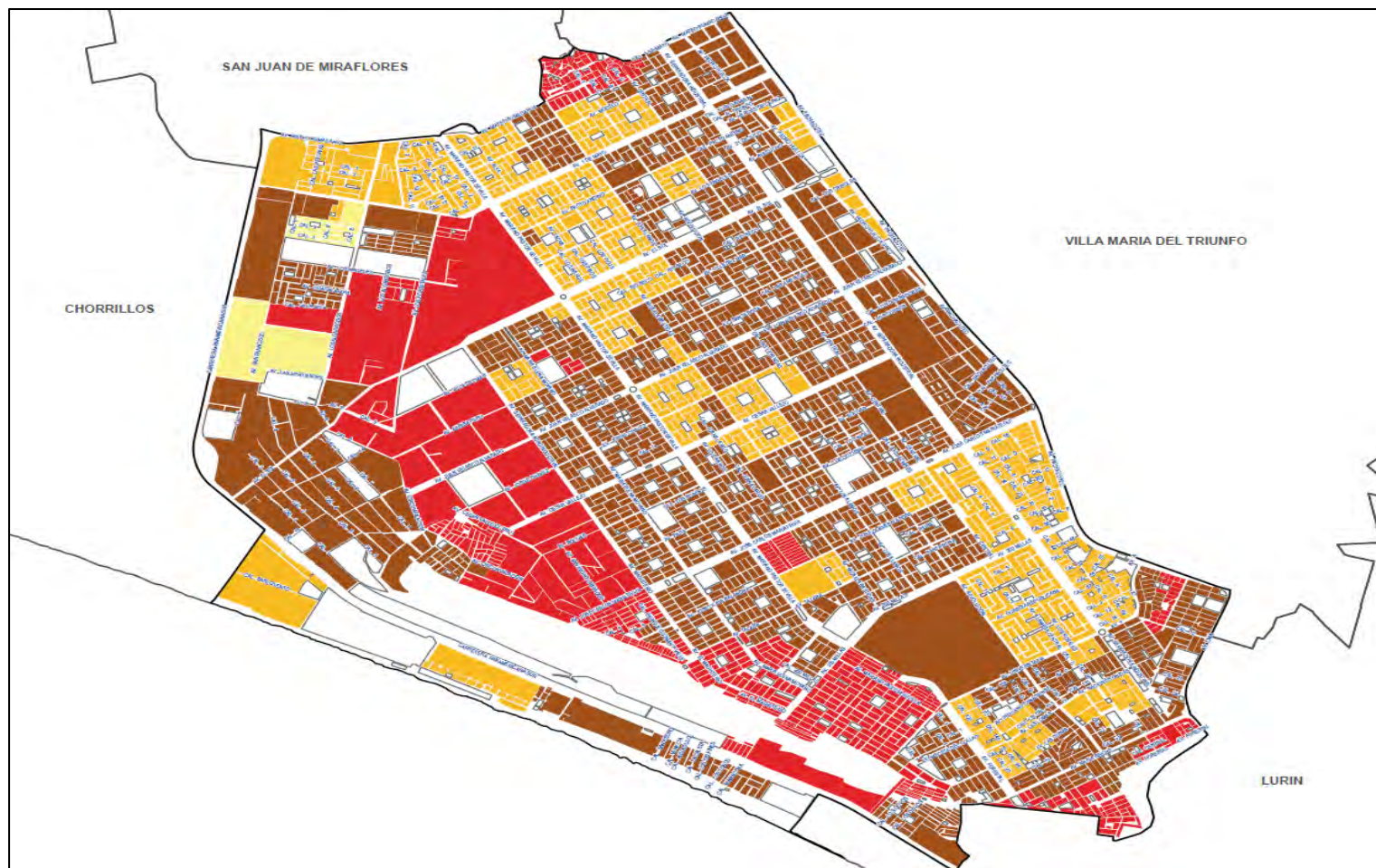


Figura E1: Plano estratificado regional a nivel manzana por ingreso per cápita del hogar del distrito de Villa El Salvador.

Fuente: (INEI 2020: 58)

Tabla E1: Distribución de las personas, hogares y manzanas según estratos en VES.

ESTRATO	INGRESO PER CÁPITA POR HOGARES (Soles)*	PERSONAS		HOGARES		MANZANAS	
		UNIDADES	PORCENTAJE	UNIDADES	PORCENTAJE	UNIDADES	PORCENTAJE
Alto	2 412,45 a más	-	-	-	-	-	-
Medio Alto	1 440,72 - 2 412,44	3 042	0,8 %	900	1,0 %	22	0,7 %
Medio	1 073,01 - 1 440,71	113 999	29,5 %	28 058	29,9 %	815	25,3 %
Medio bajo	863,72 - 1 073,00	214 871	55,6 %	51 558	54,9 %	1 760	54,6 %
Bajo	863,71 a menos	54 382	14,1 %	13 406	14,3 %	625	19,4 %
TOTAL		386 294	100,00 %	93 922	100,00 %	3 222	100,00 %

\* A precios reales

Fuente: (INEI 2020: 58)



## ANEXO F: Organigrama de la municipalidad caso.

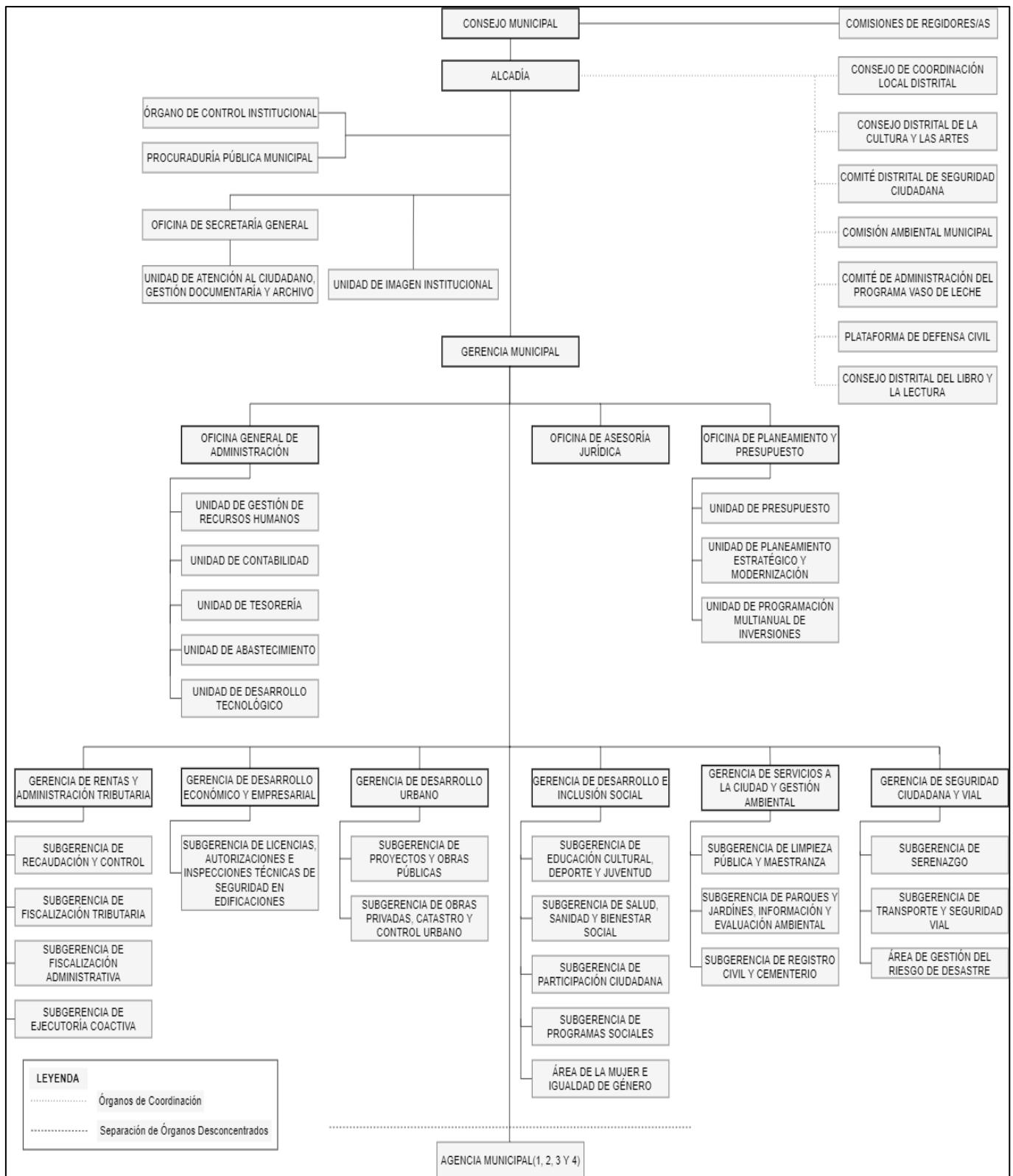


Figura F1: Organigrama de la Municipalidad caso.

Fuente: (Municipalidad de Villa El Salvador 2021).

# ANEXO G: Diagrama de flujo del proceso de distribución y del modelamiento y análisis.

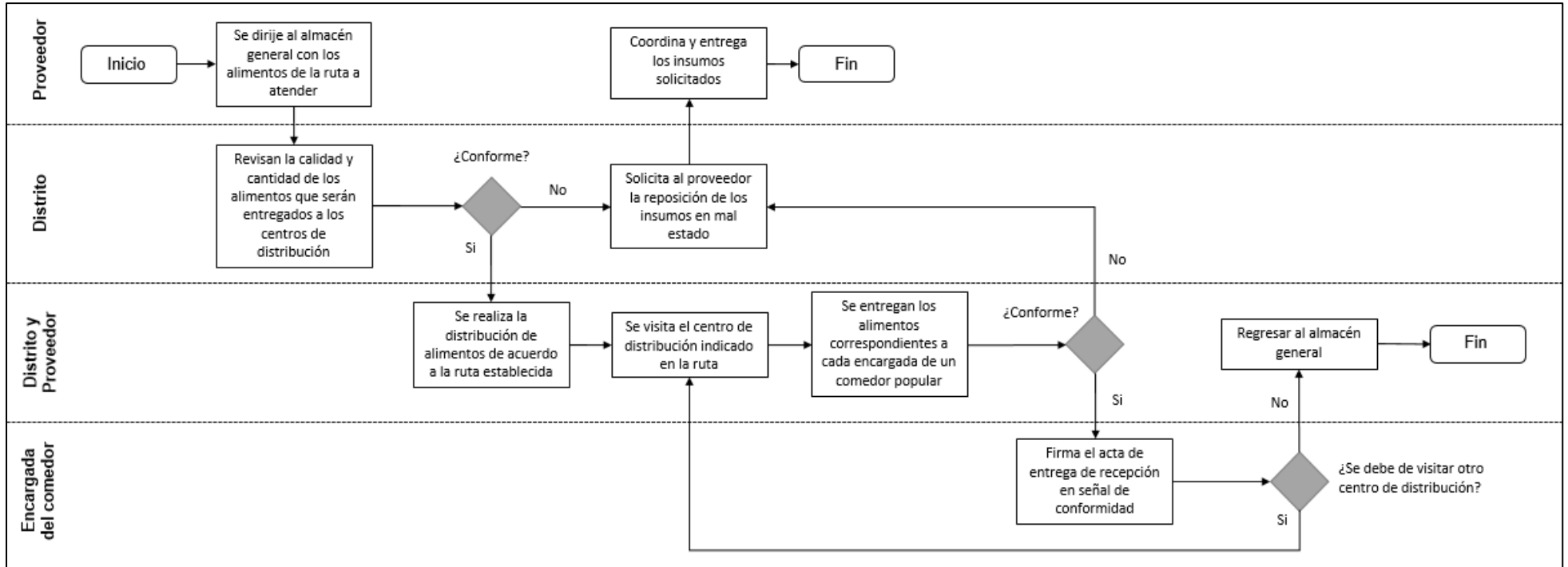


Figura G1: Flujo del proceso de distribución de alimentos.

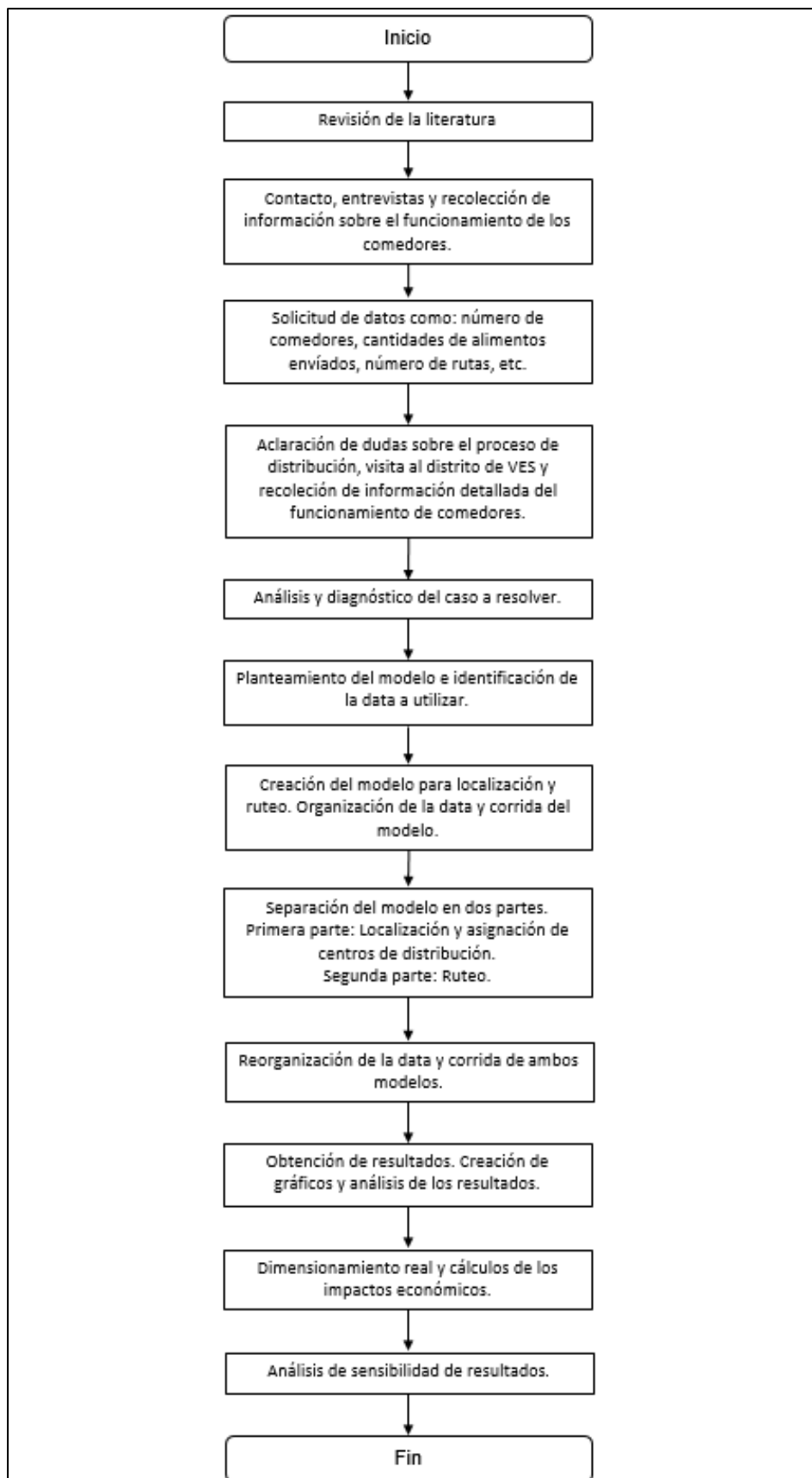


Figura G2: Diagrama de flujo del procedimiento de modelamiento y análisis.



## ANEXO H: Visita a los comedores populares del Villa El Salvador.



Figura H1: Comedor popular "Cocina Familiar N°2", el cual funciona como centro de distribución.



Figura H2: Interior del comedor popular "Cocina Familiar N°2".

MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR  
 Gerencia de Desarrollo Social  
 Subgerencia de Programas Sociales  
 Programa de Complementación Alimentaria

COD:74  
 4° ENTREGA-2021

### ACTA DE ENTREGA – RECEPCIÓN DE ALIMENTOS

**PROGRAMA DE COMPLEMENTACIÓN ALIMENTARIA – (PCA)**  
 MUNICIPALIDAD – TELEFONO: (01) 319-2530 ANEXO 176

El Distrito de VILLA EL SALVADOR, Provincia de Lima, se hace entrega de los productos, correspondiente a la atención MAYO 2021 al centro de atención: **SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)** con código: **20040700005062** ubicado en: **SECTOR 2 GRUPO 9 PARQUE CENTRAL** declaro haber recibido de la **MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR** lo siguiente:

N°	PRODUCTO	ENVASE/PESO	SACO/ CUBAS	NRO. UNIDAD	TOTAL BULTO	KLG SUJETOS	UNIDAD MEDIDA	PESO (APROXIMADO)
01	BONITO ENTERO CONGELADO	PAQU 10 KG	2	0	2	0	KILOS	20
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN: 2							TOTAL:	20

RESOLUCIÓN: N° 034-2021-SGPC-GDIS-MVES PRESIDENTA: SALINAS ROSAS KAORI SOFIA ISABEL DNI: 71305492  
 MODALIDAD DE ATENCIÓN: SUBSIDIADO CDA: CDA-22 N° DE RACIONES: 115 DÍAS DE ATENCIÓN: 20  
 NOTA: La entrega se realiza en forma totalmente gratuita. LA MUNICIPALIDAD, garantiza la calidad hasta el punto de entrega.  
 Yo, la Sra. Rosa Chahuan Meza con DNI: 10240086 estoy de acuerdo que recepciono los productos con fecha: 17/05/21 firmando en señal de conformidad.

RESPONSABLE DE LA DISTRIBUCIÓN PCA-COMEDORES  
 NOMBRE: RAMOS ZARATE MARTHA  
 CARGO: PROMOTOR(A)  
 DNI: 44455841

**17 MAY 2021**

FIRMA Y SELLO DEL REPRESENTANTE COMEDOR  
 NOMBRE: Rosa Chahuan  
 CARGO: Tesoroera COMEDOR FAMILIAR N° 2  
 DNI: 10240086

Figura H3: Acta de entrega de recepción de alimentos.



Tabla H1: Contribución de las entrevistas realizadas.

ENTREVISTADO	CONTRIBUCIÓN DE LA ENTREVISTA
Almendra Guillén Alfaro (Subgerenta de Programas Sociales)	Actualmente existen 242 comedores populares en el distrito de Villa El Salvador, los cuales reciben apoyo de parte del distrito. Este se encarga de brindarle alimentos de manera mensual a todos los comedores populares en base al número de beneficiarios que cada uno atiende. La distribución de alimentos se realiza por rutas, cada ruta visita una cantidad de centros de distribución (siendo en total 8 centros de distribución) en donde las encargadas de los comedores populares van a recoger la cantidad de alimentos solicitados. Para la compra de los alimentos el distrito hace contratos anuales con determinados proveedores en base a las propuestas que reciba, las propuestas incluyen los costos de transporte hasta los centros de distribución.
Martha Ramos (Coordinadora General del Programa de Complementación Alimentaria)	El rol del distrito consiste en brindar los alimentos e instrumentos a los comedores populares para que estos puedan realizar sus funciones. Los comedores populares forman parte del Programa de Complementación Alimentaria (PCA) establecido por el gobierno y el cual está a cargo de cada gobierno local del país.
Enit Ramirez Pinedo De Flores (Coordinadora de comedores)	En total, existen cinco coordinadoras que se encargan de gestionar un determinado número de comedores populares, estas coordinadoras se encargan de gestionar los alcances que les brindan las encargadas de cada comedor popular que tienen a su cargo con el fin atenderlas. Para abrir un comedor popular se deben cumplir ciertos requerimientos que exige el distrito, la cual les brinda cocinas, ollas y otros implementos que son usados en los comedores, y, en caso se desee cerrar un comedor, los implementos deben ser devueltos al distrito. Es importante resaltar que al cerrar un comedor se buscar reasignar los implementos recolectados a una persona que desee abrir un comedor popular.
Encargada del comedor popular	Las raciones servidas por cada comedor popular son diferentes al número de familias que son beneficiadas por este, es decir, en promedio se sirven cien raciones diarias, las cuales benefician a un promedio de 30 familias. Además, la contribución de los alimentos que brinda el distrito representa entre un 70% y 80% de cada ración servida, los alimentos que representan entre el 30% y 20% son comprados por el mismo comedor mediante los ingresos generados por la venta de las raciones. Los comedores que sirven como centros de distribución no hacen uso de espacios físicos, sino que, sirven como un punto de distribución en donde los tráileres entregan los alimentos a cada encargada del comedor en ese momento. Para poder hacer el reclamo de los alimentos solicitados las responsables de los comedores deben de tener un acta de entrega firmada, la cual sirve como constancia de que se realizó la entrega de los alimentos.

## ANEXO I: Relación de comedores populares, dirección, centro de distribución y número de beneficiarios de VES.

Tabla I1: Relación de comedores populares, dirección, centro de distribución y número de beneficiarios.

N°	COMEDOR	DIRECCION	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	N° BENEF.
1	AMAR ES VIDA	SECTOR 1 GRUPO 26 MZ. K LT. 02	SANTA TERESITA	115
2	AMIGO NIELS	IV ETAPA URB. PACHAC. MZ W LOTE 25 GRUPO G PARCELA 3C	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
3	AMISTAD	SECTOR 6 GRUPO 9 MANZANA E LOTE 11	SEÑOR DE LOS MILAGROS	50
4	ANA FLOR	SECTOR 2 GRUPO 25 MZ. G LT. 01	SEÑOR DE LOS MILAGROS	115
5	ANA HARVIS	A. H. LOS AIRES DE PACHACAMAC SECTOR 2 BARRIO 4 MZ. H LT.20	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
6	ANA MARIA JAVOUHEY	SECTOR 2 GRUPO 13 MZ. D LT. 5	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	100
7	ANA MOGAS	AH. VILLA DEL MAR MZ. A LT. 3 ( POR FOCALIZAR)	SANTA ROSA DE LIMA	50
8	ANGELITO JOSE LUIS	AA. HH. VALLE DE JESUS MZ. G LOTE 18	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
9	AYLLU	SECTOR 3 GRUPO 15 MZ. D LT. 01	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
10	BEATITA MELCHORITA	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. P LT. 05	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	115
11	CASA DE LOS NIÑOS	A.H UNION DE VILLA SECTOR LAS PRADERAS MZ. I LT. 1	CORAZON DE JESUS	50
12	CENTRO VICTORIA	PARQUE ZONAL HUASCAR AV. 200 MILLAS Y RUTA B	SANTA ROSA DE LIMA	50
13	COMUNAL 20	SECTOR 1 GRUPO 20 MZ. B LT. 19	TERESA DE JESUS	90
14	COMUNAL VICTORIA	A. H. VIRGEN DE LA CANDELARIA MZ. C LT. 41	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
15	COMUNIDAD CRISTIANA	A. H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 3 MZ. D' LT. 25	MENSAJEROS DE LA PAZ	65
16	COMUNITARIO	SECTOR 1 GRUPO 11 MZ. E LT. 21	CORAZON DE JESUS	115
17	CORAZON DE JESUS	A.H. OASIS DE VILLA GRUPO 4 MZ. A LT 13	SANTA ROSA DE LIMA	80
18	CORAZON DE JESUS	SECTOR 1 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	115
19	CRISTO EL SALVADOR	SECTOR 9 GRUPO 3 MZ. F LT. 13	SANTA ROSA DE LIMA	60
20	CRISTO EL SALVADOR	A.H. MIRADOR DE VILLA 200 MILLAS MZ. A - LT. 05	SANTA ROSA DE LIMA	60
21	CRISTO SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	CORAZON DE JESUS	100
22	CRISTO SALVADOR	IV ETAPA URB.PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. M LT. 13	MENSAJEROS DE LA PAZ	70

23	CRISTO SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 14A LOCAL COMUNAL	TERESA DE JESUS	80
24	CRISTO VIENE	SECTOR 3 GRUPO 3 MZ. N LT. 20	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	60
25	CRUZ DE MAYO	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. J LT. 01	SANTA ROSA DE LIMA	60
26	CRUZ DE MOTUPE	URB. PACHAC. SECTOR 1 BARRIO 1 MZ. H LT. 27	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
27	CRUZ DE MOTUPE	A.H. IDA LOSIO MZ. F LOCAL COMUNAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
28	DAMAS ACTIVAS	SECTOR 7 GRUPO 03-04 (PARRQ. NSTR. SRA. DE LA PAZ)	SANTA ROSA DE LIMA	60
29	DIVINO MAESTRO	SECTOR 3 GRUPO 25 MZ. G LT. 11	SEÑOR DE LOS MILAGROS	100
30	DORITA Y HERMANO	SECTOR 1 GRUPO 14 MZ. N LT. 01	TERESA DE JESUS	87
31	EDILBERTO RAMOS	SECTOR 3 GRUPO 28 MZ. K LT. 01	SEÑOR DE LOS MILAGROS	90
32	EDILBERTO RAMOS	A. H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 2 MZ. R LT. 27	MENSAJEROS DE LA PAZ	70
33	EFATA CRIST. PARA LA EDU. DE SORDOS	C.E. EFATA SECTOR 2 GRUPO 11 MZ. C LT. 21	TERESA DE JESUS	50
34	EL FAVORITO	SECTOR 1 GRUPO 5 MZ. L LT. 07	TERESA DE JESUS	100
35	EL MILAGRO	ASOC. PERCANACUY LAS VERTIENTES MZ. R LT 23	SEÑOR DE LOS MILAGROS	100
36	EL PARAISO	SECTOR 10 GRUPO 4 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA	65
37	ESTRELLA LUMINOSA	SECTOR 2 GRUPO 20 MZ. P LT. 16	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	85
38	EVA PERON	SECTOR 10 GRUPO 3A MZ. V LT. 8	SANTA TERESITA	50
39	FLORA TRISTAN	4TA ETAPA PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. P LT. 28	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	90
40	FRATERNIDAD	WASI WASI MZ. S LT. 18	SEÑOR DE LOS MILAGROS	70
41	FRATERNIDAD	SECTOR 3 GRUPO 16 MZ. K LT. 11	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	50
42	HEROES DEL CENEPA	AA. HH. HEROES DEL CENEPA MANZANA G LT 10	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
43	HORTENCIA PARDO	SECTOR 3 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	75
44	HUAYNA CAPAC	ASOC. DE VIVIENDA VILLA TRINIDAD DEL SUR MZ. O LT. 04	SEÑOR DE LOS MILAGROS	60
45	INFANTIL SANTA ROSA	SECTOR 2 GRUPO 5 MZ. K LT. 03	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	110
46	INMACULADA CONCEPCION	SECTOR 6 GRUPO 6 PARQUE CENTRAL	SEÑOR DE LOS MILAGROS	115
47	INMACULADA CONCEPCION	SECTOR 2 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	TERESA DE JESUS	115
48	INTI RAYMI	SECTOR 3 GRUPO 23A MZ. B LT. 20	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	60
49	JERUSALEN	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. A LT. 11	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	50
50	JESUS EL SALVADOR	ASOC. CRISTO DE PACHACAMILLA MZ. A1 LT. 10	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	60
51	JESUS EL SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 8 LOCAL PRONOI TOPICO SALUD	TERESA DE JESUS	50
52	JESUS ES EL CAMINO	ASOC. DE FAM SANTA ROSA DE VILLA KM.231/2 PAN. SUR MZ. H - LT. 01	SANTA ROSA DE LIMA	85

