



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección
Tecnológica.

Optimización de diseño territorial a través de un modelo bi -
objetivo para el rediseño del área de ventas de una empresa de
servicios.

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología

Presenta

César Antonio Argüello Rosales

Puebla, México.

Junio, 2019



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica
y Dirección de Tecnología

Se aprueba la Tesis:

Optimización de diseño territorial a través de un modelo bi - objetivo
para el rediseño del área de ventas de una empresa de servicios.

Nombre del Alumno:

César Antonio Argüello Rosales

Comité Asesor

Dr. Elias Olivares Benítez
Director de Tesis

Dr. Francisco Javier Méndez Ramírez
Co-Director

Dr. Juan Carlos Pérez García
Asesor

Puebla, México.

4 de Junio de 2019

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1

PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

- 1.1 Planteamiento del problema
- 1.2 Propósito de la investigación
- 1.3 Objetivo general
- 1.4 Objetivos específicos
- 1.5 Originalidad del tema
- 1.6 Justificación de la investigación
- 1.7 Alcances y limitaciones
- 1.8 Organización del estudio
- 1.9 Conceptualización del modelo

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1 Definición del concepto de diseño territorial y otros conceptos vinculados
- 2.2 El problema de la p-mediana.
- 2.3 Modelo matemático de la p-mediana
- 2.4 Características específicas del diseño territorial
- 2.5 Aplicaciones del diseño territorial
- 2.6 Método Épsilon restricción.

CAPITULO III

ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA

- 3.1 La empresa
- 3.2 El problema
- 3.3 La propuesta
- 3.4 Modelo matemático
- 3.5 Bi-objetivo

CAPITULO IV

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

4. Sales Coverage Units (SCU)

4.1. Cuadrillas

4.2. Municipios

4.3. Resultados

4.5. Bi objetivo

CAPITULO V

RESULTADOS DEL DISEÑO TERRITORIAL EN EL ÁREA DE VENTAS

5. Resultados de la aplicación

5.1. Ventajas

5.2. Beneficios

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1. Consideraciones finales y trabajos futuros

6.2. Impacto y aplicación

6.3 Conclusiones

Anexos CLAIO

RESUMEN

El siguiente trabajo comprende la aplicación de un modelo bi-objetivo enfocado al diseño territorial el cual inicia con el análisis del cuerpo de ventas de una empresa de ventas de televisión por cable, teléfono e internet en la ciudad de Puebla la cual por medio de cuadrillas de ventas recorre una serie de barrios asignados, sin tener una claridad de como cumplir con las métricas de cargas de trabajo y distancia recorrida.

De inicio se obtuvo la información correspondiente a la ubicación de cada uno de los barrios atendidos por parte de la empresa, de los cuales se contó con información como: Nombre del barrio, número de casas que lo componían, índice de penetrabilidad con respecto de las ventas tanto actual como potencial y nivel socioeconómico de la vivienda. Se cuenta con información de 15 zonas de las cuales se eligió la primera para este estudio; la cual comprende 79 barrios.

Tomando como referencia esos datos iniciales se procedió a obtener la distancia geolocalizada de cada barrio para posteriormente realizar una matriz que permitiera conocer la distancia entre ellos lo cual facilitaría la propuesta del modelo.

Se consideró aplicar el modelo de asignación de la p mediana por medio del cual se obtuvo una distribución factible de las cuadrillas con respecto a los centroides.

Una vez que se obtuvo esta distribución inicial factible, se consideró el método bi-objetivo de ϵ -restricción el cual permite por medio del análisis de 2 funciones objetivo el contar con una representación gráfica de un frente de Pareto que nos permita tomar decisiones apoyados con representaciones de referencia como mapas.

La interacción de estos elementos han permitido el considerar una propuesta optima de solución en cuanto a la distribución de las cuadrillas en los barrios que permita el balanceo de las cargas de trabajo con respecto de la distancia recorrida.

Para el desarrollo de la propuesta se utilizó Lingo 15 y un servidor HP ENTERP/DL 160 GEN 9 / E5-2609V4 con 32 GB de memoria RAM.

PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El hablar del diseño territorial como parte de la fuerza de ventas se vuelve una actividad de importancia estratégica que sin duda pretende incrementar el nivel de servicio a los clientes por medio de la cobertura de los mercados. El problema del diseño territorial también es considerado como de distritación, circunscripciones políticas, distritos escolares, regiones de compra o entrega. (Bozcaya et al., 2003)

Los territorios que se diseñan en pequeñas áreas geográficas se definen según Correa, Ruvalcaba, Olivares & Zanella 2012 como Unidades de Cobertura de Ventas ó Sales Coverage Units (SCUs), en unidades geográficas más grandes que son conocidas como territorios. Estos territorios deben de satisfacer ciertas características determinadas por la empresa que lo defina, en donde se deben de considerar los clientes que se atenderán, los tipos de productos, el área geográfica, el volumen de ventas, la fuerza de ventas, las dimensiones del territorio , entre otras.

Algunos de los beneficios del diseño territorial de ventas son:

- Una mejor cobertura e incremento de la productividad en ventas.
- Incremento de ventas priorizando cuentas de mayor potencial.
- Reducción de los costos de ventas a través de tiempos de entrega más cortos y baratos, Incremento en la moral, desempeño y permanencia de los vendedores

al contar con una distribución equitativa de cuentas y contar con un sistema imparcial de beneficios de ventas.

Ventajas competitivas a través de la habilidad de llegar más rápidamente a nuevos mercados que la competencia, (Correa Medina, Ruvalcaba Sánchez, Olivares Benitez, & Zanella, 2012).

Todo lo anterior resalta la importancia de un adecuado diseño territorial para el área de ventas de una empresa de servicios debido a que se atendería adecuadamente, en función de las necesidades correspondientes, pensando en un traje a la medida para la organización. El cual permita atender pertinentemente todas aquellas necesidades que se presenten en la empresa de servicios que abordaremos para el desarrollo de esta investigación.

Dentro de las aplicaciones que pueden existir en el desarrollo del problema del diseño territorial se mencionan las siguientes (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005) partiendo de tres líneas claras que son: la distritación política, diseño territorial para ventas y servicio, y otras aplicaciones.

