



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

REORGANIZACIÓN DE LA COBERTURA DE OFICINAS EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN SOCIAL

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

PRESENTA:

MARTÍNEZ LAGUNAS CAROLINA



**Tutor:
Dra. Mayra Elizondo Cortés**

2009

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Aceves García Ricardo

Secretario: M.I. Hernández Casanova Rodolfo

Vocal: Dra. Elizondo Cortés Mayra

1^{er} Suplente: Dra. Monroy León Cozumel Allanec

2^{do} Suplente: M.I. Reséndiz López Héctor Daniel

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Ingeniería

TUTOR DE TESIS

Dra. Mayra Elizondo Cortés

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Primero, gracias a Dios por dejarme lograr esta meta, por darme salud, tenerme cerca de mi familia y mis amigos y darme la fuerza para luchar por las cosas que deseo hacer.

A mis padres por su apoyo y ayuda, pero sobre todo por su gran cariño, por ser los guías de mi vida y haberme enseñado a tomar decisiones y a trabajar por lo que quiero lograr. Los quiero!

A Geo, porque sé que me apoyas y estás conmigo y porque ahora que te toque hacer tu tesis me pongas en los agradecimientos eh! =)

A Leo y Naye, porque sin duda son parte fundamental de este trabajo y no tengo palabras con qué agradecer toda su ayuda. Muchas gracias!

A La Dra. Mayra Elizondo por ser la guía en la realización de este proyecto y por confiar en mí.

Al M.I. Héctor Reséndiz quien me enseñó una de las mejores herramientas para trabajar y que fue fundamental en esta tesis, pero sobre todo por la disposición que siempre mostró para ayudarme. Mil gracias!

A Rubén, gracias por ser mi gran apoyo, por tus buenas ideas y tus opiniones. Muchas gracias por confiar y en mí y por pasar conmigo todo este proceso. Te amo.

A mis amigos, Ale, Lalo Ríos, Yair, Beto, Miguel, Lalo Espinosa, Lorena, Towi, Roberto, Naye, Leo, César, Julio, Nacho, Raúl, por estar conmigo, por ser mis amigos, por ayudarme cuando estaba en crisis porque algo no quedaba, por todas sus opiniones y por echarme muchas porras y creer en mí. Gracias por estar en mi vida amigos.

ÍNDICE

	Página
Resumen	1
Introducción	2
Capítulo 1. Descripción del Sistema de Comunicación social GIROS	
1.1. Antecedentes	4
1.2. Problemática	6
1.3. Problema concreto por resolver	10
Capítulo 2. Instrumentos de Análisis	
2.1. Elementos teóricos	14
2.1.1. Localización de servicios	14
2.1.1.1. El problema de localización de servicios	14
2.1.1.2. Modelo de localización de servicios	18
2.1.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	19
2.1.2.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica	19
2.1.2.2 Problemas que pueden resolverse con apoyo de las herramientas de los SIG	20
2.1.2.3 Aplicaciones de los SIG	21
2.1.3. ArcView 3.0	22
2.1.4. Software de solución: LINGO	24
2.2. Metodología	25
2.2.1. Planteamiento del problema	25

2.2.2. Recopilación de información estadística y geográfica	26
2.2.3. Integración y análisis de datos mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcView)	26
2.2.4. Construcción de un modelo de localización de servicios	27
2.2.5. Solución del modelo de localización de servicios	27
2.2.6. Presentación de resultados y conclusiones	27
2.3. Datos (fuentes y procesamiento)	28
Capítulo 3. Desarrollo	
3.1. Manejo de la información Geográfica	29
3.2. Manejo de la demanda	41
3.3. Planteamiento del modelo	44
3.4. Solución del modelo.	52
3.5. Validación del modelo.	54
Capítulo 4. Presentación de Resultados	
4.1 Análisis de resultados obtenidos	57
4.2. Esquematización de la reorganización propuesta	59
4.3. Representación geográfica de los resultados obtenidos	65
Conclusiones y Recomendaciones	77
Referencias y Bibliografía	81
Anexos	

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo, mostrar la manera de reorganizar la cobertura de oficinas de una empresa de comunicación social (GIROS). Se partió de la definición del problema, el análisis del sistema y la identificación de los elementos que intervienen en el planteamiento. Posteriormente se definieron las herramientas y elementos teóricos necesarios para resolver el problema. Contando con lo anterior, se inició la solución del problema con la manipulación de la información geográfica y estadística empleando herramientas de apoyo como son los SIG (Sistema de Información Geográfica) y técnicas de optimización (con el software LINGO). Finalmente se obtuvo la reorganización de la cobertura de oficinas mostrando los resultados de forma geográfica y esquemática. Se determinó la función de ciertas oficinas como concentradoras, también se estimaron las cantidades de dinero que éstas enviarán a las oficinas a su cargo, de tal manera que puedan cubrir sus demandas correspondientes al menor costo y riesgo.

ABSTRACT

The objective of this paper is to show how to reorganize the distribution of coverage offices of a company of social communication (GIROS). The first step were begins the definition of the problem, the analysis of the system and identified the elements involved in the problem resolve. Subsequently the tools and theoretical elements needed to solve the problem were defined, with the above, solution begun with the manipulation of geographic and statistic information using support tools such as GIS (geographic information systems) and optimization techniques with the LINGO software. Finally was reached the reorganization of the coverage of the offices, showing the results in a geographical and schematic form, also was defined the role of certain offices as concentrators and the estimated quantities of money that they should sent to the offices at their charges with the purpose of they can meet their demands.

INTRODUCCIÓN

GIROS es un Sistema de Comunicación Social que ofrece servicios de comunicaciones (envío de información) y financieros (giros de dinero, pagos de nómina, entre otros) para personas, empresas y organismos públicos. Esta institución ha crecido significativamente en los últimos años, sin embargo, ha tenido una serie de pérdidas económicas probablemente consecuencia de una visión de negocios inadecuada reflejada en una estructura de operación ineficiente, por lo que ha comenzado a tomar medidas para evitar que esta situación se siga agravando. Debido a que GIROS cuenta con oficinas en toda la República Mexicana, se planeó elegir un estado para proponer soluciones y de esta manera, extenderlas al resto del país una vez que se compruebe su efectividad. El estado que se consideró adecuado para comenzar es Oaxaca, debido a su amplia extensión y geografía accidentada. La premisa es que si se logra una solución con buenos resultados en este estado, resolver el problema en las demás entidades representará menores dificultades.

El propósito de reestructurar la organización actual de las oficinas de la empresa es reducir los costos de traslado de los recursos al disminuir las distancias que la empresa trasladadora debe recorrer y, minimizar los riesgos de asaltos y robos al realizar un menor número de viajes.

i. Planteamiento de la problemática

En Oaxaca, GIROS tiene una Gerencia Estatal (ubicada en la capital) que se encarga del manejo de las oficinas distribuidas a lo largo del estado. La función principal de la Gerencia es enviar recursos económicos a las oficinas cada vez que sea necesario, para lo cual se alquila una compañía trasladadora que sale desde Oaxaca de Juárez y que cobra por cada kilómetro recorrido una vez que la distancia ha pasado de 20 kilómetros, pero, al no haber una buena organización, las oficinas piden el dinero en cualquier momento, por lo que muchas veces otra oficina debe mandar los recursos, con lo que se corre el riesgo de que el mensajero sufra un robo.

Si se logra determinar la ubicación óptima de oficinas concentradoras, de tal manera que se cubran todas las oficinas de GIROS en el Edo. de Oaxaca, se podrán minimizar riesgos y costos de traslado de dinero.

Se considera que la reestructuración que se logre determinar será la base para resolver otro tipo de problemas (como inventarios y ruta óptima).

ii. Objetivo

Reorganizar la distribución de la cobertura de oficinas de GIROS mediante un modelo que: 1) minimice costos y riesgos de traslado de efectivo y, 2) asegure un nivel de servicio adecuado a los usuarios.

iii. Metodología

Metodología empleada para resolver el problema:

1. *Planteamiento del problema;*
2. *Recopilación de información estadística y geográfica;*
3. *Integración de los datos mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcView);*
4. *Construcción de un modelo de localización de servicios;*
5. *Solución del modelo de localización de servicios;*
6. *Presentación de resultados y conclusiones.*

Este trabajo se compone de cuatro capítulos. El capítulo 1 describe el sistema de comunicación de GIROS, presentando su situación actual e identificando los elementos de influencia relevantes para el planteamiento del problema; de esta manera, se define el problema y su propuesta de solución. Se explica la importancia de resolver la problemática, utilizando las propuestas de reestructuración.

En el capítulo 2 se identificaron los instrumentos y herramientas de análisis. Se definen los sistemas de información geográfica (SIG), se realiza una breve descripción del software ArcView y el Network Analyst detallando el algoritmo utilizado por dicha extensión. Se analizan los modelos de localización de servicios logrando la definición del modelo que será utilizado en la solución del problema de acuerdo a las características planteadas. También se realiza una breve descripción del software LINGO, herramienta utilizada para la solución del modelo planteado y del algoritmo que es empleado por el programa para resolver el modelo matemático. Por otro lado, se plantea la metodología a seguir y se describen cada uno de los rubros. También se describen los datos (tanto estadísticos como geográficos) necesarios para cubrir el objetivo de este trabajo.

En el capítulo 3 se desarrollaron los pasos mencionados en la metodología, explicando el manejo de los instrumentos de análisis: manipulación de datos geográficos con el GIS, manipulación de datos estadísticos, planteamiento del modelo de localización, solución y validación del mismo.

En el capítulo 4 se analizan los resultados obtenidos en forma geográfica y esquemática.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones producto de este trabajo.

Capítulo I. Descripción del Sistema de Comunicación Social GIROS

1.1 ANTECEDENTES

GIROS es un Sistema de Comunicación Social que cuenta con gran prestigio debido a su enorme experiencia en el ramo de las telecomunicaciones y al impacto que tiene en los pobladores de las comunidades en las que tiene presencia, las cuales se ven beneficiadas por los servicios que ofrece, mismos que son:

1. Telegráficos

- ◆ Integrales de comunicación: Transmisión de mensajes vía la red de oficinas y agencias de telégrafos que GIROS imprime, ensobreta y entrega a domicilio y la transmisión de cualquier tipo de documentos, ya sea imágenes o texto, a través de un equipo facsímil (fax), ambos servicios a nivel nacional e internacional. Se cuenta también con servicios como telegramas por Internet, por teléfono y telegramas a grandes usuarios (para que las empresas puedan enviar grandes volúmenes de mensajes dentro de la República Mexicana).
- ◆ Financieros básicos: Transferencia de fondos (giros de dinero) de manera electrónica a cualquier punto de la República Mexicana y transferencia de fondos desde los Estados Unidos y Canadá. También se cuenta con “dinero en minutos” que permite la transferencia de fondos desde cualquier parte del mundo hacia la República Mexicana a través de la red de oficinas; mediante este servicio, el dinero está disponible minutos después de haber sido enviado. Para las empresas se tiene el servicio de pago a través de giro telegráfico (envío de grandes volúmenes de dinero para pago de nóminas, pensiones, etc.) y cobro a través de giro telegráfico (cobro de servicios como luz, teléfono, agua potable, impuestos entre otros) y la comercialización de productos servicios de terceros.

2. Satelitales

- ◆ Comunicaciones móviles: Sistema que presta el servicio de Transmisión Satelital de voz y datos por medio de equipos móviles y fijos.
- ◆ Rurales: La empresa es responsable de instalar, operar y dar mantenimiento a teléfonos rurales satelitales en zonas de orografía accidentada que no cuentan con telefonía celular.
- ◆ Telepuertos comunicación: Servicio unidireccional de señales de audio y video asociado vía satélite, con cobertura nacional e internacional, dirigida a productores de programas de TV.

3. Radio marítimos

- ◆ Socorro y seguridad en el mar: A través de este servicio se reciben llamadas de auxilio y emergencia dentro de las 200 millas de mar patrimonial.

- ◆ Correspondencia pública: Se establece comunicación desde y hacia un barco conectado a la red telefónica pública.

GIROS cuenta con sucursales instaladas a lo largo de la República Mexicana (Figura 1.1), sin embargo existen entidades en las que se dificulta la prestación de servicios por distintas causas, la principal es la geográfica. Este es el caso de Oaxaca, las particularidades de su territorio, extensión (Figura 1.2) y la experiencia en la operación de GIROS han conducido a la empresa a tomarlo como un estado representativo para analizar y buscar una solución al problema, que será planteado más adelante (Figura 1.3). Dicha solución será la base para los demás estados de la República, si es que se desea aplicar la misma estrategia.



Figura 1.1. Presencia de GIROS en la República Mexicana.

Fuente: Información otorgada por la empresa

Actualmente GIROS no tiene una estrategia específica de distribución de dinero en efectivo para satisfacer de forma eficiente el servicio de transferencia de fondos que requieren sus clientes. Lo cual se traduce en uno de los principales problemas que tiene la empresa ya que esta situación ha significado: grandes pérdidas económicas, por lo que se desea corregir dicha situación.

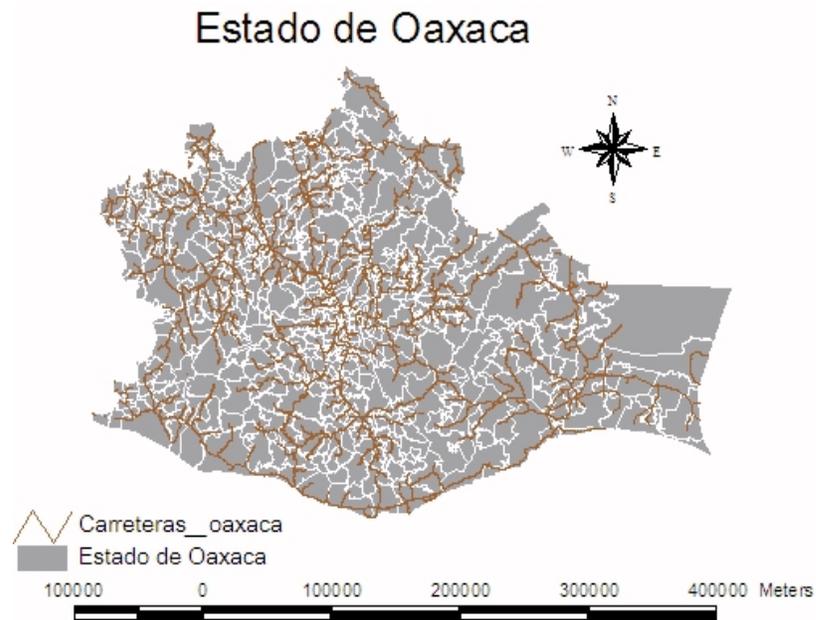


Figura 1.2. Estado de Oaxaca y red de carreteras
Fuente datos. INEGI

1.2 PROBLEMÁTICA

Los principales elementos del sistema son: La Gerencia Estatal, las oficinas de GIROS, la empresa trasladadora de valores, la infraestructura de transporte, la red carretera, los mensajeros y las localidades demandantes de servicios, a continuación se muestra un esquema de la situación actual de GIROS:

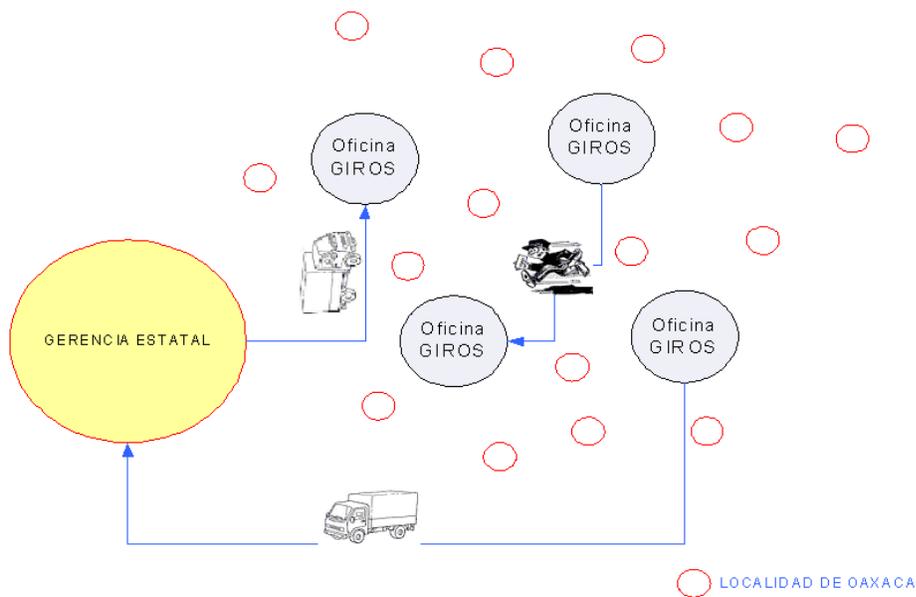


Figura 1.3. Situación actual de la distribución de fondos

Cuando la oficina se queda sin recursos, avisa a la Gerencia Estatal que es la encargada de llevar el dinero hacia la oficina correspondiente mediante una trasladadora de valores; sin embargo por las condiciones geográficas de Oaxaca, el tiempo de traslado puede ser de unas horas hasta días, lo cual no es benéfico en ningún sentido para GIROS ya que no puede cubrir la demanda de su oficina en el momento requerido; además, el traslado de bienes puede tener un costo muy alto dependiendo de la cantidad y hacia dónde se mande.

El manejo de las oficinas y la solicitud de dinero son hechas basándose en decisiones totalmente personales y de manera empírica. No existe un análisis estadístico sobre la demanda que cada una de las oficinas requiere en un determinado tiempo para poder saber o prever la demanda que se podría requerir y así tomar las decisiones necesarias para que no se presente la falta de recursos. Es por ello que en muchas ocasiones ocurre que las oficinas sufren de un déficit de efectivo y es necesario acudir a una oficina cercana para solicitar el dinero suficiente para continuar prestando sus servicios hasta que la Gerencia Estatal pueda surtirles nuevamente.

Debido a que dichas situaciones suelen ocurrir de manera imprevista, se carece de un contrato previo con la empresa trasladadora para la transferencia de efectivo entre oficinas. Dado que es importante que el dinero sea enviado de manera urgente a quien lo solicita, la empresa se vale de su personal y equipo, en este caso, un mensajero que se traslada hasta la localidad respectiva. En algunas ocasiones, las cantidades son significativas, lo cual implica un riesgo ante la posibilidad de un asalto. También se debe considerar que al no contar con una estrategia, se manifiesta la posibilidad de requerir recursos provenientes de más de una oficina para cubrir por completo el monto requerido en la oficina solicitante.

Obviamente, el hecho de que se presenten situaciones como la mencionada anteriormente implica costos y riesgos de envío de dinero, que podrían evitarse si se contara con una estrategia que les permitiera conocer cuánto y cuándo deben ser enviados los recursos para prevenir que una oficina tenga déficit o excedentes grandes de dinero y llevar un mejor manejo y control de toda la cadena de oficinas del estado.

Un diagrama de flujo puede ilustrar de manera clara la forma en que trabaja la empresa. Así puede apreciarse la forma en que es solicitado el dinero y en caso de que haga falta, el proceso que busca en todas las oficinas hasta encontrar una que cuente con los recursos necesarios para enviarlos.

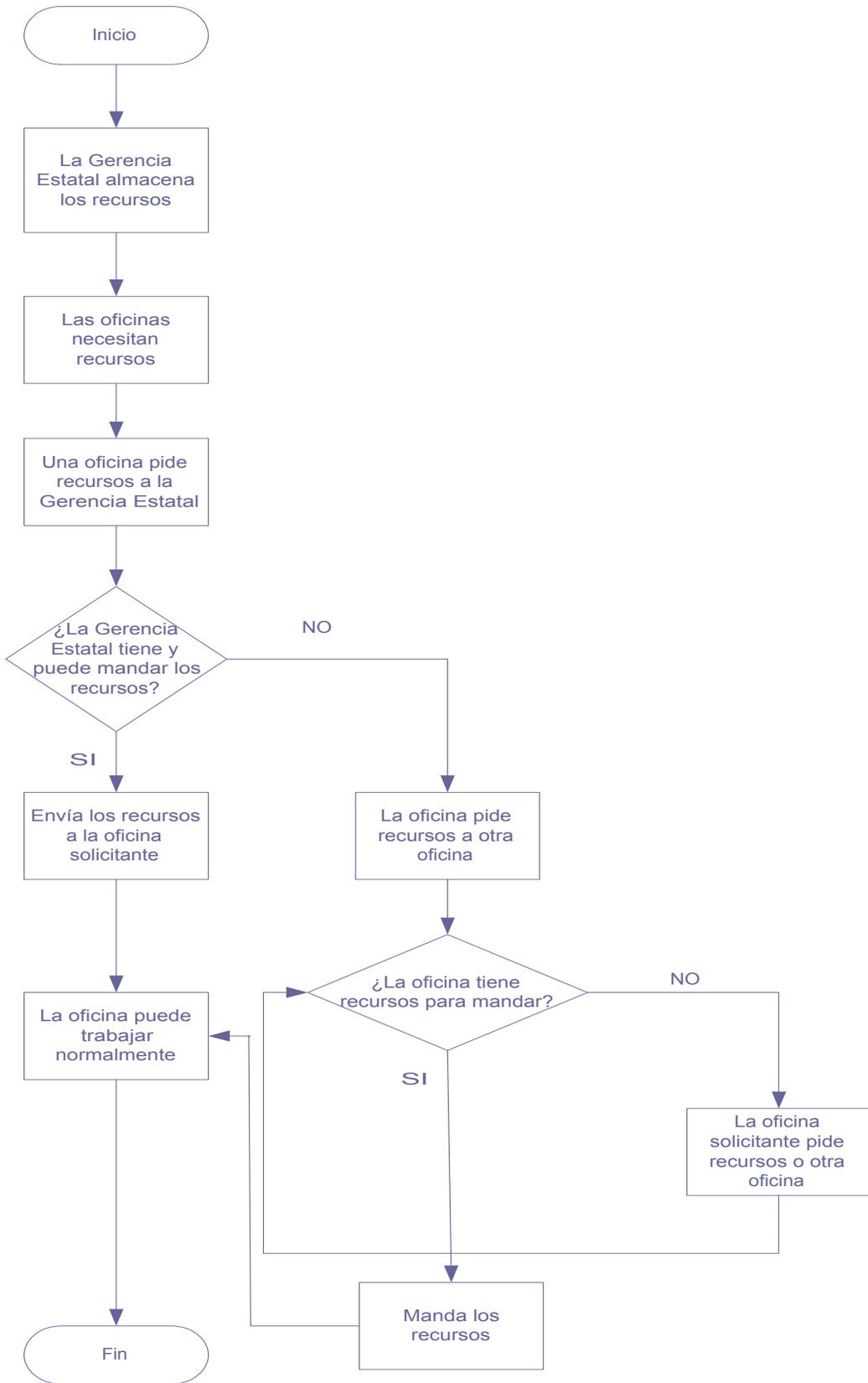


Figura 1.5. Forma de trabajo actual de GIROS

Debido a la escasa organización de GIROS, esta empresa muestra:

- ◆ la Gerencia Estatal no puede cubrir las necesidades de las oficinas en el momento en que éstas lo solicitan;
- ◆ centralización de las decisiones en la Gerencia Estatal;
- ◆ pérdidas económicas;
- ◆ decisiones basadas en juicios personales, debido a la falta de planeación de operaciones;
- ◆ soluciones aisladas a los problemas de abastecimiento de recursos.

Como puede notarse, GIROS enfrenta varios problemas por resolver, sin embargo para poder darles solución paulatina, se considera que debe comenzarse por establecer una nueva estructura en la organización de sus oficinas que permita la mejor distribución de los recursos monetarios y la descentralización de decisiones de la Gerencia Estatal.

La solución propuesta debe facilitar el envío de dinero a las oficinas, lograr que las decisiones se tomen basándose en una planeación previa para evitar la falta de recursos en las oficinas y traer mejoras en cuanto a los costos que esto implica, donde uno de los principales es el de transporte.

1.3 PROBLEMA CONCRETO POR RESOLVER

Determinar la ubicación de oficinas concentradoras de tal manera que se cubran todas las oficinas de GIROS en el estado de Oaxaca minimizando riesgos y costos de traslado de dinero.

Con el fin de lograr el objetivo planteado, se propone una estructura como la siguiente:

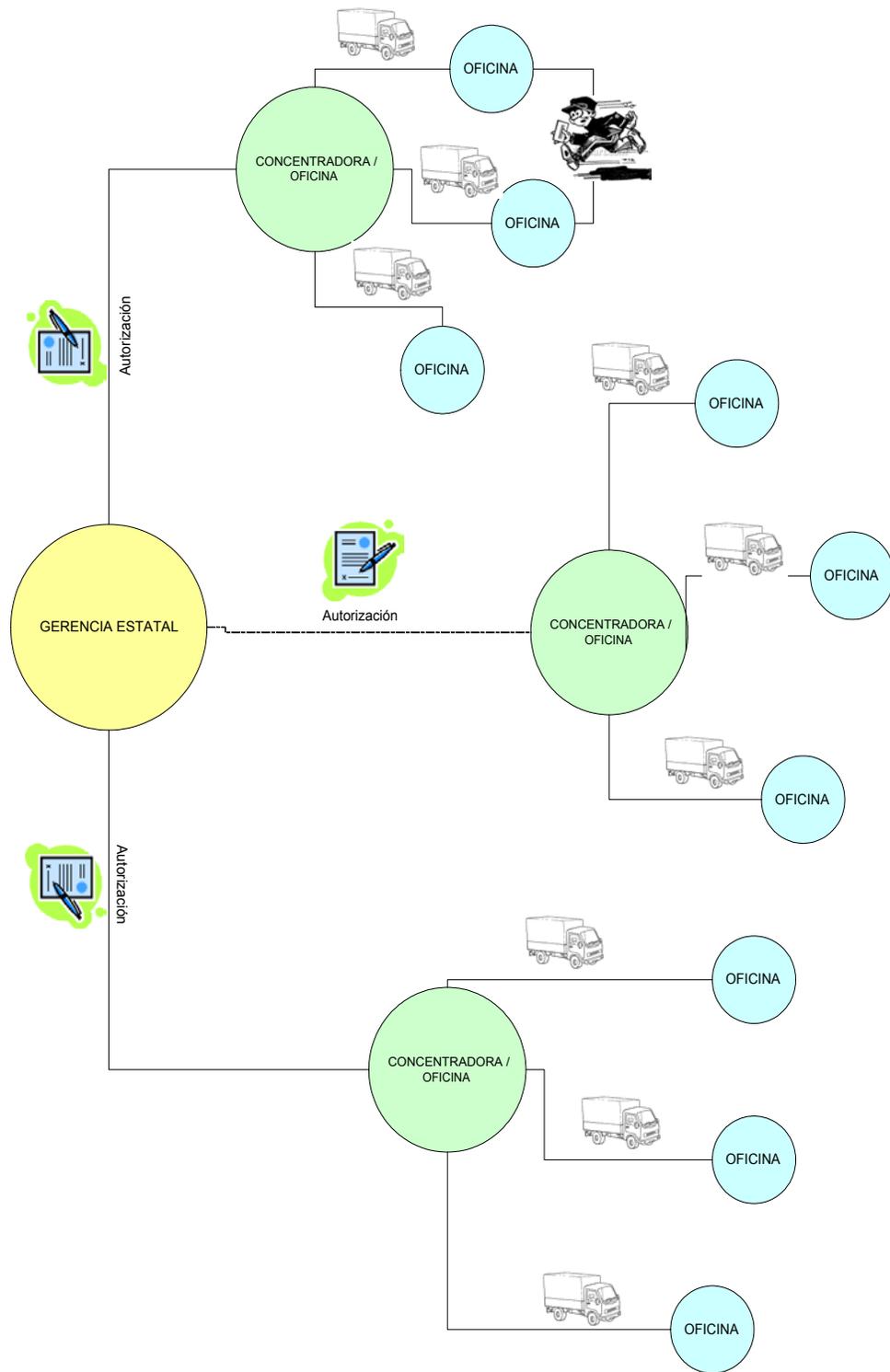


Figura 1.5. Estructura deseada de las oficinas de GIROS

La estructura que se muestra en la Figura 1.5 propone la asignación de un grupo de oficinas como concentradoras, las cuales se encargarán de coordinar el abastecimiento de efectivo a las oficinas a las que tenga mayor y más fácil acceso que cualquier otra o que la misma Gerencia Estatal. Para que una oficina pueda fungir como concentradora deberá cubrir como requisito tener cerca una entidad bancaria que tenga contrato con GIROS para poder abastecer de efectivo a las oficinas que así lo requieran.

La Gerencia Estatal proporcionará la autorización correspondiente por la cantidad solicitada de la concentradora para cubrir su demanda y la de las oficinas a su cargo, para que desde la entidad bancaria se trasladen las cantidades adecuadas mediante la unidad trasladadora hacia las oficinas.

En caso de que haya un excedente importante de dinero en alguna de las oficinas, éste será administrado por la concentradora pudiéndose llevar a alguna otra oficina que lo requiera, o bien, depositando esa cantidad en el banco. En caso de que se presente la necesidad de adquirir más efectivo la concentradora pedirá la autorización a la Gerencia Estatal y podrá obtenerlo de la unidad bancaria.

Las oficinas podrán trasladar efectivo entre ellas mediante un mensajero, siempre y cuando la cantidad trasladada sea menor o igual a \$10,000, esta actividad, es una política establecida por la empresa. Debido a que las oficinas se encontrarán relativamente cerca habrá menor riesgo de asalto por tratarse de una cantidad baja y no recorrer grandes distancias, evidentemente esta actividad se tendrá que realizar a discreción y con personal debidamente seleccionado.

Importancia de la reestructuración

Una de las razones por las que GIROS desea mejorar su modo de operar y su eficiencia es debido a los beneficios que brinda a la sociedad al atender las necesidades de comunicaciones y financieras de empresas y personas.

La organización quiere ofrecer todas las facilidades para que las personas y las empresas puedan hacer sus transferencias de dinero de la forma más segura y rápida y con tarifas debidamente autorizadas.

El servicio que ofrece GIROS llega a poblaciones rurales, las cuales son de difícil acceso y tienen grandes necesidades financieras, mismas que deben ser cubiertas con la misma eficiencia, rapidez y confiabilidad que se brinda en las zonas urbanas. La empresa se encarga de llegar a sitios lejanos, ubicados en la sierra y a los que sólo es posible acceder mediante transporte aéreo.

Por lo tanto, mejorar la organización y distribución de las oficinas de GIROS es importante para todas las comunidades y empresas que pueden hacer uso de sus

servicios.

Es importante la reestructuración de las oficinas de manera que puedan cumplirse los siguientes objetivos:

- ◆ optimizar recursos en las oficinas y a nivel de la Gerencia Estatal, lo que le ayudará a tener menores pérdidas económicas y los usuarios podrán tener un mejor servicio;
- ◆ cumplir con el plan institucional de GIROS 2008-2012 que define las estrategias generales para la reestructuración del Organismo y convertirlo en una entidad moderna, flexible, innovadora y con mayor capacidad de respuesta. Con ello se pretende movilizar el esfuerzo colectivo de trabajadores y directivos para cumplir los siguientes objetivos:
 - ✓ prestar los servicios de comunicaciones y financieros básicos encomendados al organismo con un alto nivel de calidad, a precios accesibles y competitivos;
 - ✓ diversificar y modernizar los servicios para atender las necesidades de los usuarios y asegurar su plena satisfacción;
 - ✓ avanzar en el fortalecimiento financiero de GIROS.

Cabe mencionar que la estructura a la que se pretende llegar implica varias modificaciones organizacionales en el modo de trabajo y acuerdos actuales, algunas de ellas son:

- ✓ acuerdo con las entidades bancarias correspondientes para que éstas tengan el efectivo requerido según la demanda que requieran las concentradoras y oficinas a su cargo en un determinado día de la semana;
- ✓ acuerdo con la empresa trasladadora para que una vez que llegue el dinero a la unidad bancaria, pueda transportarse a las diferentes oficinas de acuerdo a su demanda semanal;
- ✓ un sistema de información, que incluya una base de datos para llevar un registro de todos los movimientos de efectivo, solicitudes y autorizaciones realizadas, así como el control de las demandas de preferencia diaria de cada oficina, para un mejor análisis posterior de las mismas;
- ✓ asignación de personal responsable de la administración del efectivo en cada concentradora.

Estas modificaciones son propuestas para que el trabajo de la empresa se vea mejorado una vez hecha la reorganización.

Capítulo 2. Instrumentos de análisis

2.1 ELEMENTOS TEÓRICOS

2.1.1 Localización de Servicios

Uno de los principales problemas a los que deben enfrentarse los tomadores de decisiones en una organización, empresa o institución gubernamental es la localización de algún servicio: en dónde es correcto situar algo, ¿cuál es el lugar más apropiado para abrir una nueva sucursal? ¿qué clase de restricciones se tienen para localizar un servicio? ¿hay costos extra? ¿existen barreras para poder localizarlos? son algunas de las preguntas que con frecuencia surgen y que pueden responderse mediante el uso de los modelos de localización de servicios.

La teoría de localización de servicios es una técnica que ofrece un gran potencial para la solución de problemas donde se tenga que ubicar geográficamente uno o más servicios para atender a un conjunto de usuarios.

En muchos de esos problemas el objetivo es encontrar la ubicación que minimice costos, que pueden ser considerados de manera distinta de acuerdo a las circunstancias y giro de la empresa como dinero, tiempo, distancia, número de usuarios perdidos o algún otro tipo de medida.