53	JOSE MARIA	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. J LT. 24	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	110
54	JOSE OLAYA	A.H. LOMAS DE MAMACONA MZ F, LOTE 12.	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
55	JUAN PABLO II	A.H. COLLASUYO MZ. A LT. 21	SANTA ROSA DE LIMA	60
56	JUANA ALARCO	AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 1 MANZANA E LOTE 05	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
57	KAWACHI	SECTOR 3 GRUPO 21 MZ. N LT.16	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	115
58	LA CRUZ	SECTOR 3 GRUPO 23 MZ. K LT. 5	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	50
59	LA SAGRADA FAMILIA	A.H VILLA LAS PALMERAS MANZANA C LOTE 09	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
60	LAS HERMANAS	SECTOR 1 GRUPO 17 MZ. H LT. 19	CORAZON DE JESUS	80
61	LAS HERMANITAS	SECTOR 3 GRUPO 3 Mz. I LOTE 13	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	60
62	LAS LOMAS DE PACHACAMAC	ASOC. NUEVA VILLA LOCAL COMUNAL	SANTA ROSA DE LIMA	80
63	LAS MERCEDES	SECTOR 1 GRUPO 25 MZ. P LT. 5	TERESA DE JESUS	115
64	LAS PERUANITAS	SECTOR 3 GRUPO 24 MZ. D LT. 09	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	70
65	LLANAVILLA	SECTOR 3 GRUPO 26 COSTADO DE CAPILLA VIRG DE GUADALUPE	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	50
66	LOS ANGELES	SECTOR 9 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA	85
67	LOS MARTINCITOS	SECTOR 3 GRUPO 8 PARROQUIA OSCAR ROMERO	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	115
68	LUZ DE ESPERANZA	ASOC. DE VIV. CASA HUERTA VILLA RICA Mz. D LOTE 13	SEÑOR DE LOS MILAGROS	75
69	LUZ DEL MUNDO	SECTOR 1 GRUPO 9 MZ E LT. 8	TERESA DE JESUS	80
70	MADRES UNIDAS	SECTOR 1 GRUPO 16 MZ. E LT. 04	CORAZON DE JESUS	70
71	MADRES UNIDAS	SECTOR 1 GRUPO 26 MZ. N LT. 17	CORAZON DE JESUS	70
72	MAMA OCLLO	SECTOR 6 GRUPO 10 MZ. B LT. 5	SANTA ROSA DE LIMA	115
73	MARANATA	SECTOR 3 GRUPO 3 MZ. A LT. 24	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	75
74	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 6 GRUPO 11 MZ. J LT. 5	SEÑOR DE LOS MILAGROS	90
75	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 6 GRUPO 4 MZ. A LT. 1	SEÑOR DE LOS MILAGROS	115
76	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 1 GRUPO 25A - MZ. N LT. 04	SANTA TERESITA	50
77	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 3 GRUPO 29A MZ. F LT. 4	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	80
78	MARIA DE LA PAZ	A.H VILLA VICTORIA MZ. A LT. 15	CORAZON DE JESUS	85
79	MARIA DEL PILAR	SECTOR 2 GRUPO 4 MZ. O LT. 12	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	100
80	MARIA DEL PILAR	ASOC VIV CORONEL LEONCIO PARDO MZ. A LT 13	SANTA ROSA DE LIMA	60
81	MARIA ELENA MOYANO	SECTOR 7 GRUPO 2 MZ. N LT. 18	SANTA ROSA DE LIMA	60
82	MARIA GRAÑA OTOÑE	SECTOR 2 GRUPO 19 MZ. B LT. 13	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	70

83	MARIA MAGDALENA	A.H HEROES DEL CENEP MZ. D LOTE 05	MENSAJEROS DE LA PAZ	90
84	MARIA MILAGROS	SECTOR 1 GRUPO 2 MZ. J LT. 01	CORAZON DE JESUS	50
85	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 3 GRUPO 22 MZ. O LT. 18	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	115
86	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 1 GRUPO 9 PARQUE CENTRAL	TERESA DE JESUS	115
87	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 2 GRUPO 1 MZ. P LT. 19	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	90
88	MARIA TERESA DE CALCUTA	SECTOR 2 GRUPO 19 MZ. K LT. 17	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	60
89	MARTHA LAURA	SECTOR 10 GRUPO 2 MZ. M LT. 23	SANTA ROSA DE LIMA	70
90	MARTHA MOYANO	A. H. MAX UHLE PARQUE CENTRAL N° 6	MENSAJEROS DE LA PAZ	60
91	MATEO 25	SECTOR 6 GRUPO 6A MZ. B LT. 13	SEÑOR DE LOS MILAGROS	71
92	MATEO XXV LA ENCANTADA	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 1 MZ J LT. 2 GR. 9	SANTA ROSA DE LIMA	60
93	MATSUE	LOS AIRES DE PACH. MZ M LT. 14 BARRIO 4 SEC. 2 IV ETAPA URB-PACH.	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
94	MAX UHLE	AA.HH. VILLA LA PAZ MZ. B LT. 12	SEÑOR DE LOS MILAGROS	50
95	MENSAJEROS DE LA PAZ	A. H. EDILBERTO RAMOS MZ. B LT.25	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	95
96	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 3 GRUPO 8 PARQUE CENTRAL	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	115
97	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 2 GRUPO 3 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	80
98	MICAELA BASTIDAS	A. H. 20 DE OCTUBRE MZ. B LT. 16	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
99	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 7 GRUPO 4 MZ. G LT.09	SANTA ROSA DE LIMA	90
100	MICAELA BASTIDAS	A.H 20 DE OCTUBRE MZ MZ. F LT. 2	SANTA ROSA DE LIMA	90
101	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 6 GRUPO 4 MZ. L LT.1	SEÑOR DE LOS MILAGROS	60
102	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 10 GRUPO 1 MZ. J LT. 02	SANTA ROSA DE LIMA	80
103	MUJERES PROGRESISTAS	SECTOR 2 GRUPO 16 MZ. M LT. 15	TERESA DE JESUS	60
104	MUJERES PROGRESISTAS	SECTOR 3 GRUPO 16 MZ. L LT.1	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
105	NACION UNIDA	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. R LOTE 15	MENSAJEROS DE LA PAZ	90
106	NSTRA SRA DEL PILAR	A.H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
107	NSTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 LOCAL COMUNAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	72
108	NUESTRA SRA PEREGRINA	SECTOR 6 GRUPO 3A MZ. B LT. 15	SEÑOR DE LOS MILAGROS	65
109	NUESTRA SEÑORA DE GUADALUPE	SECTOR 1 GRUPO 4 MZ. B LT. 13	TERESA DE JESUS	110
110	NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	SECTOR 9 GRUPO 4 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA	70
111	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 2 GRUPO 18 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	80
112	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 3 GRUPO 23A MZ. C LT. 05	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	115

113	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 6 GRUPO 7 MZ. P LT. 21	SEÑOR DE LOS MILAGROS	115
114	NUESTRA SEÑORA DEL PILAR	SECTOR 1 GRUPO 14 MZ. E LT. 14A	TERESA DE JESUS	110
115	NUESTRA SRA DE FATIMA	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. S' LT. 24	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
116	NUESTRO PORVENIR	SECTOR 1 GRUPO 12 MZ. C LT. 18	CORAZON DE JESUS	115
117	NUESTRO REDENTOR	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. U LT. 04	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
118	OLLITA DE BARRO	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 2 MZ. T LT. 18	SANTA ROSA DE LIMA	70
119	PAN DE VIDA	AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 2 Mz. D LOTE 23	MENSAJEROS DE LA PAZ	60
120	PAN DIVINO	SECTOR 1 GRUPO 15 MZ. N LT. 20	TERESA DE JESUS	50
121	PERU ESPAÑA	ASOC. VIV. LOS MERCADERES CRISTO SALVADOR MZ. B LT. 8	SEÑOR DE LOS MILAGROS	85
122	PRINCIPE DE ASTURIAS "F"	A. H. PRINCIPE DE ASTURIAS GRUPO F PARQUE CENTRAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
123	PRINCIPE DE ASTURIAS GR D	AA. HH. PRINCIPE DE ASTURIAS GRUPO D PARQUE CENTRAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
124	REFECTORIO INFANTIL	SECTOR 9 GRUPO 6 MZ. C LT. 11	SANTA ROSA DE LIMA	75
125	ROSA DE AMERICA	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. K LT. 11	SANTA ROSA DE LIMA	90
126	ROSA DE LA ESPERANZA	SECTOR 1 GRUPO 1 MZ. R LT. 1	CORAZON DE JESUS	115
127	ROSA MERINO	SECTOR 6 GRUPO 6 MZ. D LT 5	SEÑOR DE LOS MILAGROS	80
128	SAGRADA FAMILIA	A. H. QUEBRADA DEL NUEVO HORIZONTE MZ. B LT. 04 URB. PACH	MENSAJEROS DE LA PAZ	90
129	SAGRADA FAMILIA	A. H. VILLA VICTORIA MZ. I LT. 05	CORAZON DE JESUS	50
130	SAN FRANCISCO	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. L LT. 06	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
131	SAN FRANCISCO DE ASIS	A.H JARDINES DE PACHAC. MZ. B LT.20- LOCAL COMUNAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	70
132	SAN JOSE	A.H AMP VIRGEN DE CANDELARIA CAPILLA V.C.	MENSAJEROS DE LA PAZ	110
133	SAN JUAN TADEO	ASOC. SR. DE CACHUY LOTE 17 (AGR. SILVER)	SEÑOR DE LOS MILAGROS	100
134	SAN MARTIN	SECTOR 10 GRUPO 1 MZ. D LT. 12	SANTA ROSA DE LIMA	90
135	SAN MARTIN DE PORRAS	A.H. LOS LAURELES MZ. B LT. 35	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
136	SAN MARTIN DE PORRAS	ASOC, CESAR VALLEJO MZ. D LT 21	SEÑOR DE LOS MILAGROS	80
137	SAN MARTIN DE PORRES	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 1 MZ. R LT. 26	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
138	SAN MARTIN DE PORRES	SECTOR 7 GRUPO 1A MZ. B LT. 05	SANTA ROSA DE LIMA	80
139	SAN PEDRO Y JUAN PABLO	SECTOR 9 GRUPO 3 MZ. S LT. 21	SANTA ROSA DE LIMA	80
140	SANTA ANA	URB. PACH. BARRIO 1 SECTOR 2 MZ E' LT 11	MENSAJEROS DE LA PAZ	90
141	SANTA EMILIA	SECTOR 1 GRUPO 16A MZ. K LT. 22	CORAZON DE JESUS	50
142	SANTA FE	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 4 MZ. B1 LT. 14	SANTA ROSA DE LIMA	70



143	SANTA INES	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. N LT. 24	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
144	SANTA LUCIA	SECTOR 2 GRUPO 8 MZ. A LT. 23	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	80
145	SANTA MARIA	SECTOR 1 GRUPO 3 MZ. J LT. 05	CORAZON DE JESUS	70
146	SANTA MARIA	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. D LT. 02	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	90
147	SANTA NELIDA	SECTOR 1 GRUPO 4 MZ. H LT. 21	TERESA DE JESUS	100
148	SANTA RAFAELA	SECTOR 3 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
149	SANTA RITA	SECTOR 8 Mz C Lt 11	TERESA DE JESUS	80
150	SANTA ROSA	A.H. IDA LOSIO MZ. A LT. 6	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
151	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 2 GRUPO 23 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	50
152	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 23A MZ. N LT. 22	TERESA DE JESUS	90
153	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 2 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	SANTA TERESITA	80
154	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 6 GRUPO 8A MZ. P LT. 04	SEÑOR DE LOS MILAGROS	72
155	SANTA ROSA DE LIMA	AMPLI. OASIS GRUPO 3 MANZANA D LOTE 17	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
156	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	TERESA DE JESUS	110
157	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 3 GRUPO 30 MZ. A LT. 01	SANTA ROSA DE LIMA	100
158	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 7 GRUPO 3 PARQUE CENTRAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	115
159	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 3 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	TERESA DE JESUS	70
160	SANTA ROSA DE LIMA	AGRUP. DE FAM. HIJOS DE VILLA MZ. G LT. 18	TERESA DE JESUS	60
161	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 15 MZ. P LT. 13	TERESA DE JESUS	60
162	SANTA ROSA DE LIMA	A. H. VILLA VICTORIA (PASAJE 6) MZ. B LT. 11	CORAZON DE JESUS	80
163	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	SECTOR 2 GRUPO 9 PARQUE CENTRAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	115
164	SANTA ROSITA	AA.HH. BRISAS DE PACH. Mz. F LOTE 11	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
165	SANTA TERESITA	A.H. JUAN PABLO II MZ. C LT.18	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
166	SANTA TERESITA	SECTOR 6 GRUPO 1A PARQUE CENTRAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	95
167	SANTA TERESITA DEL NIÑO JESUS	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. W LT. 15	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
168	SANTA TERESITA NIÑO JESUS	SECTOR 3 GRUPO 22 MZ. K LT. 05	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
169	SANTOS APOSTOLES	ASOC. AGROP. LAS LOMAS ZONA AGROP. LOMO DE CORV. MZ. B LT . 13	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
170	SARITA COLONIA	A.H. BRISAS DE PACHAC. MZ K LT 27	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
171	SARITA COLONIA	SECTOR 6 GRUPO 12 MZ. D LT. 7	SEÑOR DE LOS MILAGROS	50
172	SARITA COLONIA	AA.HH MAX UHLE - ANZANA U - LOTE 17	MENSAJEROS DE LA PAZ	60

173	SARITA COLONIA	SECTOR 1 GRUPO 19 MZ. C LT. 16	TERESA DE JESUS	110
174	SARITA COLONIA	SECTOR 1 GRUPO 6 MZ. E LT. 14	CORAZON DE JESUS	110
175	SARITA COLONIA	A. H. NACIONES UNIDAS MZ. J LT. 09 IV ETAPA URB. PACHAC.	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
176	SEÑOR ASCENCION DE CACHUY	SECTOR 2 GRUPO 7 PARQUE CENTRAL	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	50
177	SEÑOR DE CACHUY	SECTOR 3 GRUPO 27 MZ. N LT. 17	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	100
178	SEÑOR DE LA ASCENCION	A. H. BRISAS DE PACH. SECTOR 1 BARRIO 1 MANZANA L LOTE 30	MENSAJEROS DE LA PAZ	65
179	SEÑOR DE LA JUSTICIA	SECTOR 3 GRUPO 31 MZ. A LT. 2C	SANTA ROSA DE LIMA	50
180	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 6 GRUPO 3 Mz. G Lt. 13	SANTA TERESITA	115
181	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 10 GRUPO 4A MZ. Q LT. 3	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	105
182	SEÑOR DE LOS MILAGROS	A.H MIRAMAR DE OASIS MZ. C LT. 3	SANTA ROSA DE LIMA	95
183	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 2 GRUPO 17 MZ. F LT. 05	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	70
184	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 3 GRUPO 18 MZ. K LT. 13	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	100
185	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 6 GRUPO 4A PARQUE CENTRAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	100
186	SEÑOR DE LOS MILAGROS	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 1 MZ X LT 7	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
187	SEÑOR DE LOS MILAGROS	AA. HH. LA ENCANTADA SECTOR 9 GRUPO 2 MZ I LT 4	SANTA ROSA DE LIMA	90
188	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 1 GRUPO 5 MZ. E LT. 06	TERESA DE JESUS	100
189	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. E LT.19	SANTA ROSA DE LIMA	70
190	SEÑOR DE LOS MILAGROS	AA. HH. SAN IGNASIO DE LOYOLA Mz. E LOTE 10	SANTA ROSA DE LIMA	90
191	SEÑOR DE LOS MILAGROS	A.H. OASIS DE VILLA SECTOR 10 GRUPO 2 MZ. D LT. 24	MENSAJEROS DE LA PAZ	70
192	SEÑOR DE LUREN	SECTOR 1 GRUPO 20 MZ. N LT. 12	TERESA DE JESUS	75
193	SEÑOR DE NAZARENO	SECTOR 3 GRUPO 21 LOCAL COMUNAL	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
194	SEÑOR MILAGROSO	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. H LT 17	MENSAJEROS DE LA PAZ	90
195	SEÑOR MILAGROSO	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. P1 LT. 47	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
196	SOCIEDAD DE MUJERES	SECTOR 2 GRUPO 21A MZ. L LT. 14	SANTA TERESITA	80
197	SOL NACIENTE	4ETAP. PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. L LT.3	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
198	SOLIDARIDAD	A.H.MIRADOR DE VILLA MZ J LT 8 FRENTE FRANJA MSRIATEGUI	SANTA ROSA DE LIMA	50
199	SOR ANA DE LOS ANGELES	SECTOR 2 GRUPO 4 LOCAL COMUNAL	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	70
200	SUSANA	ASOC. AIRES DE PACHACAMAC MZ. O LT. 10	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
201	TERESA DE JESUS	SECTOR 1 GRUPO 15 LOCAL COMUNAL	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	100
202	TRES ESTRELLAS	SECTOR 2 GRUPO 21 MZ. F LT. 10	TERESA DE JESUS	115

203	TRES MARIAS	A. H. JUAN PABLO II MZ.C LT. 20 (FRANJA MARIATEGUI)	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	90
204	VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE	A. H UNION DE VILLA NUEVO PARAISO MZ. F LT 11	CORAZON DE JESUS	100
205	VILLA DE SANTA ROSITA	A.H. VILLA DE LA PAZ MZ. C LT. 3 URB. PACH.	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
206	VIRGEN DE CHAPI	A.H VIRGEN DE LA CANDELARIA MZ. D LT. 10	MENSAJEROS DE LA PAZ	60
207	VIRGEN DE CHAPI	ASOC. FAM. AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 1 MZ. B LT. 27	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
208	VIRGEN DE CHAPI	SECTOR 2 GRUPO 11 MZ. I LT. 24	TERESA DE JESUS	80
209	VIRGEN DE CHAPI	SECTOR 1 GRUPO 18 MZ. H LT. 7	TERESA DE JESUS	60
210	VIRGEN DE COCHARCAS	AA. HH. PILAR NORRES DE GARCIA Mz.D Lt. 10 (FRANJA MARIATEGUI)	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	80
211	VIRGEN DE COCHARCAS	ASOC. CALIFORNIA MZ. A LT 17 II ETAPA	SANTA TERESITA	89
212	VIRGEN DE COPACABANA	SECTOR 7 GRUPO 1 MZ. F LT. 05	SANTA ROSA DE LIMA	80
213	VIRGEN DE FATIMA	SECTOR 6 GRUPO 7 MZ. C LT. 24	SEÑOR DE LOS MILAGROS	107
214	VIRGEN DE FATIMA	SOCIEDAD UNION DE COLONIZADORES MZ. D LOTE 07	SANTA TERESITA	80
215	VIRGEN DE FATIMA	SECTOR 1 GRUPO 7 MZ. B LT. 01	CORAZON DE JESUS	100
216	VIRGEN DE FATIMA	ASOC. VIV. CALIFORNIA III ETP. MZ L LT. 22	SANTA TERESITA	50
217	VIRGEN DE FATIMA	A.H. VICTOR CHERO RAMOS MZ. J LT. 17	MENSAJEROS DE LA PAZ	50
218	VIRGEN DE GUADALUPE	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. K LT. 18	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	50
219	VIRGEN DE GUADALUPE	SECTOR 1 GRUPO 7 MZ. P LT. 17	CORAZON DE JESUS	115
220	VIRGEN DE GUADALUPE	A.H.VILLA UNION MZ. A LT. 18	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
221	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 2 GRUPO 23A MZ. O LT. 13	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	115
222	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 6 GRUPO 4A MZ G LT. 19	CORAZON DE JESUS	50
223	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 1 GRUPO 25A PARQUE CENTRAL	SANTA TERESITA	80
224	VIRGEN DE LA VISITACION	SECTOR 6 GRUPO 11 MZ. I LT. 01	SEÑOR DE LOS MILAGROS	90
225	VIRGEN DE LAS MERCEDES	AMP. MAX UHLE MZ. A LT. 17	MENSAJEROS DE LA PAZ	80
226	VIRGEN DE LAS MERCEDES	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 1 MZ. F LT. 7	SEÑOR DE LOS MILAGROS	80
227	VIRGEN DE LOURDES	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. E LT. 21	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	100
228	VIRGEN DE LOURDES	SECTOR 6 GRUPO 8 MZ. L1 LT. 3	SANTA ROSA DE LIMA	70
229	VIRGEN DEL BUEN PASO	SECTOR 7 GRUPO 2 MZ. C LT. 24	SANTA ROSA DE LIMA	90
230	VIRGEN DEL BUEN PASO	SECTOR 8 MZ. L AV. LA PAZ Y PRINCIPE DE ASTURIAS	TERESA DE JESUS	80
231	VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACHAC. III ETAPA MZ. T LT. 44	MENSAJEROS DE LA PAZ	115
232	VIRGEN DEL CARMEN	A.H. OASIS DE VILLA GRUPO 3 MANZANA S LOTE 08	MENSAJEROS DE LA PAZ	80

233	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 1 GRUPO 19 MZ. E LT. 05	TERESA DE JESUS	80
234	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 3 GRUPO 29 MZ. C LT. 10	SANTA ROSA DE LIMA	60
235	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 9 GRUPO 1 MZ. N LT. 1	SANTA ROSA DE LIMA	90
236	VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. Q1 LT. 18	MENSAJEROS DE LA PAZ	100
237	VIRGEN DEL CARMEN	A.H.AIRES DE PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 4 PARQUE CENTRAL	MENSAJEROS DE LA PAZ	60
238	VIRGEN DEL PILAR	SECTOR 3 GRUPO 27A MZ. K LT. 03	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	70
239	VIRGEN DEL ROSARIO	CRISTO PACHACAMILLA GR. A MZ. A10 LT. 7	SEÑOR DE LOS MILAGROS	80
240	VIRGEN DEL ROSARIO DE YAUCAR	SECTOR 2 GRUPO 7 MZ. P LT. 14	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	100
241	VIRGEN INMACULADA	SECTOR 1 GRUPO 12 MZ. D LT. 12	CORAZON DE JESUS	50
242	YAVETH YIRETH	A.H. CHAVIN DE HUANTAR SECTOR 3 GRUPO 29 MZ. J LT. 16	SANTA ROSA DE LIMA	50



## ANEXO J: Cantidad de alimentos a transportar por comedor popular de VES.

Tabla J1: Cantidad de alimentos a transportar por comedor popular de VES.

Nº	COMEDOR	ARROZ SUP. MEJORADO (50 KG)	LENTEJA CAL. 2-SUP. (10KG)	FRIJOL CANARIO CAL. 2-SUP. (10KG)	PREZAS DE POLLO / POLLO ENT. (10 KG)	HUEVO DE GALLINA CAL. PRIM. (10 KG)	1L ACEITE VEGETAL (CAJAS DE 12 UND.)	1L ACEITE VEGETAL (UNID.)	DEMANDA TOTAL DEL COMEDOR EN KG
1	AMAR ES VIDA	7	3	1	3	2	2	1	465
2	AMIGO NIELS	5	2	1	2	1	1	5	327
3	AMISTAD	3	1	1	1	1	0	11	201
4	ANA FLOR	7	3	1	3	2	2	1	465
5	ANA HARVIS	6	3	1	2	2	1	10	402
6	ANA MARIA JAVOUHEY	6	3	1	2	2	1	10	402
7	ANA MOGAS	3	1	1	1	1	0	11	201
8	ANGELITO JOSE LUIS	3	1	1	1	1	0	11	201
9	AYLLU	5	2	1	2	1	1	5	327
10	BEATITA MELCHORITA	7	3	1	3	2	2	1	465
11	CASA DE LOS NIÑOS	3	1	1	1	1	0	11	201
12	CENTRO VICTORIA	3	1	1	1	1	0	11	201
13	COMUNAL 20	5	2	1	2	2	1	8	340
14	COMUNAL VICTORIA	5	2	1	2	1	1	5	327
15	COMUNIDAD CRISTIANA	4	1	1	2	1	1	2	264
16	COMUNITARIO	7	3	1	3	2	2	1	465
17	CORAZON DE JESUS	5	2	1	2	1	1	5	327
18	CORAZON DE JESUS	7	3	1	3	2	2	1	465
19	CRISTO EL SALVADOR	4	1	1	2	1	1	1	263
20	CRISTO EL SALVADOR	4	1	1	2	1	1	1	263
21	CRISTO SALVADOR	6	3	1	2	2	1	10	402
22	CRISTO SALVADOR	4	1	1	2	1	1	3	265
23	CRISTO SALVADOR	5	2	1	2	1	1	5	327
24	CRISTO VIENE	4	1	1	2	1	1	1	263

25	CRUZ DE MAYO	4	1	1	2	1	1	1	263
26	CRUZ DE MOTUPE	3	1	1	1	1	0	11	201
27	CRUZ DE MOTUPE	3	1	1	1	1	0	11	201
28	DAMAS ACTIVAS	4	1	1	2	1	1	1	263
29	DIVINO MAESTRO	6	3	1	2	2	1	10	402
30	DORITA Y HERMANO	5	2	1	2	1	1	7	329
31	EDILBERTO RAMOS	5	2	1	2	2	1	8	340
32	EDILBERTO RAMOS	4	1	1	2	1	1	3	265
33	EFATA CRIST. PARA LA EDUC. DE SORDOS	3	1	1	1	1	0	11	201
34	EL FAVORITO	6	3	1	2	2	1	10	402
35	EL MILAGRO	6	3	1	2	2	1	10	402
36	EL PARAISO	4	1	1	2	1	1	2	264
37	ESTRELLA LUMINOSA	5	2	1	2	1	1	6	328
38	EVA PERON	3	1	1	1	1	0	11	201
39	FLORA TRISTAN	5	2	1	2	2	1	8	340
40	FRATERNIDAD	4	1	1	2	1	1	3	265
41	FRATERNIDAD	3	1	1	1	1	0	11	201
42	HEROES DEL CENEPA	6	3	1	2	2	1	10	402
43	HORTENCIA PARDO	5	2	1	2	1	1	4	326
44	HUAYNA CAPAC	4	1	1	2	1	1	1	263
45	INFANTIL SANTA ROSA	7	3	1	3	2	2	0	464
46	INMACULADA CONCEPCION	7	3	1	3	2	2	1	465
47	INMACULADA CONCEPCION	7	3	1	3	2	2	1	465
48	INTI RAYMI	4	1	1	2	1	1	1	263
49	JERUSALEN	3	1	1	1	1	0	11	201
50	JESUS EL SALVADOR	3	1	1	1	1	0	11	201
51	JESUS EL SALVADOR	4	1	1	2	1	1	1	263
52	JESUS ES EL CAMINO	5	2	1	2	1	1	6	328
53	JOSE MARIA	7	3	1	3	2	2	0	464
54	JOSE OLAYA	6	3	1	2	2	1	10	402
55	JUAN PABLO II	4	1	1	2	1	1	1	263
56	JUANA ALARCO	3	1	1	1	1	0	11	201
57	KAWACHI	7	3	1	3	2	2	1	465
58	LA CRUZ	3	1	1	1	1	0	11	201

59	LA SAGRADA FAMILIA	7	3	1	3	2	2	1	465
60	LAS HERMANAS	5	2	1	2	1	1	5	327
61	LAS HERMANITAS	4	1	1	2	1	1	1	263
62	LAS LOMAS DE	5	2	1	2	1	1	5	327
63	LAS MERCEDES	7	3	1	3	2	2	1	465
64	LAS PERUANITAS	4	1	1	2	1	1	3	265
65	LLANAVILLA	3	1	1	1	1	0	11	201
66	LOS ANGELES	5	2	1	2	1	1	6	328
67	LOS MARTINCITOS	7	3	1	3	2	2	1	465
68	LUZ DE ESPERANZA	5	2	1	2	1	1	4	326
69	LUZ DEL MUNDO	5	2	1	2	1	1	5	327
70	MADRES UNIDAS	4	1	1	2	1	1	3	265
71	MADRES UNIDAS	4	1	1	2	1	1	3	265
72	MAMA OCLLO	7	3	1	3	2	2	1	465
73	MARANATA	5	2	1	2	1	1	4	326
74	MARIA AUXILIADORA	3	1	1	1	1	0	11	201
75	MARIA AUXILIADORA	5	2	1	2	2	1	8	340
76	MARIA AUXILIADORA	7	3	1	3	2	2	1	465
77	MARIA AUXILIADORA	5	2	1	2	1	1	5	327
78	MARIA DE LA PAZ	5	2	1	2	1	1	6	328
79	MARIA DEL PILAR	6	3	1	2	2	1	10	402
80	MARIA DEL PILAR	4	1	1	2	1	1	1	263
81	MARIA ELENA MOYANO	4	1	1	2	1	1	1	263
82	MARIA GRAÑA OTOÑE	4	1	1	2	1	1	3	265
83	MARIA MAGDALENA	5	2	1	2	2	1	8	340
84	MARIA MILAGROS	3	1	1	1	1	0	11	201
85	MARIA PARADO DE BELLIDO	7	3	1	3	2	2	1	465
86	MARIA PARADO DE BELLIDO	7	3	1	3	2	2	1	465
87	MARIA PARADO DE BELLIDO	5	2	1	2	2	1	8	340
88	MARIA TERESA DE CALCUTA	4	1	1	2	1	1	1	263
89	MARTHA LAURA	4	1	1	2	1	1	3	265
90	MARTHA MOYANO	4	1	1	2	1	1	1	263
91	MATEO 25	4	1	1	2	1	1	3	265
92	MATEO XXV LA ENCANTADA	4	1	1	2	1	1	1	263
93	MATSUE	5	2	1	2	1	1	5	327