Con lo que respecta a la distritación política se mencionan:

Distritos políticos, el tipo de problema se enfoca en determinar los territorios políticos como un área gubernamental dividida como lo podría ser un estado o ciudad o en algunas sub-áreas en donde los candidatos políticos son elegidos. Se deben considerar criterios demográficos como: la población y la igualdad de votantes además de garantizar una representación de las minorías.

Su aplicación se centra en una representación balanceada de todas las variables que pueden ser encontradas dentro de un distrito, el cual idealmente debe contener los

criterios mencionados con anterioridad para crear un ambiente de representación ante los involucrados.

A su vez, es necesario considerar criterios geográficos como la compacidad (Venegas, Cattrysse, & Van Orshoven, 2011), la contigüidad y los límites de la integridad comunitaria, por último pero no menos importante es necesario tomar en cuenta los datos políticos a fin de garantizar una homogeneidad socio-económica. (Bozcaya et al., 2003) Lo anterior para garantizar que dentro de los criterios del diseño territorial se debe contar con las mismas condiciones dentro de las áreas consideradas, pues solo así se garantizará una adecuada división de las partes.

Del diseño territorial para ventas y servicio debemos considerar los siguientes elementos:

Hay que considerar que tanto para la parte comercial, como la parte del área de servicios las empresas invierten una cantidad considerable en la operación y la fuerza de ventas pues no solo se debe cumplir con lo que se espera de ambos departamentos sino que se debe cumplir con las expectativas del mercado (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005).

La función principal del diseño territorial es incrementar o disminuir el número de vendedores o personal de servicio requerido dentro del ajuste del territorio. Otra razón es garantizar una mayor cobertura con el personal existente para eventualmente balancear la carga de trabajo entre ellos.

En el diseño territorial de ventas y servicios se debe considerar lo siguiente:

Criterios organizacionales, que hace referencia al número de territorios que van directamente relacionados con las ventas obtenidas por la fuerza de ventas; áreas básicas en donde los clientes son agregados en áreas pequeñas que sirven como base del diseño del territorio. (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005)

Debe haber una asignación exclusiva en áreas básicas que resulten en responsabilidades transparentes del representante de ventas que no le permitan contenerse entre ellas y que sean éstas las que le permitan relaciones a largo plazo con los clientes. La ubicación de los representantes de ventas es un factor importante para tomar en cuenta en los procesos del diseño territorial pues se deben hacer visitas regulares a los clientes tomando como base su ubicación; es decir oficina, matriz, etc.

Hay otros criterios que deben tomarse en cuenta en el diseño territorial de ventas y servicios como lo son los criterios geográficos determinados por: contigüidad, accesibilidad, compacidad, actividades de criterios relacionados, balanceo, y maximización de ingresos.

En la figura 1 podemos observar las aplicaciones políticas del diseño territorial, las cuales se basan de inicio en una distritación política y continua por medio de criterios demográficos y políticos.

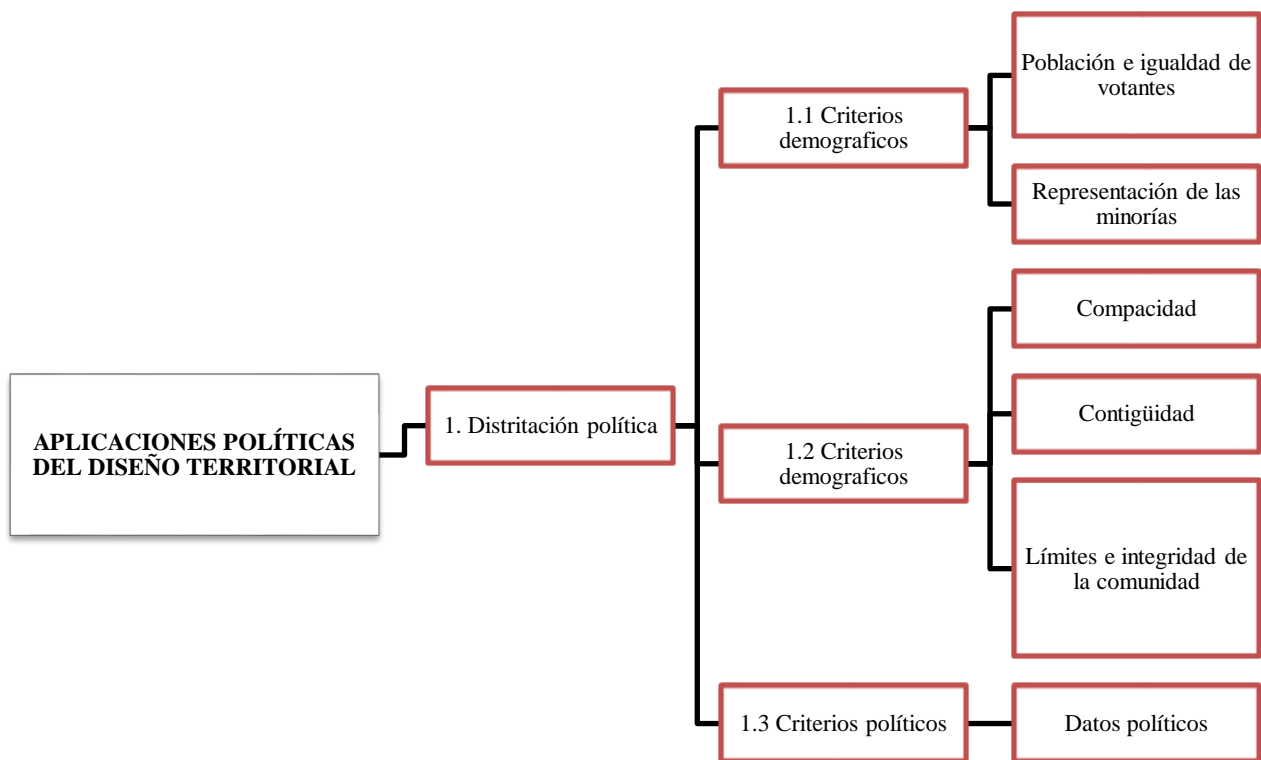


Figura 1. Elaboración propia a partir de Kalcics, Nickel & Schröder 2005.