Los sistemas pueden ser representados para propósitos analíticos como redes, que son una topología de arcos y nodos en donde los nodos pueden representar ciudades, terminales y los arcos tuberías, caminos, cableado, etcétera. Existen modelos que permiten localizar a los servicios en cualquier parte del espacio, estos modelos son llamados continuos. Hay otros modelos que restringen la localización a un conjunto finito de sitios considerados previamente, éstos son llamados modelos discretos.

2.1.1.1 El problema de localización de servicios

El principal argumento de las teorías de localización se basa en el peso relativo de los costos de transporte en el costo total, la reducción de los costos motiva por ejemplo, a que determinadas actividades se ubiquen cerca de la fuente de materias primas, otras pueden situarse cerca del mercado al que orientan su producción. Por lo tanto la variable clave es la impedancia o los costos que ésta representa y que se traduce en distancia, gastos, tiempo e inconvenientes.¹

¹<http://www.eumed.net/tesis/2007/fjcv/teorias%20de%20localizacion.htm>

El problema de localización de servicios puede definirse como: “Dada la localización de cada usuario, su demanda y los costos implicados determinar el número de servicios, su ubicación geográfica y la capacidad de cada uno de ellos de tal forma que se optimicen los costos (mismos que pueden ser de transporte, de producción, de funcionamiento de instalación, etcétera y que sean los mínimos)”.

Los principales componentes de un problema de localización son:

Demanda: Interacción entre servicios y puntos de demanda.

Número de servicios: Cantidad de servicios que se desean localizar.

Medida de impedancia: Representación de la forma del recorrido entre los puntos de demanda y la ubicación de los servicios en el área de interés.

Espacio de soluciones: Diferentes lugares donde se puede ubicar un servicio.

Función objetivo: Función que permite evaluar soluciones alternativas y generalmente representa el costo total por ubicar el servicio.

Actualmente, la localización de servicios está muy vinculada con las técnicas de optimización, utilizando para su análisis y solución la programación matemática.

El problema de localización de servicios puede dividirse en dos subproblemas: 1), encontrar la localización de costo mínimo para los servicios y, 2), distribuir a costo mínimo la demanda a los servicios. En ambos casos el interés principal radica en minimizar (optimizar) costos, pues se busca es que la demanda sea atendida por el sitio próximo.

Existen distintas formas de clasificar los problemas de localización, a) características de los nuevos servicios; b) localización de servicios existentes; c) interacción entre servicios nuevos y existentes; d) características del espacio de solución; e) medida de distancia y f) tipo de función objetivo.

Una de las diferencias entre los modelos de localización es la forma como la demanda y los sitios para instalar los servicios son representados. Existen modelos planares, en los que la demanda ocurre en cualquier parte del plano y los servicios pueden ser localizados en cualquier lugar dentro del plano, modelos de localización en redes, en los cuales, la demanda y la localización de los servicios se dan en una estructura compuesta de nodos y arcos, y modelos discretos.

Los modelos discretos permiten el uso de distancias arbitrarias entre nodos, así la estructura de red se pierde y se tiene una clase de modelos más general que permite

ampliar el rango de problemas a resolver. Los problemas de localización discretos son generalmente formulados como problemas de programación entera mixta.

El modelo matemático para resolver problemas de programación entera es el de programación lineal con la restricción adicional de que las variables deben tener valores enteros (PE). Cuando solo es necesario que algunas de las variables tengan valores enteros, el modelo se conoce como de programación entera mixta (PEM).

También existe el problema que incluye decisiones del tipo “sí o no”, que solo pueden tomar dos valores, 0 y 1. Estas variables son binarias, entonces son llamados problemas de programación entera binaria (PEB).

Los factores determinantes en la dificultad computacional de un problema de PE son a) el número de variables enteras, b) si las variables enteras son binarias o generales, y c) cualquier estructura especial dentro del problema.²

Un problema de programación entera tendrá un número finito de soluciones factibles si es acotado, pero estos números pueden ser muy grandes, es decir, tener un crecimiento exponencial. Debido a esto los algoritmos no pueden garantizar la solución a todos los problemas e incluso puede ocurrir que algunos problemas pequeños puedan ser más difíciles de resolver que algunos más grandes.

Al ser un problema de optimización discreta, se trata de un problema NP, es decir, un problema polinomial no determinístico, y a su vez es un problema NP Duro porque resolverlo se encuentra en un rango difícil. Sin embargo, existen algunos problemas a los que ya puede dárseles una solución óptima mediante el uso de algunos algoritmos y hay problemas que por su enorme tamaño y complejidad tienen que ser resueltos mediante algoritmos heurísticos que ofrecen soluciones aproximadas que se consideran aceptadas.

Un algoritmo que se ha aplicado con cierto éxito a diversos problemas de investigación de operaciones es el de bifurcación y acotación.³ Este algoritmo redondea y acota variables enteras resultantes de la solución de los problemas lineales correspondientes. Este proceso de acotamiento y redondeo se hace de una manera secuencial lógica heurística que permite eliminar con anticipación un buen número de soluciones factibles alejadas del óptimo a medida que se itera. De tal manera que si una variable X_j , con $j = 1, \dots, n$, está acotada entre un límite inferior d_j , donde $j = 1, \dots, n$ y un límite superior entero u_j , $j = 1, \dots, n$, el proceso de bifurcación y acotación solo analiza un número muy pequeño de todas las posibles soluciones.

² Hiller Frederick S. (2006). Introducción a la investigación de Operaciones. Editorial McGraw Hill, México.

³ En inglés branch and bound algorithm. También conocido con el nombre de ramificación acotada.

Los pasos a seguir en este algoritmo son:

1. *“Resolver el problema entero por medio del método simplex de la programación lineal. Si la solución es entera, pare, se ha conseguido la solución óptima. Si no continúe con el paso 2.*
2. *Elegir arbitrariamente una variable entera X_j cuyo resultado en el paso 1 sea fracción e igual a X_{B_j} .*
3. *Resolver un par de nuevos problemas, similares al problema anterior, pero uno con la restricción adicional $X_j \leq \lceil X_{B_j} \rceil$, mientras que el otro tendrá la restricción adicional $X_j \geq \lfloor X_{B_j} \rfloor + 1$.*
4. *De los programas lineales resueltos en el paso 3, incluir en el análisis a seguir, sólo aquellos programas cuya solución (entera o fracción) sea mejor (mayor en el caso de maximización y menor en el caso de minimización), a cualquiera de las soluciones enteras conocidas.*
5. *Seleccionar aquel programa lineal que tenga el máximo (en problemas de minimización se busca el mínimo) valor de la función objetivo. Si las variables enteras tienen valor entero, se ha conseguido la solución óptima. Si no, regresar al paso 2 con la estructura del problema lineal resuelto en este paso.”⁴*

Actualmente existen diversos programas muy útiles para obtener la solución de problemas de tamaños considerables. LINGO es uno de ellos y hace uso del algoritmo de bifurcación y acotación.

⁴ Prawda W. Juan (2000). Métodos y modelos de investigación de operaciones I: Modelos Determinísticos. Editorial Limusa, México.

2.1.1.2 Modelo de localización de servicios

Existen n sitios localizados en una región, que requieren de un cierto producto. En el horizonte de planeación considerado, la demanda del producto en el sitio j es estimada en d_j unidades, para $i = 1, \dots, n$. Se ha decidido tener a lo más m plantas para manufacturar el producto. El costo de construir una planta en el sitio i es f_i , su capacidad de producción será a lo más de k_i unidades en el horizonte de planeación para $i = 1, \dots, m$. El costo de transportar una unidad desde el sitio i hasta el sitio j es c_{ij} . En la práctica, m será mucho menor que n , y el producto será enviado desde donde sea manufacturado, hasta todos los demás sitios de la región. El problema es determinar un subconjunto óptimo de sitios para localizar las plantas y una planeación de envíos sobre el horizonte completo, tal que se satisfagan las demandas al mínimo costo total, el cual incluye el costo de construir las plantas, así como los costos de transportación.

Determinar el subconjunto de sitios para la localización de las plantas es un problema de optimización combinatoria.

Una vez que la solución óptima para este problema combinatorio es conocida, la determinación de las cantidades a ser transportadas a lo largo de varias rutas se plantea como un simple problema de transporte.

El modelo de localización de servicios de programación entera mixta, es:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m f_i y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq k_i y_i \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad \forall \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall \quad i, j \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$y_i = 0, 1 \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{Si una planta es localizada en el sitio } i \\ 0, & \text{En otro caso} \end{cases}$$

x_{ij} = Unidades de producto transportadas desde el sitio i hasta el sitio j

n : Número de oficinas que requieren cubrir su demanda d_j

m : Número de posibles plantas

c_{ij} : Costo de transportar una unidad desde el sitio i hasta el sitio j

k_i : Capacidad de producción de la planta i

f_i : Costo fijo de localizar la planta i

Las restricciones representan, (1) las unidades de producto transportadas serán menores o iguales a la capacidad de producción de la planta que será localizada; (2) las unidades de producto que serán transportadas deberán ser iguales a la demanda de la planta correspondiente; (3) las unidades de producto a transportar deberán ser mayores o iguales a cero, y (4) la decisión de si una planta será colocada o no deberá ser binaria.

2.1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

2.1.2.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica

El contexto en el que surgen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es el de la “sociedad de la información”, en la que resulta esencial la disponibilidad de información para resolver problemas y responder dudas de modo inmediato.

Los SIG se componen de sofisticadas herramientas multipropósito con aplicaciones en diversos campos, por ello es que con mayor frecuencia son utilizados por los profesionales, especialmente los que trabajan en la planificación o en la resolución de problemas socioeconómicos y ambientales.

Los SIG se encuentran dentro de la familia de los Sistemas de Información, que pueden definirse como programas (o conjuntos de programas) diseñados para representar y manejar grandes volúmenes de datos, llevando a cabo tareas que antes se hacían de forma manual y con la probabilidad de cometer numerosos errores. Con ayuda de estas herramientas, actualmente estas tareas se han automatizado, permitiendo así el manejo óptimo de los datos evitando errores y disminuyendo de manera significativa el tiempo.

En la literatura especializada se pueden encontrar diversas definiciones de Sistema de Información Geográfica por varios autores, hechas a partir de la aplicación que le han dado a dichos sistemas. Una definición que las engloba es:

Un SIG es “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión” (Gutiérrez, 1994).

En un SIG se almacena información de dos tipos: la que nos sirve para conocer la ubicación exacta de los elementos en el espacio, información cartográfica, y la que nos habla de los atributos de cada elemento geográfico, información alfanumérica.

La mayor utilidad de estos sistemas es su capacidad para representar y modelar el mundo real a partir de información almacenada en una base de datos relacional previamente estructurada y que pasando por diversos procedimientos permita resolver problemas espaciales orientados a la toma de decisiones, llevar a cabo simulaciones de situaciones que necesiten cambiarse, hacer representaciones gráficas del problema, realizar reportes estadísticos y consultas, etcétera.

2.1.2.2 Problemas que pueden resolverse con apoyo de las herramientas de los SIG

Lo que distingue a los SIG de otros sistemas de información es que espacializan los problemas con ayuda de técnicas y teorías provenientes de diversas disciplinas, siendo la Geografía integradora del conocimiento. La complejidad del mundo actual hace que las empresas comprendan la importancia de tomar decisiones relacionadas con el espacio: dónde localizar un servicio, cuál es el mejor camino para transportar su mercancía, qué lugar es el mejor para trazar un nuevo camino o carretera, etcétera. Todas las preguntas anteriores tienen una respuesta de tipo espacial.

Un SIG puede responder varios tipos de planteamientos espaciales:

Contexto gráfico. Es posible realizar una consulta en la que relacione información cartográfica con atributos contenidos en una base de datos. Las preguntas que pueden responderse en este caso son de tipo descriptivo como: ¿qué hay en...? y ¿qué hay cerca de...?

Condición. Mediante la generación de criterios y consultas el sistema debe tener la capacidad de indicar dónde se cumplen ciertas condiciones. La pregunta a responder en este caso es ¿dónde sucede que...?

Escenarios espaciales. Es una comparación entre hechos temporales distintos, lo que supone trabajar con varios modelos cartográficos. La pregunta en este caso es ¿qué ha cambiado o qué puede cambiar si...?

Modelos de redes. Es posible calcular el camino óptimo (el más corto, el más rápido o el menos costoso) entre dos puntos o más a través de una red. Aquí la pregunta que puede responderse es ¿cuál es la ruta óptima?

Patrones espaciales. El sistema puede detectar ciertas regularidades espaciales (por ejemplo, patrones de distribución de un fenómeno en un lugar determinado). ¿Qué pautas existen...? es la pregunta que puede resolverse.

Resumiendo, con apoyo de herramientas como los SIG, es posible generar un modelo para simular el efecto que producirían ciertos fenómenos en el mundo real antes de que ocurran.

Todas las cuestiones anteriores son de gran interés y ayuda en actividades de planificación y gestión. Los SIG son herramientas integradoras de alta tecnología para el tratamiento de información geográfica que actualmente es de gran utilidad en una amplia gama de campos disciplinarios, se visualiza que el futuro de estos sistemas será de mayor crecimiento y difusión.

Los campos de aplicación de estos sistemas son prácticamente infinitos y estamos en contacto con ellos en nuestra vida cotidiana sin darnos cuenta.

2.1.2.3 Aplicaciones de los SIG

Como se mencionó anteriormente, los campos de aplicación son muy diversos y van en aumento, en sus inicios se consideró que estos sistemas sólo eran útiles para la realización de cartografía automatizada e inventarios, pero en vista de que es posible relacionar bases de datos, realizar simulaciones y tomar decisiones basándose en los resultados arrojados por dichos sistemas, han tenido una amplia difusión y son una herramienta que para muchos ha permitido un acercamiento con la realidad y la posibilidad de analizar los problemas de una manera muy precisa, situación que antes era inimaginable.

En la iniciativa privada ha crecido la solicitud de dichos sistemas de información, ya que ofrecen alternativas que pueden dar solución a varios de los problemas con los que se enfrentan normalmente. El hecho de que los SIG combinen información espacial y una base de datos relacional que posea atributos de cada uno de los elementos geográficos, y que además pueda representarse gráficamente, es sumamente atractiva a quienes se encargan de tomar las decisiones importantes pues simplifica enormemente el planteamiento y solución de los problemas.

Los SIG son programas creados de manera multidisciplinaria pues para poder desarrollar todas sus aplicaciones se ha requerido la participación de profesionistas de distintos ramos, por lo que los problemas que pueden plantearse y resolverse son amplios pues pertenecen a distintos campos.

Algunos ejemplos de campos en los cuales los SIG han sido de mucha utilidad son:

- * Medio ambiente y recursos naturales
 - * Aplicaciones forestales
 - * Cambios en los usos de suelo
 - * Estudios de impacto ambiental
 - * Localización de vertederos

- * Transporte
 - * Mantenimiento y conservación de infraestructuras de transporte
 - * Trazado de infraestructuras lineales
 - * Impacto territorial de nuevas infraestructuras
 - * Sistemas de localización para automóviles

- * Protección civil: riesgos, desastres, catástrofes

- * Análisis de geomarketing

- * Planificación urbana.

2.1.3 Arcview 3

ArcView es un software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Systems Research Institute (ESRI), empresa que tuvo sus inicios en 1969. ArcView es un sistema completo para acceder, desplegar, consultar, analizar, modelar, modificar e imprimir datos geográficos. Una de las mayores ventajas que ofrece es el hecho de que posee un lenguaje de programación orientado a objetos de nombre Avenue que es de código abierto, lo que permite adaptar requerimientos del usuario y desarrollar aplicaciones con interfaces propias y rutinas de geoprocésamiento. Avenue puede ejecutarse desde cualquier plataforma donde corra ArcView y tiene herramientas que permiten que éste pueda trabajar y comunicarse con otras aplicaciones y programas, también ofrece módulos opcionales, algunos de los cuales son:

- Generación de simbología para mapas temáticos y sus respectivos reportes
- Soporte para edición robusta de vectores (cálculo de la topología en el momento de usar los datos)
- Permite el uso de archivos provenientes de otros programas como DWG y DXF de AutoCAD y DGN de Microstation
- Análisis de redes (como rutas óptimas, áreas de servicio)
- Análisis de percepción remota
- Análisis espacial

- Georreferenciación y digitalización de mapas

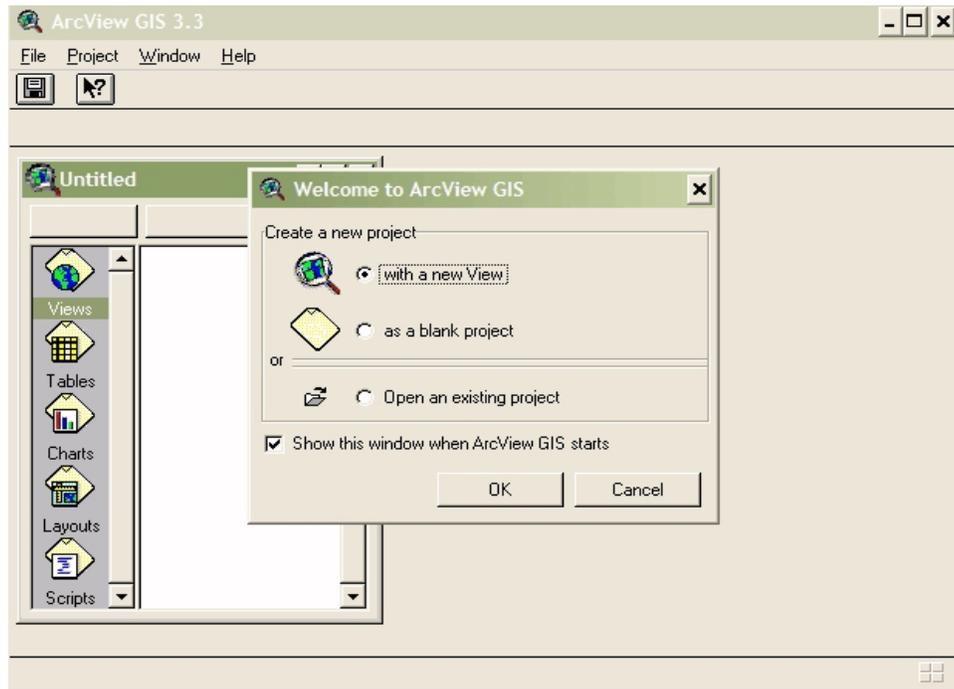


Figura 2.1 Vista de la ventana de entrada de ArcView 3

ArcView es una herramienta versátil para trabajar con datos geográficos y estadísticos, que para el caso de México, pueden descargarse gratuitamente desde diversas páginas de internet que contienen información de carácter oficial, como la del INEGI, en donde se tienen grandes acervos de datos con diversas temáticas.

Para la realización de este trabajo fue necesario recopilar y normalizar datos del estado de la República en el que se encuentran las oficinas. Además de contar con las herramientas, extensiones del programa, que permitieran generar la información que necesaria, como es el caso del Network Analyst que facilitó en cálculo de la distancia más corta entre dos o más sitios considerando la red carretera pavimentada.

La extensión mencionada hace uso del algoritmo de Dijkstra para determinar la ruta mínima entre un par origen destino (OD) en una red. Este algoritmo tiene aplicaciones en problemas de distribución y asignación de recursos. Sin embargo, la aplicación más robusta de los métodos de redes, es cuando se combinan los problemas de flujo máximo en una red a costo mínimo.

En el algoritmo de Dijkstra se considera que los arcos de una red pueden pertenecer a sólo uno de los siguientes conjuntos, mutuamente excluyentes:

- a) El arco pertenece a un árbol.
- b) El arco no pertenece a un árbol.

Al principio los arcos no pertenecen al árbol. En cada iteración, el algoritmo incrementa en uno el número de arcos en el árbol, hasta llegar a $n - 1$ arcos, donde n es el número de nodos en la red. Cuando el árbol queda formado por $n - 1$ arcos, el algoritmo llega a su conclusión y determina la solución del problema.⁵

Finalmente, se eligió la versión 3 debido a que es para los requerimientos de la investigación, se consideró que es igual de eficiente que las nuevas versiones, pero su instalación no demanda grandes recursos en la computadora. También se tomó en cuenta que es un software con el que se contaba y que había personas con grandes conocimientos en él en caso de requerir asesoramiento.

2.1.4 Software de solución: LINGO



LINGO (*LIN*ear *Generalize* *Optimizer*) es una herramienta diseñada para la construcción, solución lineal, no lineal y optimización entera de modelos, de manera fácil y eficiente, de tal manera que permite analizar los resultados, LINGO es un paquete completamente integrado que incluye un potente lenguaje para expresar los modelos de optimización, en un entorno que permite la construcción y edición de problemas.

Uno de los rasgos más poderosos de LINGO es su aplicación en lenguaje de modelo matemático que permite expresar un problema de manera similar a la notación matemática además de poder expresar una serie entera de restricciones en una declaración compacta. Esto genera modelos que son más fáciles de manejar.

LINGO presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Formulación de problemas lineales, no lineales y enteros rápidamente y en formato legible, así como expresar modelos de una manera sencilla e intuitiva utilizando sumas y subíndices. Los modelos son más fáciles de construir, entender y mantener.
- ✓ Fácil manejo de los datos, pues permite construir modelos en los que la información se obtenga directamente de bases de datos y hojas de cálculo. Además los resultados pueden exportarse en hojas de cálculo o bases de datos haciendo más cómodo su posterior análisis.

⁵ Prawda W. Juan (2000). Métodos y modelos de investigación de operaciones I: Modelos Determinísticos. Editorial Limusa, México.

✓ Cuenta con un conjunto de funciones para la solución de problemas de optimización lineales, no lineales, cuadráticos, cuadráticamente limitados y enteros. No es necesario especificar qué tipo de método usar ya que LINGO analiza la formulación y automáticamente selecciona el adecuado.

✓ Pueden construirse y resolverse modelos dentro de LINGO, o bien, pueden llamarse desde otra aplicación escrita por el usuario ya que LINGO cuenta con interfaces DLL y OLE. LINGO también puede ser llamado directamente desde una macro de Excel o aplicación de base de datos.

La versión de LINGO más reciente es la 11 y la extensión de sus archivos es LG4.

2.2 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DE GIROS

A partir de la integración del problema y de las herramientas de análisis con las que se cuenta, se formuló y a continuación se describe la metodología usada para resolver el problema de GIROS.

2.2.1 Planteamiento del problema

GIROS expuso la manera en que ha trabajado a lo largo de los años que lleva en el ramo de las telecomunicaciones, los procedimientos de administración de sus oficinas y su tipo de organización y estructura. Explicó que el pedido de dinero se hace basándose en cálculos hechos de manera empírica, ya que las personas encargadas de manejar cada una de las oficinas sólo se apoyan en la experiencia que han obtenido a lo largo de todos sus años de trabajo.

El enunciado del problema que se estableció y planteó es: Necesitaban reorganizar sus oficinas de tal manera que la Gerencia Estatal no fuera la responsable de enviar el efectivo necesario a cada una de las oficinas ubicadas en el Estado de Oaxaca y que dicha estructura lograra minimizar los costos que hasta ahora les ha venido acarreado su actual organización. Haciendo que una oficina (que ahora se denominará concentradora), fuera encargada de otras dentro de un área determinada, se reduce la distancia que debe recorrer la trasladadora para llegar con los recursos a cada una de las oficinas.

2.2.2 Recopilación de información estadística y geográfica

Una vez que el problema quedó definido un paso importante fue saber con qué información se contaba y cuál era necesario obtener.

La empresa proporcionó: información estadística de la operación de sus oficinas, la demanda semanal de cada una, los municipios en que se encuentran ubicadas, y aquellos en que se localiza una unidad bancaria y con que se tiene un contrato, los costos fijados por la trasladadora para transportar el efectivo, además de explicar el funcionamiento de sus oficinas y de cómo han manejado hasta ahora el traslado de efectivo y los pedidos del mismo a la Gerencia Estatal.

El análisis del problema indicó que había información geográfica con la que no se contaba y que era necesario conseguir como el mapa base estatal y la cobertura de caminos y carreteras puesto que el modelo de localización de servicios con el que se propondría la solución a esta situación, requería de dichos datos.

Una vez que se obtuvo la información fue necesario clasificarla, seleccionar la información útil, normalizarla en un formato que fuera adecuado para el trabajo, crear las bases de datos y hacer que la información geográfica como los mapas de la república, los mapas de la red carretera, etcétera, coincidieran, es decir, tuvieran la misma proyección cartográfica.

2.2.3 Integración y análisis de datos mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcView)

Como se explicó en el punto anterior, fue preciso recopilar información del Estado de Oaxaca, necesaria para poder llevar a cabo la construcción de modelo. Dicha información fue integrada en un Sistema de Información Geográfica, en este caso, ArcView, que permitió la localización de las oficinas de GIROS y de las unidades bancarias, y la obtención de la distancia en kilómetros a partir de cada uno de los municipios en donde hay oficinas hacia todos los demás. Este dato era muy importante debido a que es la base para poder obtener los costos por trasladar el dinero.

2.2.4 Construcción de un modelo de localización de servicios

Se seleccionó un modelo de localización de servicios que se adecuara a la situación y al que le fueron agregadas las restricciones pertinentes para que el modelo devolviera los resultados esperados. El modelo empleado para poder resolver el problema podrá verse en el Capítulo 3.

Un modelo de este tipo permitiría definir cuántas y qué oficinas serían designadas para funcionar como concentradoras y también qué oficinas estarían a su cargo. Además, buscaría que esta estructura fuera la de mínimo costo, puesto que esta variable sería incluida en el modelo.

Cabe mencionar que se hicieron las pruebas y validaciones necesarias hasta que el modelo dió resultados coherentes y lógicos con la situación, y se obtuvo la organización deseada por GIROS.

2.2.5 Solución del modelo de localización de servicios

Una vez que se planteó el modelo considerando todas las circunstancias y restricciones necesarias, se resolvió mediante un algoritmo que pudiera trabajar con un problema del tipo entero mixto, específicamente del tipo de bifurcación y acotación. Para facilitar la solución del modelo se utilizó un software que mediante el algoritmo mencionado y la capacidad de trabajar con una gran cantidad de variables, lograra encontrar la solución óptima del modelo como es LINGO 10.0, software que fue proporcionado por el Departamento de Sistemas de la DEPFI, UNAM.

2.2.6 Presentación de resultados y conclusiones

Se definió mediante el modelo el número de oficinas que quedarían como concentradoras, además de cuáles y cuántas oficinas estarían a su cargo. Teniendo la información necesaria, con ayuda de ArcView, se representó en un mapa a escala estatal cuáles eran las oficinas concentradoras y cuáles las que quedaban bajo el control de éstas.

Como conclusión, se llegó al modelo requerido por la empresa minimizando los costos de envío y optimizando la organización de las oficinas.

2.3 DATOS (FUENTES Y PROCESAMIENTO)

Los datos requeridos para la solución del proyecto fueron facilitados por la empresa. Estos datos fueron parte importante para el planteamiento del problema y para su solución.

Los datos proporcionados por GIROS fueron:

- ▶ Información de la ubicación de bancos y cajas generales
- ▶ Ubicación de cada una de las oficinas en el Estado de Oaxaca
- ▶ Información sobre los costos de traslado del efectivo (precios establecidos con la trasladadora)
- ▶ Las demandas semanales de cada una de las oficinas
- ▶ Las cuotas de riesgo por trasladar el dinero
- ▶ Estadísticas acerca de asaltos a las oficinas
- ▶ Tablas con hora y días en que labora cada una de las oficinas

La información necesaria para poder trabajar en ArcView fue obtenida directamente de la página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con ello se garantizó que se tratase de información oficial. Dicha información consistió en:

- ▶ Marco Geoestadístico Estatal (cartografía digital e información estadística, del que se acotó el Estado de Oaxaca para mayor facilidad al trabajar);
- ▶ Marco Geoestadístico Municipal (cartografía digital e información estadística de los municipios del Estado de Oaxaca);
- ▶ Cartografía digital de las carreteras de toda la República (se acotó la parte del Estado de Oaxaca);
- ▶ Información sobre los nombres y claves de cada localidad.

Capítulo 3. Desarrollo del proyecto

Con la finalidad de entender de forma clara la solución del problema y la estructura que finalmente se obtuvo, en este capítulo, se explican los pasos que se siguieron, así como los criterios que fueron tomados y la razón por qué fueron la opción más adecuada para resolver el planteamiento.

3.1 MANEJO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para llegar a la solución del problema, se requirió cierta información geográfica de carácter básico como es la cartografía de la República Mexicana con división estatal y municipal y un mapa de carreteras para poder determinar las distancias entre oficinas. Por defecto, el sistema de unidades con que trabaja ArcView son los grados decimales, es decir coordenadas geográficas, es por ello que al requerir unidades en sistema métrico decimal para determinar las distancias, se debe hacer un ajuste a la proyección adecuada, en México se utilizan principalmente dos sistemas: El UTM (*Universal Transversal Mercator*) y la proyección cónica conforme de Lambert (LLC).

El sistema UTM consiste en una proyección cilíndrica, que en su desarrollo, genera 60 “zonas” o husos sucesivos para cubrir la totalidad del globo terrestre. Cada zona UTM mide 6° de longitud (3° hacia el este y 3° hacia el oeste) por 80° del latitud al norte y al sur.

Proyección cónica conforme de Lambert (*Lambert Conformal Conic*). Esta proyección es útil para representar 2 o más zonas UTM y extensiones amplias como continentes y tanto el sistema UTM como el LLC tienen como unidades los metros.

Los parámetros utilizados por INEGI para representar a la República Mexicana con la proyección cónica conforme de Lambert son:

Esferoide	Clarke 1866
Meridiano Central	-102
Latitud de Referencia	14
Primer Paralelo	17.5
Segundo Paralelo	29.5
Falso Este	2500000
Falso Norte	0

Los mapas de la República Mexicana y de carreteras, se obtuvieron de la información geográfica que maneja INEGI, ambos se cambiaron al sistema UTM por facilidad de manejo.