94	MAX UHLE	3	1	1	1	1	0	11	201
95	MENSAJEROS DE LA PAZ	6	2	1	2	2	1	9	391
96	MICAELA BASTIDAS	5	2	1	2	1	1	5	327
97	MICAELA BASTIDAS	7	3	1	3	2	2	1	465
98	MICAELA BASTIDAS	4	1	1	2	1	1	1	263
99	MICAELA BASTIDAS	5	2	1	2	1	1	5	327
100	MICAELA BASTIDAS	5	2	1	2	2	1	8	340
101	MICAELA BASTIDAS	5	2	1	2	2	1	8	340
102	MICAELA BASTIDAS	5	2	1	2	1	1	5	327
103	MUJERES PROGRESISTAS	4	1	1	2	1	1	1	263
104	MUJERES PROGRESISTAS	5	2	1	2	1	1	5	327
105	NACION UNIDA	5	2	1	2	2	1	8	340
106	NSTRA SRA DEL PILAR	6	3	1	2	2	1	10	402
107	NSTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN	4	1	1	2	1	1	4	266
108	NSTRA SRA PEREGRINA	4	1	1	2	1	1	2	264
109	NSTRA SRA DE GUADALUPE	7	3	1	3	2	2	0	464
110	NSTRA SRA DE LA PAZ	4	1	1	2	1	1	3	265
111	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	5	2	1	2	1	1	5	327
112	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	7	3	1	3	2	2	1	465
113	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	7	3	1	3	2	2	1	465
114	NSTRA SRA DEL PILAR	7	3	1	3	2	2	0	464
115	NSTRA SRA DE FATIMA	6	3	1	2	2	1	10	402
116	NUUESTRO PORVENIR	7	3	1	3	2	2	1	465
117	NUUESTRO REDENTOR	7	3	1	3	2	2	1	465
118	OLLITA DE BARRO	4	1	1	2	1	1	3	265
119	PAN DE VIDA	4	1	1	2	1	1	1	263
120	PAN DIVINO	3	1	1	1	1	0	11	201
121	PERU ESPAÑA	5	2	1	2	1	1	6	328
122	PRINCIPE DE ASTURIAS "F"	5	2	1	2	1	1	5	327
123	PRINCIPE DE ASTURIAS GR D	5	2	1	2	1	1	5	327
124	REFECTORIO INFANTIL	5	2	1	2	1	1	4	326



125	ROSA DE AMERICA	5	2	1	2	2	1	8	340
126	ROSA DE LA ESPERANZA	7	3	1	3	2	2	1	465
127	ROSA MERINO	5	2	1	2	1	1	5	327
128	SAGRADA FAMILIA	3	1	1	1	1	0	11	201
129	SAGRADA FAMILIA	5	2	1	2	2	1	8	340
130	SAN FRANCISCO	7	3	1	3	2	2	1	465
131	SAN FRANCISCO DE ASIS	4	1	1	2	1	1	3	265
132	SAN JOSE	7	3	1	3	2	2	0	464
133	SAN JUAN TADEO	6	3	1	2	2	1	10	402
134	SAN MARTIN	5	2	1	2	2	1	8	340
135	SAN MARTIN DE PORRAS	5	2	1	2	1	1	5	327
136	SAN MARTIN DE PORRAS	7	3	1	3	2	2	1	465
137	SAN MARTIN DE PORRES	7	3	1	3	2	2	1	465
138	SAN MARTIN DE PORRES	5	2	1	2	1	1	5	327
139	SAN PEDRO Y JUAN PABLO	5	2	1	2	1	1	5	327
140	SANTA ANA	5	2	1	2	2	1	8	340
141	SANTA EMILIA	3	1	1	1	1	0	11	201
142	SANTA FE	4	1	1	2	1	1	3	265
143	SANTA INES	3	1	1	1	1	0	11	201
144	SANTA LUCIA	5	2	1	2	1	1	5	327
145	SANTA MARIA	4	1	1	2	1	1	3	265
146	SANTA MARIA	5	2	1	2	2	1	8	340
147	SANTA NELIDA	6	3	1	2	2	1	10	402
148	SANTA RAFAELA	5	2	1	2	1	1	5	327
149	SANTA RITA	5	2	1	2	1	1	5	327
150	SANTA ROSA	3	1	1	1	1	0	11	201
151	SANTA ROSA DE LIMA	3	1	1	1	1	0	11	201
152	SANTA ROSA DE LIMA	5	2	1	2	1	1	5	327
153	SANTA ROSA DE LIMA	5	2	1	2	2	1	8	340
154	SANTA ROSA DE LIMA	5	2	1	2	1	1	5	327
155	SANTA ROSA DE LIMA	4	1	1	2	1	1	4	266
156	SANTA ROSA DE LIMA	7	3	1	3	2	2	0	464
157	SANTA ROSA DE LIMA	4	1	1	2	1	1	1	263
158	SANTA ROSA DE LIMA	4	1	1	2	1	1	1	263
159	SANTA ROSA DE LIMA	4	1	1	2	1	1	3	265

160	SANTA ROSA DE LIMA	5	2	1	2	1	1	5	327
161	SANTA ROSA DE LIMA	6	3	1	2	2	1	10	402
162	SANTA ROSA DE LIMA	7	3	1	3	2	2	1	465
163	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	7	3	1	3	2	2	1	465
164	SANTA ROSITA	6	3	1	2	2	1	10	402
165	SANTA TERESITA	6	2	1	2	2	1	9	391
166	SANTA TERESITA	5	2	1	2	1	1	5	327
167	SANTA TERESITA DEL NIÑO JESUS	5	2	1	2	1	1	5	327
168	SANTA TERESITA NIÑO JESUS	5	2	1	2	1	1	5	327
169	SANTOS APOSTOLES	3	1	1	1	1	0	11	201
170	SARITA COLONIA	3	1	1	1	1	0	11	201
171	SARITA COLONIA	7	3	1	3	2	2	1	465
172	SARITA COLONIA	7	3	1	3	2	2	0	464
173	SARITA COLONIA	7	3	1	3	2	2	0	464
174	SARITA COLONIA	4	1	1	2	1	1	1	263
175	SARITA COLONIA	6	3	1	2	2	1	10	402
176	SR ASCENCION DE CACHUY	3	1	1	1	1	0	11	201
177	SR DE CACHUY	6	3	1	2	2	1	10	402
178	SR DE LA ASCENCION	4	1	1	2	1	1	2	264
179	SEÑOR DE LA JUSTICIA	3	1	1	1	1	0	11	201
180	SR DE LOS MILAGROS	7	3	1	3	2	2	1	465
181	SR DE LOS MILAGROS	6	3	1	2	2	1	11	403
182	SR DE LOS MILAGROS	6	2	1	2	2	1	9	391
183	SR DE LOS MILAGROS	4	1	1	2	1	1	3	265
184	SR DE LOS MILAGROS	6	3	1	2	2	1	10	402
185	SR DE LOS MILAGROS	6	3	1	2	2	1	10	402
186	SR DE LOS MILAGROS	6	3	1	2	2	1	10	402
187	SR DE LOS MILAGROS	6	3	1	2	2	1	10	402
188	SR DE LOS MILAGROS	5	2	1	2	2	1	8	340
189	SR DE LOS MILAGROS	4	1	1	2	1	1	3	265
190	SR DE LOS MILAGROS	5	2	1	2	2	1	8	340
191	SR DE LOS MILAGROS	4	1	1	2	1	1	3	265

192	SEÑOR DE LUREN	5	2	1	2	1	1	4	326
193	SEÑOR DE NAZARENO	5	2	1	2	1	1	5	327
194	SEÑOR MILAGROSO	5	2	1	2	2	1	8	340
195	SEÑOR MILAGROSO	7	3	1	3	2	2	1	465
196	SOCIEDAD DE MUJERES	5	2	1	2	1	1	5	327
197	SOL NACIENTE	3	1	1	1	1	0	11	201
198	SOLIDARIDAD	3	1	1	1	1	0	11	201
199	SOR ANA DE LOS ANGELES	4	1	1	2	1	1	3	265
200	SUSANA	5	2	1	2	1	1	5	327
201	TERESA DE JESUS	6	3	1	2	2	1	10	402
202	TRES ESTRELLAS	7	3	1	3	2	2	1	465
203	TRES MARIAS	5	2	1	2	2	1	8	340
204	VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE	6	3	1	2	2	1	10	402
205	VILLA DE SANTA ROSITA	6	3	1	2	2	1	10	402
206	VIRGEN DE CHAPI	5	2	1	2	1	1	5	327
207	VIRGEN DE CHAPI	4	1	1	2	1	1	1	263
208	VIRGEN DE CHAPI	4	1	1	2	1	1	1	263
209	VIRGEN DE CHAPI	6	3	1	2	2	1	10	402
210	VIRGEN DE COCHARCAS	5	2	1	2	2	1	7	339
211	VIRGEN DE COCHARCAS	5	2	1	2	1	1	5	327
212	VIRGEN DE COPACABANA	5	2	1	2	1	1	5	327
213	VIRGEN DE FATIMA	5	2	1	2	1	1	5	327
214	VIRGEN DE FATIMA	6	3	1	2	2	1	10	402
215	VIRGEN DE FATIMA	3	1	1	1	1	0	11	201
216	VIRGEN DE FATIMA	6	3	1	2	2	1	11	403
217	VIRGEN DE FATIMA	3	1	1	1	1	0	11	201
218	VIRGEN DE GUADALUPE	7	3	1	3	2	2	1	465
219	VIRGEN DE GUADALUPE	3	1	1	1	1	0	11	201
220	VIRGEN DE GUADALUPE	5	2	1	2	1	1	5	327
221	VIRGEN DE LA PUERTA	7	3	1	3	2	2	1	465
222	VIRGEN DE LA PUERTA	3	1	1	1	1	0	11	201
223	VIRGEN DE LA PUERTA	5	2	1	2	1	1	5	327
224	VIRGEN DE LA VISITACION	5	2	1	2	2	1	8	340
225	VIRGEN DE LAS MERCEDES	5	2	1	2	1	1	5	327

226	VIRGEN DE LAS MERCEDES	5	2	1	2	1	1	5	327
227	VIRGEN DE LOURDES	6	3	1	2	2	1	10	402
228	VIRGEN DE LOURDES	4	1	1	2	1	1	3	265
229	VIRGEN DEL BUEN PASO	5	2	1	2	1	1	5	327
230	VIRGEN DEL BUEN PASO	5	2	1	2	2	1	8	340
231	VIRGEN DEL CARMEN	7	3	1	3	2	2	1	465
232	VIRGEN DEL CARMEN	5	2	1	2	1	1	5	327
233	VIRGEN DEL CARMEN	5	2	1	2	1	1	5	327
234	VIRGEN DEL CARMEN	4	1	1	2	1	1	1	263
235	VIRGEN DEL CARMEN	5	2	1	2	2	1	8	340
236	VIRGEN DEL CARMEN	6	3	1	2	2	1	10	402
237	VIRGEN DEL CARMEN	4	1	1	2	1	1	1	263
238	VIRGEN DEL PILAR	4	1	1	2	1	1	3	265
239	VIRGEN DEL ROSARIO	5	2	1	2	1	1	5	327
240	VIRGEN DEL ROSARIO DE YAUCAR	6	3	1	2	2	1	10	402
241	VIRGEN INMACULADA	3	1	1	1	1	0	11	201
242	YAVETH YIRETH	3	1	1	1	1	0	11	201



Tabla J2: Cantidad de suministro a transportar por ruta y por centro de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	ARROZ SUPERIOR MEJORADO (SACOS 50 KG)	LENTEJA CALIDAD 2-SUPERIOR (SACOS DE 10KG)	FRIJOL CANARIO CALIDAD 2-SUPERIOR (SACOS DE 10KG)	PREZAS DE POLLO / POLLO ENTERO CONGELADO (PAQUETES DE 10 KG)	HUEVO DE GALLINA CALIDAD PRIMERA (PAQUETES DE 10 KG)	1L ACEITE VEGETAL (CAJAS DE 12 UND.)	1L ACEITE VEGETAL (UNID.)	KG SECOS	KG FRÍOS	KG TOTALES A TRANSPORTAR
1	CORAZON DE JESUS	105	42	21	42	30	21	126	6 558	420	6 978
	SANTA TERESITA	54	21	11	21	15	10	71	3 361	210	3 571
TOTAL RUTA 1		159	63	32	63	45	31	197	9 919	630	10 549
2	TERESA DE JESUS	159	64	30	65	44	35	141	9 891	650	10 541
	FAMILIA Nº 2	91	36	18	37	25	19	98	5 666	370	6 036
	SEÑOR DE LOS MILAGROS	136	54	27	55	39	28	156	8 492	550	9 042
TOTAL RUTA 2		386	154	75	157	108	82	395	24 049	1 570	25 619
3	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	172	68	34	70	48	36	179	10 711	700	11 411
TOTAL RUTA 3		172	68	34	70	48	36	179	10 711	700	11 411
4	SANTA ROSA DE LIMA	190	66	42	81	54	39	215	11 803	810	12 613
	MENSAJERO DE LA PAZ	295	117	59	118	85	59	351	18 419	1 180	19 599
TOTAL RUTA 4		485	183	101	199	139	98	566	30 222	1 990	32 212
TOTAL		1 202	468	242	489	340	247	1 337	74 901	4 890	79 791

# ANEXO K: Localización de comedores y centros de distribución candidatos de VES en el plano cartesiano.

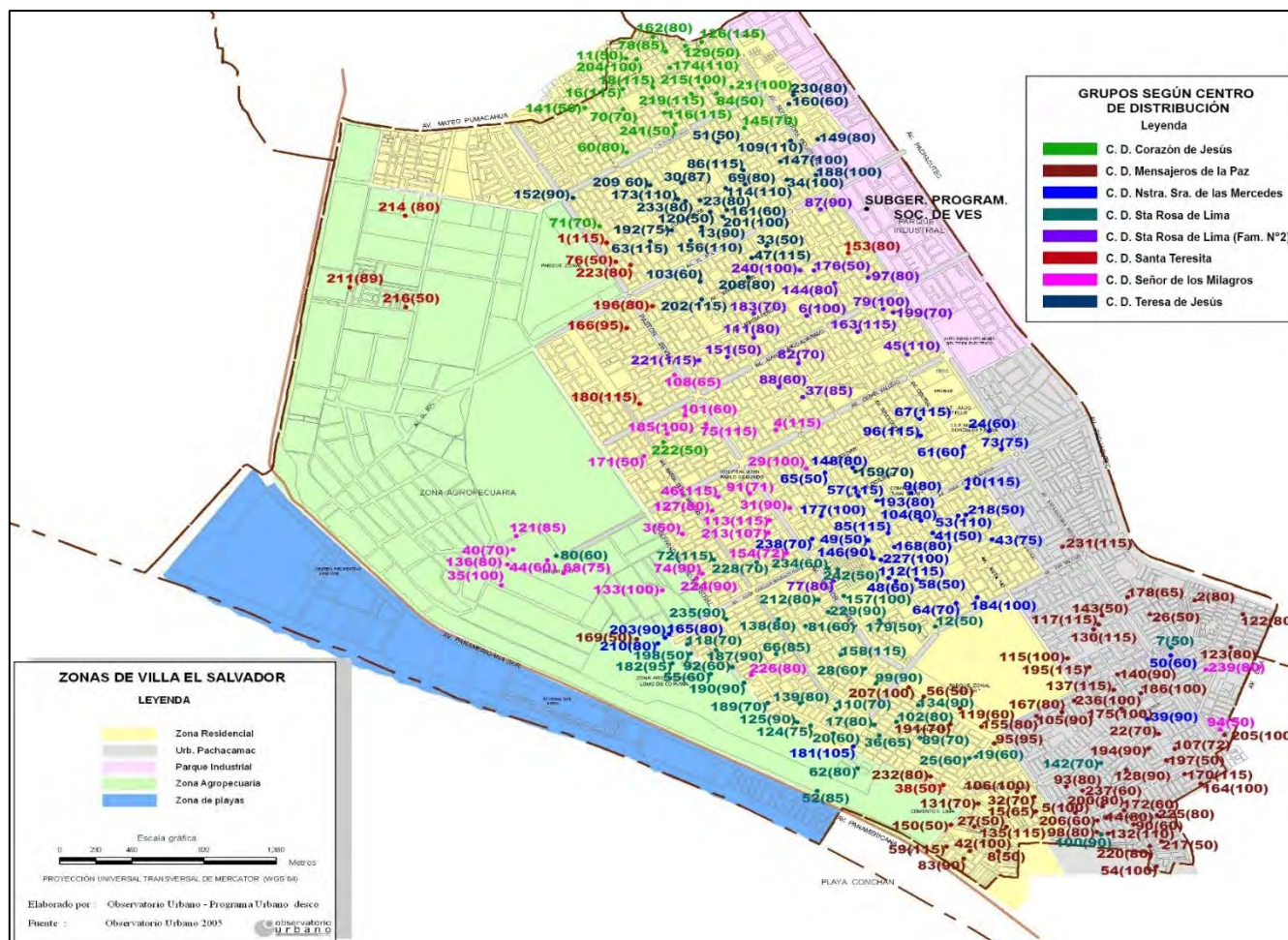


Figura K1: Ubicación de los comedores populares y su número de beneficiarios.

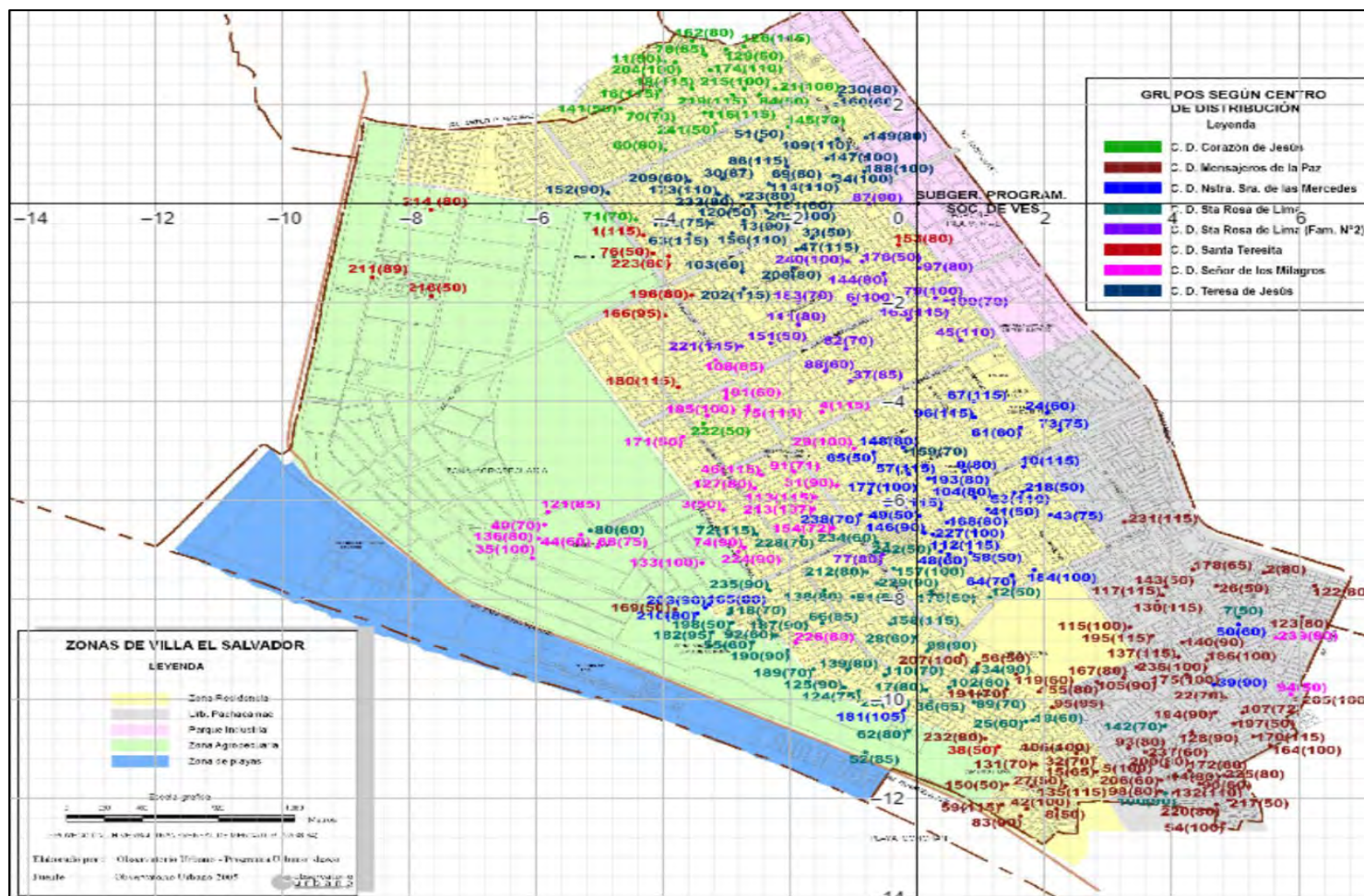


Figura K2: Ubicación de los comedores populares de VES en el plano cartesiano.

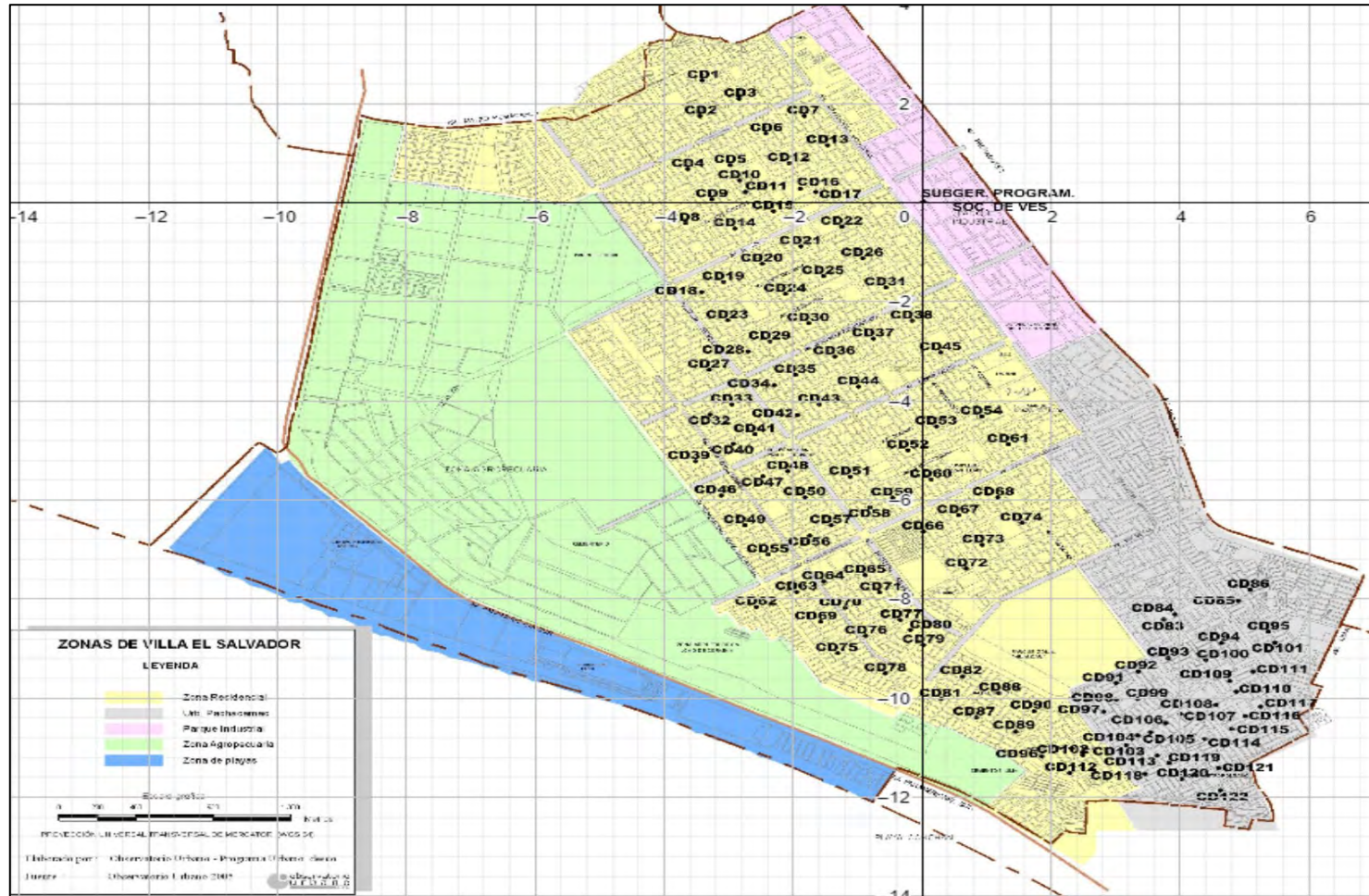


Figura K3: Ubicación de los centros de distribución candidatos de VES en el plano cartesiano.



Tabla K1: Coordenadas de los comedores populares de VES en el plano cartesiano.

N°	COMEDOR	DIRECCION	UBICACIÓN EJE X	UBICACIÓN EJE Y
1	AMAR ES VIDA	SECTOR 1 GRUPO 26 MZ. K LT. 02	-4,3070	-0,6415
2	AMIGO NIELS	IV ETAPA URB. PACHAC. MZ W LOTE 25 GRUPO G PARCELA 3C	5,4518	-7,4508
3	AMISTAD	SECTOR 6 GRUPO 9 MANZANA E LOTE 11	-3,0543	-6,1917
4	ANA FLOR	SECTOR 2 GRUPO 25 MZ. G LT. 01	-1,4964	-4,2035
5	ANA HARVIS	A. H. LOS AIRES DE PACHACAMAC SECTOR 2 BARRIO 4 MZ. H LT.20	3,4683	-11,4925
6	ANA MARIA JAVOUHEY	SECTOR 2 GRUPO 13 MZ. D LT. 5	-0,9860	-2,0332
7	ANA MOGAS	AH. VILLA DEL MAR MZ. A LT. 3 ( POR FOCALIZAR)	5,0540	-8,3577
8	ANGELITO JOSE LUIS	AA. HH. VALLE DE JESUS MZ. G LOTE 18	2,1887	-12,2260
9	AYLLU	SECTOR 3 GRUPO 15 MZ. D LT. 01	0,7423	-5,4042
10	BEATITA MELCHORITA	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. P LT. 05	1,6731	-5,3171
11	CASA DE LOS NIÑOS	A.H UNION DE VILLA SECTOR LAS PRADERAS MZ. I LT. 1	-3,9863	2,8729
12	CENTRO VICTORIA	PARQUE ZONAL HUASCAR AV. 200 MILLAS Y RUTA B	1,1470	-7,9511
13	COMUNAL 20	SECTOR 1 GRUPO 20 MZ. B LT. 19	-2,7344	-0,3364
14	COMUNAL VICTORIA	A. H. VIRGEN DE LA CANDELARIA MZ. C LT. 41	3,9770	-11,5973
15	COMUNIDAD CRISTIANA	A. H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 3 MZ. D' LT. 25	2,8140	-11,4700
16	COMUNITARIO	SECTOR 1 GRUPO 11 MZ. E LT. 21	-4,0427	2,2888
17	CORAZON DE JESUS	A.H. OASIS DE VILLA GRUPO 4 MZ. A LT 13	0,1326	-9,8207
18	CORAZON DE JESUS	SECTOR 1 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	-3,5438	2,3173
19	CRISTO EL SALVADOR	SECTOR 9 GRUPO 3 MZ. F LT. 13	1,8180	-10,4293
20	CRISTO EL SALVADOR	A.H. MIRADOR DE VILLA 200 MILLAS MZ. A - LT. 05	-0,5483	-9,9868
21	CRISTO SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	-2,2343	2,3255
22	CRISTO SALVADOR	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. M LT. 13	4,8511	-9,9941
23	CRISTO SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 14A LOCAL COMUNAL	-2,7644	0,1751
24	CRISTO VIENE	SECTOR 3 GRUPO 3 MZ. N LT. 20	2,0401	-4,2241
25	CRUZ DE MAYO	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. J LT. 01	1,7086	-10,4555
26	CRUZ DE MOTUPE	URB. PACHAC. SECTOR 1 BARRIO 1 MZ. H LT. 27	4,7039	-7,7182