En la figura 2 se muestran las aplicaciones del diseño territorial para ventas y servicio, tomando en cuenta los criterios organizacionales, geográficos y de relación de actividad.

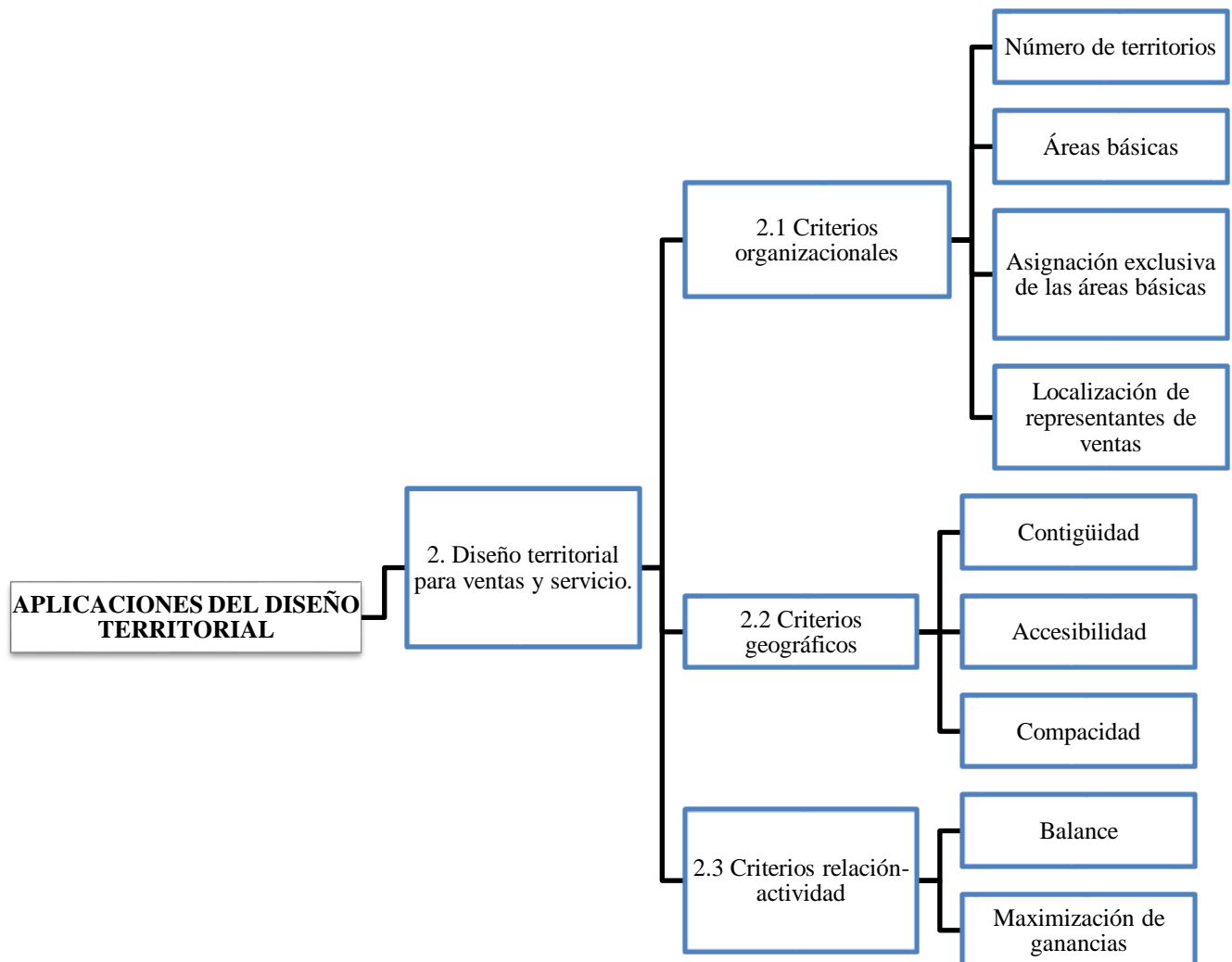


Figura 2. Elaboración propia a partir de Kalcics, Nickel & Schröder 2005.

En la figura 3 se muestran otras aplicaciones del diseño territorial las cuales se basan en proveedoras, servicios en el sitio. Ejemplos de este tipo de diseño territorial pueden ser directamente en escuelas o aplicaciones con fines de distribución de energía eléctrica entre otros.