El procedimiento para cambiar la proyección es el siguiente:

1. Se obtiene el tema en formato vectorial que contiene el mapa en proyección cónica conforme de Lambert.

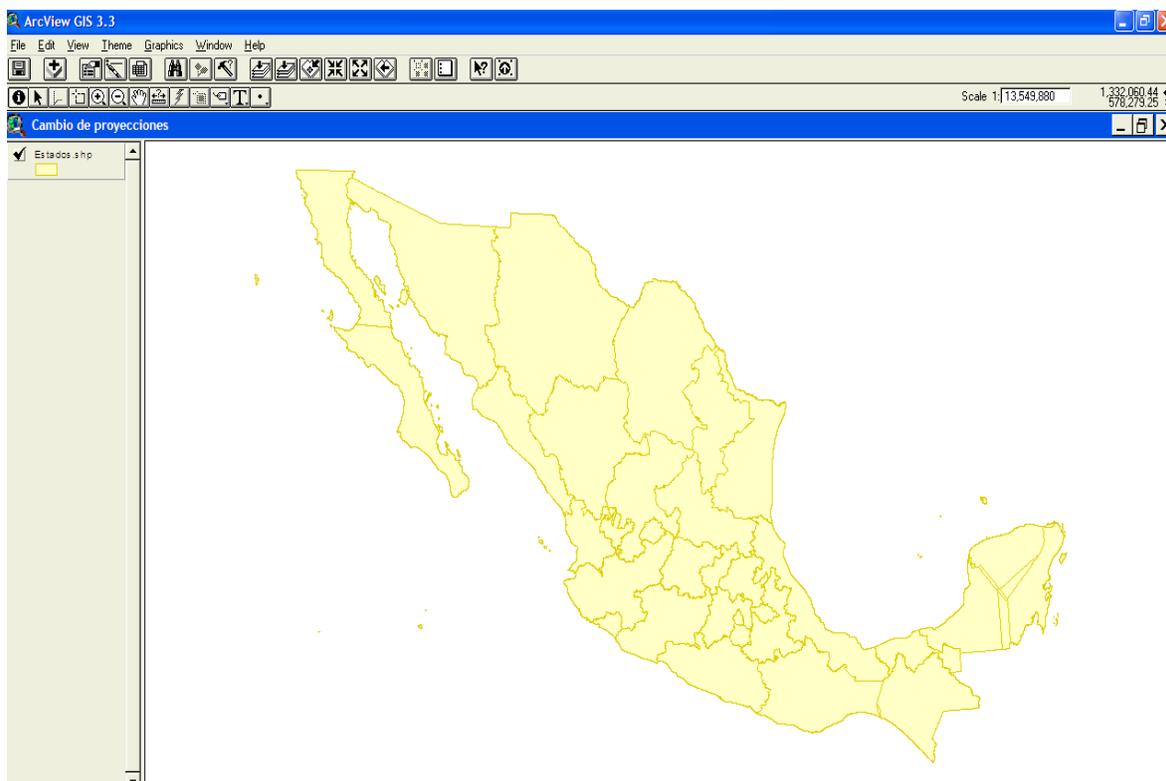
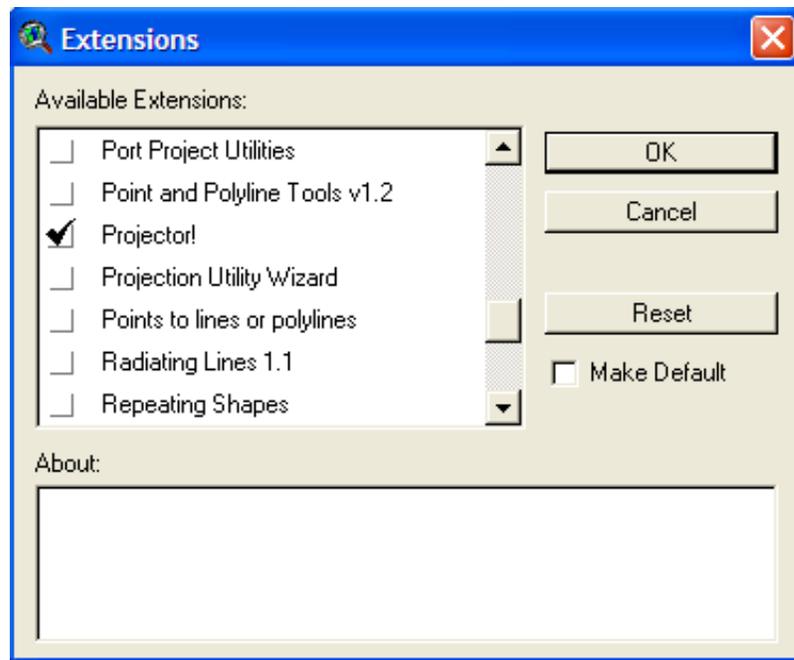


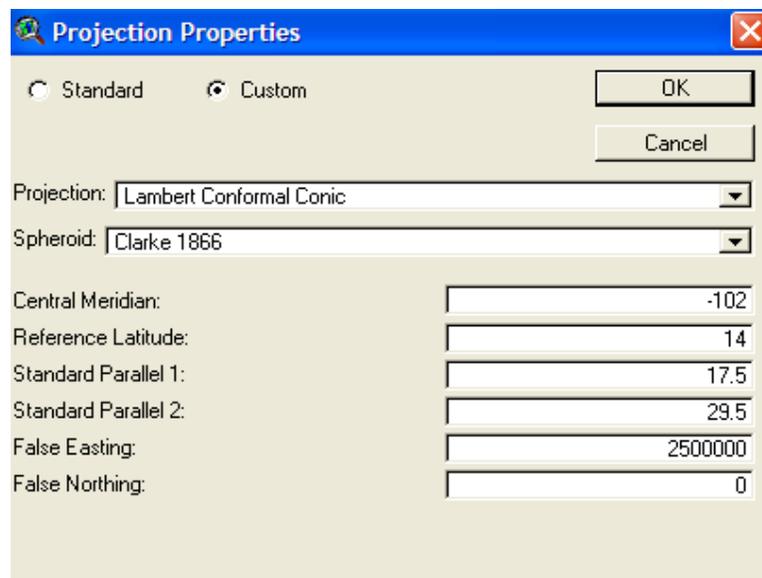
Figura 3.1. Proyección Cónica conforme de Lambert de la República Mexicana
Fuente datos: INEGI

2. Se carga la extensión Projector!, del menú File ->Extensions...



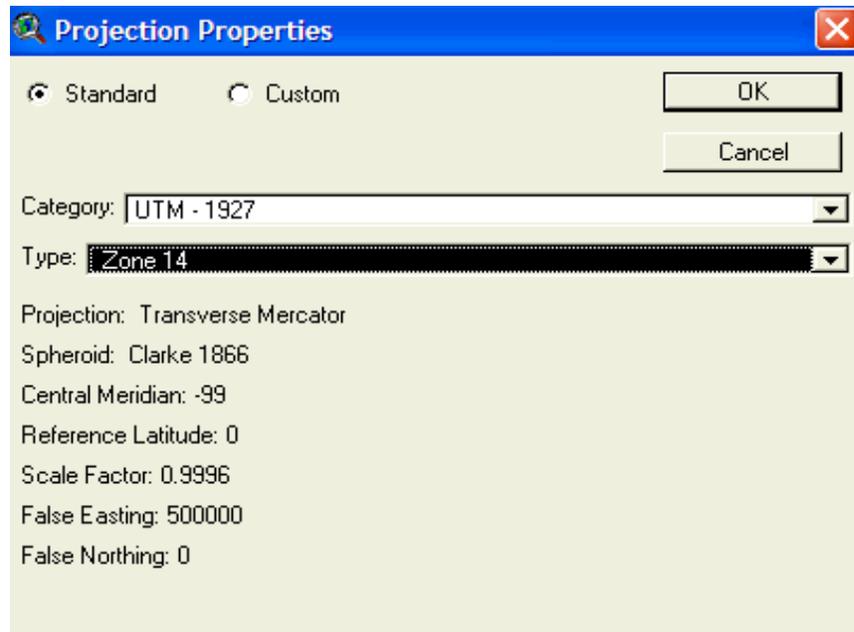
En la interface de Vista (view) aparecerá el icono de Change projection: 

Al seleccionarlo, aparecerá el siguiente cuadro de diálogo, que requiere los parámetros de la proyección de origen:



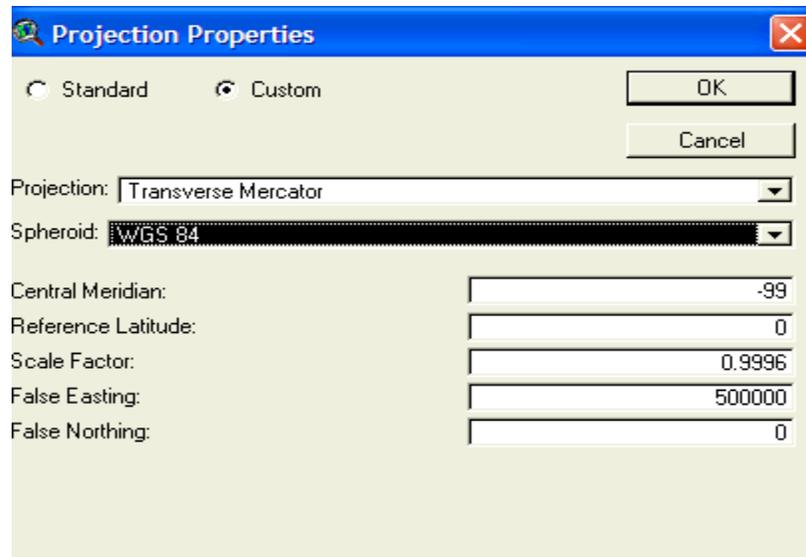
En el cuadro de diálogo mostrado en la imagen anterior se selecciona la opción de *Custom*, para elegir en *Projection Lambert Conformal Conic*, y se especifican los parámetros mencionados anteriormente para la República Mexicana. Después de aceptar, aparece un cuadro dónde especificaran las unidades de salida como metros, se oprime aceptar.

Posteriormente, aparecerá un cuadro de diálogo similar, en el cual se deben introducir los parámetros de la proyección en la que se desea trabajar.



En el cuadro que se muestra en la imagen anterior se selecciona la opción *standard*, la categoría *UTM 1927* y en *Type*, la zona *14* que es la correspondiente al Estado de Oaxaca, posteriormente en *Custom*, se elige en *projection* la *Transverse Mercator* (Sistema UTM) y en *Spheroid* *WGS 84*.

El cuadro de diálogo siguiente muestra los datos mencionados:



Finalmente, aparece la opción de recalcular áreas y perímetros, que se debe aceptar dado que el cambio de proyección altera estos valores, posteriormente el programa solicita el nombre del archivo con la nueva proyección, y lo agrega a la vista. Se pregunta el nombre que se desea poner a la nueva proyección, y se agrega a la vista.



Figura 3.2. Proyección Cónica conforme de Lambert y Proyección UTM de la República

Por último, se realiza el mismo procedimiento para el sistema de carreteras y para la cobertura de municipios.



**Figura 3.3. Proyección UTM del sistema de Carreteras de la República Mexicana.
Fuente datos: INEGI**

Una vez que se normalizaron las coberturas cartográficas en la proyección adecuada, se revisó la información asociada a cada uno, para el caso de los estados y municipios se tiene la siguiente información:

Cve_ent: Clave de la entidad de la república mexicana, la clave para Oaxaca es 20.

Cve_mun: Clave del municipio en cuestión.

Clave: Clave compuesta por la clave de la entidad y la clave del municipio.

Nom_ent: Nombre de la entidad de la república mexicana.

Nom_mun: Nombre del municipio en cuestión.

Total_pol: Número de polígonos representados con esa Clave.

Oid: Número consecutivo de registro.

Clave	Cve_ent	Nom_ent	Cve_mun	Nom_mun	Total_pol	Oid
1001	01	Aguascalientes	01	Aguascalientes	1	1
1002	01	Aguascalientes	02	Asientos	1	2
1003	01	Aguascalientes	03	Calvillo	1	3
1004	01	Aguascalientes	04	Cosío	1	4
1005	01	Aguascalientes	05	Jesús María	1	5
1006	01	Aguascalientes	06	Pabellón de Arteaga	1	6
1007	01	Aguascalientes	07	Rincón de Romos	1	7
1008	01	Aguascalientes	08	San José de Gracia	1	8
1009	01	Aguascalientes	09	Tepezalá	1	9
1010	01	Aguascalientes	10	El Llano	1	10
				San Francisco de los		
1011	01	Aguascalientes	11	Romo	1	11
2001	02	Baja California	01	Ensenada	44	12
2002	02	Baja California	02	Mexicali	16	13
2003	02	Baja California	03	Tecate	1	14
2004	02	Baja California	04	Tijuana	4	15
2005	02	Baja California	05	Playas de Rosarito	1	16
		Baja California				
3001	03	Sur	01	Comondú	5	17
		Baja California				
3002	03	Sur	02	Mulegé	9	18
		Baja California				
3003	03	Sur	03	La Paz	11	19
		Baja California				
3008	03	Sur	08	Los Cabos	1	20
		Baja California				
3009	03	Sur	09	Loreto	15	21

Tabla 3.1. Ejemplo de la información tabular asociada al mapa de la República Mexicana con Estados y Municipios

Para el caso de la cobertura de la red carretera se tiene asociada la siguiente información:

Objectid: Identificador de objeto.

Tipo: Tipo de carretera registrada, ya sea pavimentada o terracería.

Derecho: Si la carretera es de acceso libre, cuota o sin información.

Administra: Indica si la carretera es administrada de manera federal o estatal.

Condición: Indica si la carretera se encuentra en operación o no se cuenta con esa información.

Entidad: Descriptor de objeto geográfico (carretera).

No_carrile: Número de carriles del segmento.

Shape_len: Longitud dl segmento.

Objectid	Tipo	Derecho	Administra	Condicion	Entidad	No_carrile	Shape_len
943	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	1853.149539
944	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	15537.29353
945	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	504.7196006
946	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	390.9943828
947	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	5676.114327
948	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	7023.045259
963	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	12752.85042
964	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	9568.989047
974	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	20101.20482
975	Pavimentada	Libre	Federal	En operación	CARRETERA	2 Carriles	5417.65013

Tabla 3.2. Ejemplo de la información asociada a la cobertura de carreteras de la República Mexicana

Posteriormente, se procesó la información proporcionada por GIROS, en la que se especificaban los municipios de Oaxaca con oficinas y se hicieron algunos ajustes a dicha información para poder relacionarla con la cartografía, y así poder ubicar las oficinas y los bancos geográficamente, los ajustes consistieron en:

1. Investigar los nombres correctos de las localidades donde GIROS había indicado que existían oficinas, ya que no emplearon el nombre oficial manejado por INEGI y GIROS no hizo distinción entre nombre del municipio y nombre de la localidad, por lo que la información se encontraba mezclada. A continuación se presenta una muestra de la tabla que indica en la primera columna el nombre que GIROS maneja, en la segunda columna el nombre que INEGI maneja para el Municipio y en la tercera columna el nombre que INEGI maneja para la localidad, esto tuvo que hacerse para las 60 oficinas existentes en Oaxaca.

Información de GIROS	Nombre del Municipio	Nombre de la Localidad
SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA
EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO
TLAPANCINGO	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO
ZIMATLAN	ZIMATLAN DE ALVAREZ	ZIMATLAN DE ALVAREZ
SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA
TLACOLULA	TLACOLULA DE MATAMOROS	TLACOLULA DE MATAMOROS
SILACAYOPAM	SILACAYOAPAM	SILACAYOAPAM
CALIHUALA	CALIHUALA	CALIHUALA
TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO
VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA
CHOAPAN	SANTIAGO CHOAPAN	SANTIAGO CHOAPAN
TLACOTEPEC	TLACOTEPEC PLUMAS	TLACOTEPEC PLUMAS
SANTIAGO CHAZUMBA	SANTIAGO CHAZUMBA	SANTIAGO CHAZUMBA
TALEA	VILLA TALEA DE CASTRO	VILLA TALEA DE CASTRO
VILLA HIDALGO	VILLA HIDALGO	VILLA HIDALGO

Tabla 3.3. Ejemplo de ajuste de nomenclatura de localidades en las que se encuentran las oficinas de GIROS ¹

- Se construyó una clave para los municipios tomando la clave de la entidad y la clave del municipio de la tabla de INEGI, ésta última cuenta con todos los registros de municipios de Oaxaca que en total son 570. Una vez construida la clave se utilizó el software Access (Manejador de Base de Datos) para poder obtener la información solamente de las oficinas de GIROS al relacionar su clave correspondiente, obteniéndose la siguiente tabla:

NOM_ENT	CLAVE	NOM_MUN	NOM_LOC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Oaxaca	20526	SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA	160622	970839	478
Oaxaca	20028	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	163347	964357	1460
Oaxaca	20152	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO	172900	981605	1380
Oaxaca	20570	ZIMATLAN DE ALVAREZ	ZIMATLAN DE ALVAREZ	165158	964706	1500
Oaxaca	20277	VILLA SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA	163050	965840	1400
Oaxaca	20551	TLACOLULA DE MATAMOROS	TLACOLULA DE MATAMOROS	165715	962845	1600
Oaxaca	20537	SILACAYOAPAM	SILACAYOAPAM	173008	980838	1640
Oaxaca	20011	CALIHUALA	CALIHUALA	173150	981642	1320
Oaxaca	20528	SANTOS REYES TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO	172615	975618	1940
Oaxaca	20156	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	172015	960905	1230

Tabla 3.4. Ejemplo de las oficinas de GIROS vinculada con información de INEGI ²

¹ Ver Tabla A.1 del Anexo para consultar la tabla completa

² Ver Tabla A.2 del Anexo para consultar la tabla completa

Asimismo, GIROS proporcionó los municipios y localidades en los cuales existían bancos, esto ayudó para determinar las oficinas que podrían ser concentradoras, sin embargo, se presentó el mismo problema de nomenclatura de las oficinas, por lo que se homologaron con los nombres de INEGI y también se utilizó el software Access para obtener una tabla que contuviera la información necesaria, es decir, la clave de INEGI que mostrara únicamente los municipios en los cuales existían oficinas de GIROS, evidentemente se protegen los nombres de los bancos.

Clave	NOMBRE LOCALIDAD	Sucursales Banco 1	Sucursales Banco 2	Sucursales Banco 3	Sucursales Banco 4	Sucursales Banco 5
20006	ASUNCION NOCHIXTLAN	1	1			
20010	LAGUNAS	1				
20014	CIUDAD IXTEPEC	1	1			
20039	HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	1	1	2	1	1
20042	IXTLAN DE JUAREZ				1	
20043	JUCHITAN DE ZARAGOZA	1	1	1	1	1
20044	LOMA BONITA	1		1		

Tabla 3.5. Tabla ejemplo de los bancos contratados por GIROS con información de INEGI ³

Una vez que se contó con la información organizada, se separó el estado de Oaxaca del resto de los estados de la República Mexicana y se localizaron las oficinas de GIROS, esto con el fin de tener una mejor visión de los resultados una vez que se obtuvieran, quedando de la siguiente manera:

³ Ver Tabla A.3 del Anexo para consultar la tabla completa

Municipios con entidad bancaria y oficinas de Giros en el Estado de Oaxaca

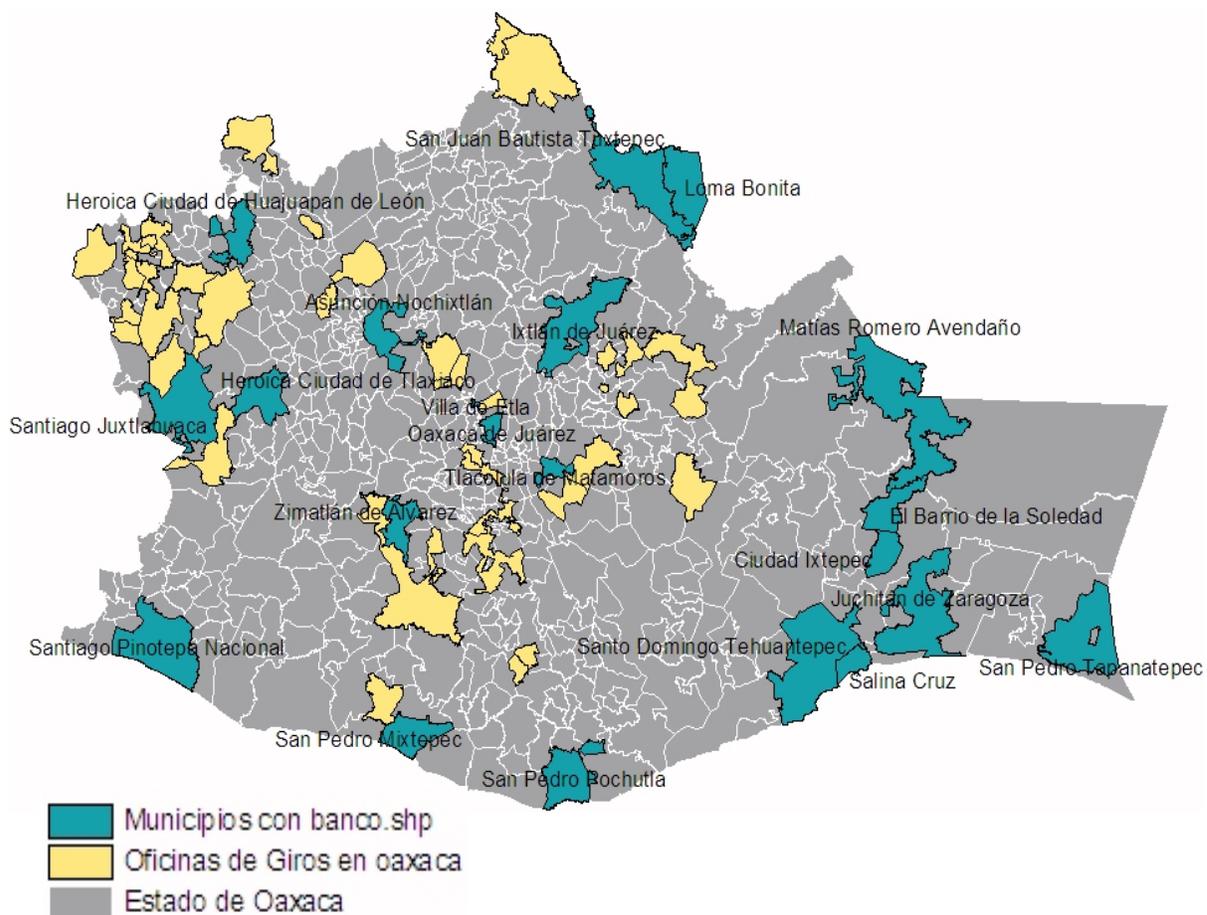


Figura 3.5. Ubicación de Bancos y Oficinas de GIROS en el Estado de Oaxaca
Fuente datos: INEGI

3.2 MANEJO DE LA DEMANDA

GIROS trabaja dos tipos de servicios: financieros (como el envío de dinero, pago de nóminas) y normales (por ejemplo, el envío de telegramas), en los cuales está implicado el manejo de efectivo, GIROS solicitó que se hiciera un análisis semanal debido al movimiento constante en el que se encuentra el efectivo, por tanto, se le solicitó a GIROS la información del promedio semanal que se manejaba tanto para servicios financieros como normales para cada una de las oficinas de Oaxaca.

Municipio	Servicios financieros en \$	Servicio normal en \$
SANTOS REYES NOPALA	156458	105890
HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	57369	160290
SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	31292	10518
ZIMATLAN DE ALVAREZ	3707	234621
VILLA SOLA DE VEGA	108189	112665
TLACOLULA DE MATAMOROS	9072	187469
SILACAYOAPAM	261964	48706
CALIHUALA	1250	8959
SANTOS REYES TEPEJILLO	5131	26182
SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	150092	71393

Tabla 3.6. Ejemplo la información proporcionada por GIROS de cantidad de dinero utilizadas para servicio financiero y servicio normal ⁴

Se consideró que para la resolución del problema no era fundamental la diferenciación entre servicio normal y servicio financiero, ya que finalmente se trata del dinero total con el que la oficina debe contar, por esta razón se realizó una tabla de demanda total, como se muestra a continuación.

Oficina	Demanda semanal en U.E.
SANTOS REYES NOPALA	26.44136
HEROICA CD DE EJUTLA DE CRESPO	22.35806
SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	4.257844
ZIMATLAN DE ALVAREZ	24.54361
VILLA SOLA DE VEGA	22.6974
TLACOLULA DE MATAMOROS	18.4571
SILACAYOAPAM	31.2948
CALIHUALA	0.9904

Tabla 3.7. Ejemplo de la demanda de cada oficina de GIROS ⁵

⁴ Ver Tabla A.4 del Anexo para consultar la tabla completa

⁵ Ver Tabla A.5 del Anexo para consultar la tabla completa

Se asignó un identificador único en formato numérico a cada una de las oficinas de GIROS y a cada una de las posibles concentradoras para poder definir el modelo, resolverlo e interpretar los resultados.

El código para cada una de las posibles 21 oficinas que pueden ser concentradoras.

Código	Oficina
01	ZIMATLAN DE ALVAREZ
02	TLACOLULA DE MATAMOROS
03	EL BARRIO DE LA SOLEDAD
04	LOMA BONITA
05	OAXACA DE JUAREZ
06	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL
07	HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON
08	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC
09	ASUNCION NOCHIXTLAN
10	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO
11	JUCHITAN DE ZARAGOZA
12	SANTIAGO JUXTLAHUACA
13	SALINA CRUZ
14	SAN PEDRO TAPANATEPEC
15	MATIAS ROMERO AVENDAÑO
16	SAN PEDRO MIXTEPEC
17	IXTLAN DE JUAREZ
18	CIUDAD IXTEPEC
19	VILLA DE ETLA
20	SAN PEDRO POCHUTLA
21	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC

Tabla 3.8. Código numérico de posibles concentradoras

El código para cada una de las oficinas se muestra a continuación:

Código	Oficina
01	SANTOS REYES NOPALA
02	HEROICA CD. DE EJUTLA DE CRESPO
03	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO
04	ZIMATLAN DE ALVAREZ
05	VILLA SOLA DE VEGA
06	TLACOLULA DE MATAMOROS
07	SILACAYOAPAM
08	CALIHUALA
09	SANTOS REYES TEPEJILLO
10	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA
11	SANTIAGO CHOAPAM
12	TLACOTEPEC PLUMAS
13	SANTIAGO CHAZUMBA
14	VILLA TALEA DE CASTRO
15	VILLA HIDALGO
16	SAN PABLO VILLA DE MITLA
17	SANTIAGO ZACATEPEC
18	SANTIAGO TAMAZOLA
19	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA
20	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO
21	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA
22	VILLA DE ZAACHILA
23	MARISCALA DE JUAREZ
24	CUILAPAM DE GUERRERO
25	ZAPOTITLAN LAGUNAS
26	SANTIAGO MATATLAN
27	JUCHITAN DE ZARAGOZA
28	OCOTLAN DE MOREOS
29	SANTA LUCIA MIAHUATLAN
30	LOMA BONITA

Tabla 3.9. Ejemplo de código numérico de las Oficinas de GIROS ⁶

Así, por ejemplo: $153.76 x_{0101}$, significa que el costo de ir del municipio de Zimatlán de Álvarez al de Santos Reyes Nopala es de 143.395 por U.E. (Unidades de Envío), lo que puede comprobarse al ver la tabla de costos.

⁶ Ver Tabla A.6 del Anexo para consultar la tabla de código numérico completa

3.3 PLANTEAMIENTO DEL MODELO

El modelo de localización de servicios que se usó para resolver el problema fue de programación entera mixta y se expresa a continuación:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m f_i y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq k_i y_i \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad \forall \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall \quad i, j \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$y_i = 0, 1 \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{Si una planta es localizada en el sitio } i \\ 0, & \text{En otro caso} \end{cases}$$

x_{ij} = Unidades transportadas desde el sitio i hasta el sitio j

n : Número de oficinas que requieren cubrir su demanda d_j

m : Número de posibles plantas

c_{ij} : Costo de transportar una unidad desde el sitio i hasta el sitio j

k_i : Capacidad de producción de la planta i

f_i : Costo de localizar la planta i

Las restricciones representan: (1) que las unidades de producto transportadas serán menores o iguales a la capacidad de producción de la planta que será localizada; (2) que las unidades de producto que serán transportadas deberán ser iguales a la demanda de la planta correspondiente; (3) que las unidades de producto a transportar deberán ser mayores o iguales a cero y, (4) que la decisión de si una planta será colocada o no deberá ser binaria.

Al realizar las modificaciones necesarias para ajustar el modelo al problema que presenta GIROS, se debe agregar una restricción, en este caso la que a continuación se muestra como la ecuación (2), restricción que indica que las cantidad a enviar será mayor o igual al mínimo que puede enviar una concentradora.

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m f_i y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq k_i y_i \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq p_i y_i \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad \forall \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall \quad i, j \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$y_i = 0, 1 \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{Si una planta es localizada en el sitio } i \\ 0, & \text{En otro caso} \end{cases}$$

x_{ij} = Unidades transportadas desde el sitio i hasta el sitio j

n : Número de oficinas que requieren cubrir su demanda d_j

m : Número de posibles plantas

c_{ij} : Costo de transportar una unidad desde el sitio i hasta el sitio j

k_i : Capacidad de producción de la planta i

f_i : Costo de localizar la planta i

p_i : Cantidad mínima de dinero que deberá manejar la oficina para ser concentradora

Para poder determinar el costo que implica llevar el dinero desde un sitio *i* hasta un sitio *j*, se consideraron varios factores e información proporcionada por GIROS en este aspecto:

1. La trasladadora de valores tiene un costo fijo de \$177.13 por viaje, independientemente de dónde se dirija.
2. La cuota de riesgo que maneja la trasladadora es de \$1,980 por cada millón de pesos trasladados.
3. La trasladadora cobra \$15.56 por kilómetro recorrido.
4. La manera de trasladar el dinero es mediante sobres y envases, cada envase puede llevar \$50,000 y cada sobre \$10,000.
5. Los envases deben llevar sello de plomo que tiene un costo de \$1.48.
6. La trasladadora cobra tarifa de viaje especial cuando el destino presenta un acceso difícil, esta cantidad varía dependiendo del lugar.

Viajes Especiales	Costo
SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	\$8,539.01
SANTOS REYES TEPEJILLO	\$8,065.69
SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	\$8,302.35
SANTIAGO CHOAPAM	\$9,327.87
VILLA TALEA DE CASTRO	\$8,065.69
SANTIAGO ZACATEPEC	\$10,116.73
SANTIAGO TAMAZOLA	\$1,195.61
ZAPOTITLAN LAGUNAS	\$8,460.12

Tabla 3.10. Cuotas de viaje especial hacia ciertas oficinas de GIROS

7. Debido a que generalmente se manejan costos unitarios, era poco práctico considerar una unidad como un peso, por ello, se estableció que la unidad serían \$10,000, manejando entonces U.E. (Unidades de Envío) para la demanda de cada una de las oficinas.

Ahora bien, el costo por llevar dinero de un sitio a otro estaría dado por:

$$c_{ij} = \frac{CFV + CVE + C_S + C_e + d_{ij}C_{km}}{D} + R$$

Donde:

c_{ij} : Costo del viaje del sitio i al sitio j

CFV : Costo fijo por viaje del sitio i al sitio j

CVE : Costo por viaje especial del sitio i al sitio j

C_S : Costo del número de sobres que ocupa la trasladadora (incluye sello de plomo)

C_e : Costo del número de envases que ocupa la trasladadora

d_{ij} : Distancia en kilómetros del sitio i al sitio j

C_{km} : Costo por kilómetro que cobra la trasladadora para ir del sitio i al sitio j

D : Demanda del sitio j en U.E. (Unidades de Envío)

R : Cuota de riesgo por cada U.E. (Unidades de Envío)

1 U.E. = \$10,000

Como puede observarse una variable importante es la distancia en Km del sitio i al sitio j , ya que la trasladadora cobra por km recorrido, así es necesario realizar una matriz de distancias de cada una de las posibles concentradoras hacia cada una de las oficinas, esta matriz es de 21x60.

Con ayuda de ArcView se determinaron las distancias mínimas entre oficinas, cabe señalar que ArcView utiliza el Algoritmo de Dijkstra (algoritmo del que se habla en el Capítulo 2). Se utilizó la extensión Network Analyst sobre la red de carreteras para poder realizar este análisis, a continuación se muestra en la imagen de una ruta calculada para un par origen-destino en particular.

Ruta Óptima

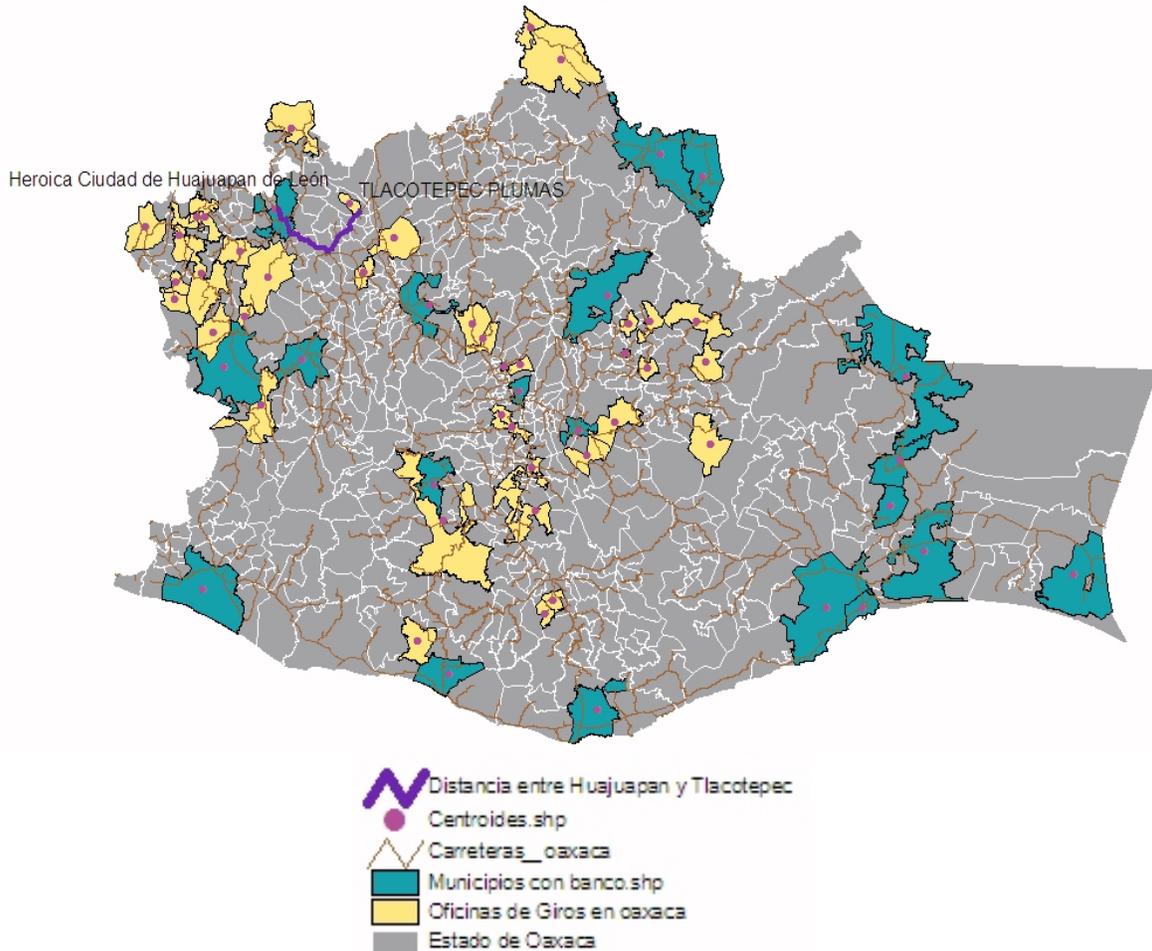


Figura 3.6. Ruta óptima de Heroica Cd. de Huajuapán de León a Tlacotepec Plumas
Fuente datos: INEGI.

Una vez que se resuelve el problema en ArcView, se genera una tabla de la ruta óptima, ésta se muestra a continuación:

Attributes of Distancia entre Huajuapán y Tlacotepec					
Shape	Path_id	F_label	T_label	F_cost	T_cost
PolyLine	1	Graphic pick 1	Graphic pick 2	0.000	69918.672

Figura 3.7. Tabla de distancia de Heroica Cd. de Huajuapán de León a Tlacotepec Plumas

Donde T_cost es la distancia en metros entre un sitio y otro.