27	CRUZ DE MOTUPE	A.H. IDA LOSIO MZ. F LOCAL COMUNAL	1,7893	-11,7633
28	DAMAS ACTIVAS	SECTOR 7 GRUPO 03-04 (PARRQ. NSTRA. SRA. DE LA PAZ)	-0,0226	-8,7497
29	DIVINO MAESTRO	SECTOR 3 GRUPO 25 MZ. G LT. 11	-0,9988	-4,9451
30	DORITA Y HERMANO	SECTOR 1 GRUPO 14 MZ. N LT. 01	-3,0637	0,5012
31	EDILBERTO RAMOS	SECTOR 3 GRUPO 28 MZ. K LT. 01	-1,2679	-5,6922
32	EDILBERTO RAMOS	A. H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 2 MZ. R LT. 27	2,7866	-11,1906
33	EFATA CRIST. PARA LA EDU. DE SORDOS	C.E. EFATA SECTOR 2 GRUPO 11 MZ.C LT.21	-1,6536	-0,6982
34	EL FAVORITO	SECTOR 1 GRUPO 5 MZ. L LT. 07	-1,3232	0,5568
35	EL MILAGRO	ASOC. PERCANACUY LAS VERTIENTES MZ. R LT 23	-6,0593	-7,1652
36	EL PARAISO	SECTOR 10 GRUPO 4 PARQUE CENTRAL	0,2176	-10,0224
37	ESTRELLA LUMINOSA	SECTOR 2 GRUPO 20 MZ. P LT. 16	-1,0549	-3,5806
38	EVA PERON	SECTOR 10 GRUPO 3A MZ. V LT. 8	1,2763	-10,9721
39	FLORA TRISTAN	4TA ETAPA PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. P LT. 28	4,6681	-9,7100
40	FRATERNIDAD	WASI WASI MZ. S LT. 18	-5,8648	-6,4853
41	FRATERNIDAD	SECTOR 3 GRUPO 16 MZ. K LT. 11	1,1038	-6,1691
42	HEROES DEL CENEPA	AA. HH. HEROES DEL CENEPA MANZANA G LT 10	1,7161	-12,2250
43	HORTENCIA PARDO	SECTOR 3 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	2,0861	-6,2913
44	HUAYNA CAPAC	ASOC. DE VIVIENDA VILLA TRINIDAD DEL SUR MZ. O LT. 04	-5,2929	-6,6872
45	INFANTIL SANTA ROSA	SECTOR 2 GRUPO 5 MZ. K LT. 03	0,6765	-2,7701
46	INMACULADA CONCEPCION	SECTOR 6 GRUPO 6 PARQUE CENTRAL	-2,4559	-5,4807
47	INMACULADA CONCEPCION	SECTOR 2 GRUPO 11 PARQUE CENTRAL	-1,9026	-0,9245
48	INTI RAYMI	SECTOR 3 GRUPO 23A MZ. B LT. 20	0,4913	-7,0832
49	JERUSALEN	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. A LT. 11	0,0332	-6,3082
50	JESUS EL SALVADOR	ASOC. CRISTO DE PACHACAMILLA MZ. A1 LT. 10	5,0546	-8,5036
51	JESUS EL SALVADOR	SECTOR 1 GRUPO 8 LOCAL PRONOI TOPICO SALUD	-2,4660	1,2730
52	JESUS ES EL CAMINO	ASOC. DE FAM SANTA ROSA DE VILLA KM.231/2 PAN. SUR MZ. H - LT. 01	-0,8156	-11,0828
53	JOSE MARIA	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. J LT. 24	1,5268	-5,8420
54	JOSE OLAYA	A.H. LOMAS DE MAMACONA MZ F, LOTE 12.	4,8114	-12,5216
55	JUAN PABLO II	A.H. COLLASUYO MZ. A LT. 21	-2,5830	-8,8507

56	JUANA ALARCO	AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 1 MANZANA E LOTE 05	0,9506	-9,2861
57	KAWACHI	SECTOR 3 GRUPO 21 MZ. N LT.16	-0,1359	-5,4597
58	LA CRUZ	SECTOR 3 GRUPO 23 MZ. K LT. 5	0,8314	-7,0551
59	LA SAGRADA FAMILIA	A.H VILLA LAS PALMERAS MANZANA C LOTE 09	1,3312	-12,1422
60	LAS HERMANAS	SECTOR 1 GRUPO 17 MZ. H LT. 19	-3,9783	1,0805
61	LAS HERMANITAS	SECTOR 3 GRUPO 3 Mz. I LOTE 13	1,6200	-4,5231
62	LAS LOMAS DE PACHACAMAC	ASOC. NUEVA VILLA LOCAL COMUNAL	-0,1440	-10,6479
63	LAS MERCEDES	SECTOR 1 GRUPO 25 MZ. P LT. 5	-3,5891	-0,6145
64	LAS PERUANITAS	SECTOR 3 GRUPO 24 MZ. D LT. 09	1,4905	-7,5051
65	LLANAVILLA	SECTOR 3 GRUPO 26 COSTADO DE CAPILLA VIRG DE GUADALUPE	-0,6862	-5,0199
66	LOS ANGELES	SECTOR 9 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	-1,4961	-8,4753
67	LOS MARTINCITOS	SECTOR 3 GRUPO 8 PARROQUIA OSCAR ROMERO	0,8880	-3,9946
68	LUZ DE ESPERANZA	ASOC. DE VIV. CASA HUERTA VILLA RICA Mz. D LOTE 13	-5,0265	-6,9335
69	LUZ DEL MUNDO	SECTOR 1 GRUPO 9 MZ E LT. 8	-2,0131	0,4741
70	MADRES UNIDAS	SECTOR 1 GRUPO 16 MZ. E LT. 04	-4,0401	1,9006
71	MADRES UNIDAS	SECTOR 1 GRUPO 26 MZ. N LT. 17	-4,4285	-0,3257
72	MAMA OCLLO	SECTOR 6 GRUPO 10 MZ. B LT. 5	-2,5294	-6,6777
73	MARANATA	SECTOR 3 GRUPO 3 MZ. A LT. 24	2,2444	-4,5787
74	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 6 GRUPO 11 MZ. J LT. 5	-2,7200	-6,9488
75	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 6 GRUPO 4 MZ. A LT. 1	-2,6618	-4,0957
76	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 1 GRUPO 25A - MZ. N LT. 04	-4,1594	-0,9992
77	MARIA AUXILIADORA	SECTOR 3 GRUPO 29A MZ. F LT. 4	-0,5510	-7,0808
78	MARIA DE LA PAZ	A.H VILLA VICTORIA MZ. A LT. 15	-3,3327	2,9985
79	MARIA DEL PILAR	SECTOR 2 GRUPO 4 MZ. O LT. 12	0,2826	-1,9040
80	MARIA DEL PILAR	ASOC VIV CORONEL LEONCIO PARDO MZ. A LT 13	-5,1465	-6,6052
81	MARIA ELENA MOYANO	SECTOR 7 GRUPO 2 MZ. N LT. 18	-1,0086	-7,9435
82	MARIA GRAÑA OTOÑE	SECTOR 2 GRUPO 19 MZ.B LT. 13	-1,1273	-2,9382
83	MARIA MAGDALENA	A.H HEROES DEL CENEPAMZ. D LOTE 05	1,6160	-12,3688
84	MARIA MILAGROS	SECTOR 1 GRUPO 2 MZ. J LT. 01	-2,4853	2,2043

85	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 3 GRUPO 22 MZ. O LT. 18	0,3631	-6,1736
86	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 1 GRUPO 9 PARQUE CENTRAL	-2,0413	0,7391
87	MARIA PARADO DE BELLIDO	SECTOR 2 GRUPO 1 MZ. P LT. 19	-0,7599	-0,0089
88	MARIA TERESA DE CALCUTA	SECTOR 2 GRUPO 19 MZ. K LT. 17	-1,4498	-3,3902
89	MARTHA LAURA	SECTOR 10 GRUPO 2 MZ. MLT. 23	0,8890	-10,0709
90	MARTHA MOYANO	A. H. MAX UHLE PARQUE CENTRAL N° 6	4,4378	-11,7180
91	MATEO 25	SECTOR 6 GRUPO 6A MZ. B LT. 13	-1,9352	-5,4187
92	MATEO XXV LA ENCANTADA	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 1 MZ J LT. 2 GR. 9	-2,2245	-8,7249
93	MATSUE	LOS AIRES DE PACH. MZ MLT. 14 BARRIO 4 SEC. 2 IV ETAPA URB-PACH.	3,3221	-10,9975
94	MAX UHLE	AA.HH. VILLA LA PAZ MZ. B LT. 12	5,8754	-9,9128
95	MENSAJEROS DE LA PAZ	A. H. EDILBERTO RAMOS MZ. B LT.25	2,1251	-10,1778
96	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 3 GRUPO 8 PARQUE CENTRAL	0,8981	-4,3175
97	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 2 GRUPO 3 PARQUE CENTRAL	0,0307	-1,3041
98	MICAELA BASTIDAS	A. H. 20 DE OCTUBRE MZ. B LT. 16	3,8290	-11,8636
99	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 7 GRUPO 4 MZ. G LT.09	0,1644	-9,0379
100	MICAELA BASTIDAS	AH 20 DE OCTUBRE MZ MZ. F LT. 2	3,9021	-11,9109
101	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 6 GRUPO 4 MZ. L LT.1	-3,0058	-3,9357
102	MICAELA BASTIDAS	SECTOR 10 GRUPO 1 MZ. J LT. 02	0,4987	-9,7644
103	MUJERES PROGRESISTAS	SECTOR 2 GRUPO 16 MZ. MLT. 15	-2,7589	-1,3859
104	MUJERES PROGRESISTAS	SECTOR 3 GRUPO 16 MZ. L LT.1	0,9058	-5,9312
105	NACION UNIDA	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. R LOTE 15	2,8247	-9,6581
106	NSTRA SRA DEL PILAR	A.H. EDILBERTO RAMOS GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	2,5003	-11,0979
107	NSTRA SRA VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 LOCAL COMUNAL	5,1181	-10,2836
108	NUESTRA SRA PEREGRINA	SECTOR 6 GRUPO 3A MZ. B LT. 15	-3,1837	-3,1552
109	NUESTRA SEÑORA DE GUADALUPE	SECTOR 1 GRUPO 4 MZ. B LT. 13	-1,2568	1,3045
110	NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	SECTOR 9 GRUPO 4 PARQUE CENTRAL	-0,5129	-9,5218
111	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 2 GRUPO 18 PARQUE CENTRAL	-1,8676	-2,4450
112	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 3 GRUPO 23A MZ. C LT. 05	0,3742	-7,0305
113	NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	SECTOR 6 GRUPO 7 MZ. P LT. 21	-1,6065	-5,9248

114	NUESTRA SEÑORA DEL PILAR	SECTOR 1 GRUPO 14 MZ. E LT. 14A	-2,3360	0,3977
115	NUESTRA SRA DE FATIMA	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. S' LT. 24	3,3391	-8,5578
116	NUESTRO PORVENIR	SECTOR 1 GRUPO 12 MZ. C LT. 18	-3,3531	1,8361
117	NUESTRO REDENTOR	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. U LT. 04	3,8571	-7,9132
118	OLLITA DE BARRO	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 2 MZ. T LT. 18	-2,9704	-8,2940
119	PAN DE VIDA	AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 2 MZ. D LOTE 23	1,5540	-9,5026
120	PAN DIVINO	SECTOR 1 GRUPO 15 MZ. N LT. 20	-2,5922	-0,0509
121	PERU ESPAÑA	ASOC. VIV. LOS MERCADERES CRISTO SALVADOR MZ.B LT. 8	-5,8084	-6,2293
122	PRINCIPE DE ASTURIAS "F"	A. H. PRINCIPE DE ASTURIAS GRUPO F PARQUE CENTRAL	6,2562	-7,7169
123	PRINCIPE DE ASTURIAS GR D	AA. HH. PRINCIPE DE ASTURIAS GRUPO D PARQUE CENTRAL	6,0481	-8,3443
124	REFECTORIO INFANTIL	SECTOR 9 GRUPO 6 MZ. C LT. 11	-0,9263	-9,8454
125	ROSA DE AMERICA	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. K LT. 11	-1,1484	-9,7760
126	ROSA DE LA ESPERANZA	SECTOR 1 GRUPO 1 MZ. R LT. 1	-2,7302	3,1803
127	ROSA MERINO	SECTOR 6 GRUPO 6 MZ. D LT 5	-2,5567	-5,7476
128	SAGRADA FAMILIA	A. H. QUEBRADA DEL NUEVO HORIZONTE MZ. B LT. 04 URB. PACH	4,3168	-10,6742
129	SAGRADA FAMILIA	A. H. VILLA VICTORIA MZ. I LT. 05	-3,0076	3,1093
130	SAN FRANCISCO	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. L LT. 06	3,7728	-8,0023
131	SAN FRANCISCO DE ASIS	A.H JARDINES DE PACHAC. MZ. B LT.20- LOCAL COMUNAL	1,8533	-11,3237
132	SAN JOSE	A.H AMP VIRGEN DE CANDELARIA CAPILLA V.C.	4,0131	-11,8946
133	SAN JUAN TADEO	ASOC. SR. DE CACHUY LOTE 17 (AGR. SILVER)	-3,3891	-7,2598
134	SAN MARTIN	SECTOR 10 GRUPO 1 MZ. D LT. 12	0,8628	-9,4555
135	SAN MARTIN DE PORRAS	A.H. LOS LAURELES MZ. B LT. 35	2,3275	-11,7651
136	SAN MARTIN DE PORRAS	ASOC, CESAR VALLEJO MZ. D LT 21	-5,9595	-6,7688
137	SAN MARTIN DE PORRES	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 1 MZ. R LT. 26	4,1093	-9,1549
138	SAN MARTIN DE PORRES	SECTOR 7 GRUPO 1A MZ. B LT. 05	-1,4644	-7,8200
139	SAN PEDRO Y JUAN PABLO	SECTOR 9 GRUPO 3 MZ. S LT. 21	-1,0987	-9,4133
140	SANTA ANA	URB. PACH. BARRIO 1 SECTOR 2 MZ E' LT 11	4,1693	-8,8610
141	SANTA EMILIA	SECTOR 1 GRUPO 16A MZ. K LT. 22	-4,6807	1,9279
142	SANTA FE	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 4 MZ. B1 LT. 14	3,8915	-10,5527

143	SANTA INES	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. N LT. 24	3,9122	-7,7383
144	SANTA LUCIA	SECTOR 2 GRUPO 8 MZ. A LT. 23	-0,5301	-1,4064
145	SANTA MARIA	SECTOR 1 GRUPO 3 MZ. J LT. 05	-2,0249	1,5408
146	SANTA MARIA	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. D LT. 02	0,1129	-6,6440
147	SANTA NELIDA	SECTOR 1 GRUPO 4 MZ. H LT. 21	-1,4265	0,9064
148	SANTA RAFAELA	SECTOR 3 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	-0,2271	-4,9266
149	SANTA RITA	SECTOR 8 Mz C Lt 11	-0,8065	1,3296
150	SANTA ROSA	A.H. IDA LOSIO MZ. ALT. 6	1,4056	-11,7266
151	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 2 GRUPO 23 PARQUE CENTRAL	-2,3074	-2,8193
152	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 23A MZ. N LT. 22	-4,8703	0,2155
153	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 2 GRUPO 2 PARQUE CENTRAL	-0,2988	-0,8337
154	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 6 GRUPO 8A MZ. P LT. 04	-1,3208	-6,5526
155	SANTA ROSA DE LIMA	AMPLI. OASIS GRUPO 3 MANZANA D LOTE 17	1,9105	-9,8546
156	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	-2,9148	-0,5956
157	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 3 GRUPO 30 MZ. A LT. 01	-0,3728	-7,3669
158	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 7 GRUPO 3 PARQUE CENTRAL	-0,4192	-8,4857
159	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 3 GRUPO 20 PARQUE CENTRAL	-0,1791	-4,9997
160	SANTA ROSA DE LIMA	AGRUP. DE FAM. HIJOS DE VILLA MZ. G LT. 18	-1,2829	2,0007
161	SANTA ROSA DE LIMA	SECTOR 1 GRUPO 15 MZ. P LT. 13	-2,3189	-0,0156
162	SANTA ROSA DE LIMA	A. H. VILLA VICTORIA (PASAJE 6) MZ. B LT. 11	-3,5462	3,2832
163	SANTA ROSA DE LIMA (FAMILIAR N°2)	SECTOR 2 GRUPO 9 PARQUE CENTRAL	-0,1411	-2,3363
164	SANTA ROSITA	AA.HH. BRISAS DE PACH. Mz F LOTE 11	5,5573	-10,9489
165	SANTA TERESITA	A.H. JUAN PABLO II MZ. C LT.18	-3,2731	-8,0924
166	SANTA TERESITA	SECTOR 6 GRUPO 1A PARQUE CENTRAL	-3,9758	-2,2635
167	SANTA TERESITA DEL NIÑO JESUS	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. W LT. 15	3,2482	-9,5787
168	SANTA TERESITA NIÑO JESUS	SECTOR 3 GRUPO 22 MZ. K LT. 05	0,4671	-6,4354
169	SANTOS APOSTOLES	ASOC. AGROP. LAS LOMAS ZONA AGROP. LOMO DE CORV. MZ. B LT . 13	-3,8116	-8,1874
170	SARITA COLONIA	A.H. BRISAS DE PACHAC. MZ K LT 27	5,2853	-10,7589
171	SARITA COLONIA	SECTOR 6 GRUPO 12 MZ. D LT. 7	-3,6929	-4,7083

172	SARITA COLONIA	AA.HH MAX UHLE - ANZANA U - LOTE 17	4,2804	-11,4528
173	SARITA COLONIA	SECTOR 1 GRUPO 19 MZ. C LT. 16	-3,1259	0,1911
174	SARITA COLONIA	SECTOR 1 GRUPO 6 MZ. E LT. 14	-3,2622	2,6911
175	SARITA COLONIA	A. H. NACIONES UNIDAS MZ. J LT. 09 IV ETAPA URB. PACHAC.	4,2305	-9,5145
176	SEÑOR ASCENCION DE CACHUY	SECTOR 2 GRUPO 7 PARQUE CENTRAL	-0,8717	-1,1670
177	SEÑOR DE CACHUY	SECTOR 3 GRUPO 27 MZ. N LT. 17	-0,7542	-5,8454
178	SEÑOR DE LA ASCENCION	A. H. BRISAS DE PACH. SECTOR 1 BARRIO 1 MANZANA L LOTE 30	4,3405	-7,3881
179	SEÑOR DE LA JUSTICIA	SECTOR 3 GRUPO 31 MZ. A LT. 2C	0,2165	-7,8330
180	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 6 GRUPO 3 Mz. G Lt. 13	-3,7642	-3,7090
181	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 10 GRUPO 4A MZ. Q LT. 3	-0,2202	-10,2341
182	SEÑOR DE LOS MILAGROS	A.H MIRAMAR DE OASIS MZ. C LT. 3	-3,2267	-8,6508
183	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 2 GRUPO 17 MZ. F LT. 05	-1,8654	-1,9897
184	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 3 GRUPO 18 MZ. K LT. 13	1,8413	-7,3951
185	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 6 GRUPO 4A PARQUE CENTRAL	-3,2991	-4,2847
186	SEÑOR DE LOS MILAGROS	IV ETAPA URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 1 MZ X LT 7	4,5571	-9,2170
187	SEÑOR DE LOS MILAGROS	AA. HH. LA ENCANTADA SECTOR 9 GRUPO 2 MZ I LT 4	-2,4950	-8,4001
188	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 1 GRUPO 5 MZ. E LT. 06	-0,8343	0,6524
189	SEÑOR DE LOS MILAGROS	SECTOR 9 GRUPO 3A MZ. E LT.19	-1,6353	-9,4078
190	SEÑOR DE LOS MILAGROS	AA. HH. SAN IGNASIO DE LOYOLA Mz. E LOTE 10	-2,0323	-9,0190
191	SEÑOR DE LOS MILAGROS	A.H. OASIS DE VILLA SECTOR 10 GRUPO 2 MZ. D LT. 24	1,3955	-9,8095
192	SEÑOR DE LUREN	SECTOR 1 GRUPO 20 MZ. N LT. 12	-3,2289	-0,3988
193	SEÑOR DE NAZARENO	SECTOR 3 GRUPO 21 LOCAL COMUNAL	0,1761	-5,5566
194	SEÑOR MILAGROSO	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. H LT 17	4,6911	-10,2712
195	SEÑOR MILAGROSO	URB. PACHAC. II ETAPA MZ. P1 LT. 47	3,7011	-8,7261
196	SOCIEDAD DE MUJERES	SECTOR 2 GRUPO 21A MZ. L LT. 14	-3,5534	-1,8494
197	SOL NACIENTE	4ETAP. PACH. SECTOR 2 BARRIO 2 MZ. L LT.3	4,9779	-10,4980
198	SOLIDARIDAD	A.H.MIRADOR DE VILLA MZ J LT 8 FRENTE FRANJA MSRIATEGUI	-2,9153	-8,4658
199	SOR ANA DE LOS ANGELES	SECTOR 2 GRUPO 4 LOCAL COMUNAL	0,4489	-1,9722
200	SUSANA	ASOC. AIRES DE PACHACAMAC MZ. O LT. 10	3,9212	-11,3773

201	TERESA DE JESUS	SECTOR 1 GRUPO 15 LOCAL COMUNAL	-2,3829	-0,1405
202	TRES ESTRELLAS	SECTOR 2 GRUPO 21 MZ. F LT. 10	-2,7323	-1,7190
203	TRES MARIAS	A. H. JUAN PABLO II MZ.C LT. 20 (FRANJA MARIATEGUI)	-3,3435	-8,1591
204	VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE	A. H UNION DE VILLA NUEVO PARAISO MZ. F LT 11	-3,8084	2,8492
205	VILLA DE SANTA ROSITA	A.H. VILLA DE LA PAZ MZ. C LT. 3 URB. PACH.	5,9501	-10,0118
206	VIRGEN DE CHAPI	A.H VIRGEN DE LA CANDELARIA MZ. D LT. 10	3,8379	-11,6426
207	VIRGEN DE CHAPI	ASOC. FAM. AMPL. OASIS DE VILLA GRUPO 1 MZ. B LT. 27	0,7021	-9,1094
208	VIRGEN DE CHAPI	SECTOR 2 GRUPO 11 MZ. I LT. 24	-1,9596	-1,2970
209	VIRGEN DE CHAPI	SECTOR 1 GRUPO 18 MZ. H LT. 7	-3,5881	0,4585
210	VIRGEN DE COCHARCAS	AA. HH. PILAR NORRES DE GARCIA Mz.D Lt. 10 (FRANJA MARIATEGUI)	-3,4603	-8,2732
211	VIRGEN DE COCHARCAS	ASOC. CALIFORNIA MZ. A LT 17 II ETAPA	-8,5757	-1,4899
212	VIRGEN DE COPACABANA	SECTOR 7 GRUPO 1 MZ. F LT. 05	-0,7979	-7,4405
213	VIRGEN DE FATIMA	SECTOR 6 GRUPO 7 MZ. C LT. 24	-1,6221	-6,1621
214	VIRGEN DE FATIMA	SOCIEDAD UNION DE COLONIZADORES MZ. D LOTE 07	-7,6509	-0,1272
215	VIRGEN DE FATIMA	SECTOR 1 GRUPO 7 MZ. B LT. 01	-2,7225	2,3167
216	VIRGEN DE FATIMA	ASOC. VIV. CALIFORNIA III ETP. MZ L LT. 22	-7,6461	-1,8655
217	VIRGEN DE FATIMA	A.H. VICTOR CHERO RAMOS MZ. J LT. 17	4,9007	-12,0444
218	VIRGEN DE GUADALUPE	SECTOR 3 GRUPO 10 MZ. K LT. 18	1,6525	-5,8225
219	VIRGEN DE GUADALUPE	SECTOR 1 GRUPO 7 MZ. P LT. 17	-2,9088	2,1970
220	VIRGEN DE GUADALUPE	A.H.VILLA UNION MZ. A LT. 18	4,7062	-12,1350
221	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 2 GRUPO 23A MZ. O LT. 13	-2,7762	-2,8819
222	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 6 GRUPO 4A MZ. G LT. 19	-3,3697	-4,4350
223	VIRGEN DE LA PUERTA	SECTOR 1 GRUPO 25A PARQUE CENTRAL	-3,9106	-1,0645
224	VIRGEN DE LA VISITACION	SECTOR 6 GRUPO 11 MZ. I LT. 01	-2,8175	-7,0290
225	VIRGEN DE LAS MERCEDES	AMP. MAX UHLE MZ. A LT. 17	4,8192	-11,5397
226	VIRGEN DE LAS MERCEDES	A.H. LA ENCANTADA GRUPO 1 MZ. F LT. 7	-1,9095	-8,8675
227	VIRGEN DE LOURDES	SECTOR 3 GRUPO 22A MZ. E LT. 21	0,2448	-6,6771
228	VIRGEN DE LOURDES	SECTOR 6 GRUPO 8 MZ. L1 LT. 3	-1,8246	-6,7206
229	VIRGEN DEL BUEN PASO	SECTOR 7 GRUPO 2 MZ. C LT. 24	-0,6330	-7,6792



230	VIRGEN DEL BUEN PASO	SECTOR 8 MZ. L AV. LA PAZ Y PRINCIPE DE ASTURIAS	-1,2119	2,1733
231	VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACHAC. III ETAPA MZ. T LT. 44	3,2610	-6,4286
232	VIRGEN DEL CARMEN	A.H. OASIS DE VILLA GRUPO 3 MANZANA S LOTE 08	1,0639	-10,8032
233	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 1 GRUPO 19 MZ. E LT. 05	-3,0021	0,1537
234	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 3 GRUPO 29 MZ. C LT.10	-0,6295	-6,8434
235	VIRGEN DEL CARMEN	SECTOR 9 GRUPO 1 MZ. N LT. 1	-2,3282	-7,8091
236	VIRGEN DEL CARMEN	URB. PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 3 MZ. Q1 LT. 18	3,4518	-9,3587
237	VIRGEN DEL CARMEN	A.H.AIRES DE PACHAC. SECTOR 2 BARRIO 4 PARQUE CENTRAL	3,5890	-11,0758
238	VIRGEN DEL PILAR	SECTOR 3 GRUPO 27A MZ. K LT. 03	-0,8979	-6,2850
239	VIRGEN DEL ROSARIO	CRISTO PACHACAMILLA GR. A MZ. A10 LT. 7	5,6340	-8,7714
240	VIRGEN DEL ROSARIO DE YAUCAR	SECTOR 2 GRUPO 7 MZ. P LT. 14	-1,1018	-1,1624
241	VIRGEN INMACULADA	SECTOR 1 GRUPO 12 MZ. D LT. 12	-3,1746	1,6159
242	YAVETH YIRETH	A.H. CHAVIN DE HUANTAR SECTOR 3 GRUPO 29 MZ. J LT. 16	-0,4746	-6,8611



Tabla K2: Coordenadas de las locaciones candidatas a centro de distribución de VES en el plano cartesiano.