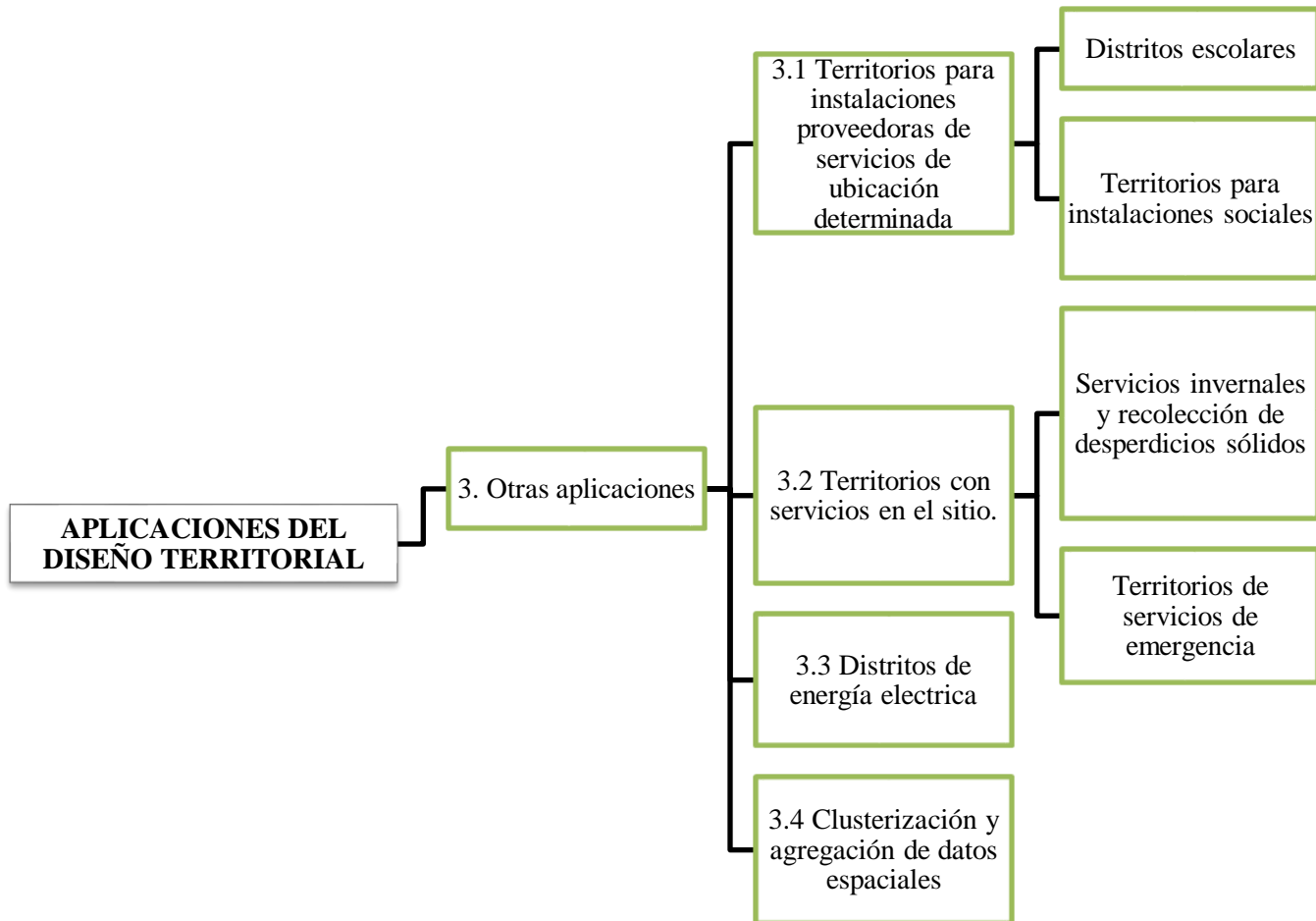


Figura 3. Elaboración propia a partir de Kalcics, Nickel & Schröder 2005.

Con lo que respecta a los modelos del diseño territorial se cuenta con diversos modelos e inclusive existe software comercial para el diseño territorial enfocado a la fuerza de ventas como: Terraling (<http://www.terraling.com/>) y AlignStar (<http://www.alignstar.com/>) los cuales requieren ciertos objetivos de planeación y

métricas limitando su uso al conocimiento de estos por parte de la empresa. (Salazar-Aguilar, González-Velarde, & Rios-Mercado, 2012)

El conocer un panorama general que permita entender lo que es el diseño territorial, sus diferentes aplicaciones, así como los modelos que se han desarrollado para su estudio nos permitirá proponer una alternativa para las empresas prestadoras de servicios.

Por otra parte el hablar de las decisiones de la fuerza de ventas en las empresas es un tópico de vital importancia en la mayoría de los negocios pues una parte del presupuesto de la empresa se destina en personal de ventas incrementándose cada año (Beswick C. , 1977). El departamento de ventas de la empresa en muchas ocasiones se guía por instinto tomando en cuenta su experiencia y su juicio para desarrollar su trabajo siendo la toma de decisiones cuantitativas ligeramente aplicada en esto.

Las decisiones de la fuerza de ventas se relacionan directamente con las preguntas ¿Cuánto esfuerzo de ventas es necesario? Y ¿En donde debe ser aplicado?. (Beswick C. , 1977) La respuesta de estas preguntas se debe basar en comprender como es que el mercado responde a estos esfuerzos.

Tomando en cuenta lo que comenta Mantrala et. al (2010) la compañía promedio gasta el 10%, y algunas industrias gastan tanto como el 40% de sus ventas totales en los costos de ventas, lo cual se vuelve un instrumento de marketing en muchas industrias. Con esto podemos considerar que las ventas son un factor importante dentro de las empresas en donde se debe tomar en cuenta tanto los indicadores como al personal.

En México, según el INEGI, las empresas micro, pequeñas y medianas representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado (INEGI, 2014); de ahí la relevancia que reviste este tipo de empresas y la necesidad de fortalecer su desempeño, al incidir éstas de manera fundamental en el comportamiento global de las economías nacionales; de hecho, en el contexto internacional se puede afirmar que el 90%, o un porcentaje superior a las unidades económicas totales, está conformado por las micro, pequeñas y medianas empresas.

De acuerdo con los diferentes pronunciamientos sobre los criterios para la definición de las micro, pequeñas y medianas empresas, tomaremos el que actualmente maneja la Secretaría de Economía en materia de clasificación de PyMEs. Tomando como base estas consideraciones la investigación se llevará a cabo en una empresa con las características mencionadas de una PyMe. En el caso de la empresa en análisis cumple con el requisito de ser una mediana empresa por la cantidad de personas que laboran en ella y las ventas anuales, independientemente en el impacto a nivel nacional en algunas entidades federativas de México ya que si sumara toda esta actividad económica de la empresa se podría considerar como una gran empresa.

Tabla 1. Estratificación de empresas publicada en el DOF el 30 de junio de 2009 (INEGI, 2014).

Estratificación de empresas publicada en el Diario Oficial de la Federación 30 de junio de 2009

Cuadro 4

Sector	Estratificación								
	Micro			Pequeña			Mediana		
	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Industria	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 250	Desde 100.1 hasta \$250	250
Comercio	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93	De 31 a 100	Desde 100.1 hasta \$250	235
Servicios	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 100	Desde 100.1 hasta \$250	235

*Tope máximo combinado= (trabajadores) X 10% + (ventas anuales) X 90
mdp= Millones de pesos

Esta clasificación por parte de la Secretaría de Economía nos será de utilidad para determinar el tipo de empresa a la cual se llevará a cabo la optimización.

En otros países las PyMEs al igual que en el nuestro son importantes debido al número de trabajadores con los que cuentan así como el porcentaje de ingresos que representan en función del personal ocupado.

Tabla 2. Clasificaciones de las empresas por diferentes organismos internacionales (INEGI, 2014).