Por conveniencia, se manejó la distancia en Km, la matriz de distancias origen - destino (O-D) quedó con la siguiente configuración:

Posible concentradora	Distancia de la posible concentradora a cada oficina		
	SANTOS REYES NOPALA	H. CD DE EJUTLA DE CRESPO	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO
ZIMATLAN DE ALVAREZ	160.52558	126.22059	387.53288
TLACOLULA DE MATAMOROS	228.7545	96.25277	310.92906
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	337.68916	325.84544	590.561
LOMA BONITA	423.7902	294.26491	477.28978
OAXACA DE JUAREZ	199.34453	57.73045	272.42625
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	202.57011	337.44694	237.61741
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	369.54066	244.91773	123.57635
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	381.68597	250.70459	445.13641
ASUNCION NOCHIXTLAN	293.24331	159.922	212.33156
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	358.66991	229.35178	136.23056
JUCHITAN DE ZARAGOZA	338.27484	284.6705	549.49988
SANTIAGO JUXTLAHUACA	329.29275	288.12391	88.70938
SALINA CRUZ	285.46434	264.87856	529.67
SAN PEDRO TAPANATEPEC	448.62366	396.77994	659.96388
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	431.60572	372.01219	622.72638
SAN PEDRO MIXTEPEC	34.35867	172.33209	383.76959
IXTLAN DE JUAREZ	304.68788	175.66847	387.46391

Tabla 3.11. Extracto de la matriz de distancias entre las posibles concentradoras y las oficinas restantes ⁷

Una vez que se obtuvieron las distancias entre posibles concentradoras y oficinas restantes, se procedió a realizar la matriz de costos, considerando la estructura anteriormente señalada.

⁷ Ver Tabla A.7 del Anexo para consultar la tabla completa

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina		
	SANTOS REYES NOPALA	H. CD. DE EJUTLA DE CRESPO	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO
ZIMATLAN DE ALVAREZ	143.39561	137.45683	3484.66482
TLACOLULA DE MATAMOROS	183.54642	116.60085	3204.72139
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	247.65142	276.38493	4226.61721
LOMA BONITA	298.31947	254.40659	3812.67528
OAXACA DE JUAREZ	166.23947	89.79140	3064.01551
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	168.13764	284.45894	2936.80898
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	266.39513	220.06362	2520.05372
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	273.54231	224.09096	3695.17299
ASUNCION NOCHIXTLAN	221.49628	160.91119	2844.40357
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	259.99800	209.23056	2566.29766
JUCHITAN DE ZARAGOZA	247.99607	247.72940	4076.56216
SANTIAGO JUXTLAHUACA	242.71036	250.13278	2392.63476
SALINA CRUZ	216.91857	233.95528	4004.09522
SAN PEDRO TAPANATEPEC	312.93326	325.75150	4480.24530
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	302.91868	308.51449	4344.16340
SAN PEDRO MIXTEPEC	69.14992	169.54794	3470.91214
IXTLAN DE JUAREZ	228.23109	171.86988	3484.41278

Tabla 3.12. Extracto de la matriz de costos de transportar una U.E. desde el sitio i hasta el sitio j .⁸

Una vez determinada la matriz de costos se definieron las variables faltantes para el problema a resolver:

$n= 60$ oficinas en total

$m=21$ posibles concentradoras

x_{ij} : Resultado del modelo, son las oficinas que quedarán como concentradoras

k_i : 300 U.E. (\$3,000,000), se acordó que la oficina no podría manejar más dinero por el riesgo que esto implica, excepto la oficina ubicada en Oaxaca de Juárez, que puede manejar 500 U.E.

$f_i=1$, debido a que las oficinas ya están operando, no existe realmente un costo por abrirla u operar como concentradora.

$p_i=50$ U.E. (\$50,000), es la cantidad mínima de recursos que debe manejar una oficina para ser concentradora

⁸ Ver Tabla A.8 del Anexo para consultar la tabla completa

El modelo se estructuró de la siguiente manera:

$$\text{Min } y_{01} + y_{02} + y_{03} + y_{04} + y_{05} + \dots + y_{21} + 153.76x_{0101} \\ 133.384x_{0102} + 3502.354x_{0103} + \dots + 91.113x_{0160} + \dots +$$

$$235.222x_{2101} + 214.626x_{2102} + 3933.751x_{2103} + \dots + 129.656x_{2160}$$

sujeto a:

$$\left. \begin{aligned} x_{0101} + x_{0102} + x_{0103} + \dots + x_{0160} &\leq 300y_{01} \\ x_{0201} + x_{0202} + x_{0203} + \dots + x_{0260} &\leq 300y_{02} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ x_{2101} + x_{2102} + x_{2103} + \dots + x_{2160} &\leq 300y_{21} \end{aligned} \right\}$$

Restricciones que indican que el máximo de recursos que podrá enviar una concentradora es de 300 U.E., excepto la oficina de Oaxaca de Juárez, que tiene una capacidad de envío de 550 U.E.

$$\left. \begin{aligned} x_{0101} + x_{0102} + x_{0103} + \dots + x_{0160} &\geq 50y_{01} \\ x_{0201} + x_{0202} + x_{0203} + \dots + x_{0260} &\geq 50y_{02} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ x_{2101} + x_{2102} + x_{2103} + \dots + x_{2160} &\geq 50y_{21} \end{aligned} \right\}$$

Restricciones que indican que el mínimo de recursos que puede enviar una concentradora es de 50 U.E.

$$\left. \begin{aligned} x_{0101} + x_{0201} + x_{0301} + \dots + x_{2101} &= 26.2347 \\ x_{0102} + x_{0202} + x_{0302} + \dots + x_{2102} &= 21.7658 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ x_{0160} + x_{0260} + x_{0360} + \dots + x_{2160} &= 47.0591 \end{aligned} \right\}$$

Restricciones que indican que la demanda total de cada una de las oficinas debe ser cubierta.

$$y_i = 0, 1 \quad \forall \quad i$$

$$y_{01} + y_{02} + y_{03} + \dots + y_{21} = 10^9$$

⁹ El modelo de programación entera mixta obtenido consta de 1281 variables y tiene 104 restricciones en total. Por cuestiones de espacio no fue posible escribirlo completo en este trabajo.

3.4. SOLUCIÓN DEL MODELO

Al resolver el modelo mediante el algoritmo de bifurcación y acotación usado por LINGO 10.0 se identificaron las oficinas que funcionarían como concentradoras más adecuadas según las restricciones y condiciones del problema, así como la cantidad de dinero que la concentradora llevaría a las oficinas que cubriría.

```
Global optimal solution found.  
Objective value:                183969.0  
Extended solver steps:          0  
Total solver iterations:        342
```

Variable	Value	Reduced Cost
Y01	1.000000	606.7500
Y02	1.000000	1.000000
Y03	0.000000	-17098.10
Y04	0.000000	-85838.30
Y05	1.000000	1.000000
Y06	0.000000	-33845.60
Y07	1.000000	1.000000
Y08	1.000000	1.000000
Y09	1.000000	1.000000
Y10	0.000000	-5641.400
Y11	1.000000	1.000000
Y12	1.000000	1.000000
Y13	0.000000	-9541.400
Y14	0.000000	-33729.20
Y15	0.000000	-15860.00
Y16	1.000000	1.000000
Y17	1.000000	490.3500
Y18	0.000000	-3641.000
Y19	0.000000	-2939.000
Y20	0.000000	-12911.30
Y21	0.000000	-8169.200

Figura 3.8. Extracto de la solución al modelo proporcionada por LINGO

De esta manera las concentradoras serían las oficinas ubicadas en:

01. Zimatlán de Álvarez
02. Tlacolula de Matamoros
05. Oaxaca de Juárez
07. Heroica Ciudad de Huajuapán de León
08. San Juan Bautista Tuxtepec
09. Asunción Nochistlán

- 11. Juchitán de Zaragoza
- 12. Santiago Juxtlahuaca
- 16. San Pedro Mixtepec
- 17. Ixtlán de Juárez

X0501	0.000000	97.08900
X0502	22.35806	0.000000
X0503	0.000000	671.3810
X0504	0.000000	78.29300
X0505	0.000000	36.38400
X0506	0.000000	28.52900
X0507	0.000000	93.43700
X0508	0.000000	2966.732
X0509	0.000000	856.7310
X0510	0.000000	21.00000
X0511	0.000000	470.4850
X0512	0.000000	426.5840
X0513	0.000000	161.1740
X0514	0.000000	406.1360
X0515	0.000000	35.85000
X0516	0.000000	59.58200
X0517	0.000000	489.7990
X0518	0.000000	122.2850
X0519	0.000000	648.7490
X0520	0.000000	322.4000
X0521	0.000000	228.2300
X0522	13.16290	0.000000
X0523	0.000000	110.1170
X0524	4.986000	0.000000
X0525	0.000000	134.8240
X0526	0.000000	289.1550
X0527	0.000000	1541.347
X0528	24.53100	0.000000
X0529	44.75380	0.000000
X0530	0.000000	115.2400

Figura 3.9. Parte de la solución al modelo proporcionada por LINGO¹⁰

Lo que se muestra en la Figura 3.9 quiere decir que de la concentradora 05, es decir, Oaxaca de Juárez, se llevarán 22.358 U.E. a Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo, 13.162 U.E. a Villa de Zaachila, 4.986 U.E. a Cuilapam de Guerrero, etc.

¹⁰ La solución del modelo consistió en 1394 filas, por lo que, no fue posible escribirlo completo por cuestiones de espacio.

3.5. VALIDACIÓN DEL MODELO

Para llegar al modelo y solución propuesto, tuvieron que realizarse varios ajustes y pruebas hasta llegar a una solución considerada adecuada tanto por GIROS como por el modelador del problema. A continuación se mencionan algunos aspectos metodológicos clave:

1.- Al principio no se consideraron costos unitarios, sin embargo, al analizar y documentarse el manejo de costos, se llegó a la conclusión de que debían calcularse costos por unidad. Sin embargo, considerar la unidad como un peso era inadecuado, ya que la trasladadora no llevaría esa cantidad, por lo que se fijó como \$10,000 la cantidad mínima que se pudiera trasladar, esta cantidad mínima fijada fue llamada unidad de envío (U.E.), así la demanda de cada una de las oficinas se normalizó con esta cantidad, para que todo fuera manejado en unidades de envío.

2.- Se comenzó a trabajar el modelo sin la restricción de que al menos las concentradoras manejaran 50 U.E., como resultado la solución consistía en abrir 20 de las 21 posibles concentradoras, lo cual no resultaba convincente ni conveniente. Después de analizar la situación, se consideró que si las concentradoras no manejaban al menos esa cantidad de dinero, era innecesario considerarlas como concentradoras. El hecho de considerar una cantidad mínima de dinero a enviar fue debido a que es lo mínimo que conviene mandar mediante una trasladadora.

3.- Considerada la restricción anterior, la solución era abrir 17 de 21 concentradoras posibles, por lo que se realizó un análisis de los resultados y se encontró que existían algunas concentradoras que sólo se hacían cargo de sí mismas y de otra oficina, lo cual no parecía adecuado ni al modelador ni al personal de GIROS, en esta situación se encontraban 7 oficinas, por esta razón se decidió que se forzaría al modelo a crear 10 concentradoras (dicha cantidad de concentradoras fue elegida y decidida por la empresa), evidentemente el programa decidiría las mejores considerando las características del problema. De ahí la restricción: $y_{01} + y_{02} + y_{03} + \dots + y_{21} = 10$.

4.- Por otro lado se puso a prueba la consideración de que el costo de definir una oficina como concentradora no es relevante, así se cambió el costo de 1 U.E. (\$10,000) considerado inicialmente a 20 U.E. (\$200,000), el resultado al resolver el modelo no cambió esencialmente, las concentradoras fueron las mismas con las mismas cantidades a enviar, sin embargo, la función objetivo aumentó de 181771.2 a 181961.2, lo cual no fue considerado significativo. GIROS comentó que no convenía considerar un costo superior a 20 U.E. ya que además no se planeaba invertir demasiado en las oficinas que se considerarán adecuadas para fungir como concentradoras puesto que ya se contaba con la oficina y con el personal.

5.- Posteriormente se comprobó que si se cambiaban los costos de transporte en el modelo, la solución también cambiaba, lo cual valida que la hipótesis que los costos

de transporte generalmente son los que más influyen en los resultados.

6.- Finalmente, fue hecha la propuesta presentada en este trabajo a la empresa. GIROS quedó conforme con la solución encontrada con el modelo, al considerar que se estaba representando el problema adecuadamente y que la disminución de las distancias al enviar el dinero de una oficina, es este caso ya concentradora, más cercana, minimizaría sus costos.

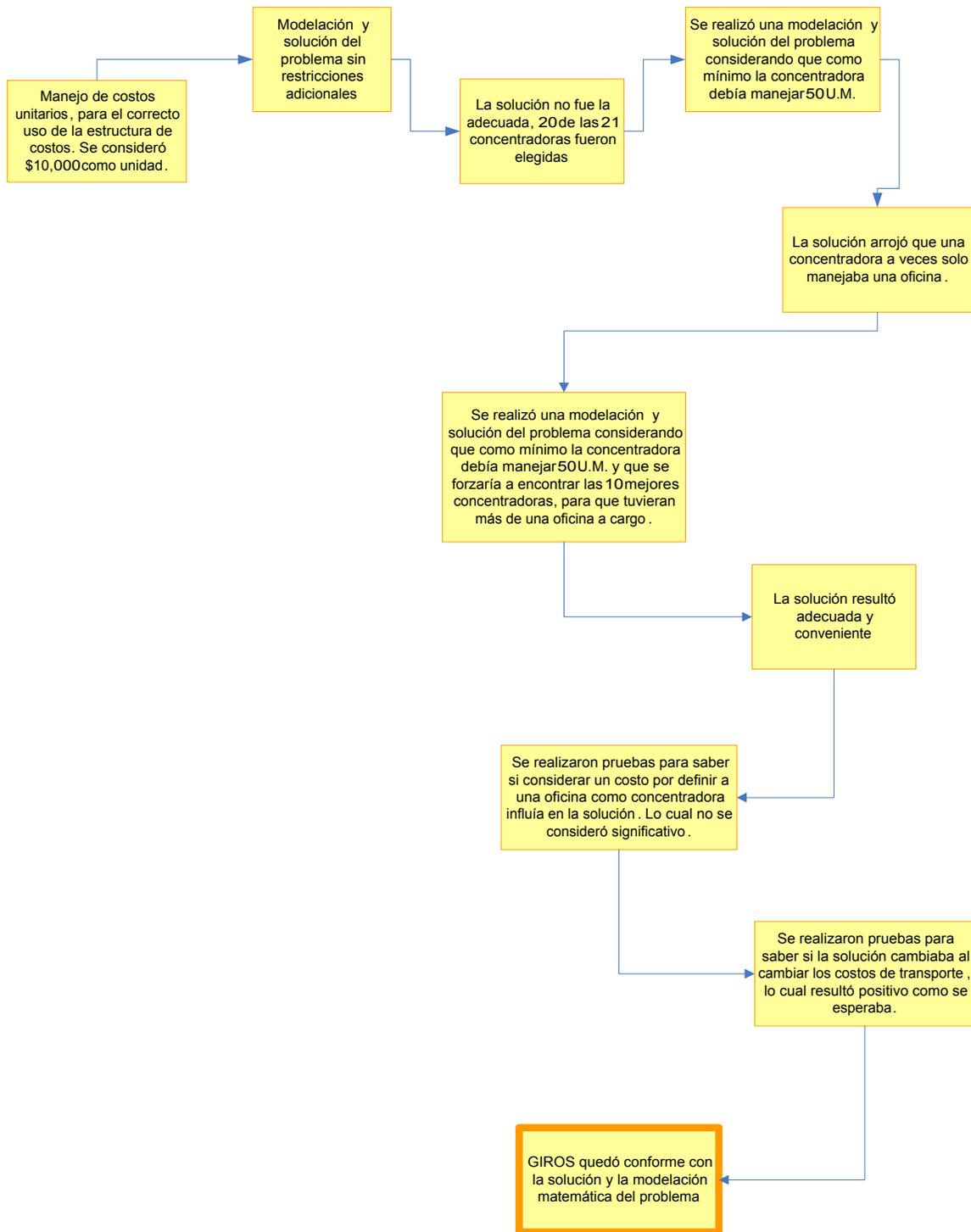


Figura 3.10. Diagrama del procedimiento de la validación del modelo

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez construido, el modelo fue resuelto con ayuda de LINGO, software que entregó como resultado que 10 oficinas se volverían concentradoras y que cada una de éstas manejaría entre 2 y 10 oficinas, definiendo de esta manera qué demanda deberán cubrir en total.

Este resultado fue obtenido después de hacer varias pruebas buscando la solución deseada por la empresa. El primer modelo construido arrojó como resultado que debían implementarse 20 de las 21 posibles oficinas candidatas para ser concentradoras, pero con este resultado varias de las nuevas concentradoras tendrían a su cargo únicamente una oficina, por lo que esta estructura no era la deseada, pues en ese caso era mejor que la gerencia estatal operara directamente esta oficina en lugar de delegar dicha responsabilidad.

Fue necesario hacer varios cambios en el modelo hasta que se logró mediante restricciones de capacidad que cada una de las concentradoras tuviera como mínimo 2 oficinas bajo su cargo, con lo que se obtuvo el resultado final. Las restricciones de capacidad en cuanto a la cantidad mínima de dinero que podía ser enviado mediante la trasladadora y al máximo de efectivo que podía ser manejado por una concentradora, fueron determinantes para que el modelo entregara como resultado la reorganización necesaria para optimizar el trabajo de la empresa.

El proceso de construcción del modelo adecuado para el problema sirvió para llevar a cabo la validación del mismo. Un aspecto de gran importancia que pudo observarse fue que aunque se modificaran los costos por abrir o habilitar una oficina como concentradora, el resultado final que entregaba el modelo no se veía afectado. En cambio, una variación en los costos de transporte, en este caso, los costos de enviar el efectivo a cada una de las oficinas mediante una compañía trasladadora era decisivo para que hubiera un cambio en el valor total de la función objetivo. Esto indica que el modelo construido representa de manera adecuada el problema planteado ya que en la literatura puede constatarse esta sensibilidad.

Debido a que el modelo matemático obtenido para representar el problema no está basado en apreciaciones personales, sino en los costos implicados y las distancias entre oficinas, es posible cambiarlo si en algún momento las condiciones del problema cambian, lo cual es valioso para GIROS ya que podrá tomar decisiones con mayor facilidad y confianza. Esto hará que provea de mejores servicios a sus clientes y por ende se minimicen las pérdidas económicas.

Es importante notar que con la nueva estructura el control de las oficinas podrá ser mejor organizado y no se considera dificultad alguna para llevarlo a cabo. Ahora La Gerencia Estatal sólo deberá encargarse del manejo de 10 oficinas que serán concentradoras, y éstas, a su vez, controlarán a las oficinas que quedaron a su cargo de acuerdo a los resultados del presente trabajo.

En cuanto a los costos y riesgos que implica la implementación del proyecto presentado, el hecho de definir e instaurar 10 oficinas como concentradoras no implica un precio que afecte el modelo y los costos de una manera considerable porque las oficinas ya están establecidas y trabajando.

Los riesgos por tener almacenado el dinero se vieron disminuídos, puesto que ahora toda la demanda necesaria para que el sistema trabaje no estará en la Gerencia Estatal, ésta solamente se encargará de autorizar el dinero para cada una de las concentradoras, que además, sólo podrán manejar una cantidad límite de dinero. Por ende, los costos de manejar el dinero y transportarlo también bajaron, pues ahora no se envían las mismas cantidades que antes.

4.2 ESQUEMATIZACIÓN DE LA REORGANIZACIÓN PROPUESTA

A continuación se presentan de esquemáticamente los resultados, indicando las concentradoras y su demanda, así como las oficinas a su cargo y las cantidades que se enviarán de la concentradora a las oficinas para cubrir su demanda.

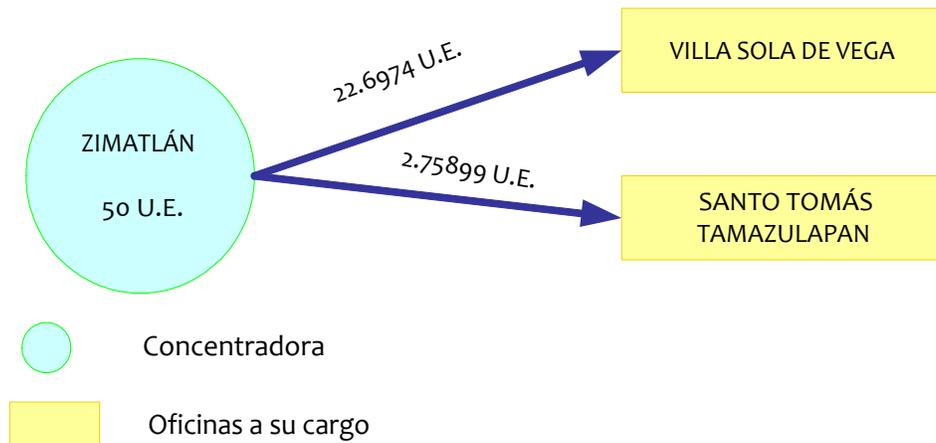


Figura 4.1. Concentradora de Zimatlán de Álvarez y las 2 oficinas a su cargo

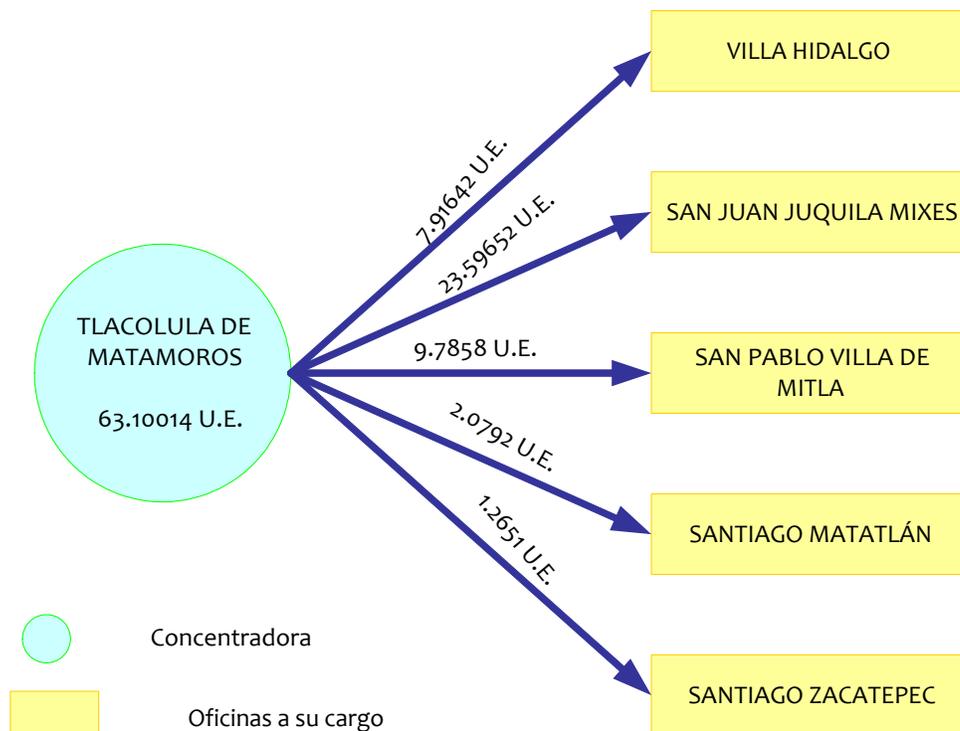


Figura 4.2. Concentradora de Tlacolula de Matamoros y las 5 oficinas a su cargo.

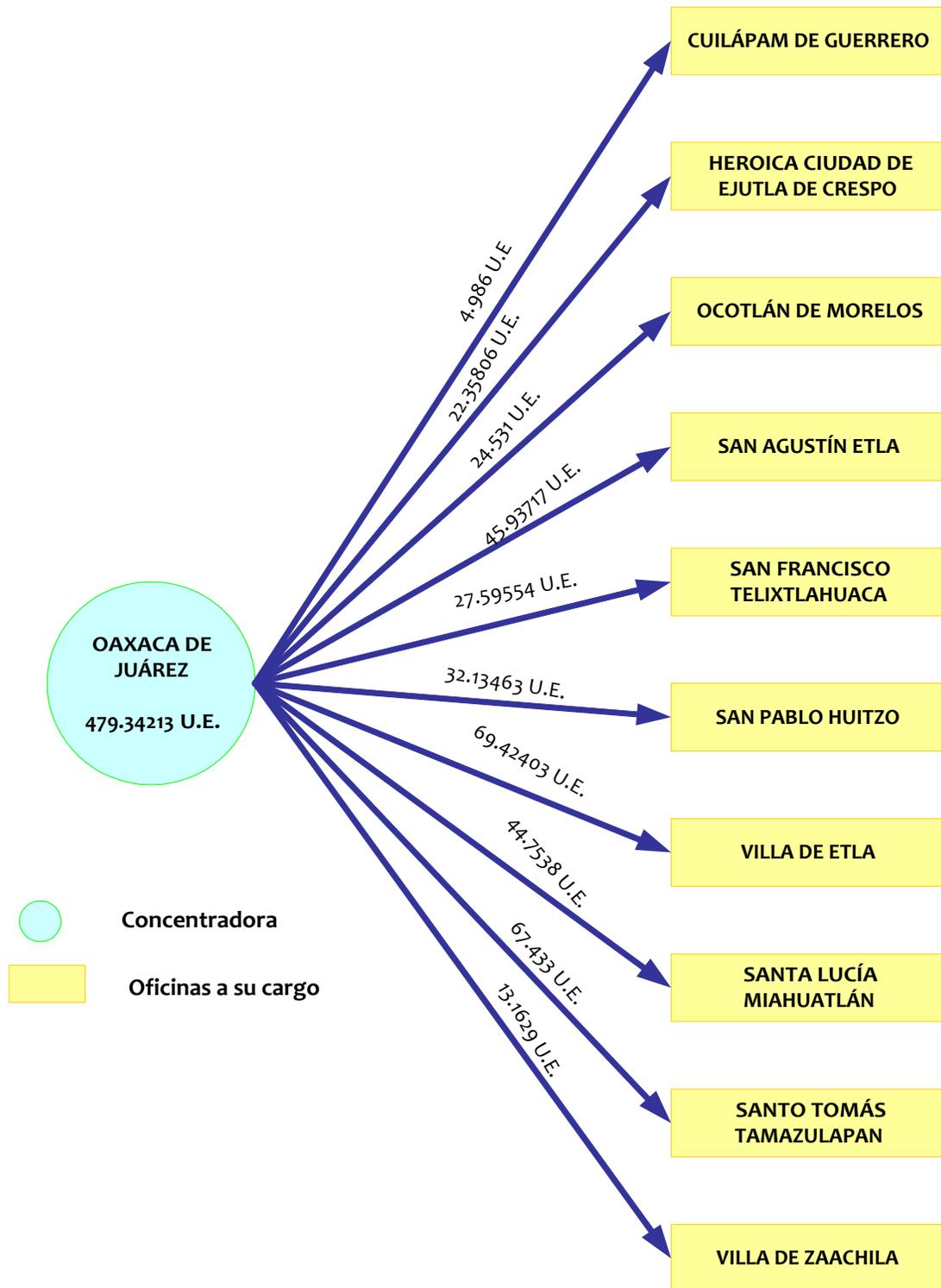


Figura 4.3 .Concentradora de Oaxaca de Juárez y las 10 oficinas a su cargo.

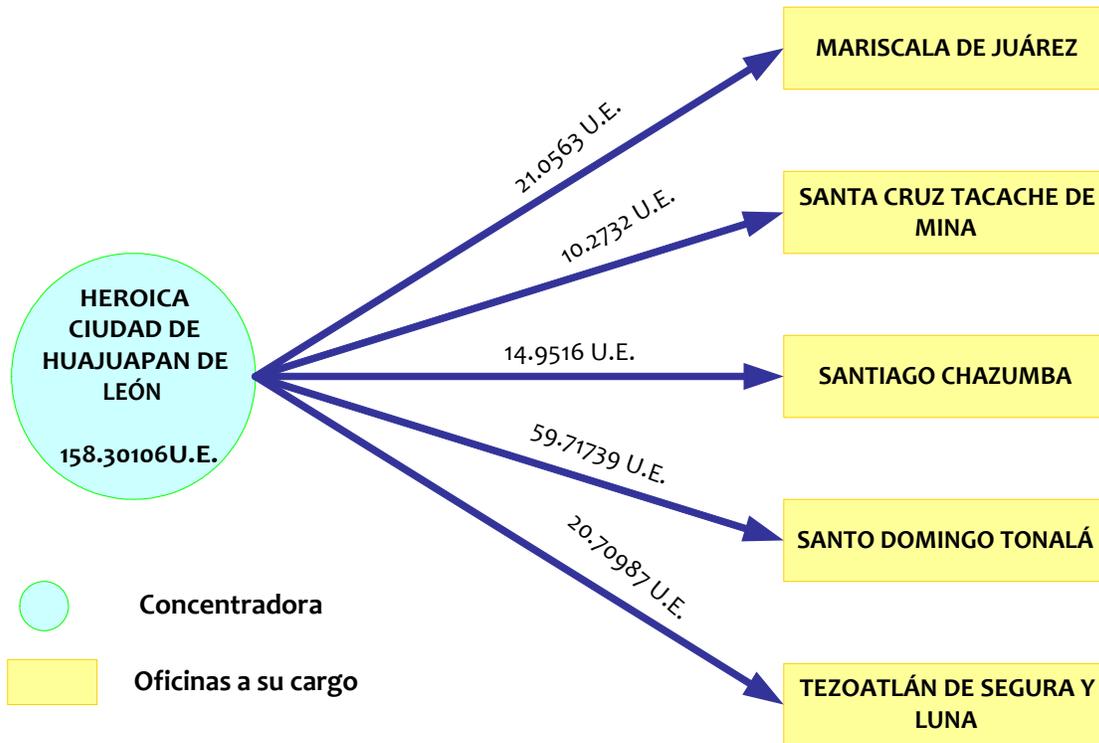


Figura 4.4 .Concentradora de Heroica Cd. De Huajuapán de León y las 5 oficinas a su cargo.

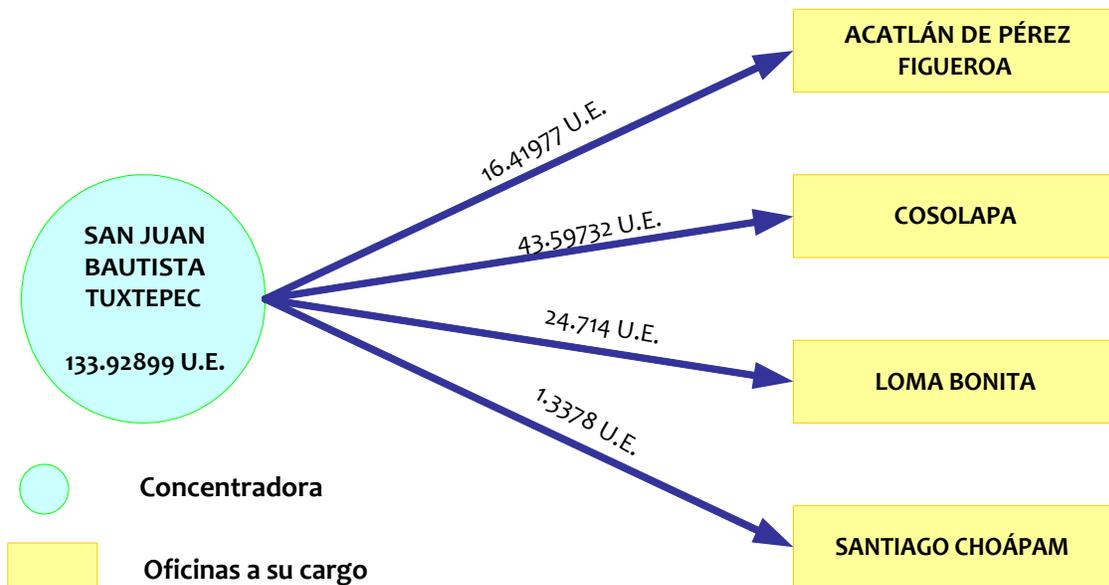


Figura 4.5. Concentradora de San Juan Bautista Tuxtepec y las 4 oficinas a su cargo.

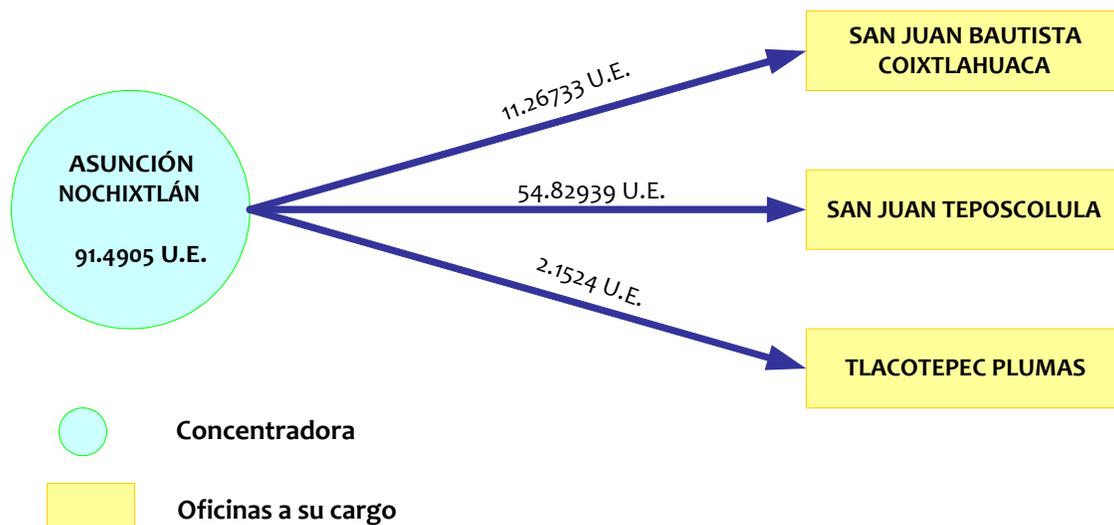


Figura 4.6. Concentradora de Asunción Nochixtlán y las 3 oficinas a su cargo.