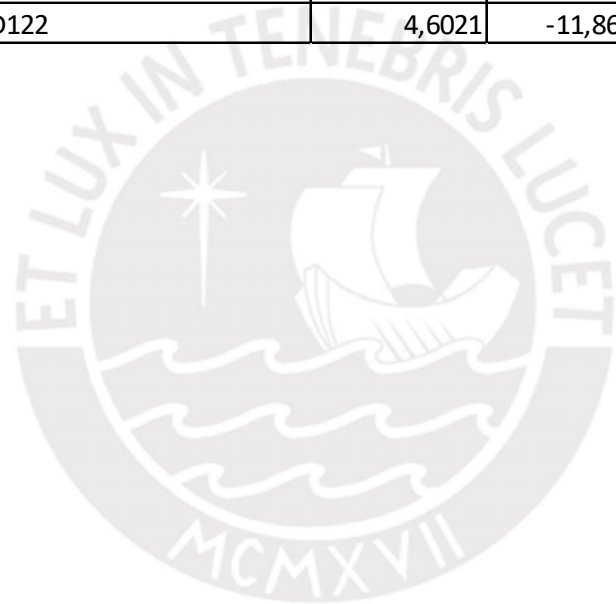
LOCACIÓN CANDIDATA A CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	UBICACIÓN EJE X	UBICACIÓN EJE Y
CD1	-3,4240	2,4455
CD2	-3,4619	1,7262
CD3	-2,8511	2,0767
CD4	-3,6434	0,6578
CD5	-2,9902	0,7399
CD6	-2,4386	1,3787
CD7	-1,8408	1,7271
CD8	-3,6816	-0,4306
CD9	-3,2771	0,0505
CD10	-2,8424	0,4281
CD11	-2,7502	0,1972
CD12	-2,0767	0,7782
CD13	-1,4785	1,1377
CD14	-2,9172	-0,5392
CD15	-2,3182	-0,1991
CD16	-1,9029	0,2607
CD17	-1,6624	0,1991
CD18	-3,4320	-1,8216
CD19	-3,0941	-1,6202
CD20	-2,4927	-1,2519
CD21	-1,8932	-0,8994
CD22	-1,2573	-0,5009
CD23	-3,0311	-2,3922
CD24	-2,1341	-1,8602
CD25	-1,5418	-1,4994
CD26	-0,9373	-1,1406

CD27	-3,3145	-3,3844
CD28	-2,7146	-3,0178
CD29	-2,3739	-2,8178
CD30	-1,7742	-2,4459
CD31	-0,5761	-1,7316
CD32	-3,3061	-4,2915
CD33	-2,9620	-4,0885
CD34	-2,3084	-3,7013
CD35	-1,9798	-3,4859
CD36	-1,3665	-3,1186
CD37	-0,7679	-2,7578
CD38	-0,1693	-2,4050
CD39	-3,5252	-5,2299
CD40	-2,9435	-4,8814
CD41	-2,6056	-4,6849
CD42	-1,9505	-4,2990
CD43	-1,6101	-4,0899
CD44	-0,9982	-3,7260
CD45	0,2712	-3,0386
CD46	-3,1262	-5,9220
CD47	-2,4824	-5,5375
CD48	-2,0994	-5,4310
CD49	-2,7607	-6,5218
CD50	-1,8264	-5,9601
CD51	-1,1281	-5,5476
CD52	-0,2328	-5,0089
CD53	0,2076	-4,5314
CD54	0,9078	-4,3233
CD55	-2,4014	-7,1042

CD56	-1,7569	-6,7360
CD57	-1,4278	-6,5207
CD58	-0,8260	-6,1605
CD59	-0,4764	-5,9653
CD60	0,1258	-5,6009
CD61	1,3233	-4,8849
CD62	-2,5858	-8,1719
CD63	-1,9595	-7,8682
CD64	-1,5447	-7,6567
CD65	-0,8975	-7,5252
CD66	0,0000	-6,6505
CD67	0,5497	-6,3205
CD68	1,1559	-5,9584
CD69	-1,5884	-8,4685
CD70	-1,2133	-8,1867
CD71	-0,6767	-7,8761
CD72	0,6636	-7,3940
CD73	0,9162	-6,9169
CD74	1,5346	-6,4732
CD75	-1,3227	-9,1003
CD76	-0,8910	-8,7504
CD77	-0,3533	-8,4262
CD78	-0,5853	-9,5089
CD79	0,0032	-8,9378
CD80	-0,1991	-8,6299
CD81	0,2792	-10,0239
CD82	0,6136	-9,5694
CD83	3,7275	-8,4202
CD84	3,9034	-8,3174

CD85	4,8817	-8,0383
CD86	5,0642	-7,8194
CD87	0,8235	-10,4014
CD88	1,1754	-9,8999
CD89	1,4324	-10,6883
CD90	1,7187	-10,2697
CD91	2,9873	-9,6995
CD92	3,3281	-9,4682
CD93	3,8000	-9,2000
CD94	4,6201	-8,8979
CD95	5,3500	-8,6682
CD96	1,8364	-11,1796
CD97	2,7974	-10,2837
CD98	2,9883	-10,2920
CD99	3,3221	-10,0259
CD100	4,3801	-9,2406
CD101	5,4990	-8,8883
CD102	2,4735	-11,1574
CD103	3,1459	-10,9488
CD104	3,3205	-10,7630
CD105	3,5247	-10,6943
CD106	3,7560	-10,5108
CD107	3,9851	-10,3252
CD108	4,5385	-10,1432
CD109	4,7494	-9,6627
CD110	4,8532	-9,8769
CD111	5,1086	-9,4701
CD112	2,2716	-11,5147
CD113	3,6263	-11,1690

CD114	4,3647	-10,8229
CD115	4,7786	-10,6297
CD116	4,9907	-10,3746
CD117	5,2283	-10,1788
CD118	3,4426	-11,5319
CD119	3,8097	-11,3129
CD120	4,0019	-11,6336
CD121	4,5723	-11,4121
CD122	4,6021	-11,8662



## ANEXO L: Diagrama de flujo del proceso de solución del problema.

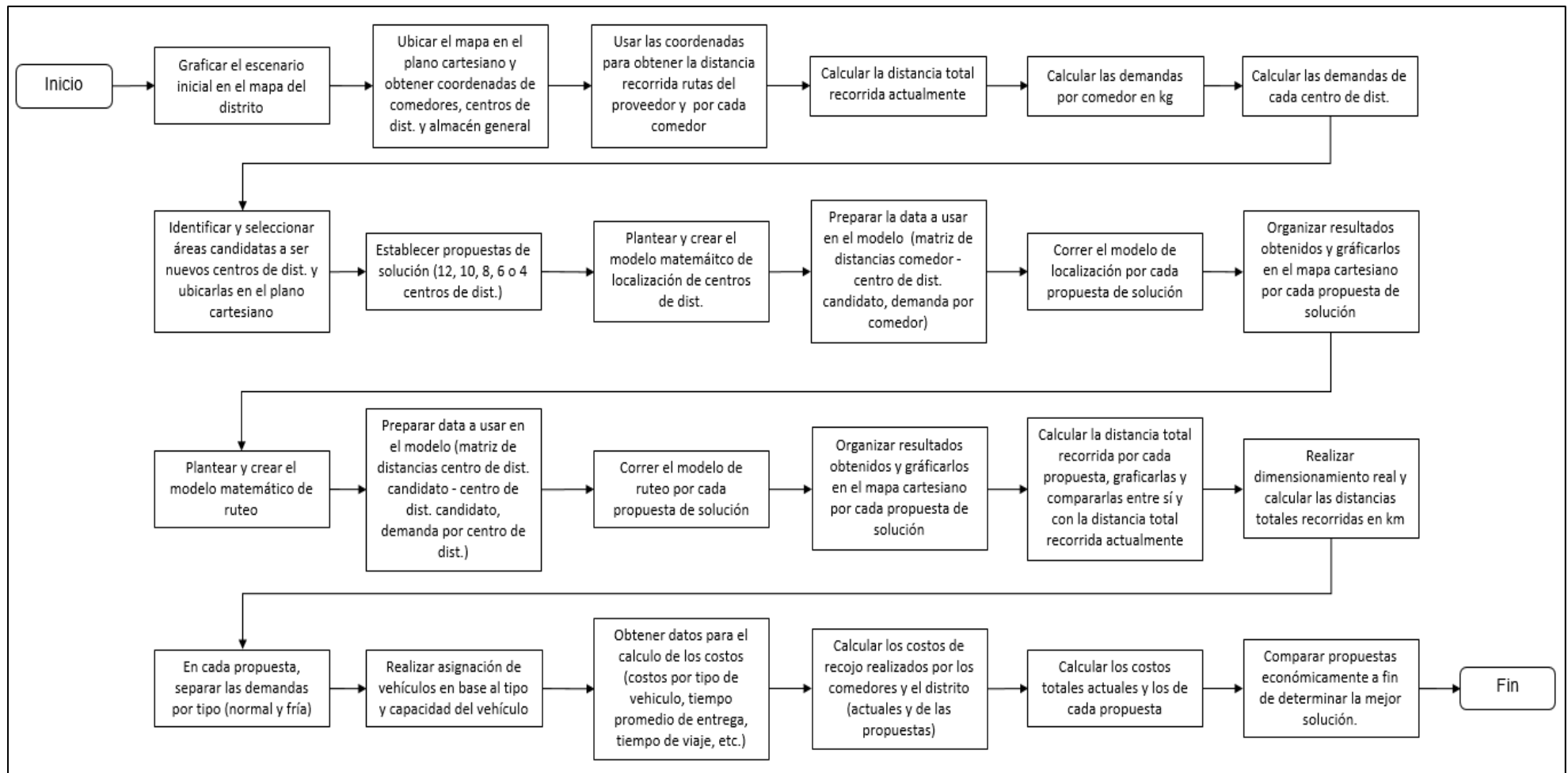


Figura L1: Diagrama de flujo del proceso de solución del problema.

## ANEXO M: Programación de los modelos matemáticos en el software AMPLIDE y resultados con solver CPLEX 20.1.

```
*MODELO 6CD.mod
set CENTRO_DISTR;
set COMEDOR;
set DISTANCIA_CMCD within {COMEDOR,CENTRO_DISTR};

param DEMANDA {COMEDOR};
param COSTO_ASIG {DISTANCIA_CMCD} >= 0;
param COSTO_ENV {CENTRO_DISTR} >= 0;

var Y {DISTANCIA_CMCD} binary;
var Z {CENTRO_DISTR} binary;
var X {CENTRO_DISTR} integer;

minimize Costo_total: sum {j in CENTRO_DISTR} COSTO_ENV[j]*Z[j] + sum {(i,j) in DISTANCIA_CMCD} COSTO_ASIG[i,j]*Y[i,j];

subject to Restriccion1: sum {j in CENTRO_DISTR} Z[j] = 6;

subject to Restriccion2 {j in CENTRO_DISTR}: X[j] = sum {i in COMEDOR} DEMANDA[i]*Y[i,j];

subject to Restriccion3 {i in COMEDOR}: sum {j in CENTRO_DISTR} Y[i,j] = 1;

subject to Restriccion4 {i in COMEDOR, j in CENTRO_DISTR}: Y[i,j] <= Z[j];
```

Figura M1: Fase 1 - Código de localización y asignación de nuevos centros de distribución usado en el programa AMPLIDE.

```
Console
AMPL
ampl: model 'D:\ANDRÉS SAFRA\Cosas de la Universidad\2021 - II\PROGRAMACIÓN AMPLIDE TESIS 2\MODELO 6CD.mod';
ampl: data 'D:\ANDRÉS SAFRA\Cosas de la Universidad\2021 - II\PROGRAMACIÓN AMPLIDE TESIS 2\MODELO CD 1.dat';
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 20.1.0.0: optimal integer solution; objective 425.3848
5469 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display sum {j in CENTRO_DISTR} COSTO_ENV[j]*Z[j];
sum{j in CENTRO_DISTR} COSTO_ENV[j]*Z[j] = 41.4917

ampl: display sum {(i,j) in DISTANCIA_CMCD} COSTO_ASIG[i,j]*Y[i,j];
sum{(i,j) in DISTANCIA_CMCD} COSTO_ASIG[i,j]*Y[i,j] = 383.893
```

Figura M2: Fase 1 – Solución con solver CPLEX 20.1.



```

*MODELO RUTEO.mod
set CENTRO_DISTR;
set DISTANCIA_CDGD within {CENTRO_DISTR,CENTRO_DISTR};

param DEMANDA {CENTRO_DISTR} >= 0;
param DISTANCIA {DISTANCIA_CDGD} >= 0;
param CAPACIDAD;

var Y {CENTRO_DISTR} integer;
var X {DISTANCIA_CDGD} binary;

minimize Distancia_total: sum {(i,j) in DISTANCIA_CDGD} DISTANCIA[i,j]*X[i,j];

subject to Restriccion1 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}: X[k,k] = 0;

subject to Restriccion2 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}:
sum {i in CENTRO_DISTR: i <> k and (i = 'ALM' or DEMANDA[i] + DEMANDA[k] <= CAPACIDAD)} X[i,k] = 1;

subject to Restriccion3 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}:
sum {j in CENTRO_DISTR: j <> k and (j = 'ALM' or DEMANDA[j] + DEMANDA[k] <= CAPACIDAD)} X[k,j] = 1;

subject to Restriccion4 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}: DEMANDA[k] <= Y[k];

subject to Restriccion5 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}: Y[k] <= CAPACIDAD;

subject to Restriccion6 {k in CENTRO_DISTR, i in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM' and i <> k and i <> 'ALM'}:
Y[k] >= Y[i] + DEMANDA [k] - CAPACIDAD + CAPACIDAD*(X[k,i] + X[i,k]) - (DEMANDA[k] + DEMANDA[i])*X[k,i];

subject to Restriccion7 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}: Y[k] <= CAPACIDAD - (CAPACIDAD - DEMANDA[k])*X['ALM',k];

subject to Restriccion8 {k in CENTRO_DISTR: k <> 'ALM'}: Y[k] >= DEMANDA[k] +
sum {i in CENTRO_DISTR: i <> 'ALM'} DEMANDA[i]*X[i,k];

```

Figura M3: Fase 2 - Código de ruteo usado en el programa AMPLIDE.

```

Console
AMPL
ampl: model 'D:\ANDRÉS SAFRA\Cosas de la Universidad\2021 - II\PROGRAMACIÓN AMPLIDE TESIS 2\MODELO RUTEO.mod';
ampl: data 'D:\ANDRÉS SAFRA\Cosas de la Universidad\2021 - II\PROGRAMACIÓN AMPLIDE TESIS 2\MODELO RUTEO 6CD.dat';
ampl: option solver cplex;
ampl: solve;
CPLEX 20.1.0.0: optimal integer solution; objective 51.6791
42 MIP simplex iterations
0 branch-and-bound nodes
ampl: display Distancia_total;
Distancia_total = 51.6791

```

Figura M4: Fase 2 – Solución con solver CPLEX 20.1.

## ANEXO N: Explicación gráfica de la Fase 1 – Modelo de localización y asignación de nuevos centros de distribución.

Teniendo en cuenta que:

- COMEDOR: Conjunto de los 242 comedores ubicados en el distrito, tal que:  $COMEDOR = \{1,2, \dots, 242\}$ ,  $i \in COMEDOR$ . Cuya representación gráfica es:



Figura N1: Representación gráfica del comedor.

- CENTRO\_DISTR: Conjunto de las 122 localizaciones candidatas a ser centros de distribución, tal que:  $CENTRO\_DISTR = \{1,2, \dots, 122\}$ ,  $j \in CENTRO\_DISTR$ . Cuya representación gráfica es:



Figura N2: Representación gráfica de la locación candidata a centro de distribución.

- $COSTO\_ENV_j$ : Costo de enviar los alimentos desde el almacén general hasta la locación candidata  $j$ .
- $COSTO\_ASIG_{ij}$ : Costo de asignar el comedor  $i$  al centro de distribución  $j$ .
- $DEMANDA_i$ : Demanda total (en kg) de alimentos del comedor  $i$ .
- $X_j$ : Valor acumulado de las demandas en el centro de distribución  $j$ .
- $Z_j$ : Indicador que sirve para contabilizar e identificar las localizaciones escogidas como centros de distribución.
- $Y_{ij}$ : Variable de decisión. Será 1, si se asigna el comedor  $i$  a la localización candidata  $j$ ; 0, en otro caso.

Cada vez que se asigne un COMEDOR<sub>i</sub> (a partir de ahora CM<sub>i</sub>) a un CENTRO\_DISTR<sub>j</sub> (a partir de ahora CD<sub>j</sub>); la variable de decisión Y<sub>ij</sub> y el indicador Z<sub>j</sub> tomarán el valor de 1. Gráficamente:

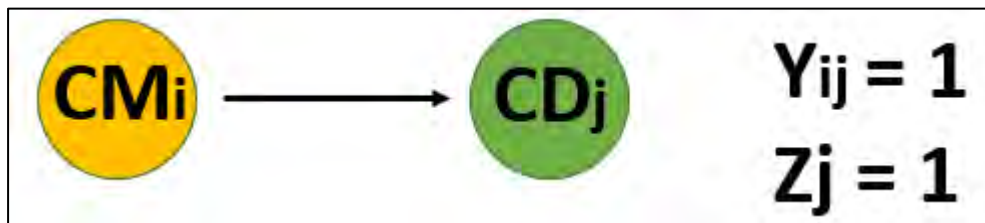


Figura N3: Representación gráfica de la asignación de un comedor a un centro de distribución.

Siendo la función objetivo:

$$\text{Min} \sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} \text{COSTO\_ENV}_j Z_j + \sum_{\substack{i \in \text{COMEDOR} \\ j \in \text{CENTRO\_DISTR}}} \text{COSTO\_ASIG}_{ij} Y_{ij}$$

La función objetivo busca reducir la sumatoria del costo de envío y el costo de asignación. Dado que el CM<sub>i</sub> posee un COSTO\_ASIG<sub>ij</sub>, y el CD<sub>j</sub> tiene un COSTO\_ENV<sub>j</sub>; cuando se asigne el CM<sub>i</sub> al CD<sub>j</sub> la función objetivo aumentará su valor tomando en cuenta el COSTO\_ASIG<sub>ij</sub>, y COSTO\_ENV<sub>j</sub>. Gráficamente:

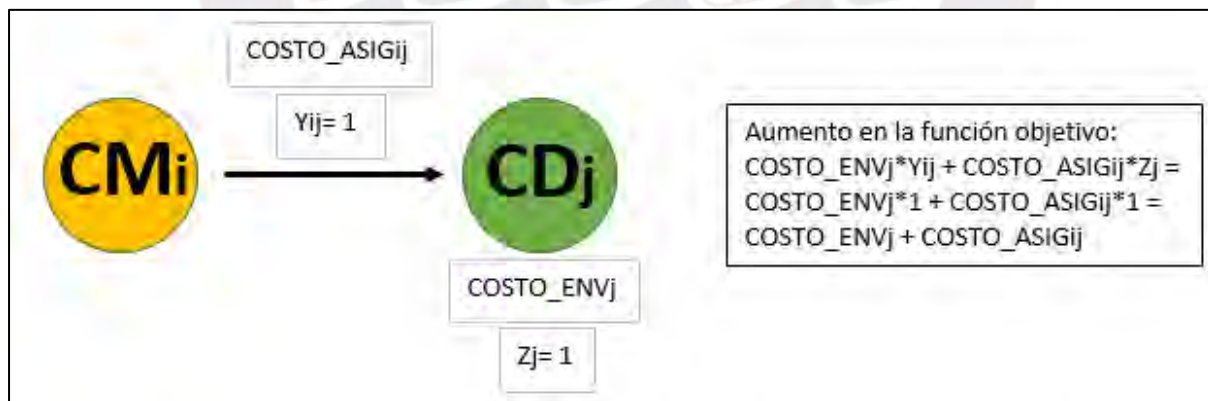


Figura N4: Representación gráfica del impacto de la asignación en la función objetivo.

Sean las restricciones 16.1 y 16.4 las siguientes:

$$\sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} Z_j = \text{Núm. CD} \quad \text{Núm. CD} \in \{4, 6, 8, 12\} \quad (16.1)$$

$$Y_{ij} \leq Z_j \quad \forall i \in \text{COMEDOR}, \quad j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.4)$$

La restricción 16.4 establece que  $Z_j$  tome el valor de 1 si existe al menos un  $Y_{ij}$  que tenga el valor de 1. Esto quiere decir que, si se escoge un  $CD_j$  como centro de distribución, entonces  $Z_j$  tomará el valor de 1. Teniendo esto en cuenta, la restricción 16.1 hace que la sumatoria de todos los  $CD_j$  que tengan comedores asignados sea igual al número de centro de distribución establecido. Asumiendo que se quiera tener solo 2 centros de distribución y que estos serán  $CD_j$  y  $CD_{j'}$ , solamente  $Z_j$  y  $Z_{j'}$  tendrían el valor de 1, haciendo que la sumatoria de todos los  $Z$  sea igual a 2. Se podría graficar de la siguiente manera:

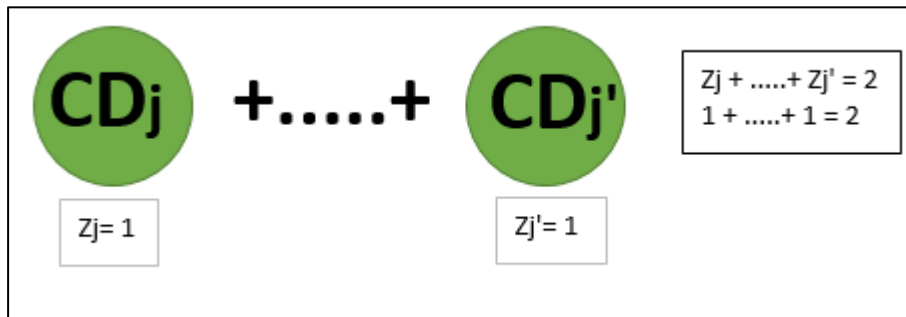


Figura N5: Representación gráfica de la restricción 16.1.

Sea la restricción 16.2:

$$X_j = \sum_{i \in \text{COMEDOR}} \text{DEMANDA}_i Y_{ij} \quad \forall j \in \text{CENTRO\_DISTR} \quad (16.2)$$

La restricción 16.2 indica que  $X_j$  ira aumentando su valor cada vez que se le asigne un CM a un CD. Asumiendo que  $CM_i$ ,  $CM_{i'}$  y  $CM_{i''}$  estén asignados al  $CD_j$ , entonces la demanda acumulada en  $CD_j$  (en este caso el valor de  $X_j$ ) será igual a la sumatoria de las demandas de los CM asignados. Gráficamente:

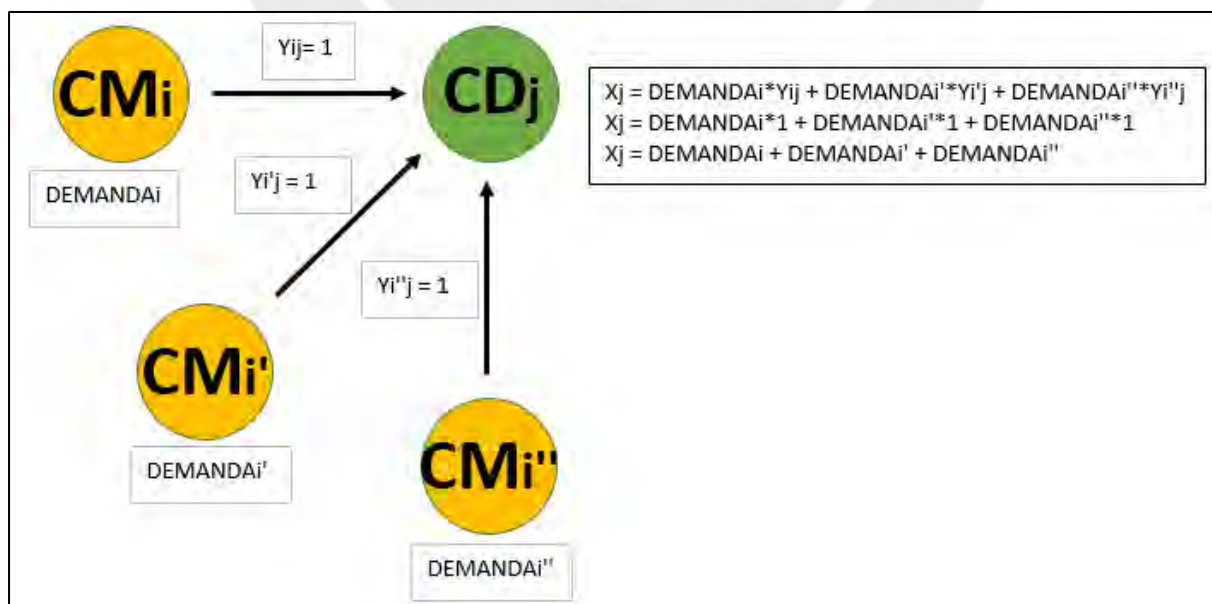


Figura N6: Representación gráfica de la restricción 16.2.

Finalmente, sea la restricción 16.3:

$$\sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in \text{COMEDOR} \quad (16.3)$$

Esta asegura que solo se le asigne un centro de distribución a cada comedor. Esto debido a que la sumatoria de todos los CD asignados al CMi deberán ser 1. De manera gráfica:

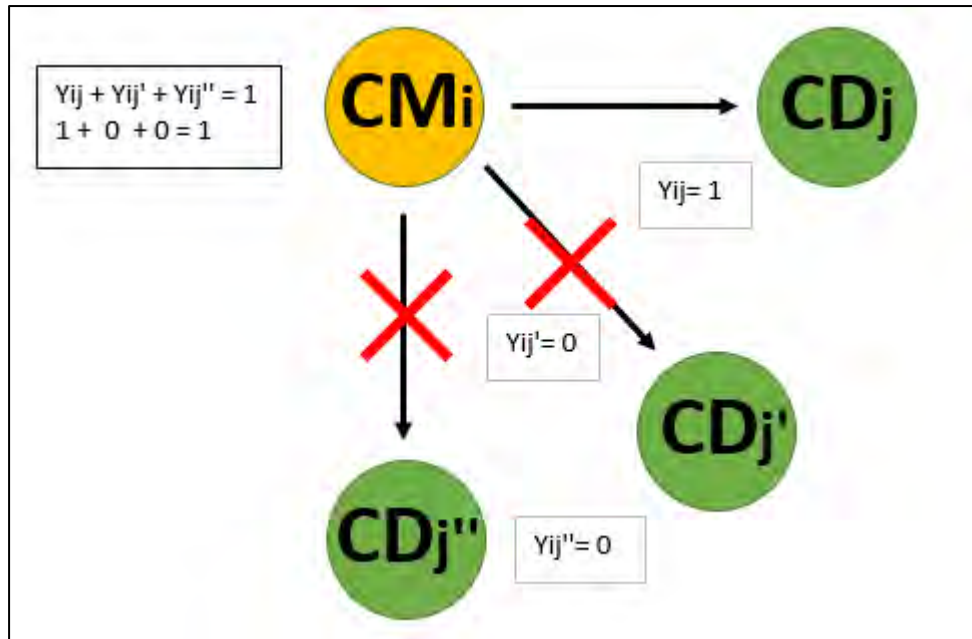


Figura N7: Representación gráfica de la restricción 16.3.

## ANEXO O: Explicación gráfica de la Fase 2 – Diseño de rutas.

Teniendo en cuenta que:

- CENTRO\_DISTR: Conjunto de centros de distribución incluyendo el almacén general (0), tal que:  $CENTRO\_DISTR = \{0, 1, \dots, \text{Núm.CD}\}$ ,  $(i, j) \in CENTRO\_DISTR$ . Para este modelo  $k$  actúa como un nodo intermedio, tal que  $k \in CENTRO\_DISTR - \{0\}$ . Cuyas representaciones gráficas serían:



Figura O1: Representación gráfica de los centros de distribución.

- DISTANCIA<sub>ij</sub>: Distancia a viajar desde el punto  $i$  al punto  $j$ .
- CAPACIDAD: Capacidad de carga de la ruta, para este caso se tomó el valor de la mayor cantidad transportada actualmente, lo cual es igual a 32 212 kg.
- DEMANDA<sub>k</sub>: Demanda total (en kg) del centro de distribución  $k$ .
- Núm.CD: Número de centros de distribución definidos en la fase 1.
- $Y_k$ : Demanda acumulada al añadir el centro de distribución  $k$  a la ruta.
- $X_{ij}$ : Variable de decisión. Será 1, si se viaja del centro de distribución  $i$  al centro de distribución  $j$ ; 0, en otro caso.

Cada vez que se viaje de un CENTRO\_DISTR <sub>$i$</sub>  (a partir de ahora  $CD_i$ ) a un CENTRO\_DISTR <sub>$j$</sub>  (a partir de ahora  $CD_j$ ); la variable de decisión  $X_{ij}$  tomará el valor de 1. Gráficamente:

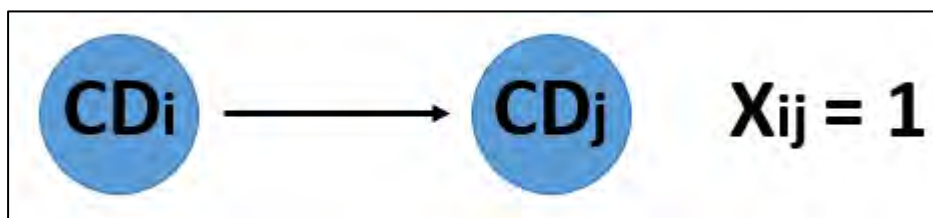


Figura O2: Representación gráfica del viaje de un centro de distribución a otro.

Sea la función objetivo:

$$\text{Min} \sum_{i,j \in \text{CENTRO\_DISTR}} \text{DISTANCIA}_{ij} X_{ij}$$

La función objetivo busca reducir la distancia total de la ruta de entrega. Dado que de CD<sub>i</sub> hasta CD<sub>j</sub> existe una DISTANCIA<sub>ij</sub>; cuando se decida usar viajar de CD<sub>i</sub> al CD<sub>j</sub> la función objetivo aumentará su valor tomando en COSTO\_ASIG<sub>ij</sub>, y COSTO\_ENV<sub>j</sub>. Gráficamente:

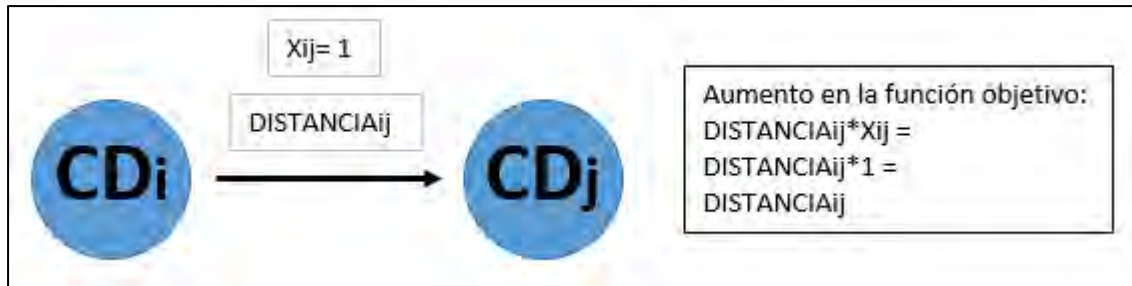


Figura O3: Representación gráfica del impacto del viaje en la función objetivo.

Sea la restricción 17.1:

$$X_{kk} = 0 \quad \forall k \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\} \quad (17.1)$$

La restricción 17.1 establece que el valor de la variable de decisión  $X_{kk}$  siempre será igual a cero, por lo tanto, el nodo intermedio  $k$  (a partir de ahora CD<sub>k</sub>) no puede visitarse a sí mismo. Gráficamente:

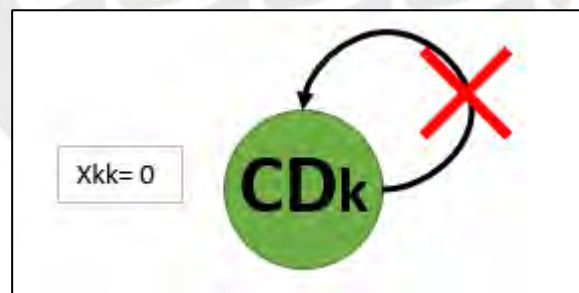


Figura O4: Representación gráfica de la restricción 17.1.