Criterios recomendados por la Unión Europea y la OCDE para fines legales y administrativos

Cuadro 5

Tamaño de la empresa	Personal ocupado total	Ventas anuales (Euros)	Balance anual (Euros)
Micro	1 a 9	Menor a 2 millones	Menor a 2 millones
Pequeña	10 a 49	Menor a 10 millones	Menor a 10 millones
Mediana	50 a 249	Menor a 50 millones	Menor a 43 millones
Grande	Más de 250	Mayor a 50 millones	Mayor a 43 millones

Diversas clasificaciones del tamaño de las empresas en función del personal ocupado

Cuadro 6

Institución	Tamaño de la empresa	Personal ocupado total
Instituto Nacional de Estadística y Estudios Económicos de Francia	Pequeña	De 50 a 250
	Mediana	De 251 a 1000
Small Business Administration (Estados Unidos)	Pequeña	Hasta 250
	Mediana	De 251 a 500
Comisión Económica para América Latina (CEPAL)	Pequeña	Entre 5 y 49
	Mediana	De 50 a 250

Fuente: J. P. Zorrilla, *La importancia de las PYMES en México y para el mundo*, 2002.

En México los establecimientos dedicados a las actividades Manufactureras, Comerciales y de Servicios, en general presentaron una tendencia positiva en el número de establecimientos y personal ocupado total. Cabe mencionar que de 2003 a 2008 las unidades económicas aumentaron 40.8% y el personal ocupado total es de 32.9 por ciento (INEGI, 2014) lo que demuestra que es en las PyMEs en donde se

puede presentar el mayor impacto al facilitar la toma de decisiones correspondientes al diseño territorial en función de su incrementar su productividad.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial para América del Norte, México 2007 (SCIAN) las actividades comerciales están contempladas en dos sectores: Comercio al por mayor (Sector 43) y Comercio al por menor (Sector 46).

Para efectos de la propuesta de este modelo, nos enfocaremos en una empresa dedicada a la prestación de servicios en gran parte de México, analizando sólo el estado de Puebla, debido a que cumple con gran parte de la descripción a lo que es el diseño territorial y las SCU (Sales Coverage Units) que se enfocan a la aplicación del mismo. Se logró el contacto con la empresa a fin de garantizar contar con la información que permitiera llevar a cabo la investigación para posteriormente diseñar estrategias enfocadas a la generación de valor dentro de la empresa y en modelos de negocio similares.

1.2 Propósito de la investigación

Existe la necesidad de proponer un modelo que permita rediseñar los territorios de ventas en función de métricas como ampliar la cobertura y el monto de las ventas, el número de vendedores y las formas de determinar bonos de productividad de forma equitativa con la finalidad de incrementar el rendimiento de la empresa del giro servicios.

1.3 Objetivo general

Distribuir eficientemente el recurso humano del área de ventas por medio de un modelo de diseño territorial para la optima distribución del trabajo que permita el óptimo aprovechamiento de los recursos.

1.4 Objetivos específicos.

- Conocer el funcionamiento actual de los recursos del área de ventas a través del análisis de los datos cuantitativos y cualitativos que caracterizan el territorio para categorizar y representarlos gráficamente.
- Determinar estratégicamente el área de mayor valor comercial por medio de la integración cuantitativa y cualitativa de datos para inducir a la mejor toma de decisiones.
- Determinar la asignación de recursos por medio de una orientación estratégica que garantice a partir de la cuantificación de recursos actuales los posibles escenarios de venta para fortalecer la propuesta de valor de la empresa.

1.5 Hipótesis

El nivel socioeconómico de una zona, el nivel de penetración de la empresa y el número de recursos humanos disponibles podrán ser un factor para minimizar el tiempo de venta, aumentar el valor de mercado, el número de nuevos usuarios, y nivelar las cargas de trabajo y comisiones sobre ventas.

1.6 Originalidad del tema

El diseño territorial, como se ha comentado,^o cuenta con aplicaciones diversas siendo el área de ventas – comercio de las mas importantes debido a que en México el 49.9% de las PyMEs se desarrollan en este sector, y el proponer un modelo por medio de esta investigación que impacte en la productividad por medio del análisis de las ventas obtenidas (volumen de ventas), dimensiones del territorio y balanceo de la carga de trabajo de los representantes de ventas permitirá una toma de decisiones estratégica en

las empresas pequeñas y medianas las cuales en México son la mayor fuente de empleo y riqueza.

El diseño territorial ha sido estudiado en temas electorales, en el desarrollo de distritos escolares, en el área comercial y fuerza de ventas así como en el área de servicios. (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005). En México ha sido aplicado en el diseño de territorios de ventas para empresas de herramientas (Olivarez-Benitez, Garcia-Bañuelos, Bernabe Loranca, Ablanado Rosas, & Martínez Flores) 2013 y con aplicaciones de diseño de territorios de múltiples objetivos utilizando ponderaciones (Olivares-Benitez, Bernabe Loranca, Ablanado Rosas, & Wang) así como otros sistemas de resolución para problemas multi-objetivo (Salazar- Aguilar, Ríos-Mercado, González-Velarde, & Molina, 2012).

Siendo estos autores: Salazar-Aguilar, Ríos-Mercado, González-Velarde, Olivares-Benitez y Bernabé-Loranca los más destacados en el tema debido a las propuestas en el área comercial como en la metodología de resolución de este tipo de problemas.

Dentro de la búsqueda realizada en el estado del arte con respecto del tema se encontraron publicaciones muy específicas para la resolución de métodos sin que alguna de éstas se perfila hacia el tipo de empresas definido así como en la región, es por eso que se considera con un alto potencial el poderle desarrollar.

1.7 Justificación de la investigación

Actualmente los modelos empleados para el diseño territorial se enfocan en aspectos muy específicos de los cuales sólo algunos pueden ser utilizados para un tipo de empresa en particular debido a que éstos criterios se tornan complejos tanto en su medición como en su resolución. Una vez resueltos ofrecen el panorama adecuado para la toma de decisiones con respecto al diseño territorial en función de las estrategias del área de la fuerza de ventas fijada por la empresa.