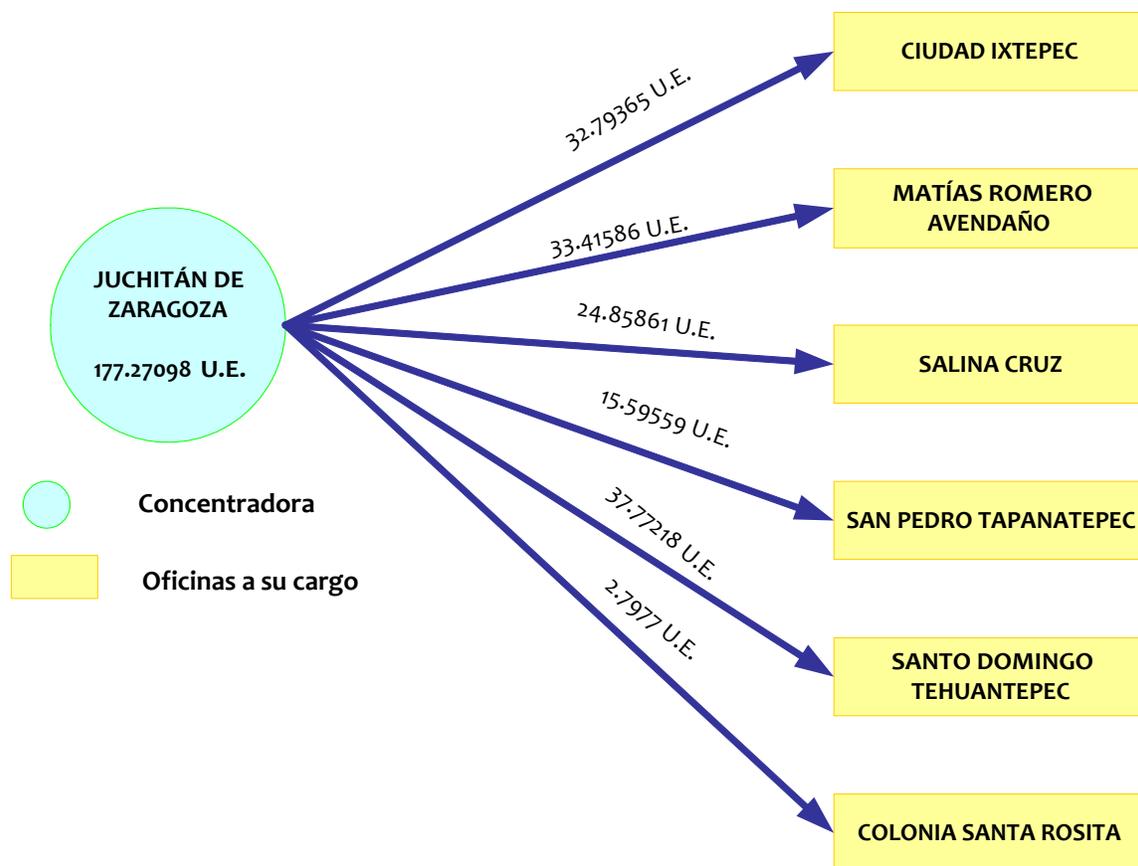


Figura 4.7. Concentradora de Juchitán de Zaragoza y las 6 oficinas a su cargo.

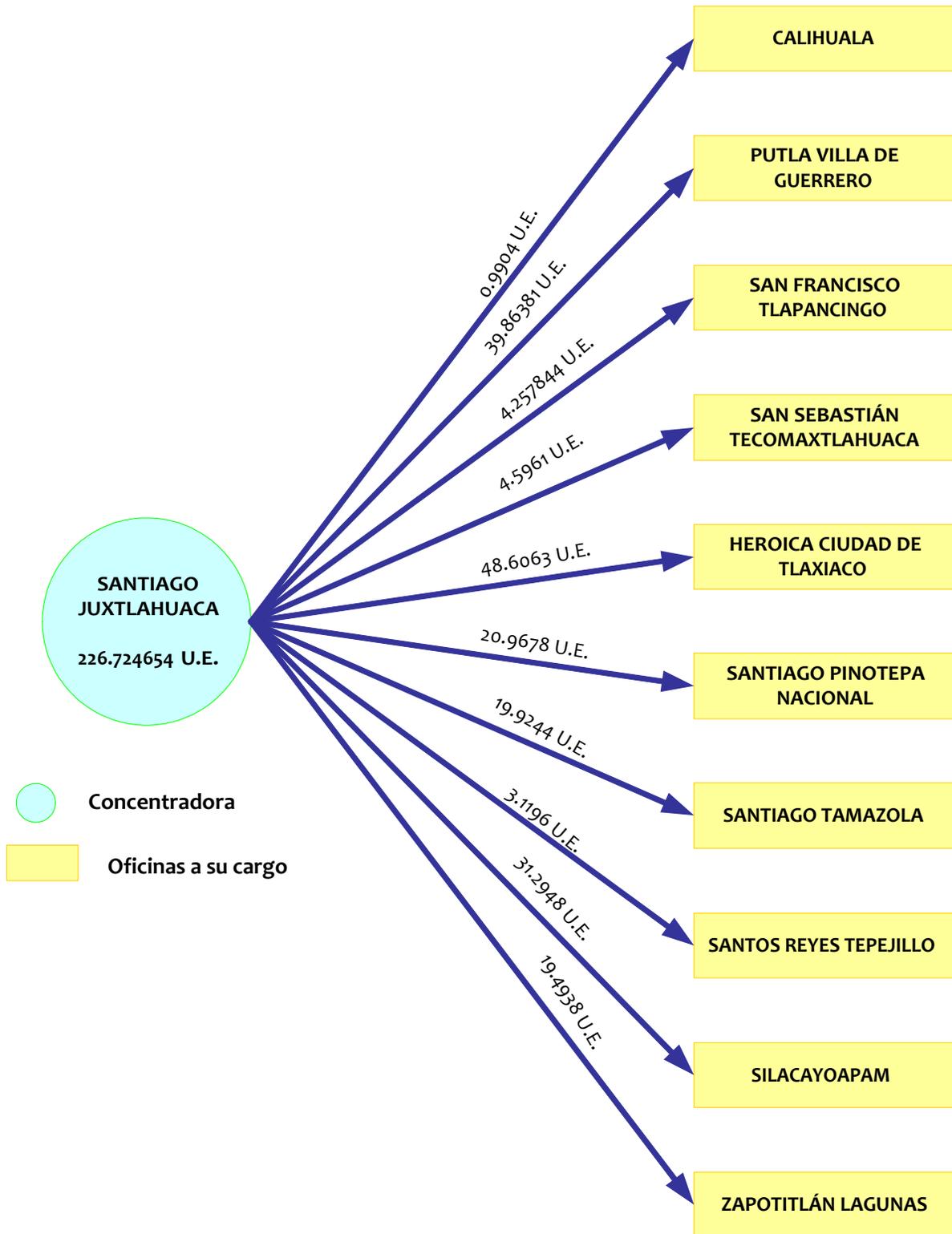


Figura 4.8. Concentradora de Santiago Juxtlahuaca y las 10 oficinas a su cargo.

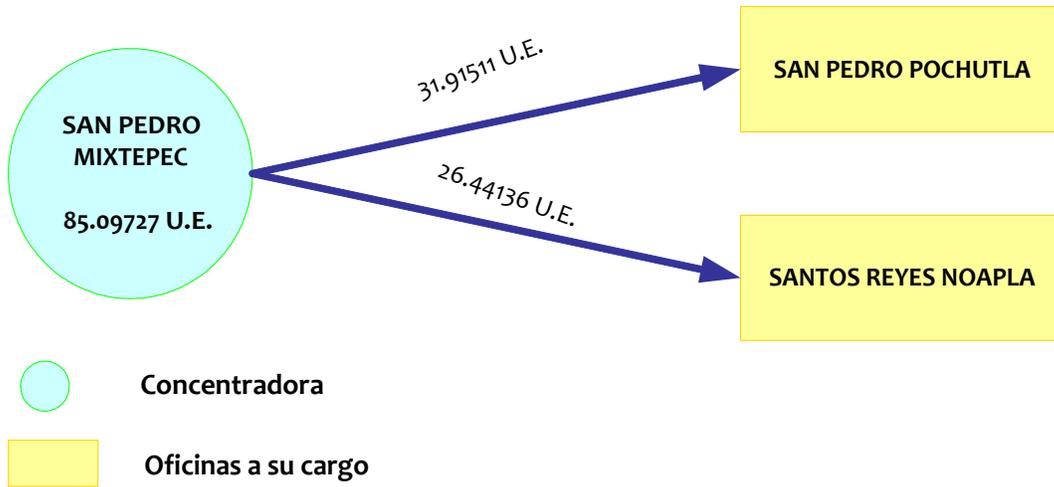


Figura 4.9 .Concentradora de San Pedro Mixtepec y las 2 oficinas a su cargo.

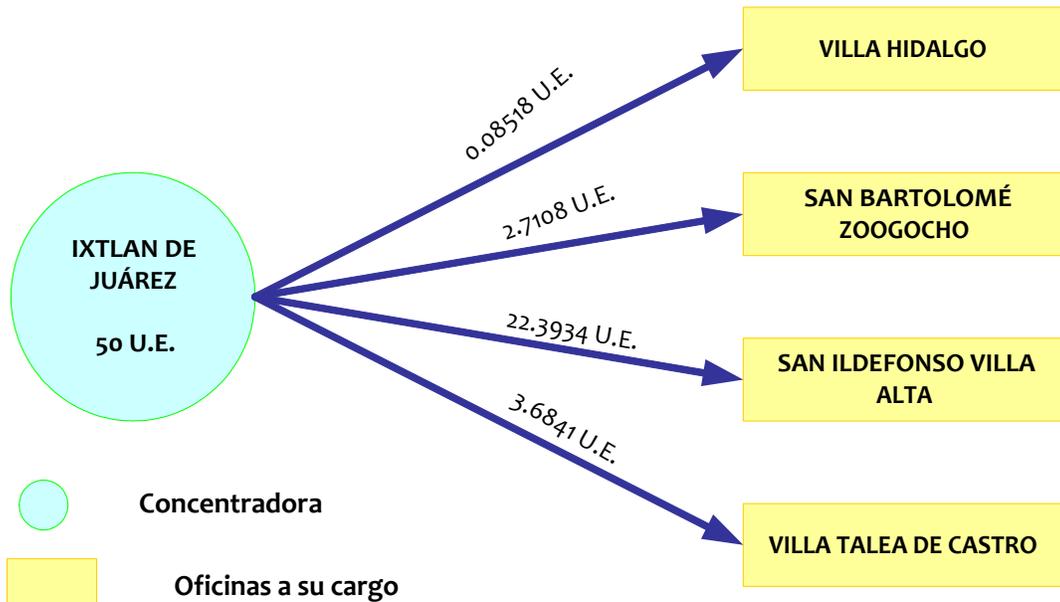


Figura 4.10 .Concentradora de Ixtlán de Juárez y las 4 oficinas a su cargo.

4.3 REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos a partir del modelo matemático resuelto con LINGO definieron de claramente qué oficinas de entre las 21 candidatas son las adecuadas para ser elegidas como concentradoras y tener a su cargo un mínimo de 2 oficinas.

Las oficinas elegidas como concentradoras cubren un área específica, lo que puede apreciarse de mejor manera en el mapa del Estado de Oaxaca, donde cada una de las oficinas propuestas para tomar el cargo de concentradoras se encarga de un grupo de oficinas cercanas a ella, esto permite que las distancias recorridas al enviar los recursos a cada una de ellas sea menor.

La disminución en la distancia implica una baja en los costos de transportación, hecho que ayuda de manera significativa a la empresa a mejorar su situación económica.

La cobertura de las oficinas de GIROS en el estado se puede apreciar de mejor manera con mapas en los que se observan los municipios en los que se ubican las oficinas, que ahora propuestas como concentradoras manejan al grupo de oficinas que resultó más cercano a ellas.

Finalmente se mostrará que con las 10 concentradoras propuestas se cubren todas las oficinas del estado de Oaxaca sintetizando el resultado con un mapa de la reorganización propuesta en este trabajo de tesis.

La primera concentradora se encuentra en Zimatlán de Álvarez, teniendo a su cargo las 2 oficinas ubicadas en los siguientes municipios:

Concentradora	Oficinas
ZIMATLAN DE ALVAREZ	VILLA SOLA DE VEGA SANTO TOMAS TAMAZULAPAN

Concentradora de Zimatlán y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

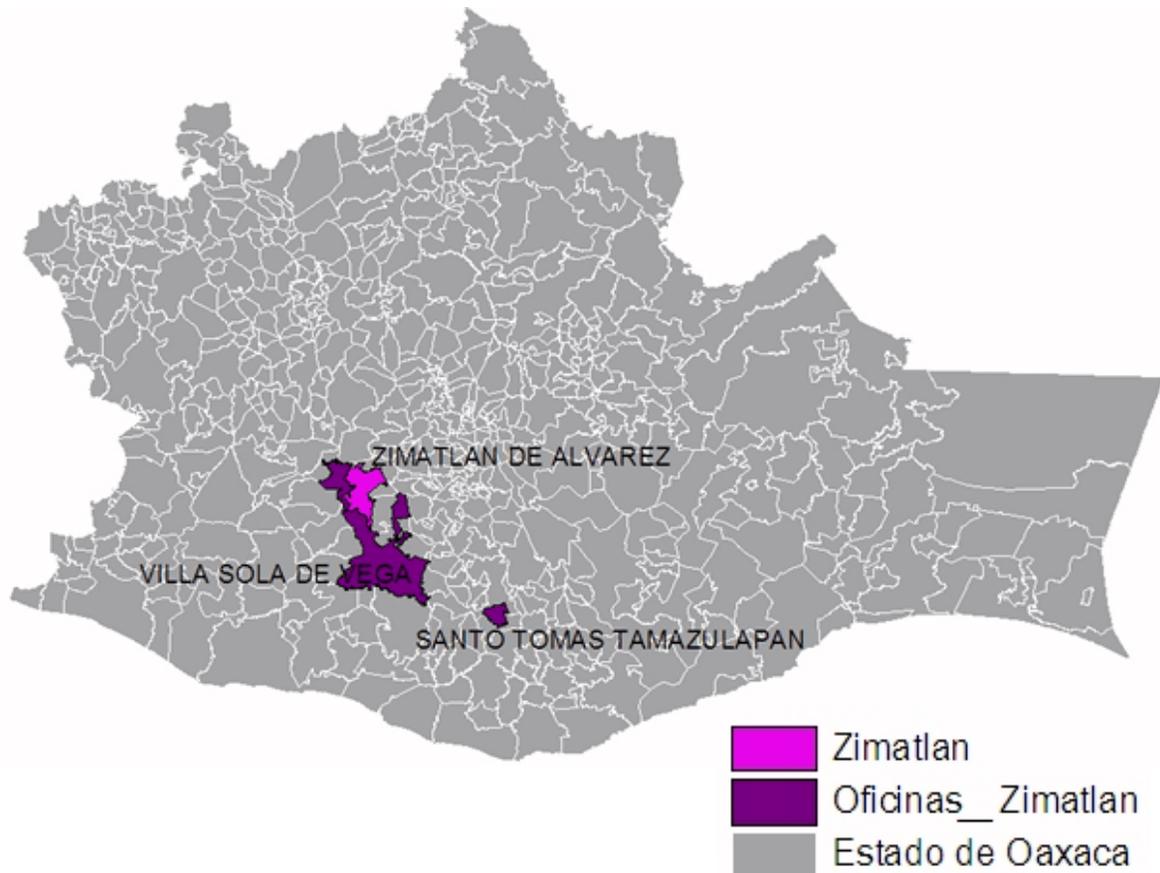


Figura 4.11 Concentradora de Zimatlán de Álvarez y las 2 oficinas a su cargo

La segunda concentradora se ubica en Tlacolula de Matamoros con 5 oficinas a su cargo, ubicadas en los municipios que se muestran a continuación:

Concentradora	Oficinas
TLACOLULA DE MATAMOROS	VILLA HIDALGO SAN PABLO VILLA DE MITLA SANTIAGO ZACATEPEC SANTIAGO MATATLAN SAN JUAN JUQUILA MIXES

Concentradora de Tlacolula de Matamoros y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

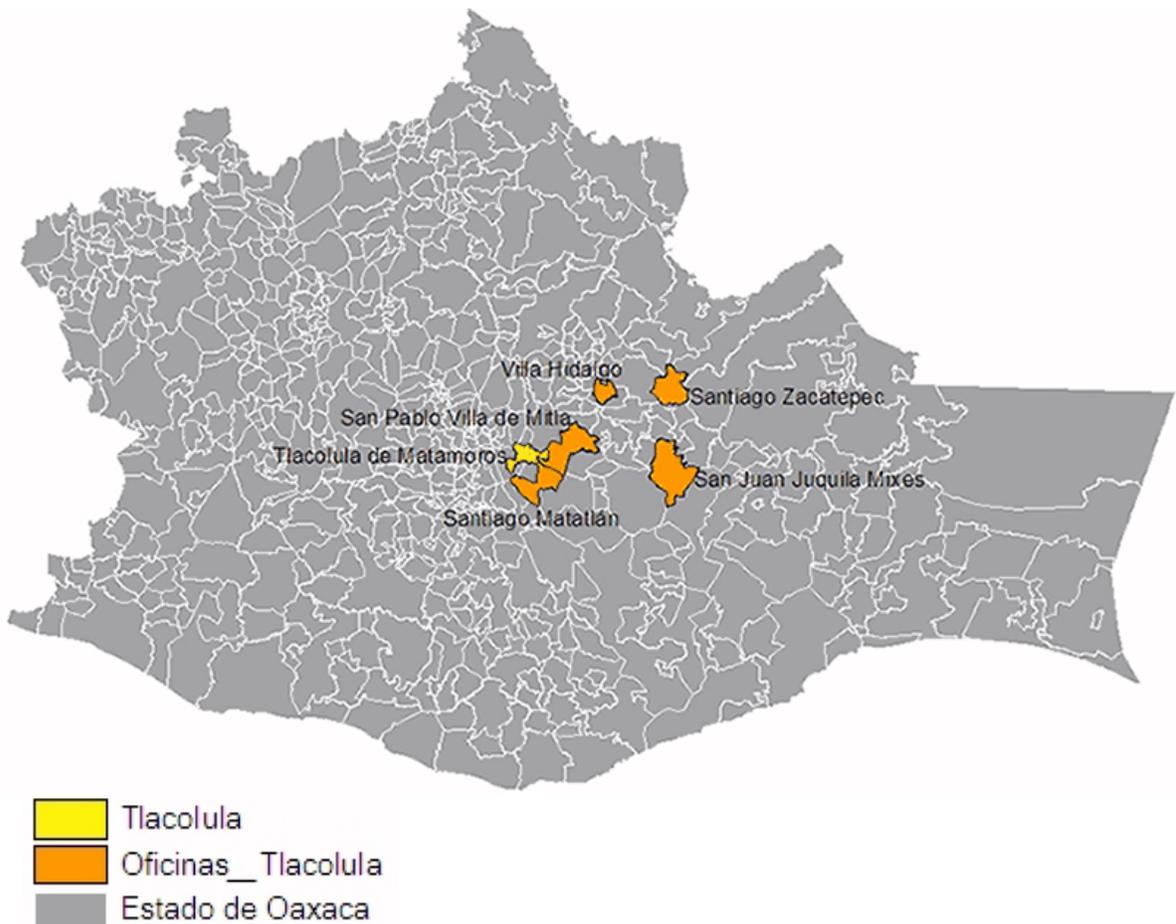


Figura 4.12 Concentradora de Tlacolula de Matamoros y las 5 oficinas a su cargo

La tercera concentradora se encuentra en Oaxaca de Juárez y las oficinas a su cargo son:

Concentradora	Oficinas
OAXACA DE JUAREZ	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO VILLA DE ZAACHILA CUILAPAM DE GUERRERO OCOTLAN DE MOREOS SANTA LUCIA MIAHUATLAN VILLA DE ETLA SAN PABLO HUITZO SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA SANTO TOMAS TAMAZULAPAN SAN AGUSTIN ETLA

Concentradora de Oaxaca de Juárez y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

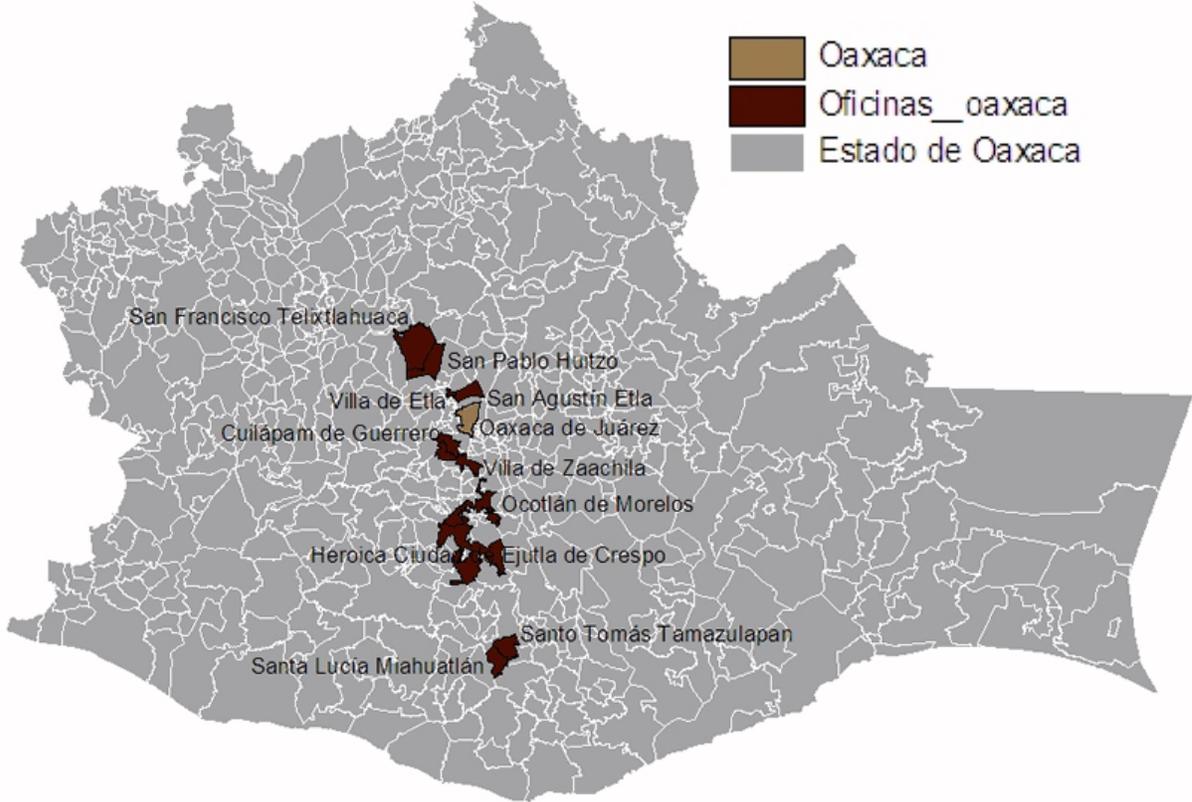


Figura 4.13 Concentradora de Oaxaca de Juárez y las 10 oficinas a su cargo.

La cuarta concentradora está en el municipio de Heroica Cd. De Huajuapán de León y las oficinas a su cargo son:

Concentradora	Oficinas
HEROICA CD DE HUAJUAPAN DE LEÓN	SANTIAGO CHAZUMBA SANTA CRUZ TACACHE DE MINA MARISCALA DE JUAREZ TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA SANTO DOMINGO TONALA

Concentradora de Heroica Cd. de Huajuapán de León y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

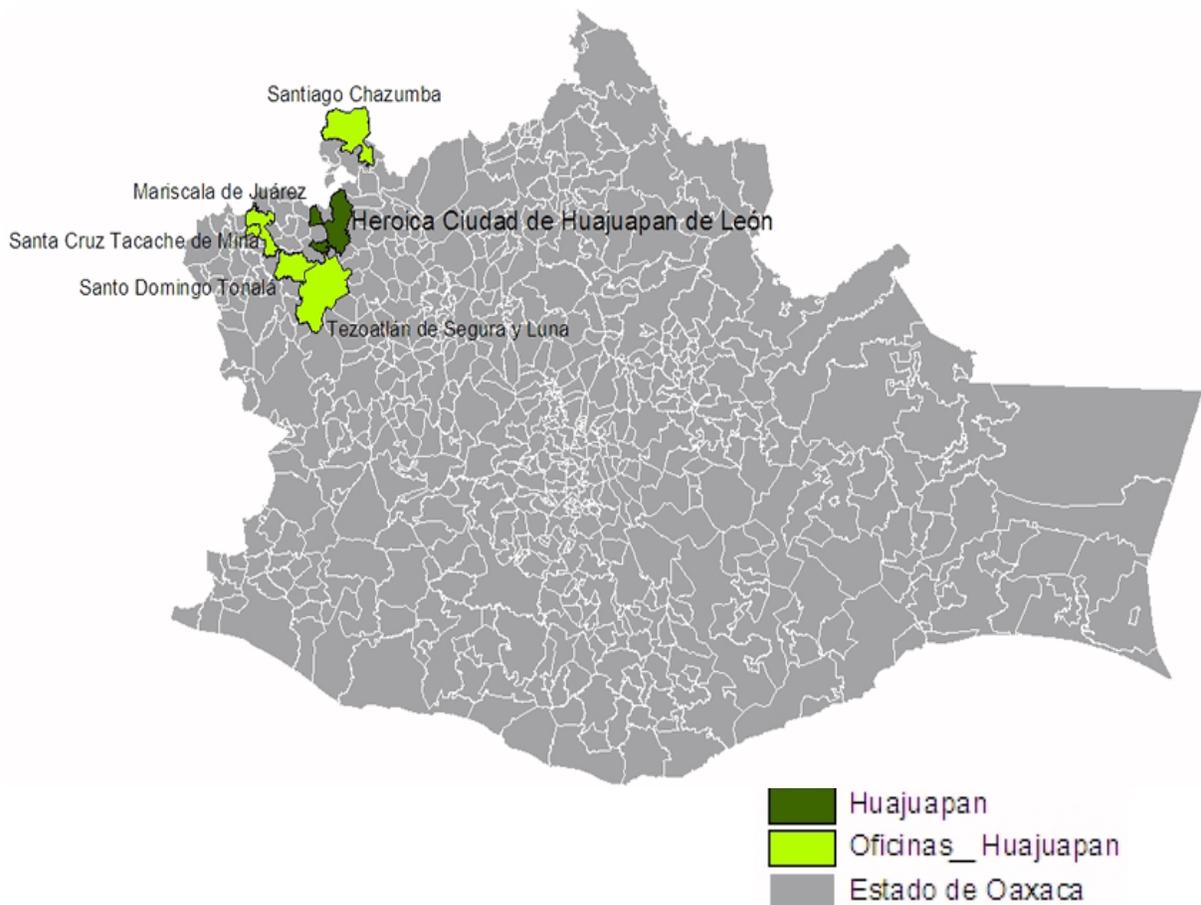


Figura 4.14 Concentradora de Heroica Cd. de Huajuapán de León y las 5 oficinas a su cargo

La quinta concentradora se ubica en San Juan Bautista Tuxtepec, las oficinas a su cargo se muestran a continuación:

Concentradora	Oficinas
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	SANTIAGO CHOAPAM LOMA BONITA COSOLAPA ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA

Concentradora de San Juan Bautista Tuxtepec y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

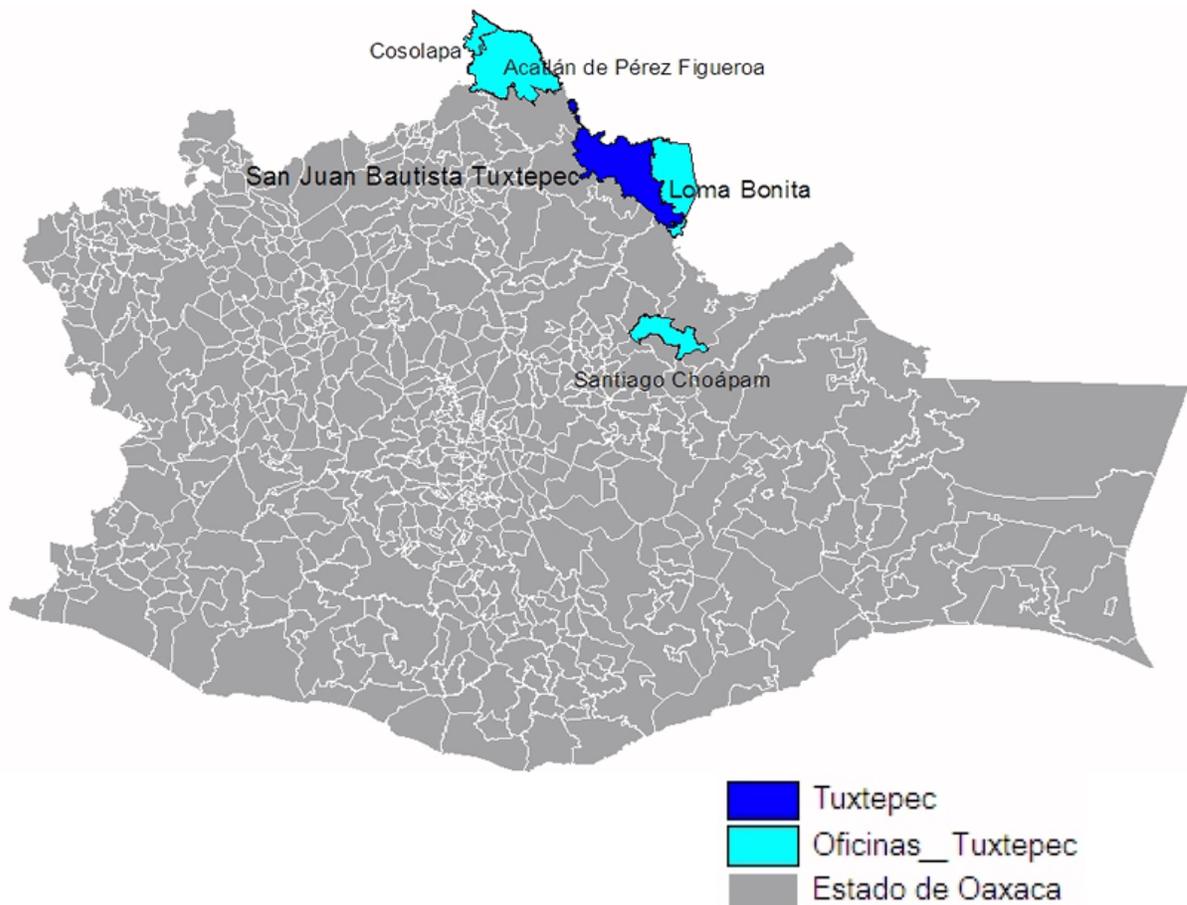


Figura 4.15 Concentradora de San Juan Bautista Tuxtepec y las 4 oficinas a su cargo

La sexta concentradora se encuentra en Asunción Nochixtlán y las oficinas a su cargo se ubican en:

Concentradora	Oficinas
ASUNCION NOCHIXTLAN	TLACOTEPEC PLUMAS SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA SAN JUAN TEPOSCOLULA

Concentradora de Asunción Nochixtlán y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

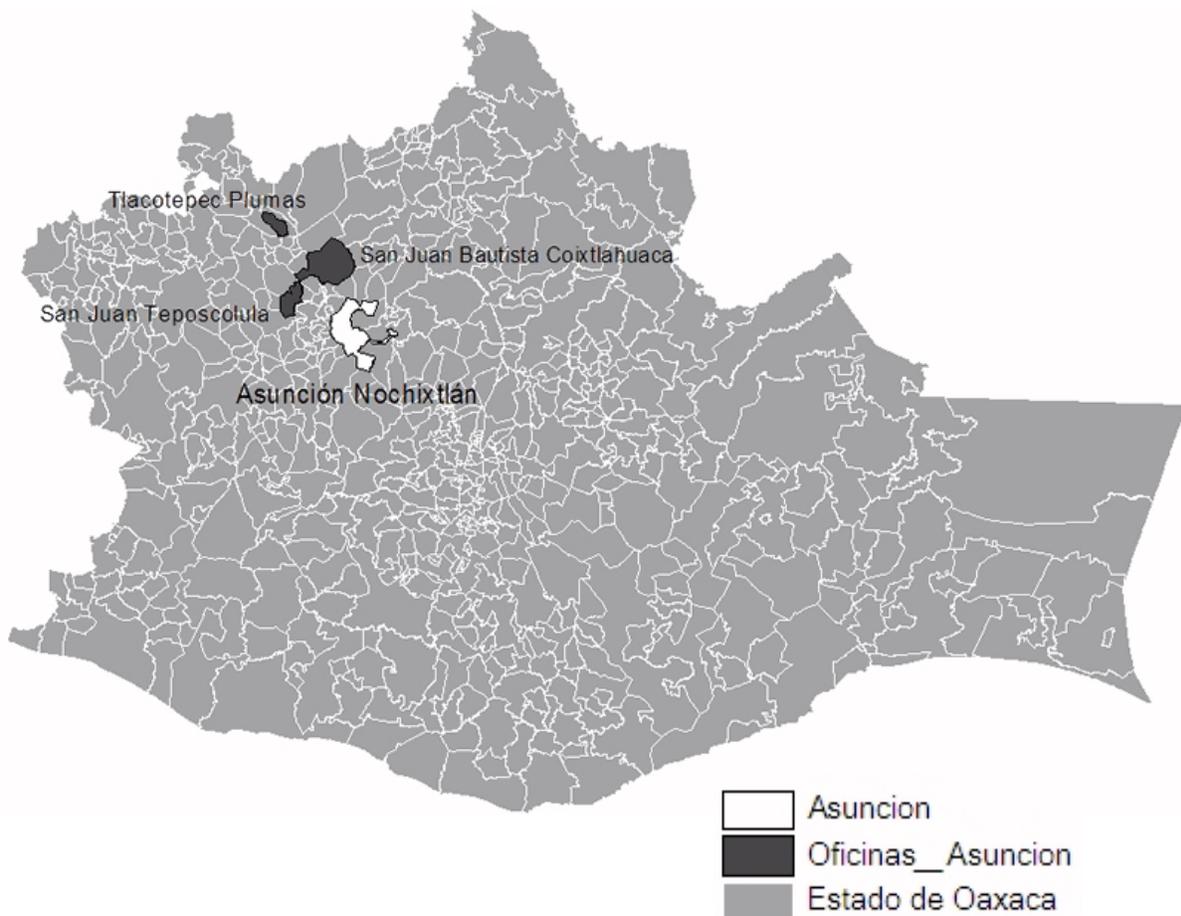


Figura 4.16 Concentradora de Asunción Nochixtlán y las 3 oficinas a su cargo

La séptima concentradora se encuentra en el municipio de Juchitán de Zaragoza y las oficinas a su cargo y su ubicación:

Concentradora	Oficinas
JUCHITAN DE ZARAGOZA	SALINA CRUZ SAN PEDRO TAPANATEPEC MATIAS ROMERO AVENDAÑO CIUDAD IXTEPEC SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC EL BARRIO DE LA SOLEDAD

Concentradora de Juchitán de Zaragoza y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

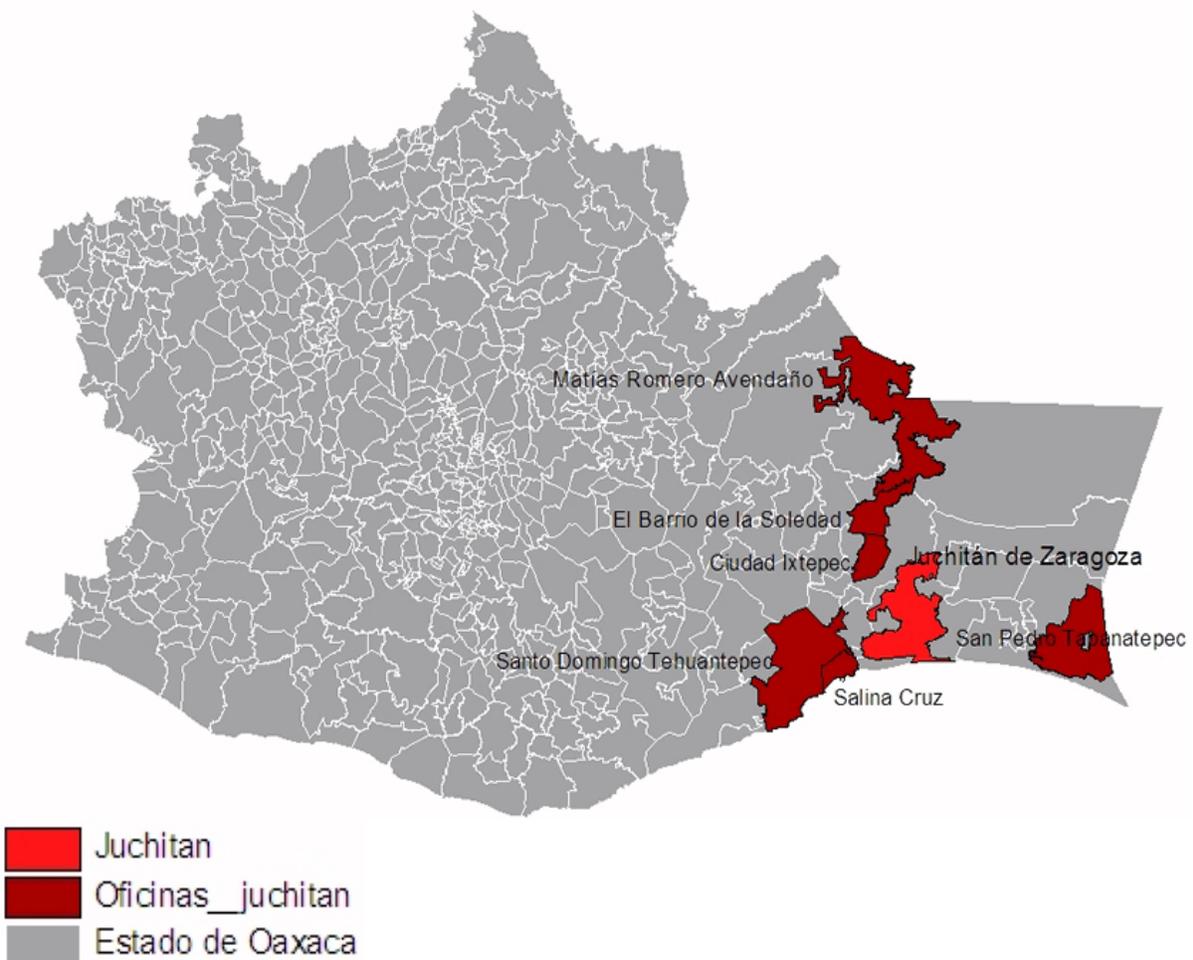


Figura 4.17 Concentradora de Juchitán de Zaragoza y las 6 oficinas a su cargo

La octava concentradora se localiza en Santiago Juxtlahuaca y las oficinas bajo su cargo se ubican a continuación:

Concentradora	Oficinas
SANTIAGO JUXTLAHUACA	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO
	SILACAYOAPAM
	CALIHUALA
	SANTOS REYES TEPEJILLO
	SANTIAGO TAMAZOLA
	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA
	ZAPOTITLAN LAGUNAS
	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL
	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO
	PUTLA VILLA GUERRERO

Concentradora de Santiago Juxtlahuaca y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

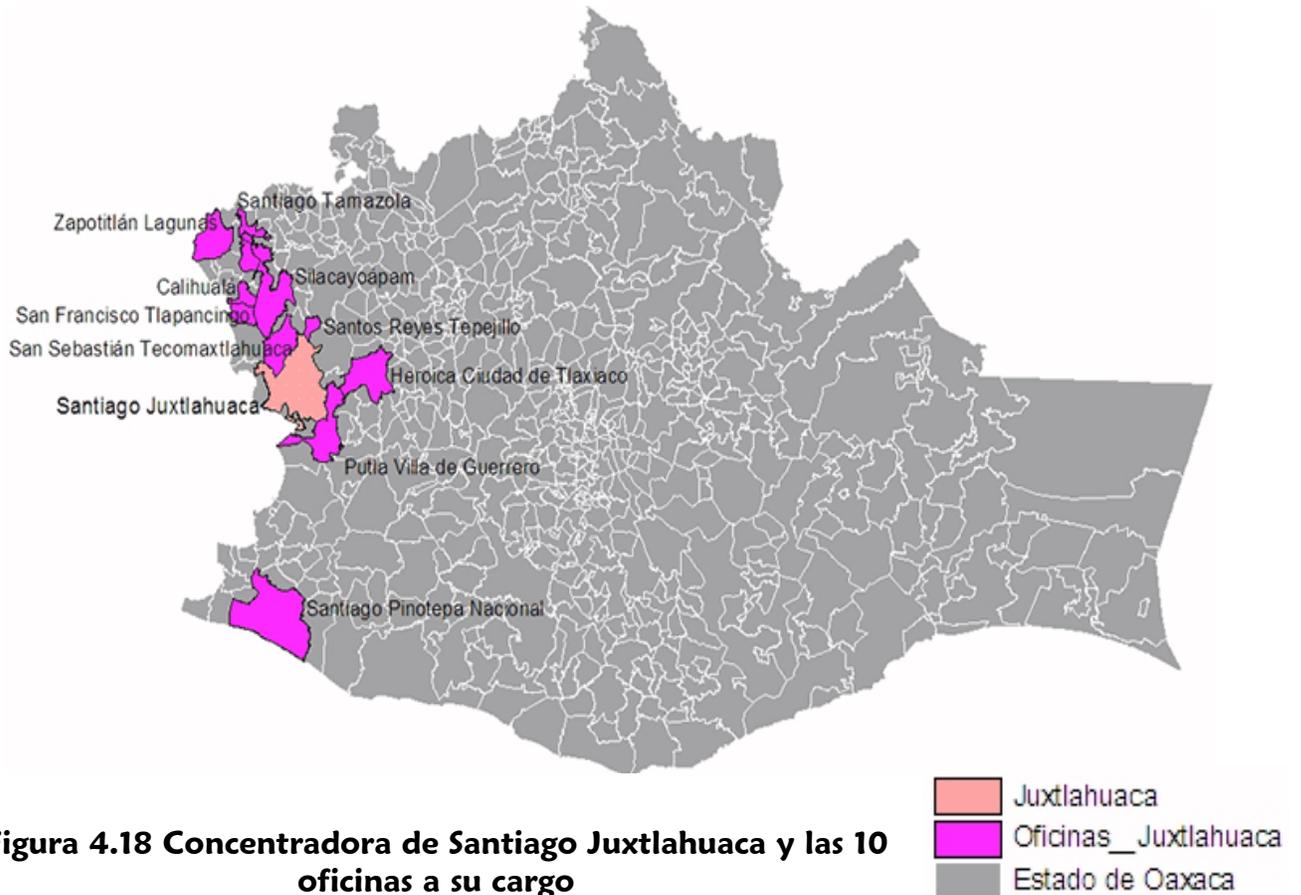


Figura 4.18 Concentradora de Santiago Juxtlahuaca y las 10 oficinas a su cargo

La novena concentradora está en el municipio de San Pedro Mixtepec, las oficinas a su cargo se ubican como sigue:

Concentradora	Oficinas
SAN PEDRO MIXTEPEC	SANTOS REYES NOPALA
	SAN PEDRO POCHUTLA

Concentradora de San Pedro Mixtepec y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

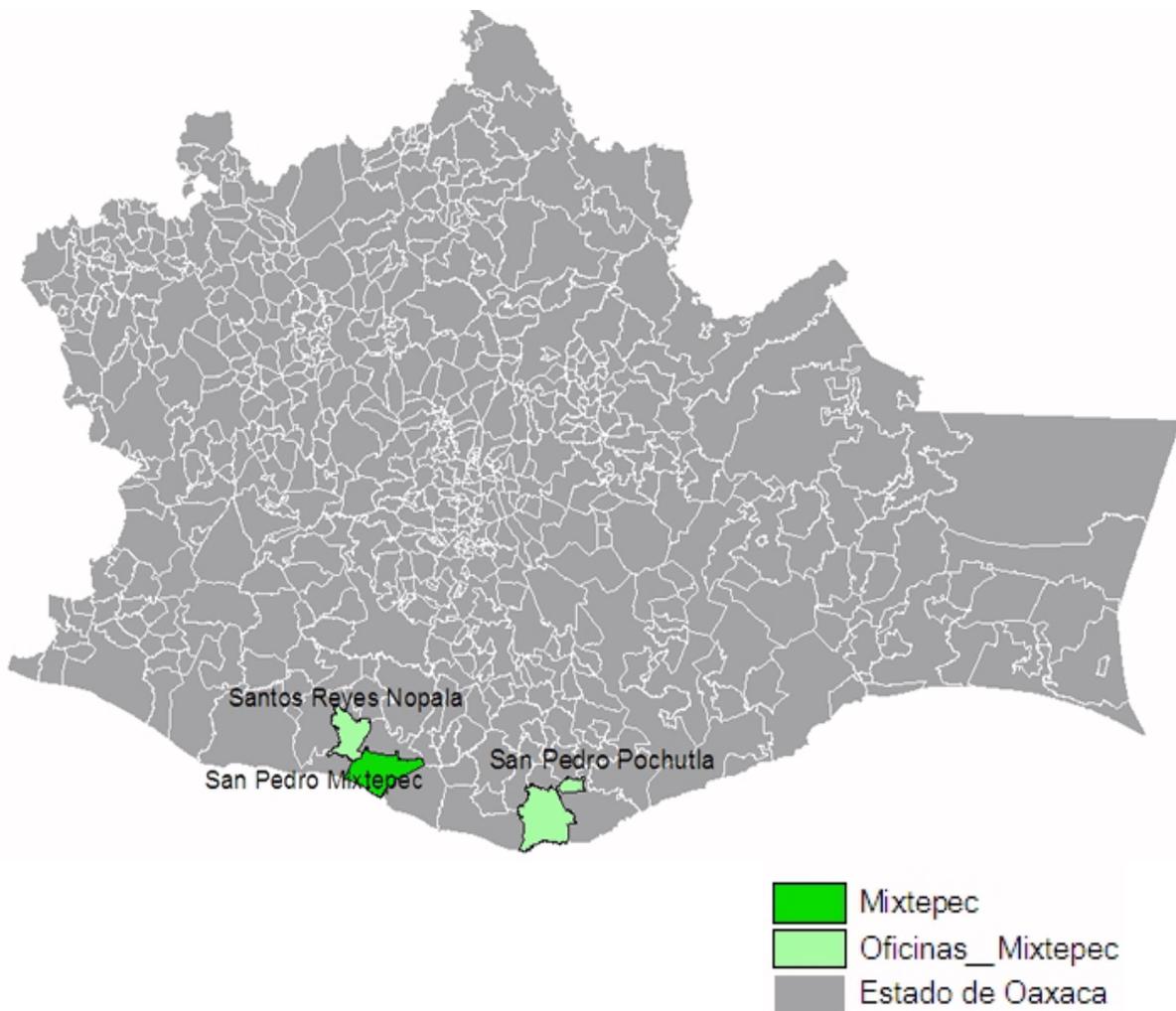


Figura 4.19 Concentradora de San Pedro Mixtepec y las 2 oficinas a su carg

La última concentradora se encuentra en Ixtlán de Juárez y sus oficinas en los siguientes municipios:

Concentradora	Oficinas
IXTLAN DE JUAREZ	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA VILLA TALEA DE CASTRO VILLA HIDALGO SAN BARTOLOME ZOOGOCHO

Concentradora de Ixtlán de Juárez y municipios donde se ubican oficinas a su cargo

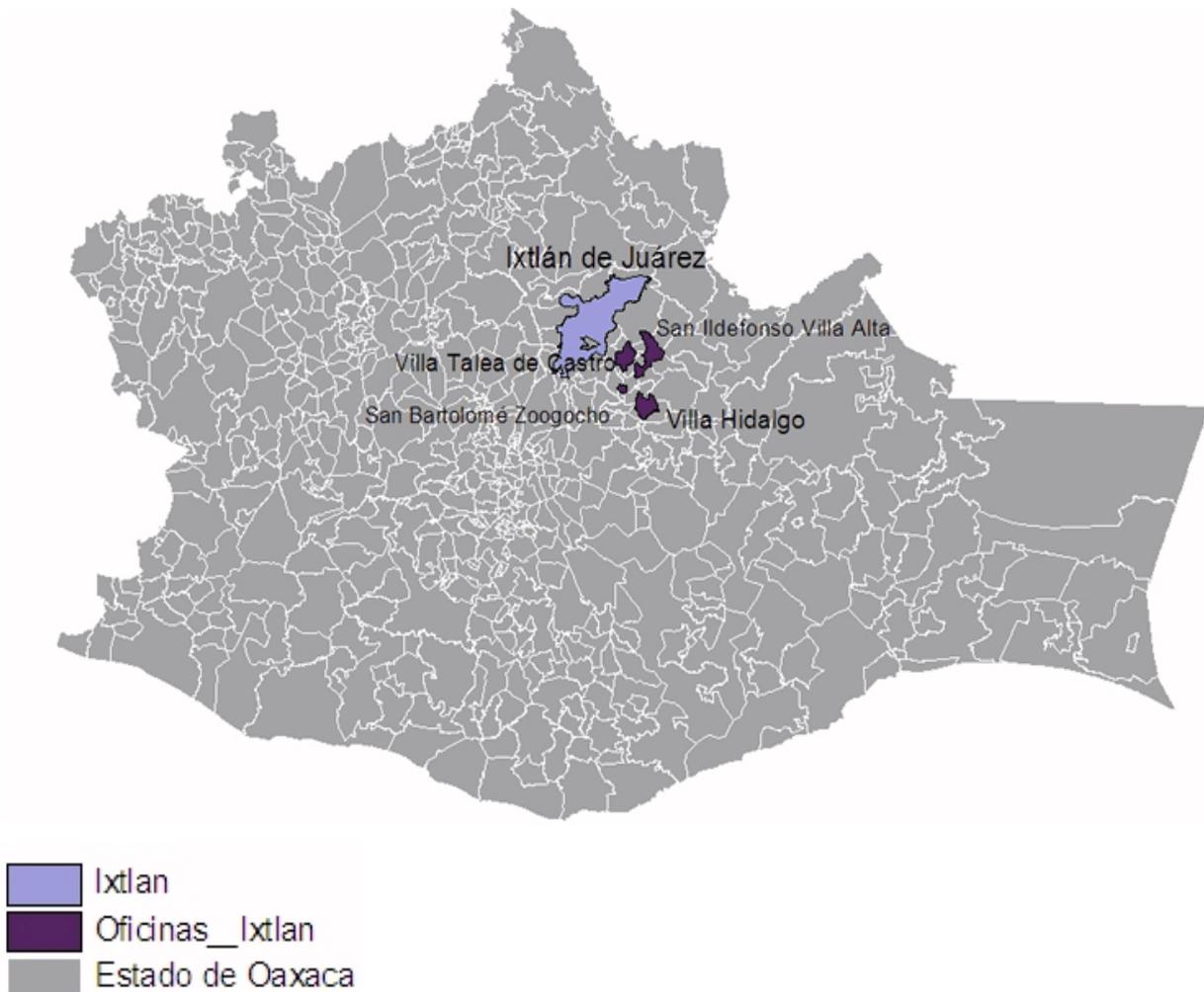


Figura 4.20 Concentradora de Ixtlán de Juárez y las 4 oficinas a su cargo

Finalmente, el mapa completo:

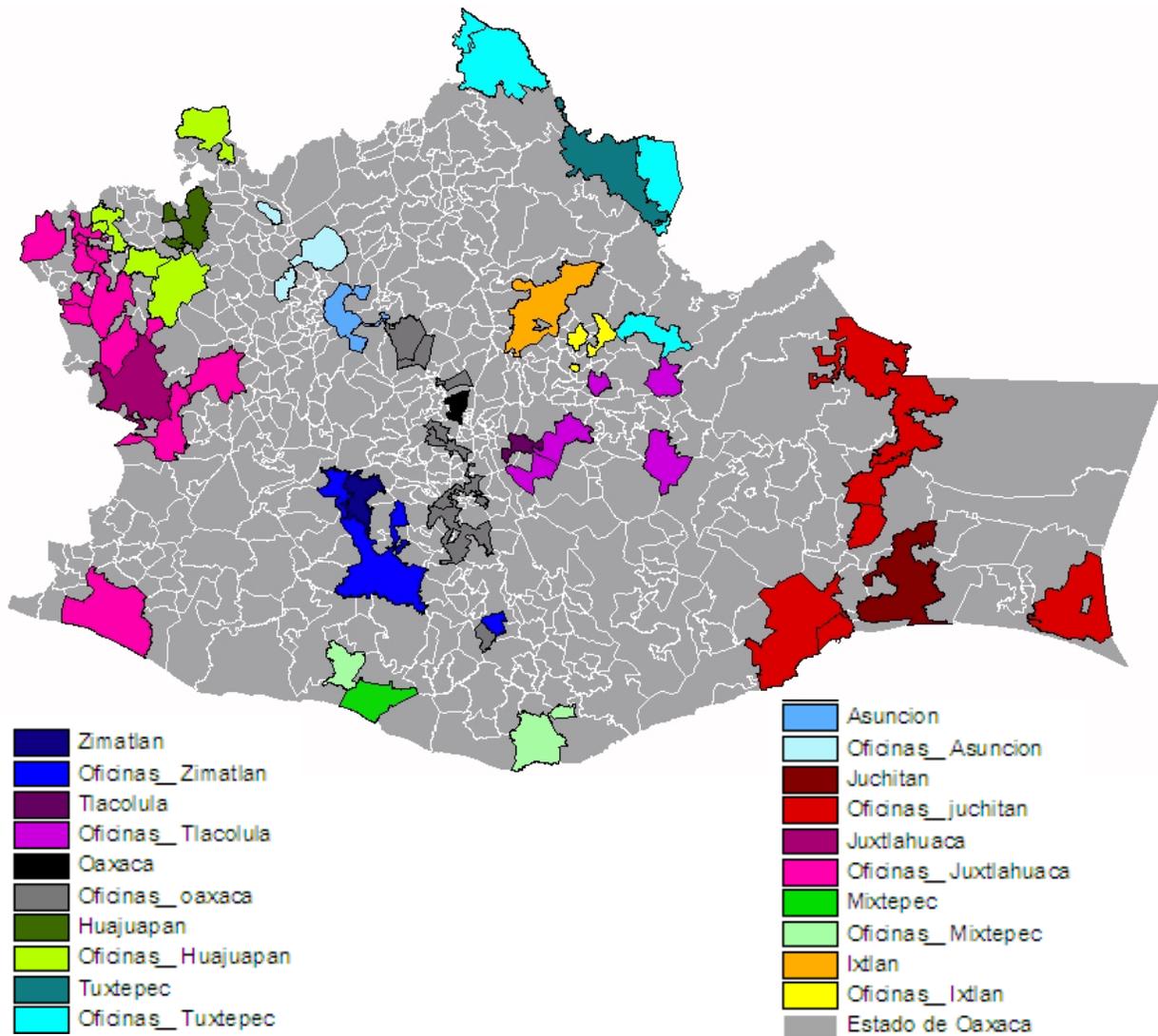


Figura 4.21 Mapa de la distribución de concentradoras y oficinas de GIROS en el Estado de Oaxaca

Conclusiones y Recomendaciones

Este trabajo presentó como objetivo lograr la reorganización de las oficinas de GIROS que operan en el Estado de Oaxaca minimizando costos y riesgos en el traslado de efectivo, se considera que este objetivo logró alcanzarse satisfactoriamente, puesto que, finalmente, este proyecto propone como resultado una nueva estructura de organización de oficinas para la empresa donde los costos implicados en el problema fueron minimizados.

Para llegar al resultado deseado fue necesario generar una metodología que fue la base lograr el objetivo del presente trabajo. Algunos de esos puntos se mencionan a continuación:

- ✍ Mediante el uso de ArcView (SIG) se ubicaron de cada una de las oficinas, de lugares en donde había unidades bancarias y la información de la red de carreteras y caminos del Estado de Oaxaca con la finalidad de obtener los datos necesarios para hacer posible la construcción del modelo que representara de la manera más cercana posible el problema real. La información requerida por el programa para poder obtener los datos necesarios se obtuvo de la página oficial del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para asegurar que fuera confiable. Los datos generados mediante el uso de este programa fueron las distancias entre cada uno de los municipios y, a partir de ellos se calcularon los costos unitarios por envío de efectivo, que fueron críticos para obtener la solución, ya que como se identificó durante el desarrollo del proyecto, permitieron validar el resultado obtenido como correcto. Se identificó además de manera muy clara en el modelo final que en este tipo de problemas los costos de transporte pueden cambiar de manera significativa la solución y no los costos por apertura de oficinas concentradoras.

El uso del software de SIG, ArcView permitió mostrar de manera geográfica los resultados obtenidos y apreciar en el mapa del estado la forma en que quedaron distribuidas y delimitadas las áreas de influencia de cada una de las oficinas designadas como concentradoras y estimar la distancia aproximada de cada una de ellas con las oficinas a su cargo.

- ✍ Se logró el planteamiento del modelo matemático de una manera correcta, garantizando que cubría los aspectos importantes del problema real. Lo anterior, después de llevar a cabo varias pruebas (validación) para constatar que se llegaba a resultados viables y funcionales. Se obtuvo la

solución del modelo con el uso del paquete matemático LINGO 10.0, mismo que fue necesario utilizar ya que se estaba trabajando con una cantidad considerable de variables y no todos los programas tenían la capacidad para resolver el modelo. Cabe mencionar que dicho programa fue proporcionado en el Laboratorio de investigación de Operaciones del Departamento de Sistemas en el Posgrado de Ingeniería.

- ✍ Se logró la estructura deseada de concentradoras y oficinas. Se decidió cuántas y cuáles serían las oficinas que funcionarían como concentradoras y qué oficinas quedarían bajo la dirección de cada una de ellas. Además, con lo anterior, se estimó la demanda requerida para trabajar de manera adecuada. Esto con la finalidad de que las oficinas cuenten con el efectivo necesario para operar y evitar, en la medida de lo posible, la necesidad de pedir recursos a otras oficinas para poder terminar su día de trabajo.

En este punto, es importante mencionar que si es posible garantizar que cada una de las oficinas contará puntualmente con la demanda requerida para su operación, también se podrá asegurar que el servicio a los clientes será mejorado, esto debido a que cuando alguien lo solicite, siempre se tendrá el efectivo necesario para cumplir con el cliente.

- ✍ Es importante resaltar el modelo de costos mediante el cual se llegó a la reorganización de concentradoras y oficinas deseada. En este modelo se consideran los costos implicados en transportar dinero de un lugar a otro y el costo total resultante fue minimizado con el modelo matemático.

El modelo puede modificarse si en algún momento cambian las condiciones del problema, por lo que es una herramienta útil y de bajo costo para GIROS, de esta manera no tendrán que tomarse decisiones basadas únicamente en condiciones personales sino en información estadística, geográfica y costos relacionados mediante un modelo matemático.

El modelo al que se llegó para lograr los objetivos de este proyecto fue creado para minimizar los costos (todos relacionados con la operación de la empresa como son: costo de la empresa trasladadora por enviar dinero, costos si es el caso de viajes especiales, costos por el riesgo de transportar el dinero, costos de envasado, etcétera) implicados en el problema, por tal motivo se considera que tiene gran impacto en la organización y operación de la empresa. La estructura sugerida en este trabajo, de entrada eliminó 10 viajes (los que la gerencia estatal hacia las concentradoras) y deja abierta la posibilidad de que mediante un trabajo de inventarios y ruteo, se consiga organizar el envío de dinero de tal forma que la trasladadora haga la menor cantidad de viajes posibles y se satisfaga la demanda de cada una de las oficinas en el momento

necesario.

Además, como se mencionó en el Capítulo 1, el Estado de Oaxaca debido a las condiciones geográficas particulares de su territorio, como extensión y orografía, fue sugerido por la empresa como representativo para exponer el problema de operación que estaban teniendo. Lo anterior se hizo con la idea de resolver uno de los casos extremos con los que se enfrenta GIROS. Una vez que se tiene la metodología para mejorar de manera significativa la operación de la empresa y que se han logrado minimizar los costos de transportar los recursos y los riesgos por llevar efectivo de un sitio a otro, este sistema puede ser también utilizado para mejorar la operación en el resto de los estados a lo largo de la República, considerando sus características particulares.

El haber tomado la decisión de “reorganizar” la manera en que habían venido trabajando las oficinas trajo varios beneficios para la empresa, tales como: minimizar los costos de transporte, al ser enviados los recursos a las oficinas de la concentradora más cercana, logrando trayectos más cortos y precios menores por parte de la trasladadora; minimizar riesgos, ya que el manejo de dinero en grandes cantidades puede ser sumamente peligroso pues se expone a robos, además tener almacenado el dinero también conlleva pérdidas si no se maneja de la manera correcta.

Con la nueva estructura, las concentradoras manejan una cantidad menor de dinero, se disminuye el riesgo de robos, afectando también la tarifa de riesgo que maneja la trasladadora, ya que depende de la cantidad enviada. Disminuir los riesgos es un objetivo importante para la empresa, aunque afortunadamente hasta la fecha, han tenido un bajo índice en este tipo de incidentes.

Por otra parte, en el plano personal, este trabajo me ha dejado un gran aprendizaje en varios aspectos. Antes que nada, trabajar en un proyecto para una empresa, enseña que es fundamental pero sobre todo muy necesario trabajar en equipo y contar con la ayuda y cooperación de todos los involucrados en el problema. Se debe estar en contacto con las personas que están trabajando directamente en la empresa, en este caso, del Estado de Oaxaca, pues son ellos, quienes basándose en su experiencia explican mejor que nadie las circunstancias en las que se desarrolla su trabajo. La cooperación de cada una de las partes es fundamental para lograr representar el problema real de la mejor manera.

Fue necesario aprender a usar nuevas herramientas para encontrar la mejor forma de obtener la solución al problema. En este caso fueron los Sistemas de Información Geográfica. Aprendí a usar esta herramienta que hoy en día es muy popular y útil en muchos ramos. Aunque en general, en este trabajo sirvió para representar de manera geográfica y visualizar el alcance de las nuevas concentradoras y sus respectivas oficinas, una aportación importante del uso de estos sistemas fue que se obtuvieron las distancias

de un municipio a otro, dato que era indispensable para que el modelo final representara realmente la situación, ya que de estas distancias son función de los costos derivados de transportar los recursos de un lugar a otro. Este aprendizaje ahora me queda como una herramienta más de trabajo.

Realizar este proyecto fue muy satisfactorio, sobre todo porque el trabajo tiene un alto impacto social y puede servir no sólo para mejorar las condiciones de operación de una empresa, sino puede ser benéfico para la gente que vive en las comunidades que hacen uso de los servicios, más aún si se toma en cuenta que muchas de las sucursales están en zonas alejadas y de difícil acceso, en estos casos la gente recibe gran ayuda al contar con servicios de este tipo, por medio de los cuales pueden contar con los recursos que requieren para estar comunicados y además recibir noticias de sus familiares.