Sean las restricciones 17.2 y 17.3:

$$\sum_{i \in \text{CENTRO\_DISTR}} X_{ik} = 1 \quad \forall i \neq k; k \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\};$$

$$\text{DEMANDA}_i + \text{DEMANDA}_k \leq \text{CAPACIDAD} \quad (17.2)$$

$$\sum_{j \in \text{CENTRO\_DISTR}} X_{kj} = 1$$

$$\forall j \neq k; k \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\};$$

$$\text{DEMANDA}_k + \text{DEMANDA}_j \leq \text{CAPACIDAD} \quad (17.3)$$

La restricción 17.2 establece que solo se pueda visitar el CDk una vez. Esto debido a que la sumatoria de todos los CD que lleguen a CDk deberá ser 1. Adicionalmente, para que se pueda dar el viaje desde CDi hasta CDk, la sumatoria de la DEMANDA<sub>i</sub> y la DEMANDA<sub>k</sub> no deberán exceder la CAPACIDAD de la ruta. La restricción 17.3 funciona de manera análoga a la restricción. De manera gráfica:

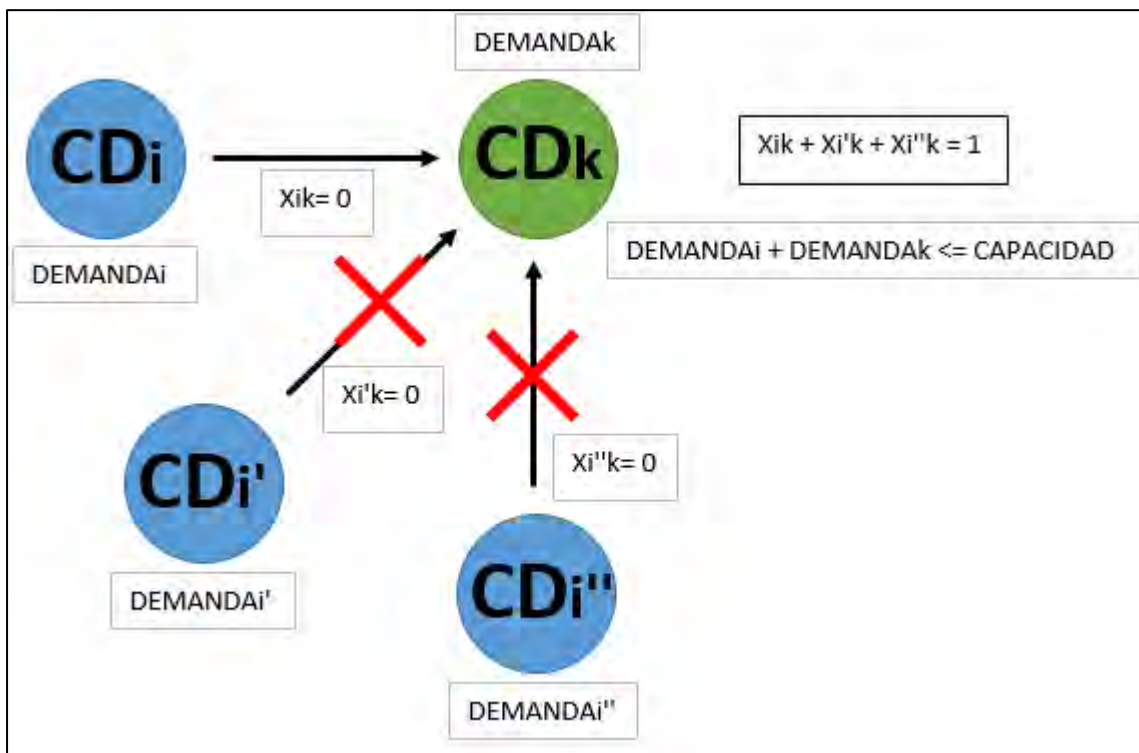


Figura O5: Representación gráfica de la restricción 17.2.



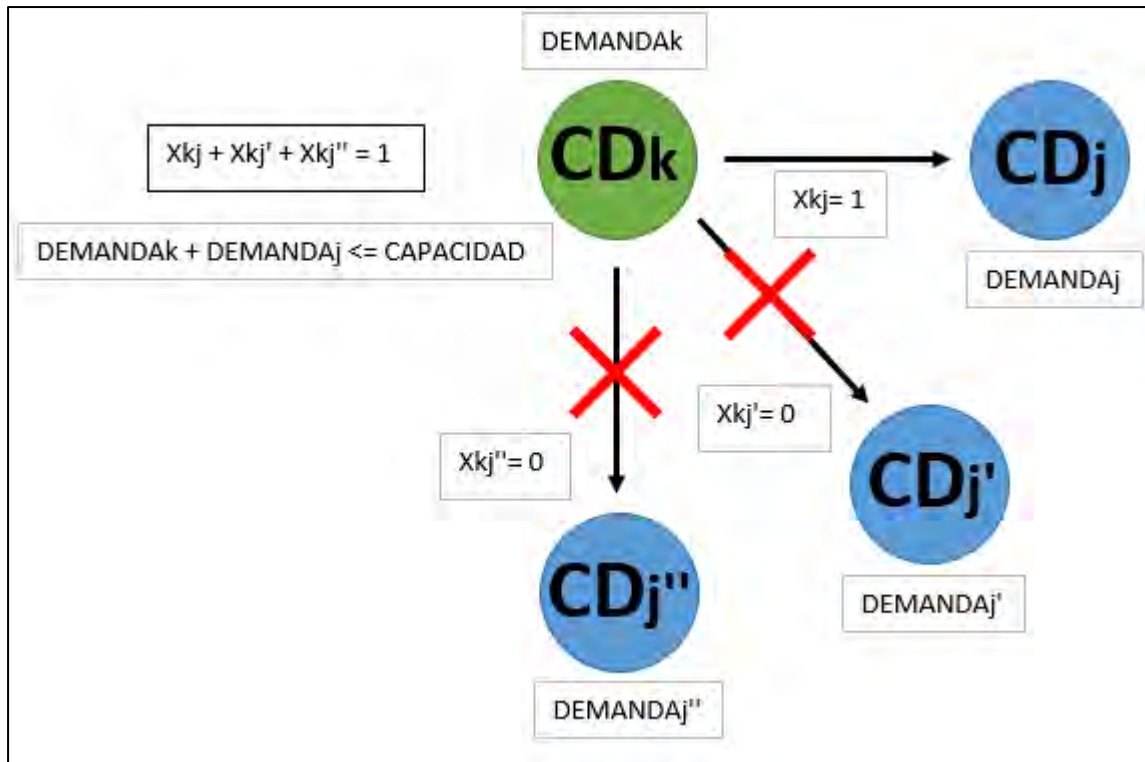


Figura O6: Representación gráfica de la restricción 17.3.

En conjunto, las restricciones 17.2 y 17.3 establecen un flujo de viaje que empieza y termina en el almacén general (a partir de ahora ALM). Esto debido a que tanto  $i$  como  $j$  tomarán el valor de cero. De manera gráfica:

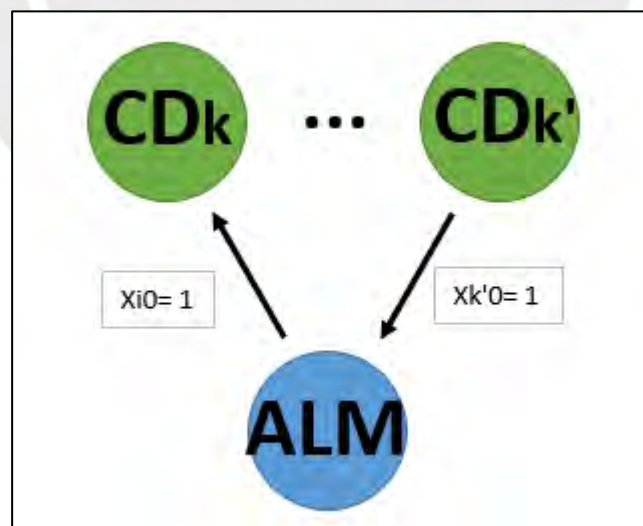


Figura O7: Representación gráfica de las restricciones 17.2 y 17.3.

Sea la restricción 17.4:

$$DEMANDA_k \leq Y_k \leq CAPACIDAD \quad \forall k \in CENTRO\_DISTR - \{0\} \quad (17.4)$$

Esta limita el valor de la demanda acumulada  $Y_k$ , haciéndola mayor a la  $DEMANDA_k$  pero menor a la  $CAPACIDAD$ .

Sea la restricción 17.5:

$$Y_k \geq Y_i + DEMANDA_k - CAPACIDAD + CAPACIDAD(X_{ki} + X_{ik}) - (DEMANDA_k + DEMANDA_i)X_{ki} \quad \forall i \neq k, (i, k) \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\} \quad (17.5)$$

La restricción 17.5 hace que, si se viaja de  $CD_i$  hasta  $CD_k$  la demanda acumulada  $Y_k$  sea igual a la demanda acumulada en  $CD_i$  (es decir  $Y_i$ ) más la  $DEMANDA_k$ . Funcionaría de manera similar si es que se decide viajar de  $CD_k$  hasta  $CD_i$ . Gráficamente:

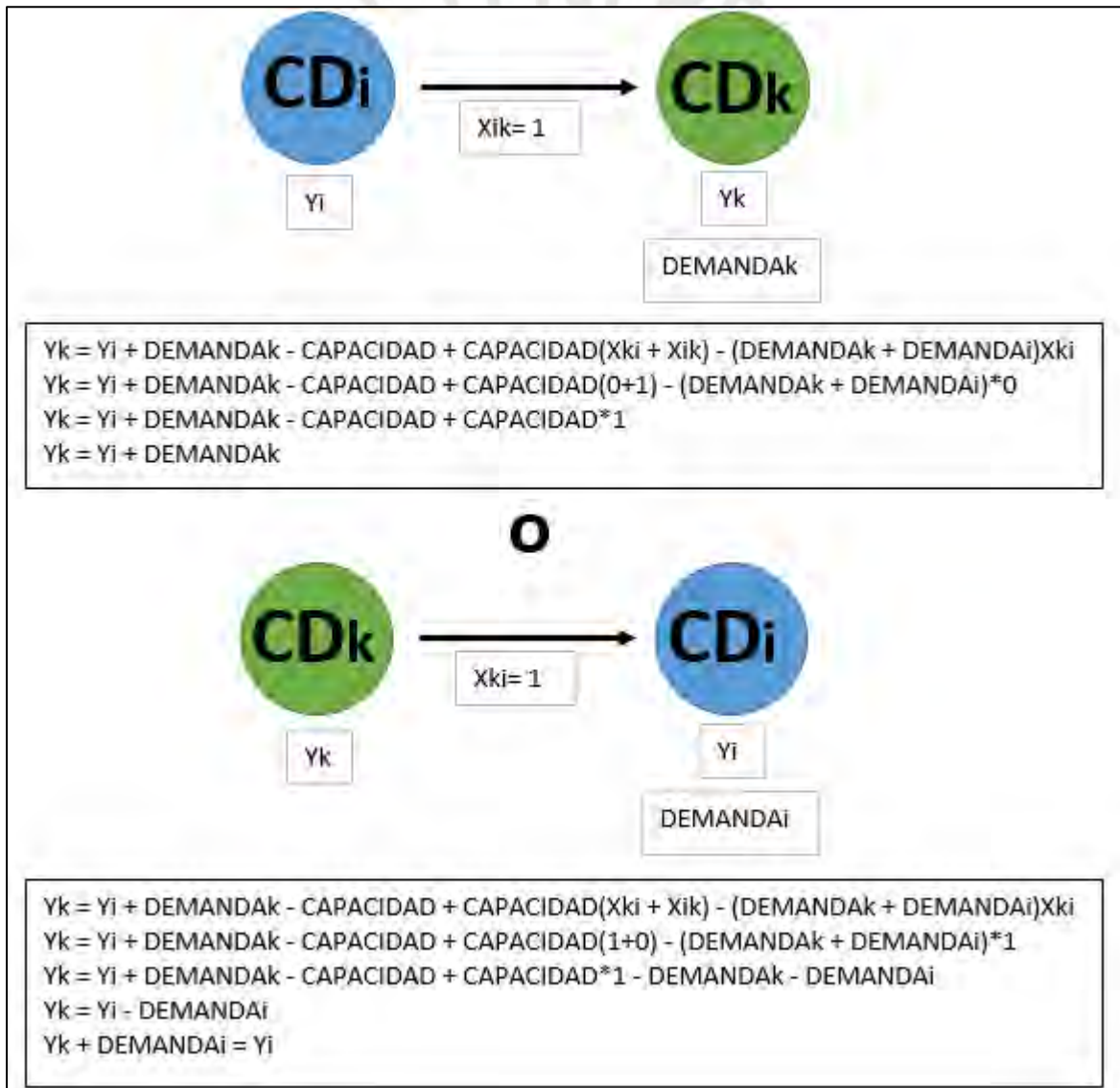


Figura O8: Representación gráfica de la restricción 17.5.

La misma restricción impide que se pueda viajar de CDi hasta CDk y que luego se desee retornar de CDk a CDi, esto debido a que el enunciado de la restricción entraría en falsedad.

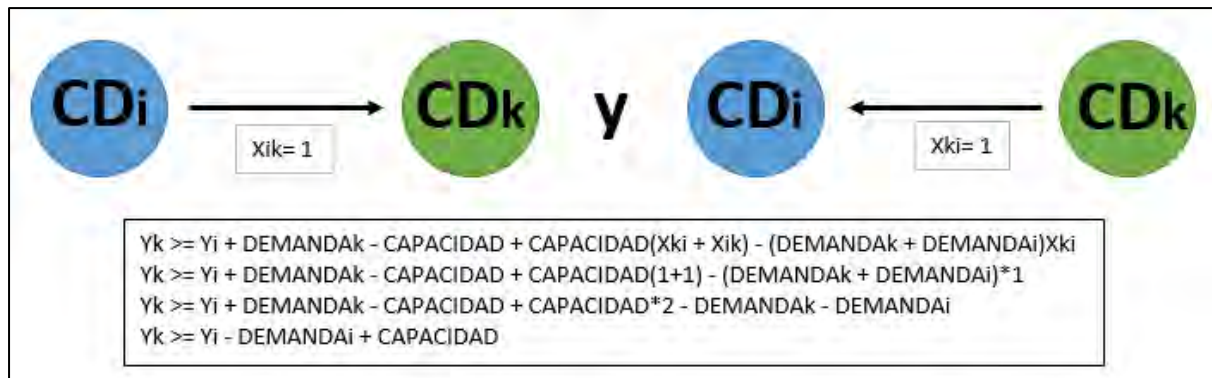


Figura O9: Representación gráfica de la restricción 17.5.

Como se puede observar, la restricción quedaría de la siguiente manera:

$$Y_k \geq Y_i - DEMANDA_i + CAPACIDAD$$

Dado que  $Y_i - DEMANDA_i$  no es menor que cero entonces:

$$Y_k \geq (\text{Número positivo}) + CAPACIDAD$$

Esta afirmación es falsa puesto que, según lo definido en la restricción 17.4, la capacidad siempre deberá ser mayor a  $Y_k$ , por lo tanto, restricción entra en falsedad.

Así mismo, en caso no se use ningún arco, la restricción entraría en afirmación

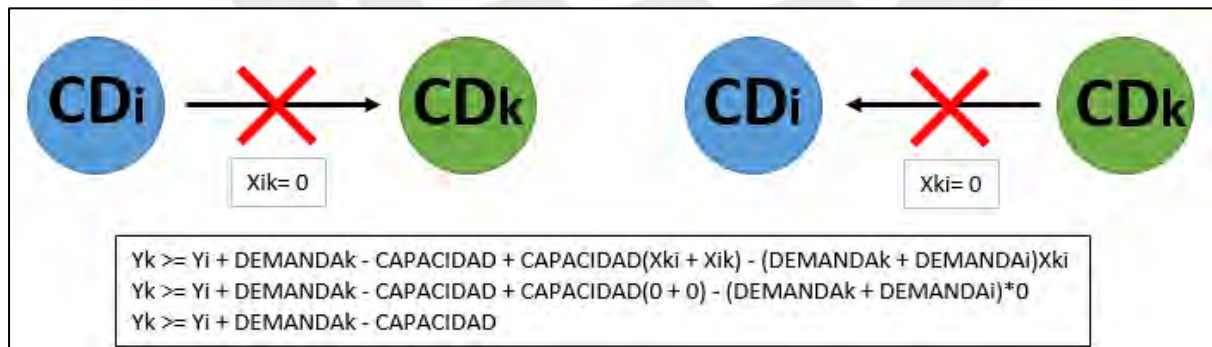


Figura O10: Representación gráfica de la restricción 17.5.

Como se puede observar, la restricción quedaría de la siguiente manera:

$$Y_k \geq Y_i + DEMANDA_k - CAPACIDAD$$

Dado que, al no usarse los arcos se asume que  $k$  pertenece a una ruta diferente a la ruta de  $i$ , reacomodamos el enunciado de la siguiente manera:

$$Y_k - DEMANDA_k \geq Y_i - CAPACIDAD$$

Dado demanda acumula  $Y_k$  puede ser igual o mayor a  $DEMANDA_k$ , entonces  $Y_k - DEMANDA_k$  sería mayor o igual a cero. Adicionalmente sabemos que  $Y_i$  no puede ser mayor a la capacidad, por lo tanto  $Y_i - CAPACIDAD$  daría como resultado un menor o igual a cero. Entonces el enunciado quedaría de como la siguiente afirmación:

$$(\text{Número positivo o cero}) \geq (\text{Número negativo o cero})$$

Sea la restricción 17.6:

$$Y_k \leq CAPACIDAD - (CAPACIDAD - DEMANDA_k)X_{0k} \quad \forall k \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\} \quad (17.6)$$

Esta hace que la demanda acumulada cuando se viaja del almacén hasta  $k$  sea igual a la demanda de  $k$ , esto debido a que para este punto aún no se han visitado otros centros de distribución. Gráficamente:



Figura O11: Representación gráfica de la restricción 17.6.

Finalmente, sea la restricción 17.7:

$$Y_k \geq DEMANDA_k + \sum_{i \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\}} DEMANDA_i X_{ik} \quad \forall k \in \text{CENTRO\_DISTR} - \{0\} \quad (17.7)$$

Esta establece que la demanda acumulada si se visita  $k$  luego de visitar el punto  $i$  debe ser mayor o igual a la suma de demandas individuales de cada punto. Gráficamente:



Figura O12: Representación gráfica de la restricción 17.7.



## ANEXO P: Resultados del modelo matemático para 4 centros de distribución.

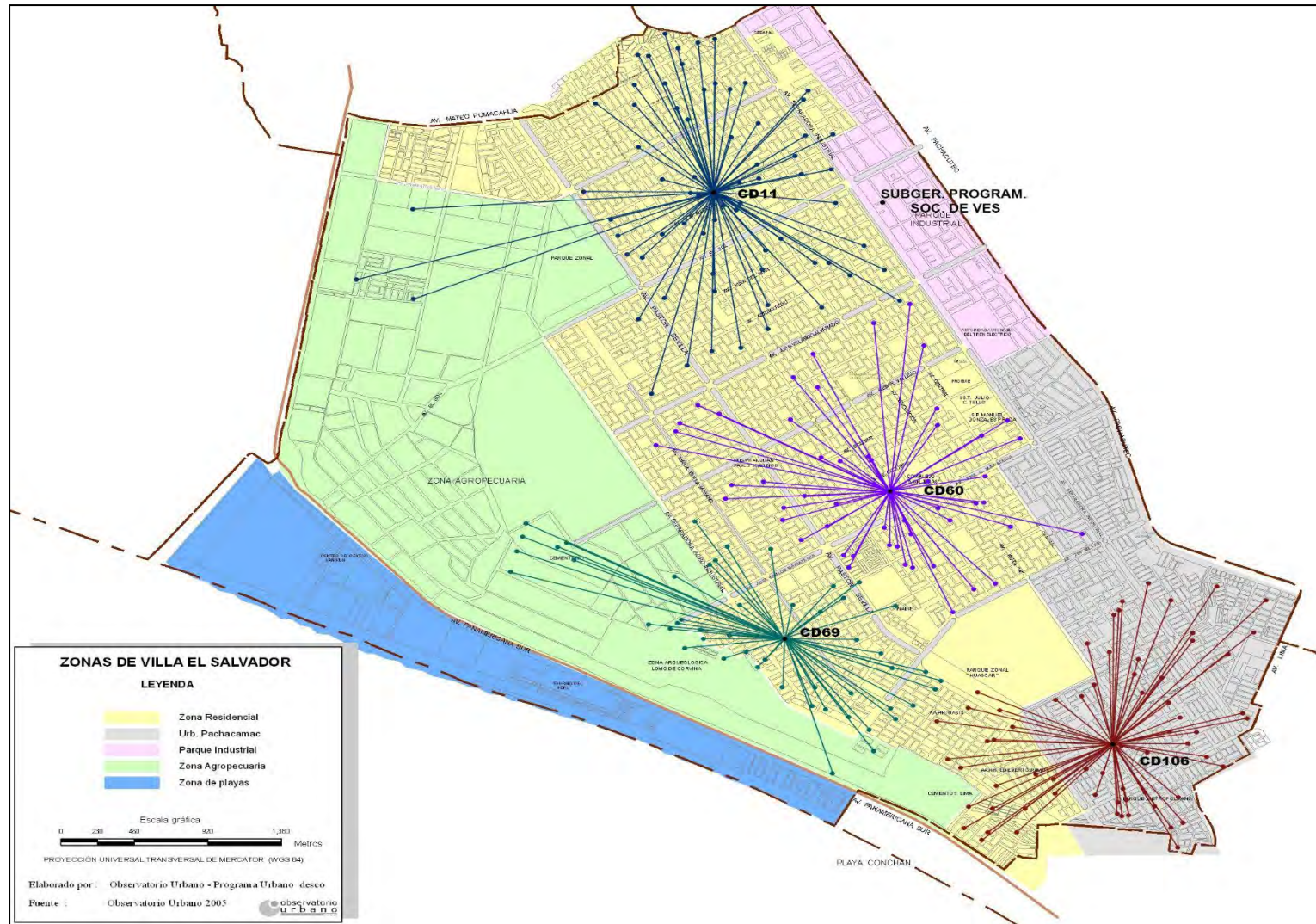


Figura P1: Distribución de los centros de distribución y sus comedores populares asignados.

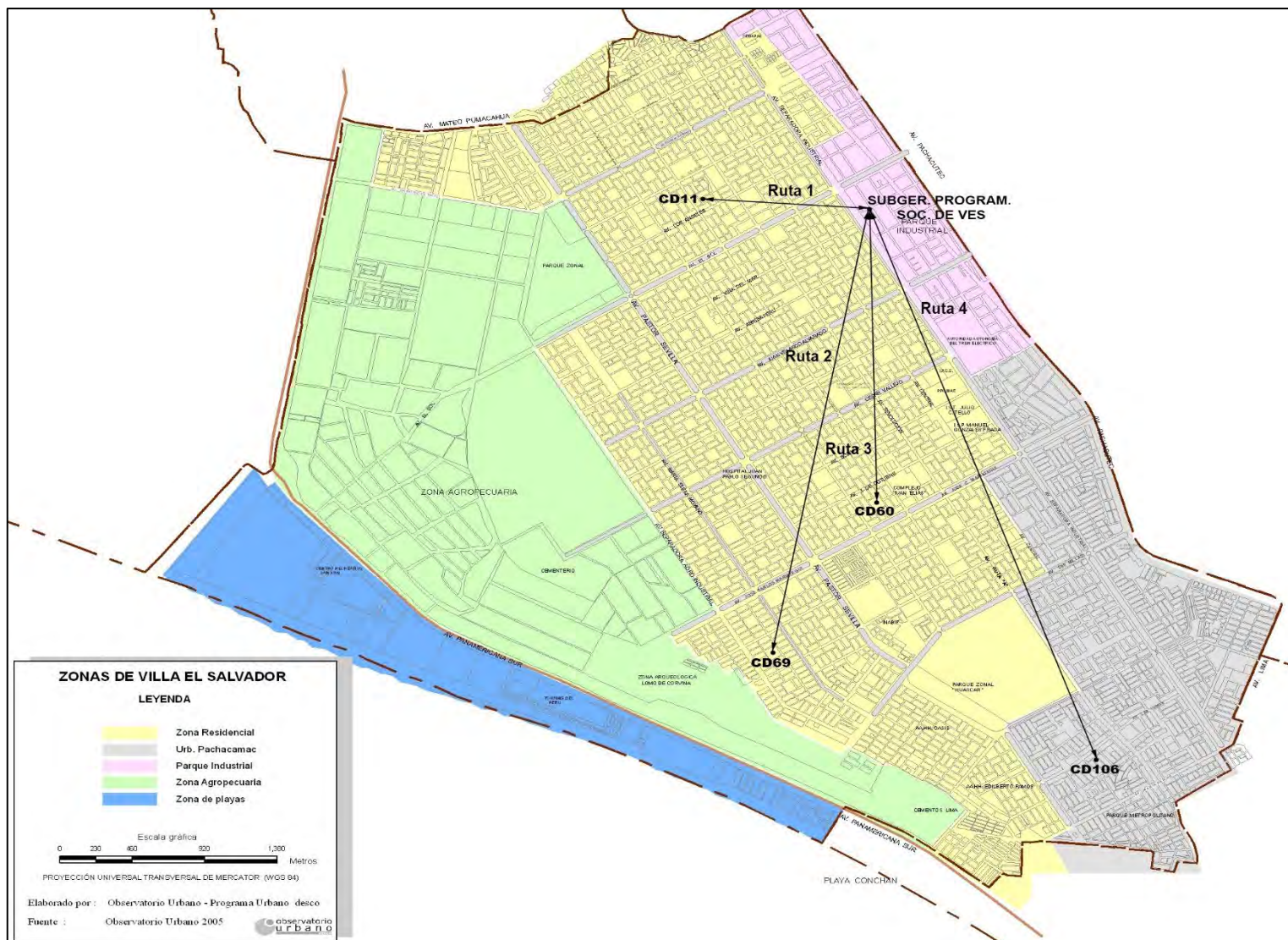


Figura P2: Rutas de distribución a usar para realizar la entrega a los centros de distribución.

Tabla P1: Asignación de comedores populares a los centros de distribución.

CD11	CD11	CD60	CD60	CD69	CD69	CD106	CD106
CM1	CM151	CM4	CM168	CM3	CM189	CM2	CM137
CM6	CM152	CM9	CM171	CM17	CM190	CM5	CM140
CM11	CM153	CM10	CM177	CM20	CM198	CM7	CM142
CM13	CM156	CM12	CM184	CM28	CM203	CM8	CM143
CM16	CM160	CM24	CM185	CM35	CM207	CM14	CM150
CM18	CM161	CM29	CM193	CM36	CM210	CM15	CM155
CM21	CM162	CM31	CM199	CM40	CM212	CM19	CM164
CM23	CM166	CM37	CM213	CM44	CM224	CM22	CM167
CM30	CM173	CM41	CM218	CM52	CM226	CM25	CM170
CM33	CM174	CM43	CM222	CM55	CM228	CM26	CM172
CM34	CM176	CM45	CM227	CM56	CM229	CM27	CM175
CM47	CM180	CM46	CM231	CM62	CM235	CM32	CM178
CM51	CM183	CM48	CM234	CM66		CM38	CM186
CM60	CM188	CM49	CM238	CM68		CM39	CM191
CM63	CM192	CM53	CM242	CM72		CM42	CM194
CM69	CM196	CM57		CM74		CM50	CM195
CM70	CM201	CM58		CM80		CM54	CM197
CM71	CM202	CM61		CM81		CM59	CM200
CM76	CM204	CM64		CM92		CM83	CM205
CM78	CM208	CM65		CM99		CM89	CM206
CM79	CM209	CM67		CM102		CM90	CM217
CM84	CM211	CM73		CM110		CM93	CM220
CM86	CM214	CM75		CM118		CM94	CM225
CM87	CM215	CM77		CM121		CM95	CM232
CM97	CM216	CM82		CM124		CM98	CM236
CM103	CM219	CM85		CM125		CM100	CM237
CM108	CM221	CM88		CM133		CM105	CM239
CM109	CM223	CM91		CM134		CM106	
CM111	CM230	CM96		CM136		CM107	
CM114	CM233	CM101		CM138		CM115	
CM116	CM240	CM104		CM139		CM117	
CM120	CM241	CM112		CM157		CM119	
CM126		CM113		CM158		CM122	
CM129		CM127		CM165		CM123	
CM141		CM146		CM169		CM128	
CM144		CM148		CM179		CM130	
CM145		CM154		CM181		CM131	
CM147		CM159		CM182		CM132	
CM149		CM163		CM187		CM135	



Tabla P2: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1.

RUTA 1	ALM-CD11	CD11-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	2,76	2,76	5,51
DEMANDA NORMAL	23 351,00	0,00	23 351,00
DEMANDA FRÍA	1 500,00	0,00	1 500,00
DEMANDA TOTAL	24 851,00	0,00	24 851,00

Tabla P3: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2.