Como se mencionó en la figura 1 (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005) y en la figura 2 (Salazar-Aguilar, González-Velarde, & Rios-Mercado, 2012) existen diversos modelos para el diseño territorial, por lo cual el pensar que una herramienta que sea útil para las PyMEs del sector servicios en Puebla de tal magnitud permite no solo poder tener una justificada toma de decisiones sino que ésta misma sea la que aumente la productividad de la empresa, y que este tipo de empresas desarrolle este tipo de modelos como plataformas de mejora.

En México podemos afirmar que cerca del 90% de las unidades económicas (INEGI, 2014) son PyMEs. Como se mencionó anteriormente, el 48.3 % de éstas se encuentran en el sector comercial y de las cuales en la región Sur-Sureste que es donde se encuentra Puebla, del sector comercio existen 427 561 unidades económicas que cuentan con 287 164 personas ocupadas con ingresos de 64 978 316 millones de pesos.

Con lo anterior y después de una depuración de publicaciones afines al tema de diseño territorial, se propondrá un modelo que permita a estas empresas el alinear sus territorios de ventas permitiéndoles ser más productivas y flexibles.

1.7 Alcances y limitaciones

1.7.1 Alcances

La presente investigación solo aplica y comprende las empresas analizadas en el periodo de Agosto 2015 a Noviembre del 2018.

Se analizará el caso de una filial de una empresa de servicios de *triple play*¹ de impacto nacional considerando para este estudio la ciudad de Puebla.

1.7.2 Limitaciones

¹ *Triple play*: Servicio que provee internet, televisión y telefonía por un pago mensual.

Esta investigación sólo se limita al análisis y la propuesta del modelo, no abarca otras aplicaciones.

1.8 Organización del estudio



Figura 4. Se enlistan las etapas de la organización del estudio Elaboración propia.
Etapas de organización del estudio.

Como parte del desarrollo de esta investigación se plantea un análisis de las características principales de la empresa de servicios de *triple play* la cual se analizarán criterios como las barrios en la ciudad de Puebla donde se tiene cobertura del servicio por medio de un porcentaje de penetración actual, tomando en cuenta el total de viviendas activas dentro de la barrio y el tiempo promedio de

venta para cada nivel socioeconómico estimado. También la distancia geográfica entre cada una de ellas y un estimado de ventas a obtener.

Por medio de la aplicación de un modelo de la P mediana se obtendrán el número de SCU (Sales Coverage Units) a considerar dentro de esta investigación, las cuales se consideran a partir de las cuadrillas con las que cuenta la empresa para cubrir sus territorios de ventas.

Una vez analizados los datos anteriormente propuestos se espera definir variables como lo son: ventas, carga de trabajo y distancia de cada una de las cuadrillas con la finalidad de plantear el balanceo de las cargas y así definir una propuesta de trabajo para este tipo de empresas.

Con los parámetros definidos se propondrá un balanceo el cual se abordará desde una perspectiva óptima y factible.

Todo lo anterior se desarrollará con el apoyo de modelos matemáticos los cuales serán corridos en el software LINGO en un servidor HP ENTERP/DL 160 GEN 9 / E5-2609V4 con 32 GB de memoria RAM y representados gráficamente por medio de ArqGIS para su mejor comprensión.

CAPITULO II

2.1 Definición del concepto de diseño territorial y otros conceptos vinculados

Para comprender el concepto de diseño territorial y comenzar a desarrollar el trabajo correspondiente, es necesario remontarnos a diversos autores que han desarrollado el concepto en diferentes propuestas de investigación.

Para Goodrum (2013), en sus orígenes, el diseño territorial se considera como el proceso de ubicar la población de una región hacia un grupo determinado de proveedores de servicio. El diseño territorial es reflejado diariamente por el balance entre el proveedor y consumidor.

Existen cuatro escenarios en los problemas de diseño territorial. El primer tipo de escenario se presenta cuando el consumidor y el proveedor son estacionarios, como por ejemplo el drenaje y el sistema de tratamiento de aguas los cuales sin el adecuado diseño podrían generar inundaciones o un mal tratamiento de residuos en el sistema de drenaje. El proponer una solución en este tipo de problemas se centra en la construcción de infraestructura o en sistemas de transporte.

El segundo tipo de escenario trata de un proveedor fijo y un consumidor móvil, como las tiendas de venta al detalle en las que el comprador tiene que asistir a ellas generalmente recorriendo un trayecto y en lo que corresponde a la aplicación de los problemas de diseño territorial dentro de este tipo de condiciones es centrarse en determinar la mejor opción para establecer el nuevo punto de venta. Considerando dentro del diseño la distancia de la población y su disposición a viajar para comprar los productos.

De igual forma por medio del diseño territorial se puede determinar las áreas geográficas que están cubiertas por tiendas existentes. Información que puede ser

de utilidad para el diseñador territorial al momento de considerar ubicaciones potenciales para aperturar nuevas tiendas.

Una variante de este segundo tipo de escenario, pero similar en al momento de diseñar problemas de este tipo, son los distritos electorales los cuales por ley en la mayoría de países deben de contar con una población de votantes un tanto similar y estos distritos deben de ser contiguos y compactos.

La tercera condición ocurre cuando el proveedor es móvil y el consumidor es estático. Un claro ejemplo de este tipo de condiciones se analizará en esta tesis, ya que abordamos servicios de ventas de telecomunicaciones para el hogar. Para este tipo de problemas, el proveedor del servicio de venta viaja a la ubicación del cliente para proveer el servicio.

La cuarta y final condición ocurre cuando tanto el proveedor del servicio como el consumidor son móviles. Un ejemplo de este tipo de condiciones se presenta en situaciones de emergencia cuando tanto quien necesita del servicio como el proveedor deben de encontrarse.

2.2 El problema de la p-mediana.

Para Rouskas (2009) el problema de la p-mediana puede ser considerando como:

“Dados n puntos de "demanda", encuentre p puntos de "oferta" que minimicen la suma de la distancia desde cada punto de demanda hasta su punto de suministro más cercano, con respecto a una métrica de distancia particular.”

De inicio el problema de la p-mediana consideraba las medidas de distancias de forma euclidiana y puede ser abordado desde una perspectiva continua o variable.

Dentro de la investigación se abordó el problema de la p -mediana el cual se considera desde la perspectiva siguiente: Se cuenta con un conjunto definido de cuadrillas de ventas las cuales se espera atiendan a un número definido de clientes y consideraremos como p .