Información de GIROS	Nombre del Municipio	Nombre de la Localidad
SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA
EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO
TLAPANCINGO	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO	SAN FRANCISCO TLAPANCINGO
ZIMATLAN	ZIMATLAN DE ALVAREZ	ZIMATLAN DE ALVAREZ
SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA
TLACOLULA	TLACOLULA DE MATAMOROS	TLACOLULA DE MATAMOROS
SILACAYOPAM	SILACAYOAPAM	SILACAYOAPAM
CALIHUALA	CALIHUALA	CALIHUALA
TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO
VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA
CHOAPAN	SANTIAGO CHOAPAN	SANTIAGO CHOAPAN
TLACOTEPEC	TLACOTEPEC PLUMAS	TLACOTEPEC PLUMAS
SANTIAGO CHAZUMBA	SANTIAGO CHAZUMBA	SANTIAGO CHAZUMBA
TALEA	VILLA TALEA DE CASTRO	VILLA TALEA DE CASTRO
VILLA HIDALGO	VILLA HIDALGO	VILLA HIDALGO
MITLA	SAN PABLO VILLA DE MITLA	SAN PABLO VILLA DE MITLA
ZACATEPEC MIXES	SANTIAGO ZACATEPEC	SANTIAGO ZACATEPEC
SANTIAGO TAMAZOLA	SANTIAGO TAMAZOLA	SANTIAGO TAMAZOLA
TECOMAXTLAHUACA	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA
ZOOGOCHO	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO
TACACHE DE MINA	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA
VILLA DE ZAACHILA	VILLA DE ZAACHILA	VILLA DE ZAACHILA
MARISCALA	MARISCALA DE JUAREZ	MARISCALA DE JUAREZ
CUILAPAN	CUILAPAM DE GUERRERO	CUILAPAM DE GUERRERO
ZAPOTITLAN LAGUNAS	ZAPOTITLAN LAGUNAS	ZAPOTITLAN LAGUNAS
SANTIAGO MATATLAN	SANTIAGO MATATLAN	SANTIAGO MATATLAN
COL. SANTA ROSA	JUCHITAN DE ZARAGOZA	COLONIA SANTA ROSITA
OCOTLAN	OCOTLAN DE MOREOS	OCOTLAN DE MOREOS
MIAHUATLAN	SANTA LUCIA MIAHUATLAN	SANTA LUCIA MIAHUATLAN
LOMA BONITA	LOMA BONITA	LOMA BONITA
OAXACA	OAXACA DE JUAREZ	OAXACA DE JUAREZ
PINOTEPA NACIONAL	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON
HUAJUAPAN		
TUXTEPEC	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC
NOCHIXTLAN	ASUNCION NOCHIXTLAN	ASUNCION NOCHIXTLAN
TLAXIACO	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO
JUQUILA	SAN JUAN JUQUILA MIXES	SAN JUAN JUQUILA MIXES
JUCHITAN	JUCHITAN DE ZARAGOZA	JUCHITAN DE ZARAGOZA
JUXTLAHUACA	SANTIAGO JUXTLAHUACA	SANTIAGO JUXTLAHUACA
SALINA CRUZ	SALINA CRUZ	SALINA CRUZ
TAPANATEPEC	SAN PEDRO TAPANATEPEC	SAN PEDRO TAPANATEPEC
CD MATIAS ROMERO	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	MATIAS ROMERO AVENDAÑO
PUERTO ESCONDIDO	SAN PEDRO MIXTEPEC	PUERTO ESCONDIDO
COSOLAPA	COSOLAPA	COSOLAPA
IXTLAN	IXTLAN DE JUAREZ	IXTLAN DE JUAREZ

Tabla A.1a. Tabla de ajuste de nombres de localidades en las que se encuentran las oficinas de GIROS

Información de GIROS	Nombre del Municipio	Nombre de la Localidad
CD IXTEPEC	CIUDAD IXTEPEC	CIUDAD IXTEPEC
ETLA	VILLA DE ETLA	VILLA DE ETLA
ACATLAN	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA
COIXTLAHUACA	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA
SAN PABLO HUITZO	SAN PABLO HUITZO	SAN PABLO HUITZO
TEZOATLAN	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA
TONALA	SANTO DOMINGO TONALA	SANTO DOMINGO TONALA
TELIXTLAHUACA	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA
TEPOSCOLULA	SAN JUAN TEPOSCOLULA	SAN JUAN TEPOSCOLULA
TAMAZULAPAN	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN
POCHUTLA	SAN PEDRO POCHUTLA	SAN PEDRO POCHUTLA
TEHUANTEPEC	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC
ESTACION LAGUNAS	EL BARRIO DE LA SOLEDAD	LAGUNAS
PUTLA DE GUERRERO	PUTLA VILLA GUERRERO	PUTLA VILLA GUERRERO
COL. REFORMA	SAN AGUSTIN ETLA	COLONIA REFORMA

Tabla A.1b. Tabla de ajuste de nombres de localidades en las que se encuentran las oficinas de GIROS

NOM_ENT	CLAVE	NOM_MUN	NOM_LOC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Oaxaca	20526	SANTOS REYES NOPALA	SANTOS REYES NOPALA	160622	970839	478
Oaxaca	20028	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	163347	964357	1460
Oaxaca	20152	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	172900	981605	1380
Oaxaca	20570	ZIMATLAN DE ALVAREZ	ZIMATLAN DE ALVAREZ	165158	964706	1500
Oaxaca	20277	VILLA SOLA DE VEGA	VILLA SOLA DE VEGA	163050	965840	1400
Oaxaca	20551	TLACOLULA DE MATAMOROS	TLACOLULA DE MATAMOROS	165715	962845	1600
Oaxaca	20537	SILACAYOAPAM	SILACAYOAPAM	173008	980838	1640
Oaxaca	20011	CALIHUALA	CALIHUALA	173150	981642	1320
Oaxaca	20528	SANTOS REYES TEPEJILLO	SANTOS REYES TEPEJILLO	172615	975618	1940
Oaxaca	20156	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	172015	960905	1230
Oaxaca	20460	SANTIAGO CHOAPAM	SANTIAGO CHOAPAM	172140	955520	900
Oaxaca	20552	TLACOTEPEC PLUMAS	TLACOTEPEC PLUMAS	175103	972600	2120
Oaxaca	20459	SANTIAGO CHAZUMBA	SANTIAGO CHAZUMBA	181120	974050	1700
Oaxaca	20280	VILLA TALEA DE CASTRO	VILLA TALEA DE CASTRO	172142	961454	1600
Oaxaca	20038	VILLA HIDALGO	VILLA HIDALGO	171105	961040	1240
Oaxaca	20298	SAN PABLO VILLA DE MITLA	SAN PABLO VILLA DE MITLA	165515	962142	1680
Oaxaca	20502	SANTIAGO ZACATEPEC	SANTIAGO ZACATEPEC	170932	955448	1400
Oaxaca	20484	SANTIAGO TAMAZOLA	SANTIAGO TAMAZOLA	174010	981318	1760
Oaxaca	20348	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA	172043	980151	1680
Oaxaca	20120	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO	171415	961436	1520
Oaxaca	20381	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA	174938	980858	1080
Oaxaca	20565	VILLA DE ZAACHILA	VILLA DE ZAACHILA	165703	964457	1520
Oaxaca	20055	MARISCALA DE JUAREZ	MARISCALA DE JUAREZ	175135	980827	1080
Oaxaca	20023	CUILAPAM DE GUERRERO	CUILAPAM DE GUERRERO	165950	964654	1560
Oaxaca	20567	ZAPOTITLAN LAGUNAS	ZAPOTITLAN LAGUNAS	174517	982323	1540
Oaxaca	20475	SANTIAGO MATATLAN	SANTIAGO MATATLAN	165153	962301	1720
Oaxaca	20043	JUCHITAN DE ZARAGOZA	COLONIA SANTA ROSITA	161806	950604	20
Oaxaca	20068	OCOTLAN DE MOREOS	OCOTLAN DE MOREOS	164729	964030	1500
Oaxaca	20391	SANTA LUCIA MIAHUATLAN	SANTA LUCIA MIAHUATLAN	161107	963705	2010
Oaxaca	20044	LOMA BONITA	LOMA BONITA	180625	955250	25
Oaxaca	20067	OAXACA DE JUAREZ	OAXACA DE JUAREZ	170404	964312	1555
Oaxaca	20482	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	162017	980301	205
Oaxaca	20039	HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	174814	974633	1600
Oaxaca	20184	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	180510	960726	20
Oaxaca	20006	ASUNCION NOCHIXTLAN	ASUNCION NOCHIXTLAN	172726	971330	2080
Oaxaca	20397	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	171610	974045	2040
Oaxaca	20200	SAN JUAN JUQUILA MIXES	SAN JUAN JUQUILA MIXES	165605	955502	1480
Oaxaca	20043	JUCHITAN DE ZARAGOZA	JUCHITAN DE ZARAGOZA	162600	950110	30
Oaxaca	20469	SANTIAGO JUXTLAHUACA	SANTIAGO JUXTLAHUACA	172020	980040	1680
Oaxaca	20079	SALINA CRUZ	SALINA CRUZ	161057	951145	22
Oaxaca	20327	SAN PEDRO TAPANATEPEC	SAN PEDRO TAPANATEPEC	162158	941136	46

Tabla A.2a. Tabla de las oficinas de GIROS con información de INEGI

NOM_ENT	CLAVE	NOM_MUN	NOM_LOC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Oaxaca	20057	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	165220	950230	180
Oaxaca	20318	SAN PEDRO MIXTEPEC	PUERTO ESCONDIDO	155143	970418	60
Oaxaca	20021	COSOLAPA	COSOLAPA	183607	964058	200
Oaxaca	20042	IXTLAN DE JUAREZ	IXTLAN DE JUAREZ	171950	962914	2030
Oaxaca	20014	CIUDAD IXTEPEC	CIUDAD IXTEPEC	163346	950600	160
Oaxaca	20338	VILLA DE ETLA	VILLA DE ETLA	171227	964800	1660
Oaxaca	20002	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA	183220	963620	115
Oaxaca	20176	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	174325	971925	2100
Oaxaca	20294	SAN PABLO HUITZO	SAN PABLO HUITZO	171635	965257	1700
Oaxaca	20549	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	173908	974840	1560
Oaxaca	20520	SANTO DOMINGO TONALA	SANTO DOMINGO TONALA	174030	975745	1390
Oaxaca	20150	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	171740	965415	1700
Oaxaca	20221	SAN JUAN TEPOSCOLULA	SAN JUAN TEPOSCOLULA	173302	972530	2320
Oaxaca	20533	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	161619	963506	1700
Oaxaca	20324	SAN PEDRO POCHUTLA	SAN PEDRO POCHUTLA	154440	962755	150
Oaxaca	20515	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	161928	951420	55
Oaxaca	20010	EL BARRIO DE LA SOLEDAD	LAGUNAS	164804	950420	260
Oaxaca	20073	PUTLA VILLA GUERRERO	PUTLA VILLA GUERRERO	170133	975545	720
Oaxaca	20084	SAN AGUSTIN ETLA	COLONIA REFORMA	171124	964520	1820

Tabla A.2b. Tabla de las oficinas de GIROS con información de INEGI

Clave	NOMBRE LOCALIDAD	Sucursales Banco 1	Sucursales Banco 2	Sucursales Banco 3	Sucursales Banco 4	Sucursales Banco 5
20006	ASUNCION NOCHIXTLAN	1	1			
20010	LAGUNAS	1				
20014	CIUDAD IXTEPEC	1	1			
20039	HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	1	1	2	1	1
20042	IXTLAN DE JUAREZ				1	
20043	JUCHITAN DE ZARAGOZA	1	1	1	1	1
20044	LOMA BONITA	1		1		
20057	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	1			1	
20067	OAXACA DE JUAREZ	8	6	4	6	5
20079	SALINA CRUZ		1	1	1	1
20184	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	2	2	1	1	1
20318	PUERTO ESCONDIDO	1	1	1	1	
20324	SAN PEDRO POCHUTLA	1	1	1		
20327	SAN PEDRO TAPANATEPEC	1				
20338	VILLA DE ETLA	1				
20397	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	1	1		1	
20469	SANTIAGO JUXTLAHUACA	1		1		
20482	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL		1	1		1
20515	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	1	1		1	1
20551	TLACOLULA DE MATAMOROS	1				
20570	ZIMATLAN DE ALVAREZ	1				

Tabla A.3. Tabla de las oficinas de GIROS con entidad bancaria con información de INEGI

Municipio	Servicios financieros en \$	Servicio normal en \$
SANTOS REYES NOPALA	156458	105890
HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	57369	160290
SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	31292	10518
ZIMATLAN DE ALVAREZ	3707	234621
VILLA SOLA DE VEGA	108189	112665
TLACOLULA DE MATAMOROS	9072	187469
SILACAYOAPAM	261964	48706
CALIHUALA	1250	8959
SANTOS REYES TEPEJILLO	5131	26182
SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	150092	71393
SANTIAGO CHOAPAM	1500	11944
TLACOTEPEC PLUMAS	8999	12009
SANTIAGO CHAZUMBA	100782	43923
VILLA TALEA DE CASTRO	8352	24420
VILLA HIDALGO	22941	47106
SAN PABLO VILLA DE MITLA	25817	69311
SANTIAGO ZACATEPEC	4400	8534
SANTIAGO TAMAZOLA	197622	38853
SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA	6799	40746
SAN BARTOLOME ZOOGOCHO	9407	17621
SANTA CRUZ TACACHE DE MINA	53797	47034
VILLA DE ZAACHILA	56442	75810
MARISCALA DE JUAREZ	147836	56800
CUILAPAM DE GUERRERO	12496	38858
ZAPOTITLAN LAGUNAS	144046	48056
SANTIAGO MATATLAN	857	16703
JUCHITAN DE ZARAGOZA	0	28867
OCOTLAN DE MOREOS	28429	241835
SANTA LUCIA MIAHUATLAN	4232	471264
LOMA BONITA	63904	177847
OAXACA DE JUAREZ	18440	1298999
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	47684	163483
HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	7169	300409
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	63046	420151
ASUNCION NOCHIXTLAN	74046	166646
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	102058	409521
SAN JUAN JUQUILA MIXES	49122	165863
JUCHITAN DE ZARAGOZA	33454	104572
SANTIAGO JUXTLAHUACA	21838	280001
SALINA CRUZ	8684	241088
SAN PEDRO TAPANATEPEC	13619	140890
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	38954	370134
SAN PEDRO MIXTEPEC	55700	210107
COSOLAPA	183799	303567
IXTLAN DE JUAREZ	44908	161239
CIUDAD IXTEPEC	17989	304780
VILLA DE ETLA	477271	120877
ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA	41749	136436
SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	71274	34882
SAN PABLO HUITZO	277127	37020
TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	184403	40251
SANTO DOMINGO TONALA	422986	81389
SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	247347	34412
SAN JUAN TEPOSCOLULA	433418	57935
SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	614624	98009
SAN PEDRO POCHUTLA	18799	276895
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	35694	344276
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	73247	104653
PUTLA VILLA GUERRERO	19414	370564
SAN AGUSTIN ETLA	10091	460500

Tabla A.4. Información proporcionada por GIROS de cantidad de dinero utilizada para servicio financiero y servicio normal

Oficina	Demanda semanal en U.E.
SANTOS REYES NOPALA	26.44136
HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	22.35806
SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	4.257844
ZIMATLAN DE ALVAREZ	24.54361
VILLA SOLA DE VEGA	22.6974
TLACOLULA DE MATAMOROS	18.4571
SILACAYOAPAM	31.2948
CALIHUALA	0.9904
SANTOS REYES TEPEJILLO	3.1196
SAN ILDEFONSO VILLA ALTA	22.3934
SANTIAGO CHOAPAM	1.3378
TLACOTEPEC PLUMAS	2.1524
SANTIAGO CHAZUMBA	14.9516
VILLA TALEA DE CASTRO	3.6841
VILLA HIDALGO	8.0016
SAN PABLO VILLA DE MITLA	9.7858
SANTIAGO ZACATEPEC	1.2651
SANTIAGO TAMAZOLA	19.9244
SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA	4.5961
SAN BARTOLOME ZOOGOCHO	2.7108
SANTA CRUZ TACACHE DE MINA	10.2732
VILLA DE ZAACHILA	13.1629
MARISCALA DE JUAREZ	21.0563
CUILAPAM DE GUERRERO	4.986
ZAPOTITLAN LAGUNAS	19.4938
SANTIAGO MATATLAN	2.0792
JUCHITAN DE ZARAGOZA (col.Sta. Rosita)	2.7977
OCOTLAN DE MOREOS	24.531
SANTA LUCIA MIAHUATLAN	44.7538
LOMA BONITA	24.714
OAXACA DE JUAREZ	127.026
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	20.9678
HEROICA CIUDAD DE HUAJUAPAN DE LEON	31.5927
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	47.8601
ASUNCION NOCHIXTLAN	23.24138
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	48.6063
SAN JUAN JUQUILA MIXES	23.59652
JUCHITAN DE ZARAGOZA	14.003
SANTIAGO JUXTLAHUACA	33.6098
SALINA CRUZ	24.85861
SAN PEDRO TAPANATEPEC	15.59559
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	33.41586
SAN PEDRO MIXTEPEC	26.7408
COSOLAPA	43.59732
IXTLAN DE JUAREZ	21.12652
CIUDAD IXTEPEC	32.79365
VILLA DE ETLA	69.42403
ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA	16.41977
SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	11.26733
SAN PABLO HUITZO	32.13463
TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	20.70987
SANTO DOMINGO TONALA	59.71739
SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	27.59554
SAN JUAN TEPOSCOLULA	54.82939
SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	70.19199
SAN PEDRO POCHUTLA	31.91511
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	37.77218
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	16.03439
PUTLA VILLA GUERRERO	39.86381
SAN AGUSTIN ETLA	45.93717

Tabla A.5. Demanda de cada oficina de GIROS en unidades de envío (U.E.).

Código	Oficina
01	SANTOS REYES NOPALA
02	HEROICA CD. DE EJUTLA DE CRESPO
03	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO
04	ZIMATLAN DE ALVAREZ
05	VILLA SOLA DE VEGA
06	TLACOLULA DE MATAMOROS
07	SILACAYOAPAM
08	CALIHUALA
09	SANTOS REYES TEPEJILLO
10	SAN ILDEFONSO VILLA ALTA
11	SANTIAGO CHOAPAM
12	TLACOTEPEC PLUMAS
13	SANTIAGO CHAZUMBA
14	VILLA TALEA DE CASTRO
15	VILLA HIDALGO
16	SAN PABLO VILLA DE MITLA
17	SANTIAGO ZACATEPEC
18	SANTIAGO TAMAZOLA
19	SAN SEBASTIAN TECOMAXTLAHUACA
20	SAN BARTOLOME ZOOGOCHO
21	SANTA CRUZ TACACHE DE MINA
22	VILLA DE ZAACHILA
23	MARISCALA DE JUAREZ
24	CUILAPAM DE GUERRERO
25	ZAPOTITLAN LAGUNAS
26	SANTIAGO MATATLAN
27	JUCHITAN DE ZARAGOZA
28	OCOTLAN DE MOREOS
29	SANTA LUCIA MIAHUATLAN
30	LOMA BONITA

Código	Oficina
31	OAXACA DE JUAREZ
32	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL
33	HEROICA CD. DE HUAJUAPAN DE LEON
34	SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC
35	ASUNCION NOCHIXTLAN
36	HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO
37	SAN JUAN JUQUILA MIXES
38	JUCHITAN DE ZARAGOZA
39	SANTIAGO JUXTLAHUACA
40	SALINA CRUZ
41	SAN PEDRO TAPANATEPEC
42	MATIAS ROMERO AVENDAÑO
43	SAN PEDRO MIXTEPEC
44	COSOLAPA
45	IXTLAN DE JUAREZ
46	CIUDAD IXTEPEC
47	VILLA DE ETLA
48	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA
49	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA
50	SAN PABLO HUITZO
51	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA
52	SANTO DOMINGO TONALA
53	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA
54	SAN JUAN TEPOSCOLULA
55	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN
56	SAN PEDRO POCHUTLA
57	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC
58	EL BARRIO DE LA SOLEDAD
59	PUTLA VILLA GUERRERO
60	SAN AGUSTIN ETLA

Tabla A.6. Código numérico de todas las oficinas en el estado de Oaxaca

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	SANTOS REYES NOPALA	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	ZIMATLAN DE ALVAREZ	VILLA SOLA DE VEGA	TLACOLULA DE MATAMOROS	SILACAYOAPAM	CALIHUALA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	160.52558	126.22059	387.53288	0	70.63219	133.67361	361.65791	378.86397
TLACOLULA DE MATAMOROS	228.7545	96.25277	310.92906	133.67361	132.73731	0	284.63828	302.98041
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	337.68916	325.84544	590.561	386.01725	377.89341	276.99206	566.87588	579.97638
LOMA BONITA	423.7902	294.26491	477.28978	334.60431	327.18978	235.10845	466.25816	466.82622
OAXACA DE JUAREZ	199.34453	57.73045	272.42625	104.38603	106.03355	33.84012	247.06856	268.14881
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	202.57011	337.44694	237.61741	350.99794	308.01303	370.49675	211.12441	231.80688
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	369.54066	244.91773	123.57635	270.47003	281.55059	204.29244	94.13984	134.27159
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	381.68597	250.70459	445.13641	286.66678	284.52469	196.64744	425.13816	436.35672
ASUNCION NOCHIXTLAN	293.24331	159.922	212.33156	200.90345	194.1922	125.52977	187.12766	205.13433
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	358.66991	229.35178	136.23056	264.83472	268.53709	193.84473	106.49434	127.18566
JUCHITAN DE ZARAGOZA	338.27484	284.6705	549.49988	346.19597	338.25766	238.25566	525.19613	538.422
SANTIAGO JUXTLAHUACA	329.29275	288.12391	88.70938	316.06625	322.87194	254.29231	59.14512	79.31513
SALINA CRUZ	285.46434	264.87856	529.67	324.34544	318.942	219.29813	505.96669	521.23325
SAN PEDRO TAPANATEPEC	448.62366	396.77994	659.96388	444.96753	453.13544	348.18031	636.2845	650.70594
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	431.60572	372.01219	622.72638	428.62503	437.04372	309.43584	598.32219	613.99725
SAN PEDRO MIXTEPEC	34.35867	172.33209	383.76959	179.53848	139.97748	247.25784	353.69588	374.92628
IXTLAN DE JUAREZ	304.68788	175.66847	387.46391	209.94294	209.97794	92.31961	362.34009	378.01516
CIUDAD IXTEPEC	340.71491	286.87113	551.81056	345.30325	341.08563	240.96602	526.93125	543.37688
VILLA DE ETLA	215.87881	85.55478	261.22914	121.33141	119.73921	48.83696	236.81233	252.89088
SAN PEDRO POCHUTLA	123.14854	170.82228	451.97959	269.49153	227.73109	242.94369	425.40644	442.79975
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	271.49709	287.8655	551.89069	340.76784	332.58325	241.87383	518.61059	544.33181

Tabla A.7a. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	SANTOS REYES	SAN ILDEFONSO	SANTIAGO	TLACOTEPEC	SANTIAGO	VILLA TALEA	VILLA	SAN PABLO
	TEPEJILLO	VILLA ALTA	CHOAPAM	PLUMAS	CHAZUMBA	DE CASTRO	HIDALGO	VILLA DE MITLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	319.05438	224.93898	271.06788	246.07703	330.73313	206.74077	199.22908	163.81325
TLACOLULA DE MATAMOROS	241.82802	106.54293	140.10478	174.24425	250.09214	83.49687	75.84894	24.32567
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	522.02959	388.09716	214.75305	451.52247	527.58438	366.19103	355.21528	288.27647
LOMA BONITA	423.40216	282.739	108.22867	341.64959	343.68672	220.07798	251.07241	218.19717
OAXACA DE JUAREZ	204.78434	129.43605	173.28016	133.51467	215.35117	103.98563	94.28437	61.79724
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	188.86936	467.22522	510.41309	272.07728	310.06378	446.47481	431.38103	399.46769
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	110.69352	296.19691	339.86041	75.70691	60.47951	266.92356	264.62913	224.59975
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	381.08475	241.40242	132.82933	287.97966	307.42878	178.5508	209.50109	216.39092
ASUNCION NOCHIXTLAN	143.96667	217.51192	261.10592	74.5057	152.4382	192.34464	185.74166	148.66792
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	57.6679	286.19178	330.55059	89.6468	153.10823	267.45803	255.72398	215.34967
JUCHITAN DE ZARAGOZA	481.88069	347.29991	279.61069	410.41191	489.24781	321.63409	314.59244	248.2443
SANTIAGO JUXTLAHUACA	33.01968	345.85481	385.26559	149.5635	157.24508	324.76884	313.42069	277.84063
SALINA CRUZ	460.21413	326.52756	313.69084	391.66028	472.70609	300.79928	293.32231	221.98058
SAN PEDRO TAPANATEPEC	591.68275	455.49625	357.87444	522.14409	600.62694	431.34663	423.96853	358.90353
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	556.11544	415.25209	181.19417	471.86853	491.24669	353.57444	382.85581	289.41588
SAN PEDRO MIXTEPEC	327.91375	338.718	378.58672	356.99875	435.38963	317.96663	308.54284	268.52294
IXTLAN DE JUAREZ	319.16966	113.29755	226.00286	249.71816	328.79181	10.14301	80.88183	116.48718
CIUDAD IXTEPEC	484.47744	348.59178	270.94838	414.30928	492.70016	323.37434	316.04138	250.99481
VILLA DE ETLA	193.61328	142.34259	185.74266	123.14792	203.4297	116.96235	111.31895	74.93084
SAN PEDRO POCHUTLA	401.08641	334.18056	362.06591	352.83422	432.13447	330.17669	302.6225	254.89383
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	476.32353	340.12225	336.85234	406.13291	485.20656	315.33	317.57516	242.81844

Tabla A.7b. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina								
	SANTIAGO	SANTIAGO	SAN SEBASTIAN	SAN BARTOLOME	SANTA CRUZ	VILLA DE	MARISCALA	CUILAPAM	
	ZACATEPEC	TAMAZOLA	TECOMAXTLAHUACA	ZOOGOCHO	TACACHE DE MINA	ZAACHILA	DE JUAREZ	DE GUERRERO	
ZIMATLAN DE ALVAREZ	242.55494	361.96622	331.15838	202.29953	330.96228	84.2167	332.15163	90.81487	
TLACOLULA DE MATAMOROS	104.59559	288.57606	252.76672	80.11881	261.71063	47.04643	261.38002	41.64809	
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	292.7425	566.81656	534.0455	361.98472	537.97831	322.18438	533.627	322.22509	
LOMA BONITA	181.48473	451.40184	433.64778	220.98672	426.06778	243.78094	427.83556	237.32808	
OAXACA DE JUAREZ	144.41852	247.37613	214.33789	102.38862	223.93763	23.0882	216.69781	17.49893	
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	477.90953	243.21883	172.63433	440.01084	248.6315	359.44759	254.54814	354.98184	
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	307.15422	99.0723	93.30245	271.84594	73.2532	190.03019	67.68362	183.95319	
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	209.84514	420.35981	392.15528	180.98225	394.96672	202.68652	396.07313	195.85192	
ASUNCION NOCHIXTLAN	228.43113	186.51195	153.89036	194.25817	161.41416	111.16266	155.6292	107.68349	
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	299.71503	137.30536	65.94872	258.74163	151.64825	180.39258	148.9987	173.95967	
JUCHITAN DE ZARAGOZA	327.83484	526.77375	491.32572	319.63341	499.61084	282.33178	494.32841	281.65744	
SANTIAGO JUXTLAHUACA	359.98191	90.79096	22.71092	320.44525	103.68402	240.06222	102.43742	233.23811	
SALINA CRUZ	307.85781	502.50363	471.78272	301.17025	476.83291	259.04739	473.6825	259.37111	
SAN PEDRO TAPANATEPEC	432.8677	634.46625	601.6745	429.12119	609.20363	391.97209	603.57975	391.62788	
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	256.18738	599.71519	566.1205	352.92369	573.71563	361.14091	574.31269	355.11006	
SAN PEDRO MIXTEPEC	353.17969	386.19381	322.64391	313.23297	399.15109	198.01578	398.86175	203.49469	
IXTLAN DE JUAREZ	198.30705	362.93238	329.17469	47.92643	337.30975	125.12755	338.25531	119.12808	
CIUDAD IXTEPEC	332.84241	527.35713	493.76578	323.79088	501.72597	284.41475	495.82616	283.71913	
VILLA DE ETLA	157.14348	236.53503	202.85128	115.14806	210.86053	38.84463	211.17459	29.66163	
SAN PEDRO POCHUTLA	349.643	455.45694	387.14925	325.54244	439.64281	203.17455	434.27303	209.64338	
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	321.33066	529.96156	485.32022	314.97416	493.45088	275.87491	487.71831	275.61128	

Tabla A.7c. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	ZAPOTITLAN	SANTIAGO	JUCHITAN DE	OCOTLAN	SANTA LUCIA	LOMA	OAXACA	SANTIAGO
	LAGUNAS	MATATLAN	ZARAGOZA	DE MOREOS	MIAHUATLAN	BONITA	DE JUAREZ	PINOTEPA NACIONAL
ZIMATLAN DE ALVAREZ	386.49303	126.2916	346.19597	92.56883	172.29341	334.60431	104.38603	350.99794
TLACOLULA DE MATAMOROS	311.63353	33.9349	238.25566	64.21736	152.43447	235.10845	33.84012	370.49675
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	596.04644	261.77997	58.73398	298.05284	304.18319	204.29822	316.82678	494.01034
LOMA BONITA	479.93906	260.72034	264.86138	261.17797	344.73128	0	232.99698	557.04025
OAXACA DE JUAREZ	277.69928	72.57327	277.13525	40.11155	127.35641	232.99698	0	336.94853
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	273.0185	395.47825	451.37331	362.80763	319.72697	557.04025	336.94853	0
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	126.67517	237.50931	441.54106	207.2072	291.33753	385.87716	167.1437	253.03972
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	448.45384	229.16814	287.84569	219.05316	306.02263	49.96129	191.3338	504.28547
ASUNCION NOCHIXTLAN	216.11072	161.31433	365.83025	126.65298	215.43414	306.43784	90.79455	275.21085
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	167.53178	226.19805	434.14569	196.52152	281.24138	375.74925	156.28466	180.53211
JUCHITAN DE ZARAGOZA	555.19356	220.94952	0	256.74705	260.90891	264.86138	277.13525	451.37331
SANTIAGO JUXTLAHUACA	108.78961	286.87659	493.50947	256.29341	343.44109	416.56419	216.23753	152.0335
SALINA CRUZ	532.13088	201.13039	50.81614	232.41125	240.29455	295.7945	253.64667	395.45197
SAN PEDRO TAPANATEPEC	665.28144	330.56634	112.69181	366.43313	370.77413	341.33375	383.50866	547.09281
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	626.54681	317.84978	113.54178	350.02441	354.82941	165.50219	342.91666	545.53188
SAN PEDRO MIXTEPEC	416.13119	227.53264	304.62909	197.08192	149.37027	441.34391	219.73791	153.49106
IXTLAN DE JUAREZ	357.82891	124.59066	331.44241	142.37589	229.29875	230.20039	114.48973	451.93266
CIUDAD IXTEPEC	556.61488	223.27403	25.58632	258.10369	265.40219	258.85102	275.59994	454.47763
VILLA DE ETLA	266.82116	83.75119	289.78578	130.49941	140.19734	239.85063	12.04307	325.82959
SAN PEDRO POCHUTLA	483.71266	212.12678	231.76702	195.37792	140.20575	438.11128	214.04683	232.08341
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	549.19756	224.29194	66.11153	249.86073	257.50088	312.07166	271.37109	384.85797

Tabla A.7d. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	HEROICA CIUDAD DE	SAN JUAN	ASUNCION	HEROICA CIUDAD	SAN JUAN	JUCHITAN DE	SANTIAGO	SALINA
	HUAJUAPAN DE LEON	BAUTISTA TUXTEPEC	NOCHIXTLAN	DE TLAXIACO	JUQUILA MIXES	ZARAGOZA	JUXTLAHUACA	CRUZ
ZIMATLAN DE ALVAREZ	270.47003	286.66678	200.90345	264.83472	222.642	346.19597	316.06625	324.34544
TLACOLULA DE MATAMOROS	204.29244	196.64744	125.52977	193.84473	88.55981	238.25566	254.29231	219.29813
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	482.97378	228.79184	405.51978	472.43738	320.21916	60.0565	533.82438	92.04918
LOMA BONITA	385.87716	49.96129	306.43784	375.74925	211.61888	264.86138	532.56056	295.7945
OAXACA DE JUAREZ	167.1437	191.3338	90.79455	156.28466	123.57271	277.13525	216.23753	253.64667
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	253.03972	504.28547	275.21085	180.53211	464.63178	451.37331	152.0335	395.45197
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	0	340.17694	105.9904	106.4915	294.01447	441.54106	101.18148	423.15022
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	340.17694	0	265.67803	333.05444	236.57539	287.84569	393.88	322.21956
ASUNCION NOCHIXTLAN	105.9904	265.67803	0	94.68634	215.18672	365.83025	155.59488	342.00891
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	106.4915	333.05444	94.68634	0	282.94591	433.79138	58.75429	411.36109
JUCHITAN DE ZARAGOZA	441.54106	287.84569	365.83025	433.79138	314.45263	0	493.50947	50.81614
SANTIAGO JUXTLAHUACA	101.18148	393.88	155.59488	58.75429	343.16141	493.50947	0	470.48603
SALINA CRUZ	423.15022	322.21956	342.00891	411.36109	291.77597	50.81614	470.48603	0
SAN PEDRO TAPANATEPEC	553.81525	366.29025	473.65794	543.43231	424.06947	112.69181	602.96206	160.95491
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	516.08625	187.81166	437.33369	503.79022	282.44247	113.54178	564.12963	143.5773
SAN PEDRO MIXTEPEC	384.15419	400.47038	309.8325	323.78353	336.33194	304.62909	295.06019	250.48083
IXTLAN DE JUAREZ	279.40134	188.72428	202.56769	270.0615	181.62536	331.44241	330.46228	309.13256
CIUDAD IXTEPEC	445.90647	283.344	367.03478	435.75925	316.16075	25.58632	495.18691	52.40961
VILLA DE ETLA	154.66592	198.27214	76.60953	145.30897	140.53458	289.78578	204.51311	269.91788
SAN PEDRO POCHUTLA	384.21538	396.19219	308.27675	373.81897	320.05531	231.76702	363.34825	178.99742
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	446.78641	336.07384	368.68956	427.80703	307.98438	66.11153	496.20488	20.56001

Tabla A.7e. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	SAN PEDRO TAPANATEPEC	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	SAN PEDRO MIXTEPEC	COSOLAPA	IXTLAN DE JUAREZ	CIUDAD IXTEPEC	VILLA DE ETLA	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	444.96753	428.62503	179.53848	390.53103	209.94294	345.30325	121.33141	370.98888
TLACOLULA DE MATAMOROS	348.18031	309.43584	247.25784	295.02159	92.31961	240.96602	48.83696	273.78463
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	136.63402	52.43979	343.22056	326.90703	371.63894	53.62957	329.09606	306.55716
LOMA BONITA	341.33375	165.50219	441.34391	133.33877	230.20039	258.85102	239.85063	114.43683
OAXACA DE JUAREZ	383.50866	342.91666	219.73791	267.70994	114.48973	275.59994	12.04307	268.24009
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	547.09281	545.53188	153.49106	511.95844	451.93266	454.47763	325.82959	539.51156
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	553.81525	516.08625	384.15419	273.23581	279.40134	445.90647	154.66592	299.66188
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	366.29025	187.81166	400.47038	101.20884	188.72428	283.344	198.27214	83.29138
ASUNCION NOCHIXTLAN	473.65794	437.33369	309.8325	295.73175	202.56769	367.03478	76.60953	324.31456
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	543.43231	503.79022	323.78353	334.44269	270.0615	435.75925	145.30897	359.1835
JUCHITAN DE ZARAGOZA	112.69181	113.54178	304.62909	384.68934	331.44241	25.58632	289.78578	366.26459
SANTIAGO JUXTLAHUACA	602.96206	564.12963	295.06019	360.42944	330.46228	495.18691	204.51311	387.18781
SALINA CRUZ	160.95491	143.5773	250.48083	419.59116	309.13256	52.40961	269.91788	398.16669
SAN PEDRO TAPANATEPEC	0	190.32505	414.265	463.57947	441.42609	128.69033	399.97022	444.46347
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	190.32505	0	398.15328	286.58219	361.53728	108.39439	360.80059	267.43781
SAN PEDRO MIXTEPEC	414.265	398.15328	0	497.02638	322.62275	305.73141	233.00955	478.10034
IXTLAN DE JUAREZ	441.42609	361.53728	322.62275	286.20878	0	333.51734	127.03262	266.87253
CIUDAD IXTEPEC	128.69033	108.39439	305.73141	381.37841	333.51734	0	291.722	361.43463
VILLA DE ETLA	399.97022	360.80059	233.00955	295.92488	127.03262	291.722	0	276.49963
SAN PEDRO POCHUTLA	342.19156	323.11816	88.2815	509.73381	319.46834	234.32216	230.87875	495.63475
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	186.32084	165.98948	227.5765	443.43447	334.53525	78.41213	293.07941	423.17666

Tabla A.7f. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina							
	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	SAN PABLO HUITZO	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	SANTO DOMINGO TONALA	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	SAN JUAN TEPOSOLULA	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	SAN PEDRO POCHUTLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	222.52852	147.96167	291.43409	310.24747	152.41775	214.67598	167.27122	269.49153
TLACOLULA DE MATAMOROS	142.90873	69.21814	215.22631	230.79198	80.07052	137.10688	141.6197	242.94369
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	423.86753	350.82694	493.36828	513.17588	359.54744	416.5385	291.00494	272.77172
LOMA BONITA	326.76434	249.95989	396.34741	415.41663	260.23753	319.71253	336.9545	438.11128
OAXACA DE JUAREZ	107.08938	35.64224	180.75202	195.33109	45.80474	99.33448	112.61776	214.04683
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	268.53834	314.46247	288.31369	216.30738	321.36719	240.16294	307.70006	232.08341
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	76.54581	143.84525	48.62738	43.78027	148.16834	69.1541	282.90475	384.21538
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	285.34034	208.12766	354.87128	371.47381	217.08498	278.07719	293.86394	396.19219
ASUNCION NOCHIXTLAN	46.79375	64.88386	119.27228	134.96895	73.59064	39.61575	204.04072	308.27675
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	91.69306	133.53125	117.26089	113.41881	140.01281	58.58489	272.24763	373.81897
JUCHITAN DE ZARAGOZA	385.091	307.44113	454.88597	473.41972	317.45581	376.25306	251.53259	231.76702
SANTIAGO JUXTLAHUACA	150.60238	193.05841	136.676	65.34023	202.43784	118.30105	331.68075	363.34825
SALINA CRUZ	364.51859	288.93075	429.80025	451.31741	295.75409	354.9545	230.89713	178.99742
SAN PEDRO TAPANATEPEC	494.571	418.98316	564.26075	581.67613	428.64747	486.46053	361.42266	342.19156
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	457.57803	382.15516	527.74294	545.97669	392.72569	450.66303	345.47819	323.11816
SAN PEDRO MIXTEPEC	328.34166	254.29445	399.01856	361.00216	265.21494	321.01869	140.53663	88.2815
IXTLAN DE JUAREZ	222.07114	146.71091	290.29919	309.17619	156.52986	214.74816	217.48131	319.46834
CIUDAD IXTEPEC	386.66226	310.89503	456.163	475.6125	320.84116	378.88947	253.978	234.32216
VILLA DE ETLA	95.79322	19.38236	165.51983	183.58295	28.42331	88.36451	129.08435	230.87875
SAN PEDRO POUCHUTLA	346.17403	249.08167	410.63853	412.13672	259.36609	337.69322	110.68165	0
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	388.12263	301.88719	448.17566	476.52888	322.54084	380.72481	245.65702	165.40738

Tabla A.7g. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Distancia en kilómetros de la concentradora a cada oficina			
	SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	EL BARRIO DE LA SOLEDAD	PUTLA VILLA GUERRERO	SAN AGUSTIN ETLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	340.76784	386.01725	331.79834	137.95191
TLACOLULA DE MATAMOROS	241.87383	276.99206	253.42741	61.20763
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	118.28912	0	530.98456	341.12113
LOMA BONITA	312.07166	204.29822	433.30041	248.74763
OAXACA DE JUAREZ	271.37109	316.82678	215.62056	24.15086
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	384.85797	494.01034	120.07213	334.46284
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	446.78641	482.97378	135.16873	161.57863
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	336.07384	228.79184	393.11884	207.58553
ASUNCION NOCHIXTLAN	368.68956	405.51978	154.75808	85.818
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	427.80703	472.43738	57.88388	153.63197
JUCHITAN DE ZARAGOZA	66.11153	58.73398	492.91916	300.58516
SANTIAGO JUXTLAHUACA	496.20488	532.56056	28.92131	213.66755
SALINA CRUZ	20.56001	92.04918	470.03206	280.58447
SAN PEDRO TAPANATEPEC	186.32084	136.63402	602.57881	410.52391
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	165.98948	52.43979	566.08725	373.53094
SAN PEDRO MIXTEPEC	227.5765	343.22056	264.71506	244.29459
IXTLAN DE JUAREZ	334.53525	371.63894	329.39925	137.23044
CIUDAD IXTEPEC	78.41213	53.62957	493.99031	302.61516
VILLA DE ETLA	293.07941	329.09606	204.03119	10.55367
SAN PEDRO POCHUTLA	165.40738	272.77172	333.58175	240.53219
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	0	118.28912	473.14063	303.28113

Tabla A.7h. Matriz de distancias en kilómetros de las posibles concentradoras a cada una de las oficinas.