RUTA 2	ALM-CD69	CD69-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	8,62	8,62	17,23
DEMANDA NORMAL	14 724,00	0,00	14 724,00
DEMANDA FRÍA	980,00	0,00	980,00
DEMANDA TOTAL	15 704,00	0,00	15 704,00

Tabla P4: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3.

RUTA 3	ALM-CD60	CD60-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	5,60	5,60	11,20
DEMANDA NORMAL	17 290,00	0,00	17 290,00
DEMANDA FRÍA	1 150,00	0,00	1 150,00
DEMANDA TOTAL	18 440,00	0,00	18 440,00

Tabla P5: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 4.

RUTA 4	ALM-CD106	CD106-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	11,16	11,16	22,32
DEMANDA NORMAL	19 536,00	0,00	19 536,00
DEMANDA FRÍA	1 260,00	0,00	1 260,00
DEMANDA TOTAL	20 796,00	0,00	20 796,00

## ANEXO Q: Resultados del modelo matemático para 6 centros de distribución.

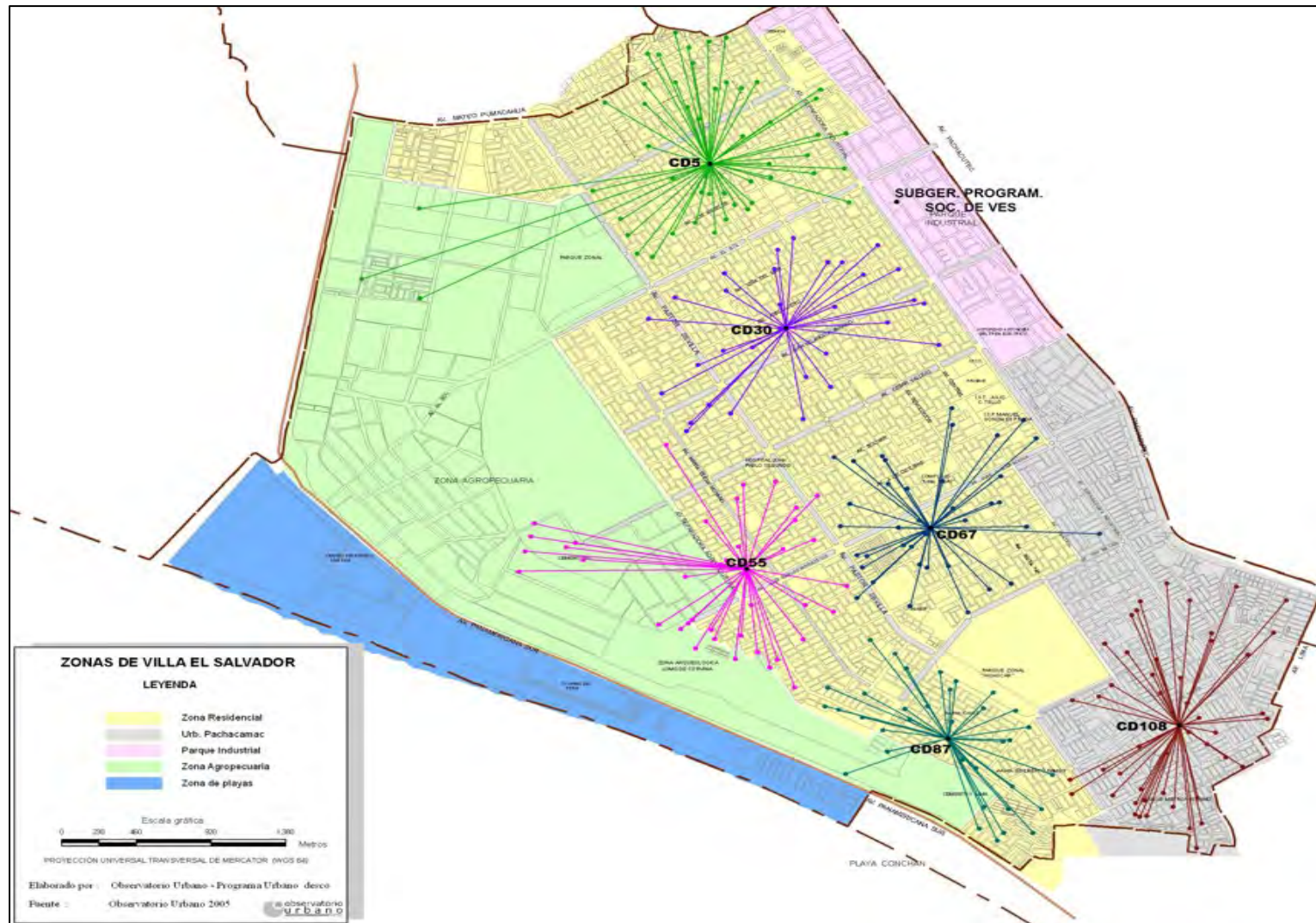


Figura Q1: Distribución de los centros de distribución y sus comedores populares asignados.

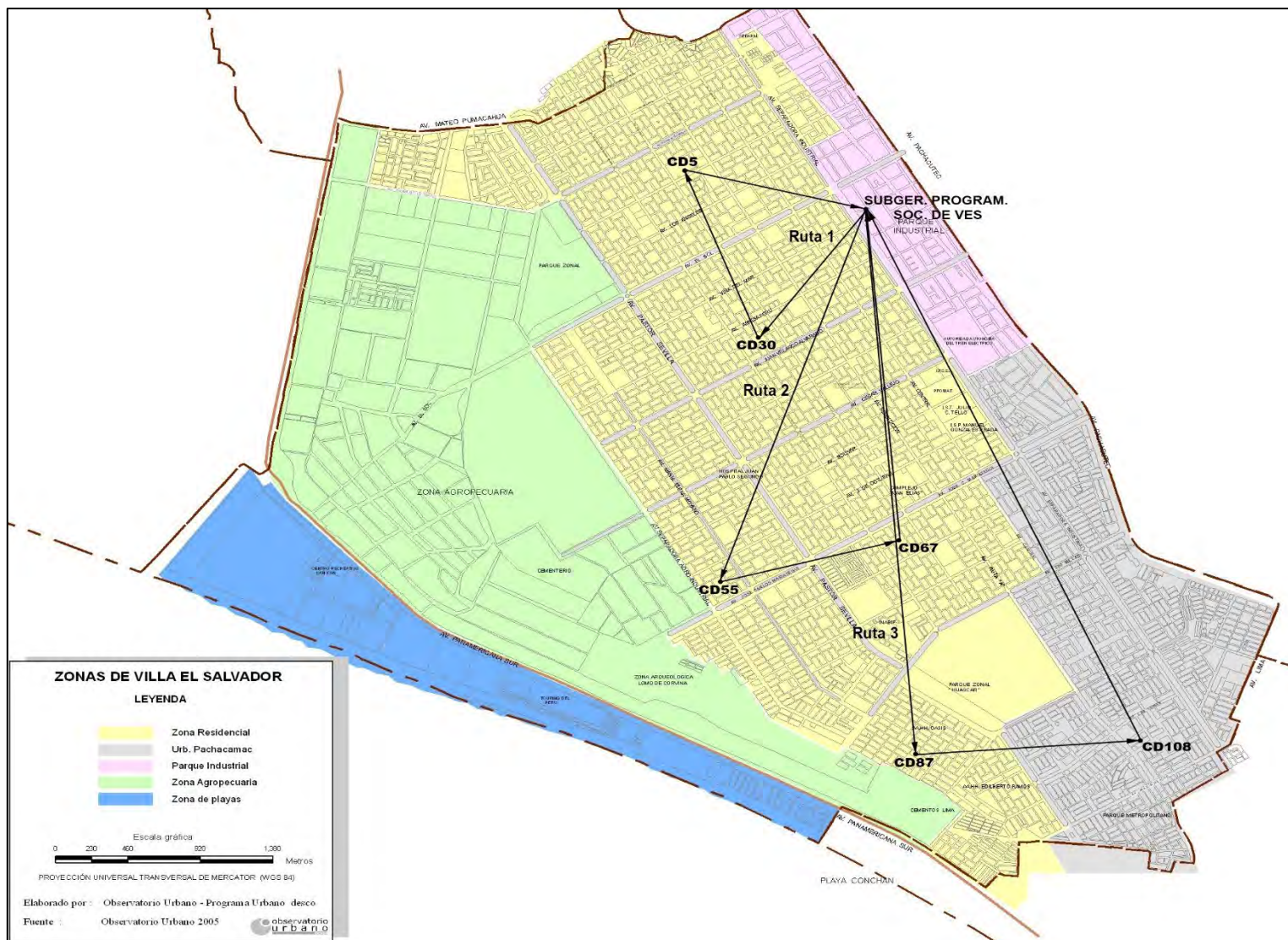


Figura Q2: Rutas de distribución a usar para realizar la entrega a los centros de distribución.

Tabla Q1: Asignación de comedores populares a los centros de distribución.

CD5	CD5	CD30	CD55	CD67	CD87	CD108	CD108
CM1	CM201	CM4	CM3	CM9	CM8	CM2	CM200
CM11	CM204	CM6	CM31	CM10	CM17	CM5	CM205
CM13	CM209	CM33	CM35	CM12	CM19	CM7	CM206
CM16	CM211	CM37	CM40	CM24	CM20	CM14	CM217
CM18	CM214	CM45	CM44	CM29	CM25	CM15	CM220
CM21	CM215	CM47	CM46	CM41	CM27	CM22	CM225
CM23	CM216	CM75	CM55	CM43	CM28	CM26	CM236
CM30	CM219	CM79	CM66	CM48	CM36	CM32	CM237
CM34	CM223	CM82	CM68	CM49	CM38	CM39	CM239
CM51	CM230	CM88	CM72	CM53	CM42	CM50	
CM60	CM233	CM97	CM74	CM57	CM52	CM54	
CM63	CM241	CM101	CM80	CM58	CM56	CM90	
CM69		CM103	CM81	CM61	CM59	CM93	
CM70		CM108	CM91	CM64	CM62	CM94	
CM71		CM111	CM92	CM65	CM83	CM98	
CM76		CM144	CM113	CM67	CM89	CM100	
CM78		CM151	CM118	CM73	CM95	CM105	
CM84		CM153	CM121	CM77	CM99	CM107	
CM86		CM163	CM127	CM85	CM102	CM115	
CM87		CM166	CM133	CM96	CM106	CM117	
CM109		CM176	CM136	CM104	CM110	CM122	
CM114		CM180	CM138	CM112	CM119	CM123	
CM116		CM183	CM154	CM146	CM124	CM128	
CM120		CM185	CM165	CM148	CM125	CM130	
CM126		CM196	CM169	CM157	CM131	CM132	
CM129		CM199	CM171	CM159	CM134	CM137	
CM141		CM202	CM182	CM168	CM135	CM140	
CM145		CM208	CM187	CM177	CM139	CM142	
CM147		CM221	CM189	CM179	CM150	CM143	
CM149		CM222	CM190	CM184	CM155	CM164	
CM152		CM240	CM198	CM193	CM158	CM167	
CM156			CM203	CM218	CM181	CM170	
CM160			CM210	CM227	CM191	CM172	
CM161			CM212	CM229	CM207	CM175	
CM162			CM213	CM231	CM232	CM178	
CM173			CM224	CM234		CM186	
CM174			CM226	CM238		CM194	
CM188			CM228	CM242		CM195	
CM192			CM235			CM197	

Tabla Q2: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1.

RUTA 1	ALM-CD30	CD30-CD5	CD5-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	3,02	3,41	3,08	9,51
DEMANDA NORMAL	9 975,00	16 934,00	0,00	26 909,00
DEMANDA FRÍA	660,00	1 080,00	0,00	1 740,00
DEMANDA TOTAL	10 635,00	18 014,00	0,00	28 649,00

Tabla Q3: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2.

RUTA 2	ALM-CD55	CD55-CD67	CD67-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	7,50	3,05	6,34	16,90
DEMANDA NORMAL	11 950,00	11 682,00	0,00	23 632,00
DEMANDA FRÍA	790,00	770,00	0,00	1 560,00
DEMANDA TOTAL	12 740,00	12 452,00	0,00	25 192,00

Tabla Q4: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3.

RUTA 3	ALM-CD87	CD87-CD108	CD108-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	10,43	3,72	11,11	25,27
DEMANDA NORMAL	9 802,00	14 558,00	0,00	24 360,00
DEMANDA FRÍA	660,00	930,00	0,00	1 590,00
DEMANDA TOTAL	10 462,00	15 488,00	0,00	25 950,00

## ANEXO R: Resultados del modelo matemático para 8 centros de distribución.

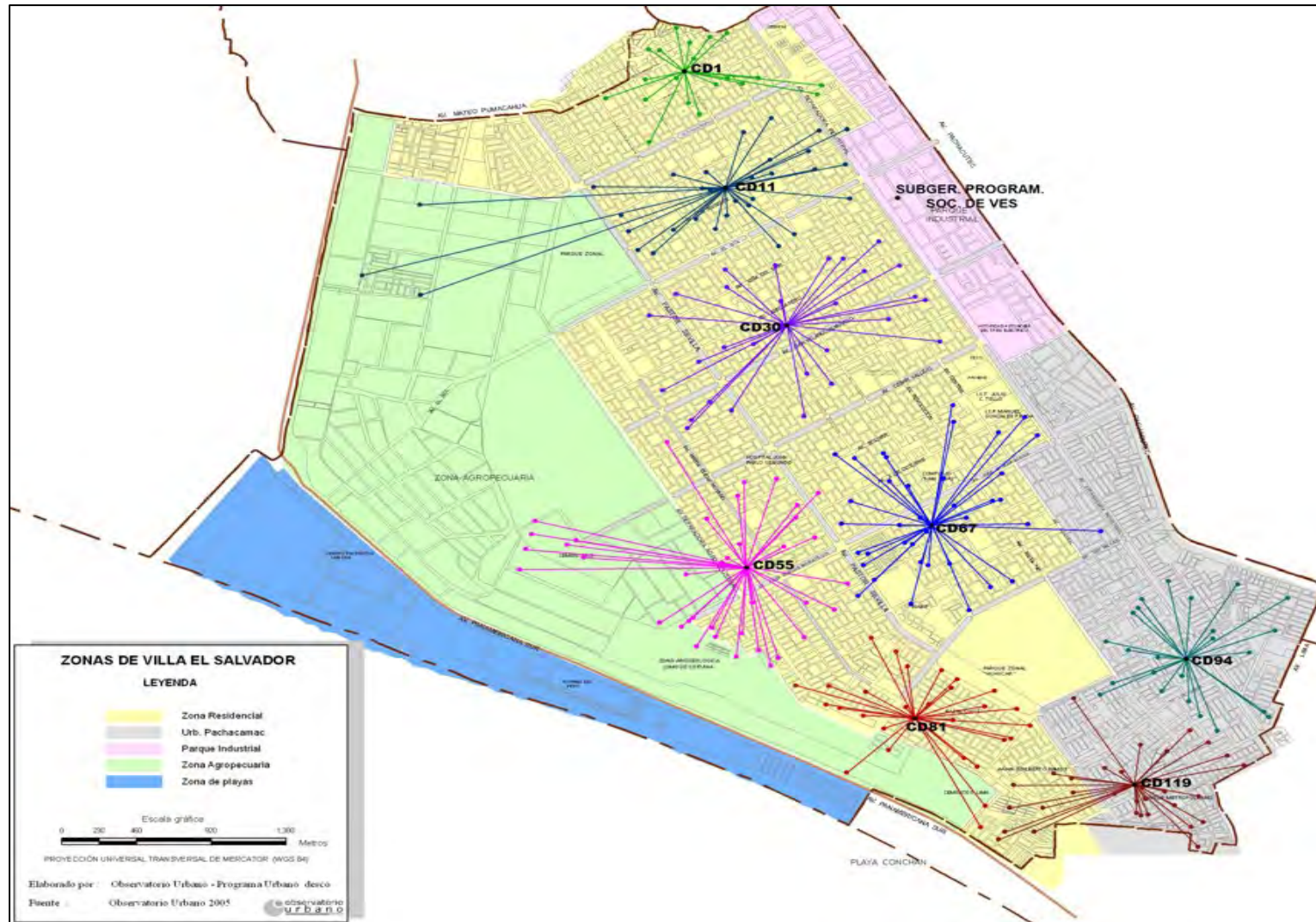


Figura R1: Distribución de los centros de distribución y sus comedores populares asignados.

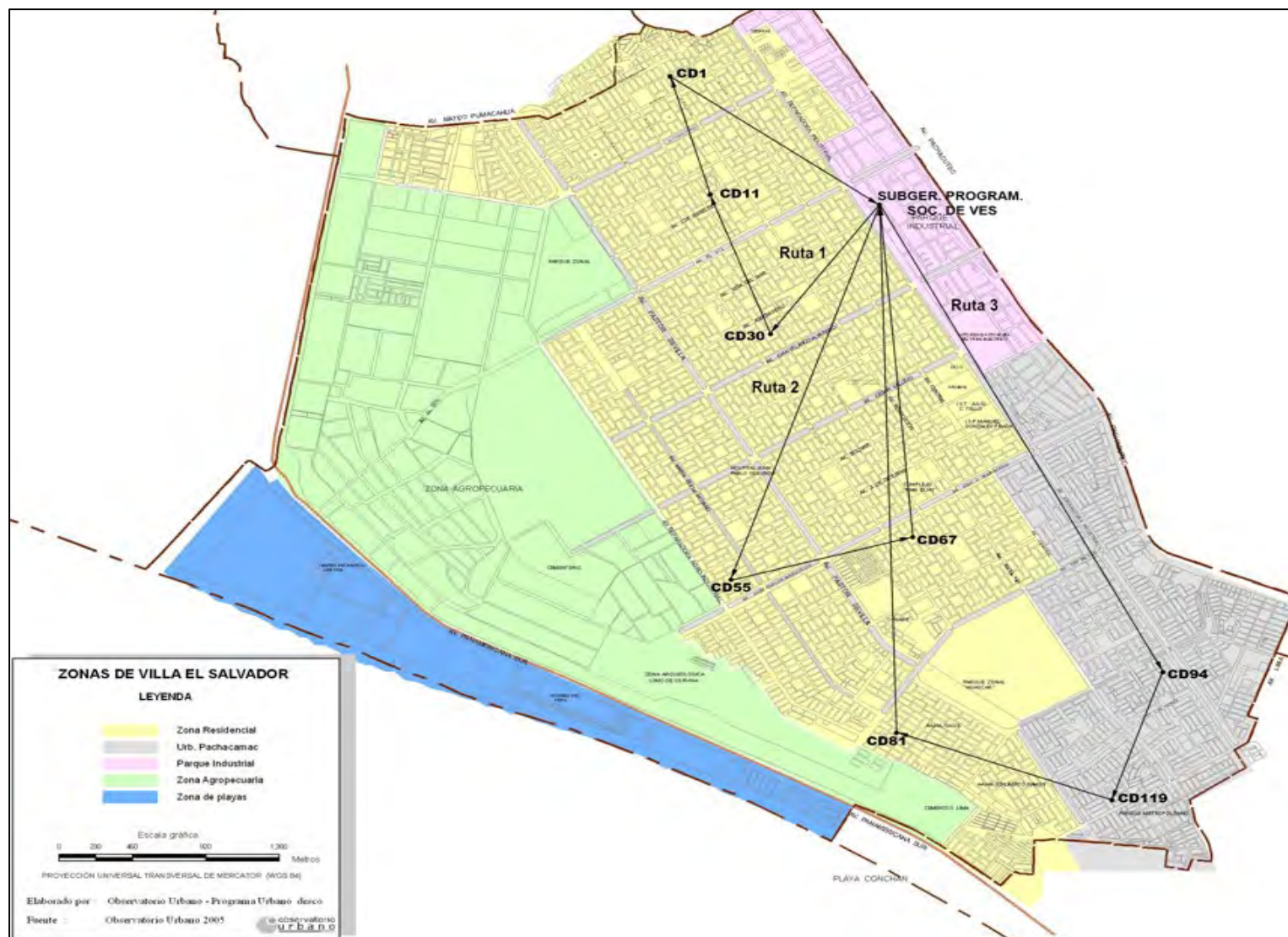


Figura R2: Rutas de distribución a usar para realizar la entrega a los centros de distribución.

Tabla R1: Asignación de comedores populares a los centros de distribución.

CD1	CD11	CD30	CD55	CD67	CD81	CD94	CD119
CM11	CM1	CM4	CM3	CM9	CM17	CM2	CM5
CM16	CM13	CM6	CM31	CM10	CM19	CM7	CM8
CM18	CM23	CM37	CM35	CM12	CM20	CM22	CM14
CM21	CM30	CM45	CM40	CM24	CM25	CM26	CM15
CM60	CM33	CM75	CM44	CM29	CM28	CM39	CM27
CM70	CM34	CM79	CM46	CM41	CM36	CM50	CM32
CM78	CM47	CM82	CM55	CM43	CM38	CM94	CM42
CM84	CM51	CM88	CM66	CM48	CM52	CM107	CM54
CM116	CM63	CM97	CM68	CM49	CM56	CM115	CM83
CM126	CM69	CM101	CM72	CM53	CM59	CM117	CM90
CM129	CM71	CM103	CM74	CM57	CM62	CM122	CM93
CM141	CM76	CM108	CM80	CM58	CM89	CM123	CM98
CM160	CM86	CM111	CM81	CM61	CM95	CM130	CM100
CM162	CM87	CM144	CM91	CM64	CM99	CM137	CM105
CM174	CM109	CM151	CM92	CM65	CM102	CM140	CM106
CM204	CM114	CM153	CM113	CM67	CM110	CM143	CM128
CM215	CM120	CM163	CM118	CM73	CM119	CM167	CM131
CM219	CM145	CM166	CM121	CM77	CM124	CM175	CM132
CM230	CM147	CM176	CM127	CM85	CM125	CM178	CM135
CM241	CM149	CM180	CM133	CM96	CM134	CM186	CM142
	CM152	CM183	CM136	CM104	CM139	CM195	CM164
	CM156	CM185	CM138	CM112	CM150	CM205	CM170
	CM161	CM196	CM154	CM146	CM155	CM236	CM172
	CM173	CM199	CM165	CM148	CM158	CM239	CM194
	CM188	CM202	CM169	CM157	CM181		CM197
	CM192	CM208	CM171	CM159	CM189		CM200
	CM201	CM221	CM182	CM168	CM191		CM206
	CM209	CM222	CM187	CM177	CM207		CM217
	CM211	CM240	CM190	CM179	CM232		CM220
	CM214		CM198	CM184			CM225
	CM216		CM203	CM193			CM237
	CM223		CM210	CM218			
	CM233		CM212	CM227			
			CM213	CM229			
			CM224	CM231			
			CM226	CM234			
			CM228	CM238			
			CM235	CM242			



Tabla R2: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1.

RUTA 1	ALM-CD30	CD30-CD11	CD11-CD1	CD1-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	3,02	2,82	2,35	4,21	12,39
DEMANDA NORMAL	9 349,00	11 425,00	6 135,00	0,00	26 909,00
DEMANDA FRÍA	620,00	730,00	390,00	0,00	1 740,00
DEMANDA TOTAL	9 969,00	12 155,00	6 525,00	0,00	28 649,00

Tabla R3: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2.

RUTA 2	ALM-CD55	CD55-CD67	CD67-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	7,50	3,05	6,34	16,90
DEMANDA NORMAL	11 705,00	11 682,00	0,00	23 387,00
DEMANDA FRÍA	770,00	770,00	0,00	1 540,00
DEMANDA TOTAL	12 475,00	12 452,00	0,00	24 927,00

Tabla R4: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3.

RUTA 3	ALM-CD94	CD94-CD119	CD119-CD81	CD81-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	10,03	2,55	3,76	10,03	26,36
DEMANDA NORMAL	7 515,00	9 061,00	8 029,00	0,00	24 605,00
DEMANDA FRÍA	470,00	580,00	560,00	0,00	1 610,00
DEMANDA TOTAL	7 985,00	9 641,00	8 589,00	0,00	26 215,00

## ANEXO S: Resultados del modelo matemático para 10 centros de distribución.

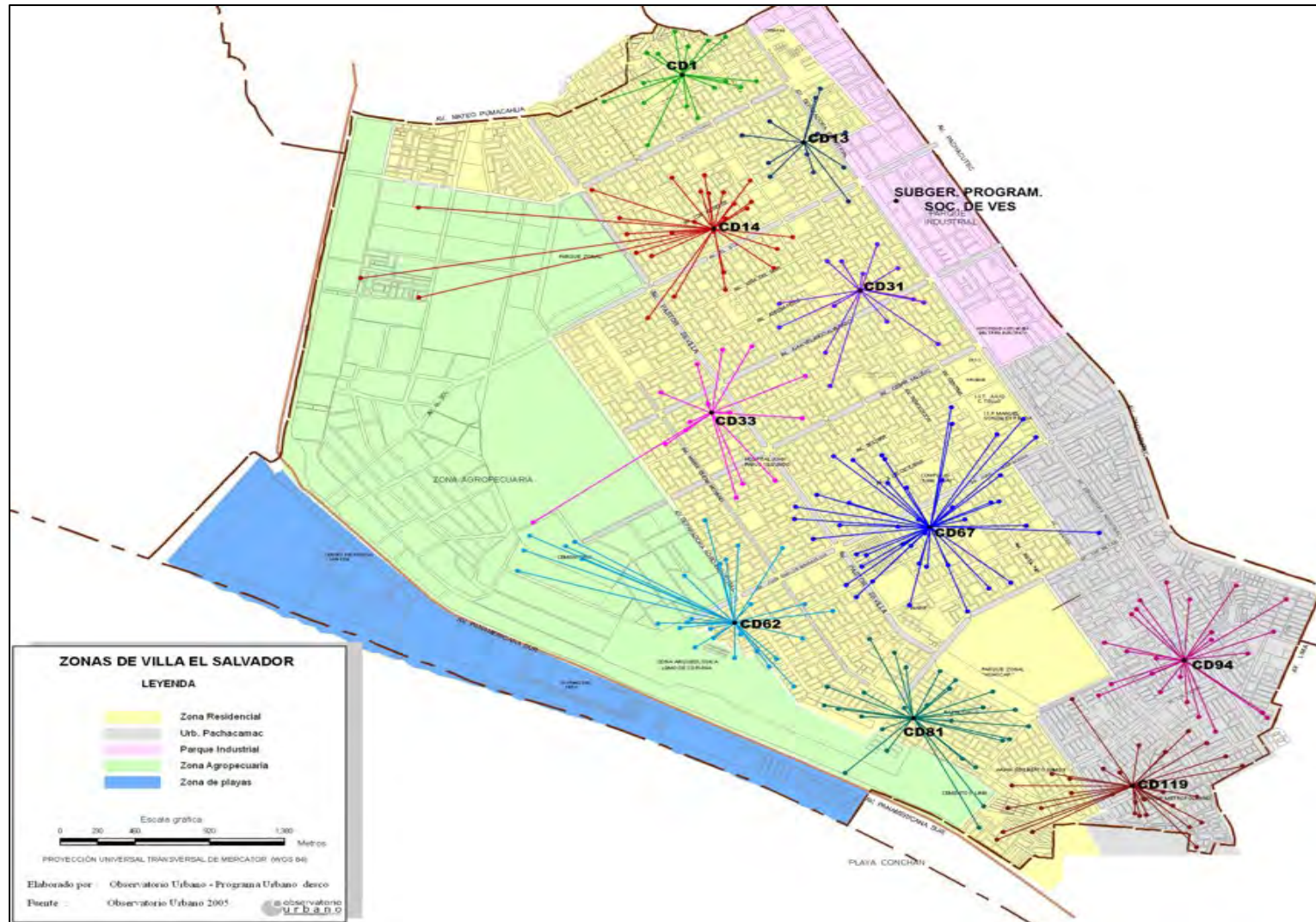


Figura S1: Distribución de los centros de distribución y sus comedores populares asignados.