Cada cuadrilla además de considerar el conjunto de clientes potenciales que lo forman, también deberá considerar la ubicación de la mediana y entendamos mediana como el lugar donde se instalarán de inicio para comenzar a brindar el servicio.

Cada mediana (instalación de la cuadrilla) determinará el costo de la cuadrilla en función de su ubicación, sin que exista una restricción de capacidad en la atención de las cuadrillas pudiendo ser asignado cada cliente a la mediana más cercana. El objetivo central es garantizar el costo mínimo del conjunto de clientes.

Es considerado por Rouskas (2009) que el problema discreto de la p -mediana nos brinda la facilidad de considerar una lista de puntos candidatos de los cuales los puntos de oferta podrán ser elegidos. De esta forma el problema se considera como un problema variable.

2.3 Modelo matemático de la p -mediana

Este modelo es considerado como una representación matemática de las variables ya mencionadas. A continuación, se considera el siguiente modelo de programación matemática para el problema, el cual se definen las siguientes variables de decisión:

p numero de cuadrillas a localizar

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{si el objeto } i \text{ es seleccionado como mediana} \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

y

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el objeto } j \text{ se asigna a la mediana } i, \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

x_{ij} la fracción de la demanda del cliente j que es suministrado por la mediana i .

El problema se puede modelar de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

sujeto a

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} y_i = p \quad (3)$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in N, j \in N \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$x_{ij} > 0 \quad \forall i \in N; j \in N. \quad (6)$$

La función objetivo (1) minimiza la sumatoria total ponderada de las distancias de acuerdo a las asignaciones. Las restricciones (2) aseguran que medianas j deben ser satisfechas. La restricción (3) asegura p medianas para ser asignadas. Finalmente, las restricciones (4)–(6) aseguran que los objetos solo puedan ser asignados a las medianas seleccionadas.

2.4 Características específicas del diseño territorial

Se deben considerar dos aspectos importantes dentro del diseño territorial, la asignación de la ubicación y la selección de la ubicación. La selección de la ubicación es el proceso de identificar la referencia adecuada para los proveedores de servicios. La selección de la ubicación es el proceso de reducir las ubicaciones potenciales al subconjunto más eficiente. En ambos casos es necesario identificar el área, o el área de captación en donde el proveedor atraerá su población.

Se deben tomar en cuenta tres características para un buen diseño territorial las cuales son: equidad, contigüidad y compacidad. La contigüidad es la noción de que toda la población asignada a un proveedor de servicios procederá de ubicaciones geográficamente adyacentes.

La compacidad es más una cualidad estética que una cantidad. El concepto es que un círculo contiene el área más grande por la longitud del perímetro. Sin embargo, el uso exclusivo de áreas de servicio circular requeriría que las áreas se superpongan o que partes de la región se queden sin servicios. Equidad en la mayoría de los casos es considerada como igualdad, sin embargo no siempre es la única posibilidad pues al considerar distritos electorales se podría hablar que un ciudadano es un voto pero al hablar de escuelas no se habla de un mismo número de estudiantes en cada una de ellas sino que cada estudiante cuente con el mismo número de escuelas disponibles.

2.5 Aplicaciones del diseño territorial

Con lo que respecta al diseño de territorios para otras aplicaciones encontramos territorios para instalaciones que proveen un servicio en una ubicación determinada como pueden ser escuelas, hospitales, instalaciones sociales o de instituciones públicas, etc. En donde por lo general se utiliza una ubicación fija.

En la Tabla 3 se toma la referencia por parte de (Kalcsics, et al 2005) en donde analizan una serie de artículos de solución de problemas de diseño territorial del área de ventas y servicios considerando que se denomina con (“+”) o (“-“) si en el artículo se cuenta con la inclusión de los criterios. Para la parte organizacional en la columna que se denomina con “número de territorios” y “ubicación de representativos de ventas”, una “F” o “V” indica si el número de localizaciones son fijas o variables. “Mult” se considera para modelos que analizan más de una actividad de medición.

Tabla 3. Traducida y tomada de “Towards a Unified Territorial Desing Approach – Applications, Algorithms and GIS Integration.” Elección selecta de estudios de investigaciones para el diseño territorial de ventas y servicio. (Kalcsics, Nickel, & Schröder, 2005).

Referencia	Aplicación	Organizacional		Geográfica		Actividades relacionadas	
		Número de Territorios	Ubicación	Contigüidad	Accesibilidad	Balanceo	Ganancia
Hess & Samuels (1971)	Ventas/ Servicio	F	V	-	-	+	-
Easingwood (1973)	Servicio	F	F	+	-	+	-
Shanker et al. (1975)	Ventas	V	F	+	+	+	+

Segal & Weinberger (1977)	Servicio	F	F	+	-	+	-
Glaze & Weinberger (1979)	Ventas	F	V	-	+	-	+
Zoltners (1979)	Ventas	F	V	+	+	+/Mult	-
Marlin (1981)	Servicio	F	F	-	-	+	-
Ronen (1983)	Servicio	F	F	-	-	+	-
Zoltners & Sinha (1983)	Ventas	F	F	+	+	Mult	-
Fleischman & Paraschis (1983)	Ventas	F	V	-	V	+	-
Skiera & Albers (1994)	Ventas	F	F	+	+	-	+
Drexl & Haase (1999)	Ventas	V	V	+	+	-	+
Blais et al. (2003)	Servicio	F	-	+	+	-	+

La tabla 4 contiene un resumen de los trabajos más importantes en lo que respecta al diseño territorial que ha sido desarrollado en los diferentes campos que se han comentado como: la distritación política, la distritación de ventas y servicios públicos.