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	SANTOS REYES NOPALA	HEROICA CIUDAD DE EJUTLA DE CRESPO	SAN FRANCISCO TLALPANCINGO	ZIMATLAN DE ALVAREZ	VILLA SOLA DE VEGA	TLACOLULA DE MATAMOROS	SILACAYOAPAM	CALIHUALA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	143.3956097	137.4568324	3484.664821	47.47157824	97.84307394	160.4481662	227.9303741	6155.907797
TLACOLULA DE MATAMOROS	183.5464187	116.6008512	3204.721395	132.2171137	140.4186847	47.75649891	189.6356593	4963.714548
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	247.651416	276.3849266	4226.617215	292.1963115	308.4832611	281.2707809	329.9662272	9315.549456
LOMA BONITA	298.3194672	254.4065865	3812.67528	259.6018665	273.72384	245.9613893	279.9383719	7537.867217
OAXACA DE JUAREZ	166.2394749	89.79140083	3064.015506	113.6495621	122.1121603	76.28493876	170.9557238	4416.481414
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	168.1376384	284.4589428	2936.808979	269.9949946	260.5773902	360.098602	153.0840335	3845.519751
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	266.3951319	220.0636193	2520.053716	218.9424282	242.4363007	219.9823831	94.91846259	2313.159985
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	273.5423067	224.0909607	3695.172986	229.2107395	244.4751684	213.5373727	259.4932117	7059.166268
ASUNCION NOCHIXTLAN	221.4962777	160.9111902	2844.403567	174.8390552	182.5485361	153.5826158	141.1526766	3426.472015
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	259.9979999	209.2305603	2566.297662	215.3697906	233.5150119	211.1745873	101.061209	2201.834186
JUCHITAN DE ZARAGOZA	247.9960722	247.7293963	4076.562157	266.9506725	281.3113264	248.6146007	309.2427552	8662.695909
SANTIAGO JUXTLAHUACA	242.7103638	250.1327828	2392.634756	247.8492264	270.7637834	262.1340741	77.51883571	1449.748719
SALINA CRUZ	216.9185717	233.9552769	4004.095216	253.0980141	268.0696481	232.6327201	299.6817391	8392.646485
SAN PEDRO TAPANATEPEC	312.933263	325.7515004	4480.245298	329.5692308	360.0647632	341.2850393	364.476693	10426.76912
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	302.9186819	308.5144866	4344.163399	319.2085178	349.0332282	308.6220558	345.601559	9850.045354
SAN PEDRO MIXTEPEC	69.14991588	169.5479414	3470.912135	161.294229	145.3821186	256.2037626	223.9715955	6094.043442
IXTLAN DE JUAREZ	228.2310867	171.8698813	3484.412775	180.569853	193.3703092	125.5852549	228.2695589	6142.572292
CIUDAD IXTEPEC	249.4319851	249.2609157	4085.006379	266.3847116	283.250016	250.8995317	310.1054694	8740.541157
VILLA DE ETLA	175.9694357	109.155629	3023.096433	124.3924851	131.5079532	88.92781497	165.8562524	4176.766762
SAN PEDRO POCHUTLA	121.4002682	168.4971953	3720.18092	218.322085	205.5408228	252.5667788	259.6266025	7160.391578
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	208.6992362	249.9529434	4085.299209	263.5093816	277.4212853	251.6648483	305.9683773	8755.543894

Tabla A.8a. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	SANTOS REYES	SAN ILDEFONSO	SANTIAGO	TLACOTEPEC	SANTIAGO	VILLA TALEA	VILLA	SAN PABLO
	TEPEJILLO	VILLA ALTA	CHOAPAM	PLUMAS	CHAZUMBA	DE CASTRO	HIDALGO	VILLA DE MITLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	4193.724814	572.4872904	10118.75924	1890.583935	393.9935062	3360.515163	451.2334287	313.789768
TLACOLULA DE MATAMOROS	3808.533712	490.2200805	8595.522705	1371.294743	310.0711297	2839.987738	211.3070417	91.99627696
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	5206.128413	685.8573584	9463.759423	3375.777694	598.854889	4033.96215	754.5659212	511.6936393
LOMA BONITA	4714.192649	612.649495	8224.770522	2581.49131	407.4741946	3416.845606	552.0485426	400.263413
OAXACA DE JUAREZ	3623.766543	506.1273098	8981.386746	1076.854925	273.9165046	2926.523149	247.1567831	151.5782865
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	3544.385504	740.8393001	12902.592	2078.543371	372.4830936	4373.045133	902.6786824	688.4942466
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	3154.458568	622.0006913	10918.88764	658.9545596	112.7429158	3614.700503	578.4110904	410.4438934
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	4503.121069	583.926872	8510.901684	2193.503895	369.740872	3241.453266	471.2084932	397.3913688
ASUNCION NOCHIXTLAN	3320.419016	567.3266157	10002.89132	650.2708449	208.4435242	3299.712312	425.0056424	289.7077988
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	2889.976375	615.0486508	10810.60478	759.72797	209.1408186	3616.957867	561.0940371	395.7357198
JUCHITAN DE ZARAGOZA	5005.872969	657.5094876	10218.12097	3078.583718	558.9583542	3845.773451	675.5702966	448.0401245
SANTIAGO JUXTLAHUACA	2767.035517	656.5053634	11446.99692	1192.874157	213.4460024	3859.013241	673.2916985	495.1000373
SALINA CRUZ	4897.80409	643.0758703	10614.50842	2943.025567	541.7435301	3757.776479	634.2081661	406.2792584
SAN PEDRO TAPANATEPEC	5553.545765	732.6894536	11128.40947	3886.311241	674.8696455	4309.150428	888.2642528	623.9948363
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	5376.142462	704.7258961	9073.434881	3522.862201	561.0385712	3980.675285	808.3160021	513.5053685
SAN PEDRO MIXTEPEC	4237.913748	651.5463681	11369.31474	2692.45253	502.908615	3830.283731	663.8061774	480.2843598
IXTLAN DE JUAREZ	4194.29981	494.9135119	9594.606369	1916.906172	391.9731914	2530.173656	221.0940553	238.5385214
CIUDAD IXTEPEC	5018.825088	658.4071404	10117.36933	3106.758349	562.5511848	3853.123493	678.3879213	452.4135978
VILLA DE ETLA	3568.047318	515.095388	9126.338532	1001.912242	261.5099345	2981.331043	280.2824161	172.4614863
SAN PEDRO POCHUTLA	4602.885728	648.3935389	11177.16061	2662.346561	499.5209983	3881.853594	652.2934186	458.6132699
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	4978.154861	652.5221079	10883.90066	3047.65023	554.7526605	3819.147778	681.3705269	439.4126866

Tabla A.8b. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	SANTIAGO	SANTIAGO	SAN SEBASTIAN	SAN BARTOLOME	SANTA CRUZ	VILLA DE	MARISCALA	CUILAPAM
	ZACATEPEC	TAMAZOLA	TECOMAXTLAHUACA	ZOOGOCHO	TACACHE DE MINA	ZAACHILA	DE JUAREZ	DE GUERRERO
ZIMATLAN DE ALVAREZ	10833.28808	373.4356979	1183.737646	1252.397173	562.0448229	151.7816584	296.7039026	361.1827025
TLACOLULA DE MATAMOROS	9136.467685	316.1215058	918.3443275	551.0794799	457.1548495	107.8422984	244.4057186	207.7460605
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	11450.56611	533.4139803	1870.607728	2168.990635	875.5955594	433.08571	445.5884055	1083.353385
LOMA BONITA	10082.15974	443.2806241	1530.713356	1359.661699	706.0935691	340.404194	367.4115745	818.4120542
OAXACA DE JUAREZ	9626.266745	283.9463381	788.2443308	678.9082551	399.9430869	79.52102734	211.3868508	132.3828576
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	13728.01373	280.6996864	647.0578044	2616.860794	437.3449302	477.1349352	239.3571559	1185.578622
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	11627.82195	168.1281657	378.4813912	1651.593772	171.7133502	276.8648774	101.2696509	651.8430031
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	10430.97642	419.0382887	1390.241369	1130.035923	658.987264	291.8260558	343.9400524	688.9758228
ASUNCION NOCHIXTLAN	10659.57337	236.4143351	583.6004878	1206.239743	305.2437534	183.6347559	166.2589047	413.825247
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	11536.32421	197.9863503	285.8759129	1576.374994	290.4521052	265.4721591	161.3591559	620.6558449
JUCHITAN DE ZARAGOZA	11882.18164	502.1424678	1725.980811	1925.893991	817.4834003	385.97554	416.5478779	956.7523754
SANTIAGO JUXTLAHUACA	12277.57206	161.6608366	139.4952493	1930.553955	217.804496	336.0082567	126.9517093	805.6483291
SALINA CRUZ	11636.4757	483.1886691	1659.818395	1819.915398	782.9834791	358.4508222	401.2911443	887.202577
SAN PEDRO TAPANATEPEC	13174.02522	586.2451409	2099.564287	2554.354171	983.4748939	515.5824825	497.2814755	1299.941314
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	11000.95923	559.1062312	1979.196967	2116.980296	929.7240393	479.1366263	475.65396	1185.978763
SAN PEDRO MIXTEPEC	12193.90867	392.3562827	1154.912086	1889.155446	665.3249969	286.3047258	346.0007624	712.8269061
IXTLAN DE JUAREZ	10289.06457	374.1902225	1177.021905	366.2951237	571.6588315	200.1427966	301.2143466	449.5408147
CIUDAD IXTEPEC	11943.77187	502.5980596	1734.241582	1949.757881	820.6870197	388.4378403	417.6546721	963.1863698
VILLA DE ETLA	9782.77641	275.4799594	749.3566539	752.1474783	380.1362423	98.14686593	207.3053501	170.3394585
SAN PEDRO POCHUTLA	12150.40943	446.4474625	1373.29356	1959.81184	726.6545887	292.4029611	372.1686796	732.015357
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	11802.18398	504.6319944	1705.649316	1899.149882	808.1533982	378.3428073	411.6632042	937.8838937

Tabla A.8c. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	ZAPOTITLAN	SANTIAGO	JUCHITAN DE	OCOTLAN	SANTA LUCIA	LOMA	OAXACA	SANTIAGO
	LAGUNAS	MATATLAN	ZARAGOZA	DE MOREOS	MIAHUATLAN	BONITA	DE JUAREZ	PINOTEPA NACIONAL
ZIMATLAN DE ALVAREZ	788.0796865	1071.803533	2012.090403	106.9892089	105.5867225	257.9659585	56.76811005	311.0028374
TLACOLULA DE MATAMOROS	728.326646	380.6385409	1411.75755	89.0058869	98.68216675	195.323101	48.1266165	325.4727142
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	955.3457434	2085.750742	413.3097749	237.3276051	151.4421577	175.9248984	82.79095632	417.1309454
LOMA BONITA	862.6685417	2077.820845	1559.730886	213.937895	165.5399166	47.29819677	72.52225788	463.9048273
OAXACA DE JUAREZ	701.2402427	669.7944842	1627.994609	73.71558468	89.96302751	193.9937138	43.98138428	300.5769072
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	697.5040323	3086.301549	2597.056415	278.4015333	156.8464187	398.0122168	85.25576218	50.53068741
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	580.6924197	1904.117677	2542.372278	179.7042649	146.975979	290.247481	64.4555862	238.3089972
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	837.5369603	1841.6953	1687.562986	187.2181509	152.0816942	78.75395757	67.418743	424.7560193
ASUNCION NOCHIXTLAN	652.0800998	1333.901301	2121.290602	128.6087668	120.5858904	240.2322742	55.10322704	254.7619766
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	613.3042681	1819.468194	2501.241364	172.9263439	143.4657498	283.8709219	63.12541235	184.5018065
JUCHITAN DE ZARAGOZA	922.7368722	1780.190045	86.64832839	211.1273649	136.3965572	214.0556247	77.92895793	385.4904211
SANTIAGO JUXTLAHUACA	566.4161209	2273.565001	2831.405577	210.8396213	165.0913433	309.5681165	70.46931563	163.3532658
SALINA CRUZ	904.3281832	1631.870661	369.2730338	195.6911801	129.229357	233.5311991	75.05173355	343.9917397
SAN PEDRO TAPANATEPEC	1010.609294	2600.523692	713.4076534	280.701186	174.594494	262.2028318	90.95912703	456.522929
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	979.6912151	2505.357439	718.1349413	270.2931438	169.0508341	151.4988149	85.98682592	455.3645781
SAN PEDRO MIXTEPEC	811.73694	1829.455795	1780.907413	173.2818053	97.61680578	325.169494	70.8980933	164.4349069
IXTLAN DE JUAREZ	765.1999141	1059.074298	1930.03536	138.5818001	125.4063376	192.2329734	58.00575881	385.9055093
CIUDAD IXTEPEC	923.8713734	1797.585859	228.9520562	211.9878809	137.9587807	210.271486	77.74089074	387.7941067
VILLA DE ETLA	692.5573	753.4460979	1698.353206	131.0485553	94.42756172	198.3087901	45.45659542	292.3256502
SAN PEDRO POCHUTLA	865.6806387	1714.163768	1375.669607	172.200959	94.43048571	323.1342216	70.20096669	222.7575238
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	917.95085	1805.203538	454.3415788	206.7593758	135.2116534	243.7793423	77.22287941	336.1300356

Tabla A.8d. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	HEROICA CIUDAD DE	SAN JUAN	ASUNCION	HEROICA CIUDAD	SAN JUAN	JUCHITAN DE	SANTIAGO	SALINA
	HUAJUAPAN DE LEON	BAUTISTA TUXTEPEC	NOCHIXTLAN	DE TLAXIACO	JUQUILA MIXES	ZARAGOZA	JUXTLAHUACA	CRUZ
ZIMATLAN DE ALVAREZ	181.4359526	138.5799533	181.9230443	130.788565	196.7993504	435.5614041	195.0908511	249.4358779
TLACOLULA DE MATAMOROS	148.8422426	109.313384	131.4607025	108.0630285	108.3829705	315.6191614	166.491975	183.6825577
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	286.0980533	119.7639862	318.9127624	197.2469745	261.1436101	117.605955	295.9042003	104.0323415
LOMA BONITA	238.2761385	61.62362796	252.5778466	166.2948694	189.5304927	345.1831836	241.6173983	231.5647007
OAXACA DE JUAREZ	130.5457882	107.585844	108.205628	96.03918199	131.4711515	358.8217909	148.8741262	205.1826851
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	172.8511965	209.3308881	231.6715164	103.8013511	356.3720746	552.4334608	119.1502151	293.9443041
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	48.22436675	155.9768682	118.3791817	80.09924067	243.8637325	541.5079584	95.60775332	311.2817485
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	215.7679191	45.38050117	225.289336	152.627274	205.9872963	370.7231296	231.115521	248.1052045
ASUNCION NOCHIXTLAN	100.4266358	131.7562118	47.41908276	76.32013612	191.8831951	457.3788287	120.7989923	260.4921515
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	100.673437	153.661242	110.8111641	46.00885033	236.5649107	532.8965879	75.96565261	303.9024597
JUCHITAN DE ZARAGOZA	265.691658	138.9632337	292.3407995	184.8754967	257.341049	50.87174518	277.2400012	78.22292967
SANTIAGO JUXTLAHUACA	98.05815205	173.4364977	151.5891593	64.81745647	276.2721718	599.2547598	48.76475429	340.9111286
SALINA CRUZ	256.6338228	150.1386683	276.3925189	177.6950425	242.3876225	107.3381551	266.5810646	46.41507161
SAN PEDRO TAPANATEPEC	320.988812	164.4666771	364.5309559	219.9740924	329.6245057	176.0938093	327.912195	147.1631987
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	302.4065687	106.4407461	340.2120329	207.2837432	236.2329327	177.0382878	309.9343252	136.2858563
SAN PEDRO MIXTEPEC	237.4275433	175.5791241	254.8505563	149.6594414	271.7686877	389.3726836	185.3658812	203.201059
IXTLAN DE JUAREZ	185.834791	106.7374519	183.0372455	132.461778	169.7521876	419.1673889	201.7556402	239.9135268
CIUDAD IXTEPEC	267.8417047	137.4996702	293.147227	185.5054574	258.4674163	79.30301985	278.0165892	79.22034639
VILLA DE ETLA	124.4002465	109.8415971	98.70882058	92.52560995	142.6561354	372.8789391	143.4461862	215.3674874
SAN PEDRO POCHUTLA	237.4576806	174.1882236	253.8089886	165.6769422	261.0355642	308.4090466	216.9805357	158.4567286
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	268.2750918	154.642892	294.2550948	182.9597679	253.0757604	124.3342466	278.4878688	59.28440564

Tabla A.8e. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	SAN PEDRO TAPANATEPEC	MATIAS ROMERO AVENDAÑO	SAN PEDRO MIXTEPEC	COSOLAPA	IXTLAN DE JUAREZ	CIUDAD IXTEPEC	VILLA DE ETLA	ACATLAN DE PEREZ FIGUEROA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	497.9468563	246.3966432	153.0220719	184.5432343	205.6490592	211.0540016	71.60224747	401.6070302
TLACOLULA DE MATAMOROS	401.3805101	190.8965365	192.4267734	150.45566	119.017706	161.5478534	55.35407458	309.4925773
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	190.3169804	71.22705804	248.265788	161.8356587	324.7405972	72.66006072	118.168515	340.549076
LOMA BONITA	394.5495743	123.8742425	305.3620352	92.75062952	220.568976	170.0339658	98.16594685	158.4885274
OAXACA DE JUAREZ	436.6282388	206.4867849	176.4134113	140.7080591	135.3463331	177.9810286	47.10746417	304.2383598
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	599.8390808	300.8339848	137.8655375	227.8810014	383.8781306	262.855291	117.4364014	561.3055461
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	606.5461798	287.1227111	272.0843455	142.6802569	256.8062163	258.788429	79.07350743	334.0148459
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	419.4491222	134.2625836	281.5784488	81.28337165	190.0211967	181.6554464	88.84696459	128.9739117
ASUNCION NOCHIXTLAN	526.5717932	250.4518059	228.8378646	150.709118	200.2170765	221.3652237	61.57873756	357.3766652
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	596.1869342	281.3970998	236.955723	164.5251559	249.9272836	253.9737547	76.97633528	390.419802
JUCHITAN DE ZARAGOZA	166.4294079	99.67902559	225.8100921	182.4583196	295.1352478	59.3540405	109.3579064	397.1301129
SANTIAGO JUXTLAHUACA	655.580834	309.4939741	220.2421179	173.7998964	294.4133673	282.1711158	90.24575249	416.9577537
SALINA CRUZ	214.5823688	113.6649799	194.3021744	194.9148724	278.7037074	72.08121153	104.9049162	427.361759
SAN PEDRO TAPANATEPEC	53.99476685	135.4329365	289.6052949	210.6144178	376.1398837	108.2750479	134.0535325	471.2343526
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	243.8854845	46.80861924	280.2301692	147.4436156	317.3005725	98.64498765	125.2744477	303.4780887
SAN PEDRO MIXTEPEC	467.3143912	232.2075596	48.55179615	222.5517093	288.6394354	192.2778718	96.63265637	503.1099329
IXTLAN DE JUAREZ	494.4134981	215.1574236	236.2802856	147.3103446	51.02292355	205.4617983	72.88005902	302.9424078
CIUDAD IXTEPEC	182.3914184	97.2821581	226.4515127	181.2766398	296.6634649	47.21378959	109.7918712	392.5530586
VILLA DE ETLA	453.0522327	214.814386	184.1359446	150.7780466	144.5843604	185.6306575	44.40825225	312.0654148
SAN PEDRO POCHUTLA	395.4054268	197.2676698	99.92124434	227.087025	286.316165	158.3954607	96.1550804	519.7262083
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	239.8904124	124.1011477	180.9745487	203.4246134	297.413171	84.41894189	110.0961073	451.06216

Tabla A.8f. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina							
	SAN JUAN BAUTISTA COIXTLAHUACA	SAN PABLO HUITZO	TEZOATLAN DE SEGURA Y LUNA	SANTO DOMINGO TONALA	SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	SAN JUAN TEPOSOLULA	SANTO TOMAS TAMAZULAPAN	SAN PEDRO POCHUTLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	366.0161925	119.4430136	267.8847043	127.1167787	133.2409149	105.9860502	82.16722055	177.570201
TLACOLULA DE MATAMOROS	256.0625538	81.3143864	210.6273165	106.4138072	92.44726138	83.97276145	76.48085019	164.6269779
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	644.0621001	217.6729792	419.6044397	179.9919305	250.0329029	163.2724948	109.5962289	179.1694359
LOMA BONITA	509.9641695	168.8318599	346.7094994	154.51972	194.0360933	135.7943103	119.7822224	259.7796407
OAXACA DE JUAREZ	206.5966123	65.05650498	184.7256594	97.17409583	73.12618497	73.2533545	70.05176638	150.5385056
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	429.5550078	200.0648365	265.5402461	102.6396909	228.5046165	113.2189795	113.297165	159.3321204
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	164.4164375	117.4497902	85.45611311	57.68592062	130.8448459	64.6884824	107.8005973	233.5030524
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	452.7582973	148.5761576	315.5471317	143.0699517	169.7041296	123.9786419	110.2300055	239.3422666
ASUNCION NOCHIXTLAN	123.3293252	79.21567243	138.5339279	81.44609937	88.79352122	56.30581161	90.31819931	196.4796775
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	185.3345441	112.4556191	137.0227051	75.83098159	126.246275	61.68905258	105.4381513	228.4343518
JUCHITAN DE ZARAGOZA	590.512341	196.6650136	390.6914265	169.6330409	226.2991488	151.8399137	100.8460886	159.1778666
SANTIAGO JUXTLAHUACA	266.6873597	141.2794335	151.6099097	63.30359711	161.4452045	78.63586613	118.6131496	223.3294217
SALINA CRUZ	562.1021764	187.7020502	371.8437079	163.8740494	214.0624336	145.795608	96.27166693	133.4503984
SAN PEDRO TAPANATEPEC	741.7024455	250.6750951	472.8682619	197.8403979	288.9955928	183.1156261	125.2062683	213.014618
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	690.6157539	232.8425052	445.4312416	188.5385298	268.7407655	172.9566749	121.6717346	203.7155084
SAN PEDRO MIXTEPEC	512.1424228	170.9307095	348.7164214	140.3414521	196.8426519	136.1649847	76.24075771	89.22245391
IXTLAN DE JUAREZ	365.3845582	118.8373795	267.0320169	126.8376454	135.5595661	106.0065342	93.2976786	201.9360629
CIUDAD IXTEPEC	592.6822256	198.3374362	391.6509008	170.204393	228.2080096	152.588099	101.3881815	160.4236081
VILLA DE ETLA	190.9967986	57.18326254	173.2812188	94.11299322	63.3255052	70.14019324	73.70204244	158.7447965
SAN PEDRO POCHUTLA	536.7686366	168.4066145	357.4468834	153.6651046	193.5447238	140.8970397	69.62257394	46.18139467
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	594.6989729	193.9757246	385.649752	170.4431656	229.1663899	153.108949	99.54360563	126.8246647

Tabla A.8g. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

Posible concentradora	Costo en U.E. (Unidades de Envío) de enviar una unidad de una concentradora a una oficina			
	SANTO DOMINGO	EL BARRIO DE	PUTLA VILLA	SAN AGUSTIN
	TEHUANTEPEC	LA SOLEDAD	GUERRERO	ETLA
ZIMATLAN DE ALVAREZ	186.4986103	424.6890359	175.0919266	92.68102645
TLACOLULA DE MATAMOROS	145.7598762	318.8894416	144.501482	66.68593366
EL BARRIO DE LA SOLEDAD	94.84997145	50.09240887	252.8400792	161.4992202
LOMA BONITA	174.6774085	248.3463059	214.7111253	130.2101429
OAXACA DE JUAREZ	157.9110776	357.5456202	129.7443731	54.13393402
SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	204.6612481	529.4870656	92.44905259	159.2439007
H. CD. DE HUAJUAPAN DE LEON	230.1722598	518.7770309	98.34169295	100.6839523
SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC	184.564948	272.1152629	199.0270944	116.2675715
ASUNCION NOCHIXTLAN	198.0007784	443.6145682	105.9879838	75.02204486
HEROICA CIUDAD DE TLAXIACO	222.3538296	508.5523586	68.17517686	97.9922316
JUCHITAN DE ZARAGOZA	73.35575797	107.088698	237.9820507	147.7687336
SANTIAGO JUXTLAHUACA	250.529872	566.8967471	56.87024667	118.3276947
SALINA CRUZ	54.59111025	139.4182417	229.0485525	140.9940295
SAN PEDRO TAPANATEPEC	122.875189	182.6840043	280.7853892	185.0075742
MATIAS ROMERO AVENDAÑO	114.4998196	100.9807266	266.5416761	172.4771851
SAN PEDRO MIXTEPEC	139.8701856	383.1585195	148.9073788	128.7017935
IXTLAN DE JUAREZ	183.931136	410.7361194	174.1554923	92.4366476
CIUDAD IXTEPEC	78.42290887	102.135306	238.4001516	148.4563424
VILLA DE ETLA	166.8536766	369.4519039	125.2207062	49.52824594
SAN PEDRO POCHUTLA	114.2600274	314.7939637	175.7880432	127.4273802
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	46.12154997	164.8818525	230.2619174	148.6819221

Tabla A.8h. Matriz de costos en unidades de envío (U.E.).

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Cutiérrez Puebla, Javier (1994). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Síntesis, Madrid.
- [2] Lantada Zarzosa, Nieves (2004). *Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con ArcView*. Editorial Alfaomega, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- [3] Salkin, H. M. (1974). *Integer Programming*. Editorial Addison-Wesley.
- [4] Ahuja, Ravindra K., Magnanti, Thomas L. y Orlin James B. (1993). *Network flows: Theory, algorithms, and applications*. Editorial Pentice Hall. Englewood cliffs, New Jersey.
- [5] Bazaraa, Mokhtar S. (1979). *Non linear programming: Theory and algorithms*. Editorial John Wiley and Sons, Inc., New York.
- [6] Daellenbach, Hans G. y George, John A. (1978). *Introduction to operations research techniques*. Editorial Allyn and Bacon, Boston.
- [7] Puerto Albandoz, Justo, Muñoz Márquez, Manuel, Conde Sánchez, Eduardo y Carrizosa Priego, Emilio (1996). *Lecturas en teoría de localización*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Sevilla, Salamanca.
- [8] Hansen, Pierre... [et al.] (2001). *Systems of cities and facility location*. Editorial Routledge, London.
- [9] Peña Llopis, Juan (2006). *Sistemas de Información Geográfica aplicado a la gestión del territorio: entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales: teoría general y práctica para ESRI ArcGIS 9*. Club Universitario, San Vicente, Alicante.
- [10] Aceves García, Ricardo (1996). *Un algoritmo para resolver el problema de localización de servicios con restricciones de demanda y adicionales*. Tesis de doctorado en ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México.
- [11] Resendiz López, Héctor Daniel (2007). *Propuesta metodológica y aplicación del modelo gravitacional en los sistemas de información geográfica*. México. 2007. Tesis maestría en ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México.
- [12] Elizondo Cortés, Mayra (2005). *Una estrategia para resolver el problema de*

- inventario distribución. Tesis de doctorado en ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México.
- [13] RESENDIZ, Héctor (2007). Curso 2007 de Arcview. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria.
- [14] Aceves García, Ricardo. Apuntes del Localización. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria.
- [15] Taha, Hamdy A. (2004). Investigación de Operaciones. Editorial Prentice Hall, México. Séptima Edición.
- [16] Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald J. (2006). Introducción a la Investigación de Operaciones. Editorial McGraw Hill Interamericana, México. Octava Edición.
- [17] Flores de la Mota, Idalia (1999). Apuntes de teoría de redes. Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado, México.
- [18] Ramírez Rodríguez, Javier, López Bracho, Rafael y Gutiérrez Andrade, Miguel Angel. Complejidad computacional de algoritmos. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Sistemas, México.
- [19] Prawda Witenberg, Juan (2000). Métodos y modelos de Investigación de Operaciones I: Modelos Determinísticos. Editorial Limusa, México.
- [20] <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>
- [21] <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>
- [22] <http://es.wikipedia.org/wiki/ArcGIS>
- [23] <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/GISHydro/africa/ex1af/ex1afs.htm>
- [24] www.lindo.com/products/lingo/lingom.html
- [25] <http://maps.google.com>
- [26] <http://www.maplibrary.com>
- [27] <http://www.ESRI.com>

[28] <http://www.eumed.net/tesis/2007/fjcv/teorias%20de%20localizacion.html>

[29] <http://www.eumed.net/tesis/2007/fjcv/teorias%20de%20localizacion.html>