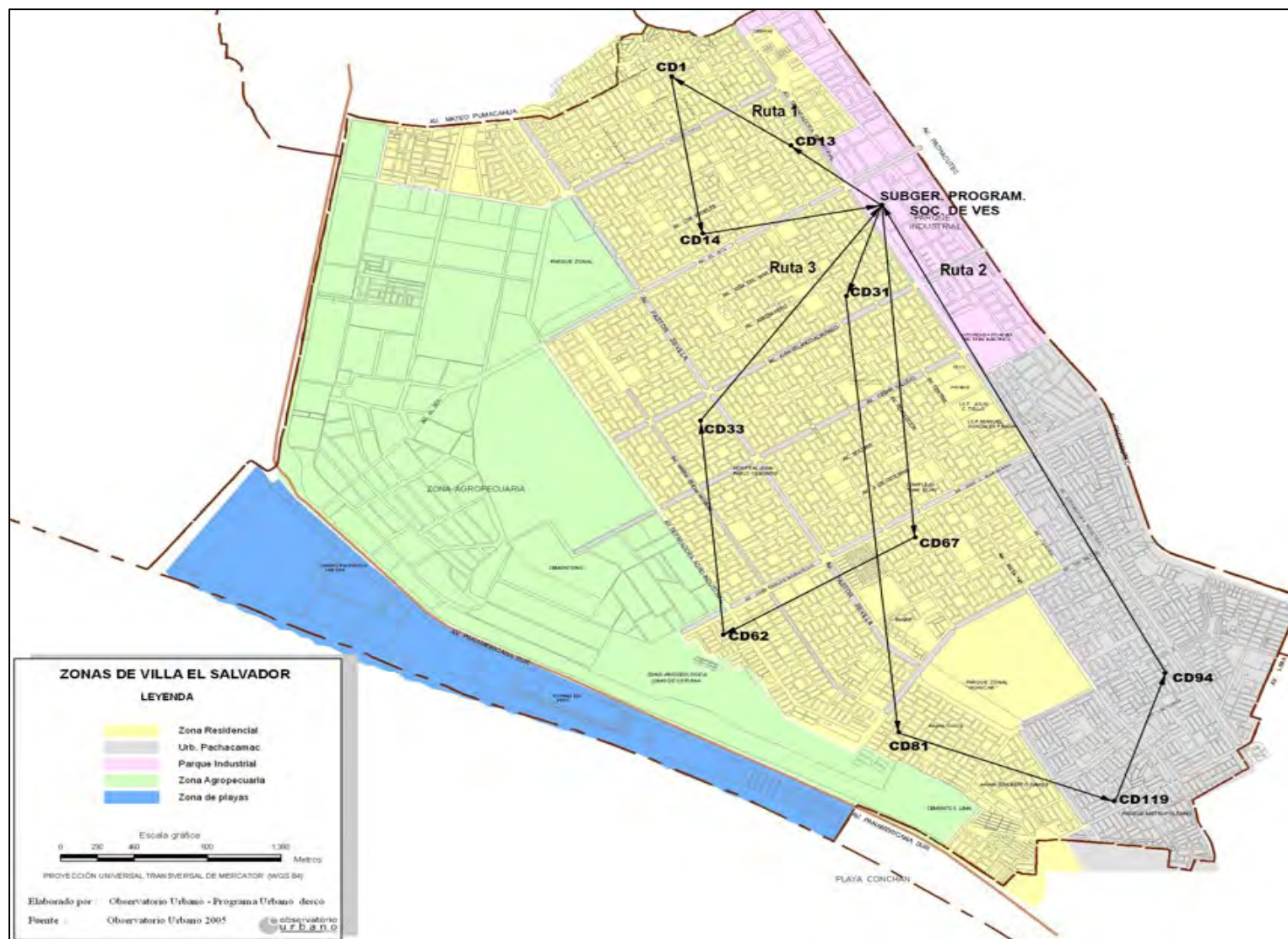


Figura S2: Rutas de distribución a usar para realizar la entrega a los centros de distribución.

Tabla S1: Asignación de comedores populares a los centros de distribución.

CD1	CD13	CD14	CD31	CD33	CD62	CD67	CD81	CD94	CD119
CM11	CM34	CM1	CM6	CM4	CM3	CM9	CM17	CM2	CM5
CM16	CM51	CM13	CM37	CM46	CM35	CM10	CM19	CM7	CM8
CM18	CM69	CM23	CM45	CM75	CM40	CM12	CM20	CM22	CM14
CM21	CM86	CM30	CM79	CM88	CM44	CM24	CM25	CM26	CM15
CM60	CM87	CM33	CM82	CM91	CM55	CM29	CM28	CM39	CM27
CM70	CM109	CM47	CM97	CM101	CM66	CM31	CM36	CM50	CM32
CM78	CM145	CM63	CM111	CM108	CM68	CM41	CM38	CM94	CM42
CM84	CM147	CM71	CM144	CM121	CM72	CM43	CM52	CM107	CM54
CM116	CM149	CM76	CM153	CM127	CM74	CM48	CM56	CM115	CM83
CM126	CM160	CM103	CM163	CM151	CM80	CM49	CM59	CM117	CM90
CM129	CM188	CM114	CM176	CM171	CM81	CM53	CM62	CM122	CM93
CM141	CM230	CM120	CM183	CM180	CM92	CM57	CM89	CM123	CM98
CM162		CM152	CM199	CM185	CM118	CM58	CM95	CM130	CM100
CM174		CM156	CM240	CM221	CM133	CM61	CM99	CM137	CM105
CM204		CM161		CM222	CM136	CM64	CM102	CM140	CM106
CM215		CM166			CM138	CM65	CM110	CM143	CM128
CM219		CM173			CM165	CM67	CM119	CM167	CM131
CM241		CM192			CM169	CM73	CM124	CM175	CM132
		CM196			CM182	CM77	CM125	CM178	CM135
		CM201			CM187	CM85	CM134	CM186	CM142
		CM202			CM189	CM96	CM139	CM195	CM164
		CM208			CM190	CM104	CM150	CM205	CM170
		CM209			CM198	CM112	CM155	CM236	CM172
		CM211			CM203	CM113	CM158	CM239	CM194
		CM214			CM210	CM146	CM181		CM197
		CM216			CM224	CM148	CM191		CM200
		CM223			CM226	CM154	CM207		CM206
		CM233			CM228	CM157	CM232		CM217
					CM235	CM159			CM220
						CM168			CM225
						CM177			CM237
						CM179			
						CM184			
						CM193			
						CM212			
						CM213			
						CM218			
						CM227			
						CM229			
						CM231			
						CM234			
						CM238			
						CM242			

Tabla S1: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 1.

RUTA 1	ALM-CD13	CD13-CD1	CD1-CD14	CD14-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	1,87	2,34	3,03	2,97	10,20
DEMANDA NORMAL	4 002,00	5 508,00	9 585,00	0,00	19 095,00
DEMANDA FRÍA	260,00	350,00	620,00	0,00	1 230,00
DEMANDA TOTAL	4 262,00	5 858,00	10 205,00	0,00	20 325,00

Tabla S2: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 2.

RUTA 2	ALM-CD31	CD31-CD81	CD81-CD119	CD119-CD94	CD94-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	1,82	8,34	3,76	2,55	10,03	26,49
DEMANDA NORMAL	4 618,00	7 784,00	9 061,00	7 515,00	0,00	28 978,00
DEMANDA FRÍA	300,00	540,00	580,00	470,00	0,00	1 890,00
DEMANDA TOTAL	4 918,00	8 324,00	9 641,00	7 985,00	0,00	30 868,00

Tabla S3: Distancia recorrida en unidades cartesianas y demanda entregada en kg para la ruta 3.

RUTA 3	ALM-CD67	CD67-CD62	CD62-CD33	CD33-ALM	TOTAL
DISTANCIA RECORRIDA	6,34	3,64	4,10	5,05	19,14
DEMANDA NORMAL	13 358,00	8 544,00	4 926,00	0,00	26 828,00
DEMANDA FRÍA	880,00	560,00	330,00	0,00	1 770,00
DEMANDA TOTAL	14 238,00	9 104,00	5 256,00	0,00	28 598,00

## ANEXO T: Dimensionamiento real de las distancias en kilómetros.

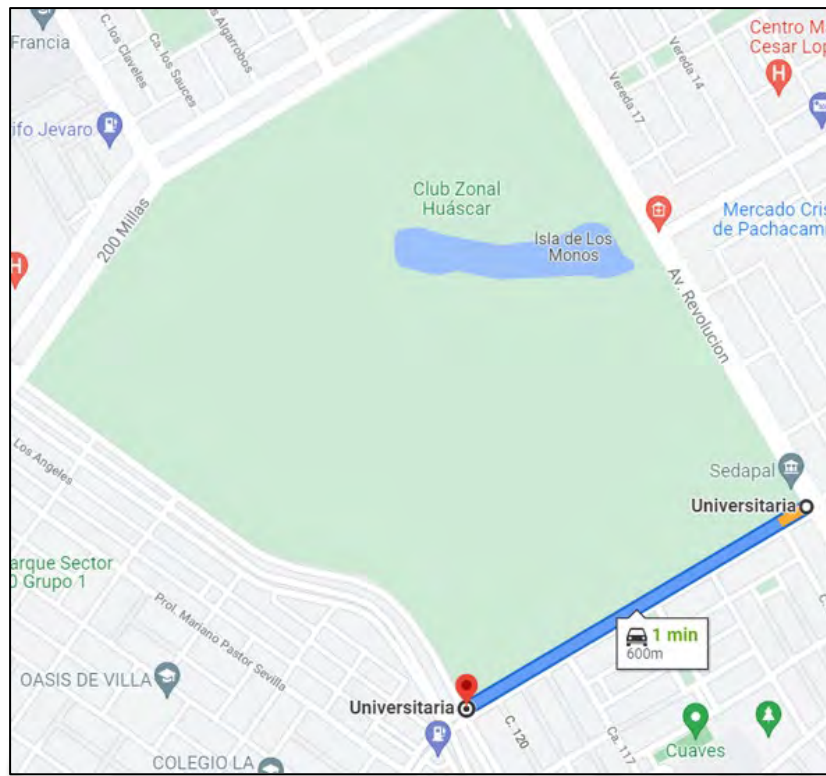


Figura T1: Longitud del Parque Zonal Huáscar, en metros.

Fuente: Google Maps.

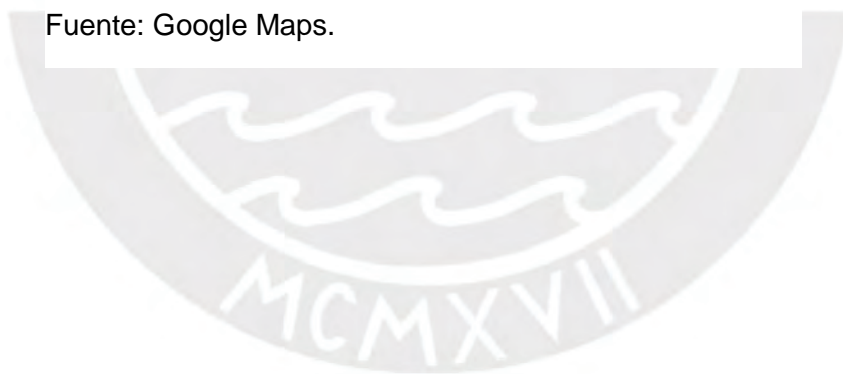




Figura T2: Longitud del Parque Zonal Huáscar en el plano cartesiano, en unidades.



## ANEXO U: Curvas de distancias recorridas por número de centros de distribución, en kilómetros.

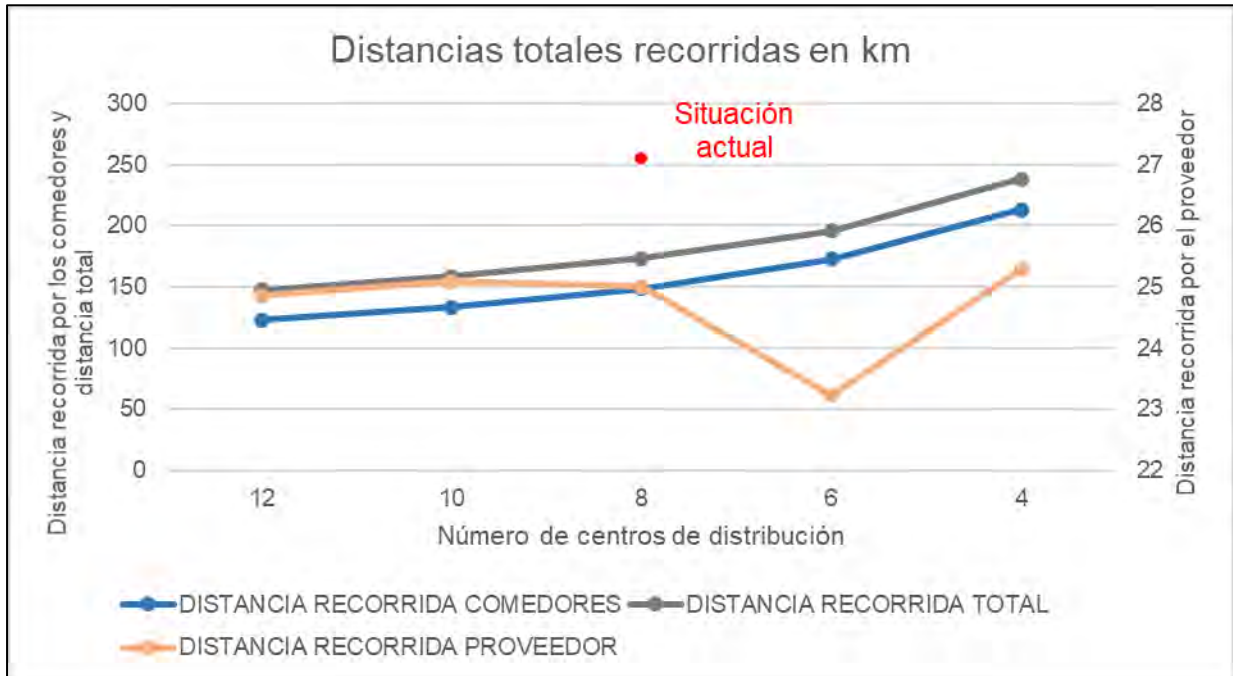


Figura U1: Curvas de distancias recorridas por número de centros de distribución, en kilómetros.





## ANEXO V: Gastos de los comedores populares para el transporte de alimentos

Tabla V1: Distancia recorrida y gasto de transporte.

N°	COMEDOR	DISTANCIA RECORRIDA (KM)	GASTO DE TRANSPORTE (SOLES)
1	AMAR ES VIDA	0,74	18,00
26	CRUZ DE MOTUPE	1,60	18,00
43	HORTENCIA PARDO	0,84	15,00
46	INMACULADA CONCEPCION	0,66	18,00
58	LA CRUZ	0,21	12,00
65	LLANAVILLA	1,02	10,00
72	MAMA OCLLO	1,25	20,00
74	MARIA AUXILIADORA	1,23	22,00
79	MARIA DEL PILAR	0,27	15,00
82	MARIA GRAÑA OTOÑE	0,52	20,00
85	MARIA PARADO DE BELLIDO	0,39	19,00
87	MARIA PARADO DE BELLIDO	1,08	15,00
96	MICAELA BASTIDAS	1,24	15,00
97	MICAELA BASTIDAS	0,47	18,00
98	MICAELA BASTIDAS	1,08	15,00
111	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	0,78	17,00
133	SAN JUAN TADEO	1,34	20,00
137	SAN MARTIN DE PORRES	1,00	20,00
152	SANTA ROSA DE LIMA	1,13	18,00
153	SANTA ROSA DE LIMA	1,77	15,00
154	SANTA ROSA DE LIMA	1,35	20,00
157	SANTA ROSA DE LIMA	0,50	18,00
170	SARITA COLONIA	1,44	25,00
180	SEÑOR DE LOS MILAGROS	0,66	15,00
183	SEÑOR DE LOS MILAGROS	0,79	18,00
202	TRES ESTRELLAS	0,73	22,00
210	VIRGEN DE COCHARCAS	1,81	20,00
213	VIRGEN DE FATIMA	1,13	20,00
214	VIRGEN DE FATIMA	1,91	20,00
215	VIRGEN DE FATIMA	0,37	20,00
218	VIRGEN DE GUADALUPE	0,79	15,00
225	VIRGEN DE LAS MERCEDES	1,36	20,00
227	VIRGEN DE LOURDES	0,17	15,00
232	VIRGEN DEL CARMEN	0,55	12,00
FACTOR (SOLES/KM)			18,65

## ANEXO W: Datos y cálculos de los costos de distribución de la situación actual.

Tabla W1: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales de la situación actual, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CORAZON DE JESUS	21	2,83	6,56	2	1 200,00	0,42	1	510,00	2 115,00	25 380,00
	SANTA TERESITA	11	2,25	3,36			0,21		405,00		
TOTAL RUTA 1			5,00	9,92	2	1 200,00	0,63	1	900,00	2 100,00	25 200,00
2	TERESA DE JESUS	30	2,67	9,89	1	600,00	0,65	1	480,00	1 782,00	21 384,00
	FAMILIA Nº 2	18	1,70	5,67			0,37		306,00		
	SEÑOR DE LOS MILAGROS	27	2,20	8,49			0,55		396,00		
TOTAL RUTA 2			7,00	24,05	1	600,00	1,57	1	1 260,00	1 860,00	22 320,00
3	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	34	4,42	10,71	2	1 200,00	0,70	1	795,00	1 995,00	23 940,00
TOTAL RUTA 3			4,50	10,71	2	1 200,00	0,70	1	810,00	2 010,00	24 120,00
4	SANTA ROSA DE LIMA	42	3,53	11,80	1	600,00	0,81	1	636,00	1 806,00	21 672,00
	MENSAJERO DE LA PAZ	59	3,17	18,42			1,18		570,00		
TOTAL RUTA 4			7,00	30,22	1	600,00	1,99	1	1 260,00	1 860,00	22 320,00
TOTAL			23,50	74,90	6	3 600,00	4,89	4	4 230,00	7 830,00	93 960,00

Tabla W2: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CORAZON DE JESUS	21	1,90	20	150	2,83	2 VEHÍCULOS (NO SE ESPECIFICA LA CAPACIDAD)	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	1
	SANTA TERESITA	11	2,07	15	120	2,25			
TOTAL RUTA 1				35	270	5,08	-	-	-
2	TERESA DE JESUS	30	1,07	10	150	2,67	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1
	FAMILIA Nº 2	18	1,41	12	90	1,70			
	SEÑOR DE LOS MILAGROS	27	1,67	12	120	2,20			
TOTAL RUTA 2				34	360	6,57	-	-	-
3	NSTRA SRA DE LAS MERCEDES	34	3,16	25	240	4,42	2 VEHÍCULOS (NO SE ESPECIFICA LA CAPACIDAD)	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	2
TOTAL RUTA 3				25	240	4,42	-	-	-
4	SANTA ROSA DE LIMA	42	3,82	32	180	3,53	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2
	MENSAJERO DE LA PAZ	59	1,37	10	180	3,17			
TOTAL RUTA 4				42	360	6,70	-	-	-

Tabla W3: Cálculo de tiempo de entrega promedio en minutos por comedor popular.

RUTA	HORAS	MIN.	COMEDORES
1,00	2,50	150	21
	2,00	120	11
2,00	2,50	150	30
	1,50	90	18
	2,00	120	27
3,00	4,00	240	34
4,00	3,00	180	42
	3,00	180	59
TOTAL	20,50	1 230	242
FACTOR (MIN/COMEDOR)			5,08

Tabla W4: Cálculo de tiempo de viaje promedio en minutos de un centro de distribución a otro.

RUTA	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	MINUTOS
1	1,90	20
	2,07	15
2	1,07	10
	1,41	12
	1,67	12
3	3,16	25
4	3,82	32
	1,37	10
TOTAL	16,47	136
FACTOR (MINUTOS/KM)		8,26

## ANEXO X: Costos de distribución mensuales y anuales para el uso de 12, 10, 8, 6 y 4 centros de distribución.

Tabla X1: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales para el uso de 12 centros de distribución, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CD9	22	2,08	7,73	2	1 200,00	0,49	1	375,00	2 058,00	24 696,00
	CD1	17	1,60	5,20			0,33		288,00		
	CD13	11	1,08	3,68			0,24		195,00		
TOTAL RUTA 1			5,00	16,61	2	1 200,00	1,06	1	900,00	2 100,00	25 200,00
2	CD26	13	1,22	4,27	1	600,00	0,27	1	219,00	2 187,00	26 244,00
	CD29	16	1,52	5,02			0,35		273,00		
	CD46	20	1,90	6,28			0,42		342,00		
	CD62	18	1,68	5,31			0,34		303,00		
	CD66	27	2,50	7,87			0,50		450,00		
TOTAL RUTA 2			9,00	28,75	1	600,00	1,88	1	1 620,00	2 220,00	26 640,00
3	CD61	15	1,60	5,18	1	600,00	0,36	1	288,00	2 289,00	27 468,00
	CD94	24	2,37	7,52			0,47		426,00		
	CD119	31	2,80	9,06			0,58		504,00		
	CD81	28	2,62	7,78			0,54		471,00		
TOTAL RUTA 3			9,50	29,54	1	600,00	1,95	1	1 710,00	2 310,00	27 720,00
TOTAL			23,50	74,90	4	2 400,00	4,89	3	4 230,00	6 630,00	79 560,00

Tabla X2: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados, para 12 centros de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CD9	22	1,47	13	112	2,08	1 VEHÍCULO DE 12 TON Y 1 VEHÍCULO DE 5 TON	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	1ER DÍA
	CD1	17	1,08	9	87	1,60			
	CD13	11	1,05	9	56	1,08			
TOTAL RUTA 1				31	255	5,00	-	-	-
2	CD26	13	0,66	6	67	1,22	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD29	16	0,99	9	82	1,52			
	CD46	20	1,44	12	102	1,90			
	CD62	18	1,04	9	92	1,68			
	CD66	27	1,35	12	138	2,50			
TOTAL RUTA 2				48	481	9,00	-	-	-
3	CD61	15	2,27	19	77	1,60	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2DO DÍA
	CD94	24	2,33	20	122	2,37			
	CD119	31	1,14	10	158	2,80			
	CD81	28	1,69	14	143	2,62			
TOTAL RUTA 3				63	500	9,50	-	-	-

Tabla X3: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales para el uso de 10 centros de distribución, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CD13	12	1,13	4,00	2	1 200,00	0,26	1	204,00	2 172,00	26 064,00
	CD1	18	1,68	5,51			0,35		303,00		
	CD14	28	2,58	9,59			0,62		465,00		
TOTAL RUTA 1			5,50	19,10	2	1 200,00	1,23	1	990,00	2 190,00	26 280,00
2	CD31	14	1,32	4,62	1	600,00	0,30	1	237,00	2 271,00	27 252,00
	CD81	28	2,90	7,78			0,54		522,00		
	CD119	31	2,87	9,06			0,58		516,00		
	CD94	24	2,20	7,52			0,47		396,00		
TOTAL RUTA 2			9,50	28,98	1	600,00	1,89	1	1 710,00	2 310,00	27 720,00
3	CD67	43	4,05	13,36	1	600,00	0,88	1	729,00	2 094,00	25 128,00
	CD62	29	2,70	8,54			0,56		486,00		
	CD33	15	1,55	4,93			0,33		279,00		
TOTAL RUTA 3			8,50	26,83	1	600,00	1,77	1	1 530,00	2 130,00	25 560,00
TOTAL			23,50	74,90	4	2 400,00	4,89	3	4 230,00	6 630,00	79 560,00

Tabla X4: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados, para 10 centros de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CD13	12	0,84	7	61	1,13	1 VEHÍCULO DE 12 TON Y 1 VEHÍCULO DE 8 TON	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	1ER DÍA
	CD1	18	1,05	9	92	1,68			
	CD14	28	1,36	12	143	2,58			
TOTAL RUTA 1				28	296	5,50	-	-	-
2	CD31	14	0,82	7	72	1,32	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD81	28	3,75	31	143	2,90			
	CD119	31	1,69	14	158	2,87			
	CD94	24	1,14	10	122	2,20			
TOTAL RUTA 2				62	495	9,50	-	-	-
3	CD67	43	2,85	24	219	4,05	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2DO DÍA
	CD62	29	1,64	14	148	2,70			
	CD33	15	1,84	16	77	1,55			
TOTAL RUTA 3				54	444	8,50	-	-	-



Tabla X5: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales para el uso de 8 centros de distribución, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CD30	29	2,67	9,35	2	1 200,00	0,62	1	480,00	2 550,00	30 600,00
	CD11	33	2,98	11,43			0,73		537,00		
	CD1	20	1,85	6,14			0,39		333,00		
TOTAL RUTA 1			7,50	26,91	2	1 200,00	1,74	1	1 350,00	2 550,00	30 600,00
2	CD55	38	3,70	11,71	1	600,00	0,77	1	666,00	1 884,00	22 608,00
	CD67	38	3,43	11,68			0,77		618,00		
TOTAL RUTA 2			7,00	23,39	1	600,00	1,54	1	1 260,00	1 860,00	22 320,00
3	CD94	24	2,67	7,52	1	600,00	0,47	1	480,00	2 070,00	24 840,00
	CD119	31	2,80	9,06			0,58		504,00		
	CD81	29	2,70	8,03			0,56		486,00		
TOTAL RUTA 3			8,00	24,61	1	600,00	1,61	1	1 440,00	2 040,00	24 480,00
TOTAL			22,50	74,90	4	2 400,00	4,89	3	4 050,00	6 450,00	77 400,00

Tabla X6: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados, para 8 centros de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CD30	29	1,36	12	148	2,67	1 VEHÍCULO DE 12 TON Y 1 VEHÍCULO DE 8 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD11	33	1,27	11	168	2,98			
	CD1	20	1,05	9	102	1,85			
TOTAL RUTA 1				32	418	7,50	-	-	-
2	CD55	38	3,37	28	194	3,70	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD67	38	1,37	12	194	3,43			
TOTAL RUTA 2				40	388	7,00	-	-	-
3	CD94	24	4,51	38	122	2,67	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2DO DÍA
	CD119	31	1,14	10	158	2,80			
	CD81	29	1,69	14	148	2,70			
TOTAL RUTA 3				62	428	8,00	-	-	-

Tabla X7: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales para el uso de 6 centros de distribución, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CD30	31	2,83	9,98	1	600,00	0,66	1	510,00	1 929,00	23 148,00
	CD5	51	4,55	16,93			1,08		819,00		
TOTAL RUTA 1			7,50	26,91	1	600,00	1,74	1	1 350,00	1 950,00	23 400,00
2	CD55	39	3,78	11,95	2	1 200,00	0,79	1	681,00	2 499,00	29 988,00
	CD67	38	3,43	11,68			0,77		618,00		
TOTAL RUTA 2			7,50	23,63	2	1 200,00	1,56	1	1 350,00	2 550,00	30 600,00
3	CD87	35	3,62	9,80	1	600,00	0,66	1	651,00	2 025,00	24 300,00
	CD108	48	4,30	14,56			0,93		774,00		
TOTAL RUTA 3			8,00	24,36	1	600,00	1,59	1	1 440,00	2 040,00	24 480,00
TOTAL			23,00	74,90	4	2 400,00	4,89	3	4 140,00	6 540,00	78 480,00

Tabla X8: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados, para 6 centros de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CD30	31	1,36	12	158	2,83	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD5	51	1,53	13	260	4,55			
TOTAL RUTA 1				25	418	7,50	-	-	-
2	CD55	39	3,37	28	199	3,78	2 VEHÍCULO DE 12 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
	CD67	38	1,37	12	194	3,43			
TOTAL RUTA 2				40	393	7,50	-	-	-
3	CD87	35	4,69	39	178	3,62	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2DO DÍA
	CD108	48	1,67	14	244	4,30			
TOTAL RUTA 3				53	422	8,00	-	-	-

Tabla X9: Cálculos de los costos de distribución del distrito mensuales y anuales para el uso de 4 centros de distribución, en soles.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	TIEMPO TOTAL EMPLEADO (HORAS)	CARGA SECA (TON)	VEHÍCULOS NORMALES	COSTO VEHÍCULO NORMAL (SOLES/DÍA)	CARGA FRÍA (TON)	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS	COSTO VEHÍCULO FRIGORÍFICO (SOLES/HORA)	COSTO TOTAL MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
1	CD11	71	6,50	23,35	1	600,00	1,50	1	1 170,00	1 770,00	21 240,00
2	CD69	51	5,00	14,72	2	1 200,00	0,98	1	900,00	2 100,00	25 200,00
3	CD60	54	5,00	17,29	2	1 200,00	1,15	1	900,00	2 100,00	25 200,00
4	CD106	66	6,50	19,54	1	600,00	1,26	1	1 170,00	1 770,00	21 240,00
TOTAL			22,50	74,90	6	3 600,00	4,89	4	4 140,00	7 740,00	92 880,00

Tabla X10: Cálculos de los tiempos de distribución y descripción de los vehículos usados, para 4 centros de distribución.

RUTA	CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	COMEDORES ASIGNADOS	DISTANCIA ENTRE CD Y CD (KM)	TIEMPO DE VIAJE DE CD A CD (MIN)	TIEMPO DE ENTREGA A COMEDORES (MIN)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	VEHÍCULOS NORMALES USADOS	VEHÍCULOS FRIGORÍFICOS USADOS	DÍA
1	CD11	71	1,24	11	361	6,50	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	1ER DÍA
2	CD69	51	3,87	32	260	5,00	1 VEHÍCULO DE 12 TON Y 1 VEHÍCULO DE 5 TON	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	1ER DÍA
3	CD60	54	2,52	21	275	5,00	1 VEHÍCULO DE 12 TON Y 1 VEHÍCULO DE 5 TON	1 VEHÍCULO DE 1,4 TON	2DO DÍA
4	CD106	66	5,02	42	336	6,50	1 VEHÍCULO DE 40 TON	1 VEHÍCULO DE 2,2 TON	2DO DÍA