Tabla 4. Tomada y traducida de “A Divide-and-Conquer Approach to Commercial Territory Design” Resumen de aplicaciones del diseño territorial. (Salazar-Aguilar, González-Velarde, & Rios-Mercado, 2012)

Autor	Aplicación	Criterio	Objetivo	Técnica de Solución
Hess y Weaver (1965)	Política	B,C,F	Simple	Localización-Asignación
Garfinkel y Nemhauser (1970)	Política	B,C,F	Simple	Procedimiento exacto
Hess y Samuels (1971)	Ventas	B,-,F	Simple	Localización-Asignación
Bertolazzi et al (1977)	Servicios	B,-,F	Simple	Procedimiento exacto
Marlin (1981)	Servicios	B,-,F	Simple	Localización-Asignación
Pezzella et al. (1981)	Servicios	B,C,F	Simple	Localización-Asignación
Fleischman y Paraschis (1988)	Ventas	B,-,F	Simple	Localización-Asignación
Hojati (1996)	Político	B,C,F	Simple	Localización-Asignación
Mehrotra (1998)	Político	B,C,V	Simple	Heurística basada en Branch y Price
Drexl y Haase (1999)	Ventas	B,C,V	Simple	Heurística

Guo et al. (2000)	Político	B,C,F	Bi- Objetivo	MOZART
Muyldermans et al. (2002)	Servicios	B,C,F	Simple (Σ)	Heurística de dos fases
Blais et al. (2003)	Servicios	B,C,F	Simple (Σ)	Tabu search
Bozcaya et al. (2003)	Político	B,C,F	Simple (Σ)	Tabu search y memoria adaptativa
Ricca y Simeone (2004)	Político	B,C,F	Simple (Σ)	Old bachelor acceptance
Bong y Wang (2004)	Político	B,C,F	Three- objetivo	Tabu search and scatter search
Baao et al. (2005)	Político	B,C,F	Simple	Algoritmos genéticos
Chou et al. (2007)	Político	B,C,F	Simple (Σ)	Alineación simulada y algoritmos genéticos
Tavares y Figueira (2007)	Servicios	B,C,F	Bi- objetivo	Algoritmo evolucionario con búsqueda local
Caballero-Hernandez et al. (2007)	Comercial	B,C,F	Simple	GRASP
Segura-Ramiro et al. (2007)	Comercial	B,C,F	Simple	Localización-Asignación
Ricca y Simeone (2008)	Político	B,C,F	Simple (Σ)	Descent, tabu search old bachelor acceptance y alineación simulada
Ríos-Mercado y Fernandez (2009)	Comercial	B,C,F	Simple	GRASP Reactivo

Salazar-Aguilar et
al. (2011)

Comercial B,C,F

Procedimiento exacto

En la tercera columna se hace referencia a la letra 'B' cuando el problema es balanceado, a la letra 'C' cuando incluye conectividad y a la letra 'F' si es una posición fija.

Es de gran importancia conocer los conceptos que mayormente son utilizados al momento de realizar estudios de diseño territorial para una mejor comprensión del tema debido a como se mencionó en las Figuras 1-3 existen diversas aplicaciones para el diseño territorial.

La importante pero difícil tarea de diseñar territorios de ventas se vuelve una práctica común en todas las compañías que operan con una fuerza de ventas y necesitan subdividir el mercado en regiones que deben ser responsablemente atendidas. El problema de diseñar territorios de servicio está estrechamente relacionado para atender clientes o instalaciones técnicas.

Existen varias motivaciones para alinear a los territorios existentes o crear nuevos territorios, principalmente este tipo de motivaciones impacta en el incremento o decremento del número de ventas y del personal encargado de las mismas la cual se verá reflejada en un impacto en el ajuste del territorio. No siempre se toman decisiones de este tipo, generalmente se suele balancear la carga de trabajo o cubrir con el personal existente los nuevos territorios.

El número de territorios a menudo es definido por el planeador de la fuerza de ventas o el área comercial. Los territorios de ventas en la mayoría de los casos no basan su diseño en la atención de un sólo cliente. De hecho, los clientes suelen ser agregados

en pequeñas áreas las cuales generalmente terminan funcionando como la base de un nuevo proceso de diseño territorial.

Suele ser notable que las ubicaciones únicas dan como resultado una relación más firme con los clientes debido a que se evita tener atrasos en la cobertura pues esta suele ser más directa. En cuanto a criterios geográficos se puede decir que estos criterios en su mayoría son motivados por el hecho de que los representantes de ventas deben viajar entre sus territorios.

En el contexto de la contigüidad de los territorios deben estar geográficamente conectados. En el criterio de accesibilidad se deben considerar las mejores condiciones de acceso a los territorios en función de infraestructura como autopistas, servicios de transporte, servicios; siempre en función de reducir el tiempo de traslado a las instalaciones.

La compacidad de los territorios suele desarrollarse en función de ubicaciones geográficas, actividad de las ventas y servicio, así como trayectos más cortos. El enfoque central radica en tiempos de recorrido mínimos.

2.6 Método Épsilon restricción.

Existen diferentes métodos para resolver problemas bi-objetivo de optimización, de los cuales se propuso para este caso aplicar el método de Épsilon-restricción tomando como referencia a (Kalyanmoy, 2009) quien realiza un análisis muy puntual y preciso del método y de quien podemos considerar las siguientes ventajas:

- Pueden encontrarse diferentes soluciones Pareto-óptimo al usar diferentes valores de Épsilon.
- El método puede ser utilizado en problemas con objetivos en espacios convexos o no convexos.
- En términos de la información requerida por el usuario, este algoritmo es representado por un vector ponderado, representado de alguna manera dentro del frente de Pareto que se obtiene.

- El vector utilizado dentro del frente de Pareto representa la solución del problema no importando que sea convexo o no convexo.

Haimes et. al (1971) sugiere replantear el problema de optimización multi-objetivo manteniendo una función objetivo y manteniendo el resto como restricciones.

El problema se puede modelar de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } f_{\mu}(X), \quad (1)$$

sujeto a

$$f_m(X) \leq \varepsilon_m, \quad m = 1, 2, \dots, M \text{ y } m \neq \mu; \quad (2)$$

$$g_j(X) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, ; \quad (3)$$

$$h_k(X) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (4)$$

$$X_i^{(L)} \leq X_i \leq X_i^{(U)}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

El parámetro ε_m , representa el límite superior del valor de f_m y no necesariamente debe ser un valor cercano a cero. Para ilustrar como funciona el método bi-objetivo Épsilon-restricción puede considerar lo siguiente. Se mantiene f_2 como función objetivo y a f_1 como restricción: $f_1(x) \leq \varepsilon_1$. En la figura lo representaremos de forma gráfica.

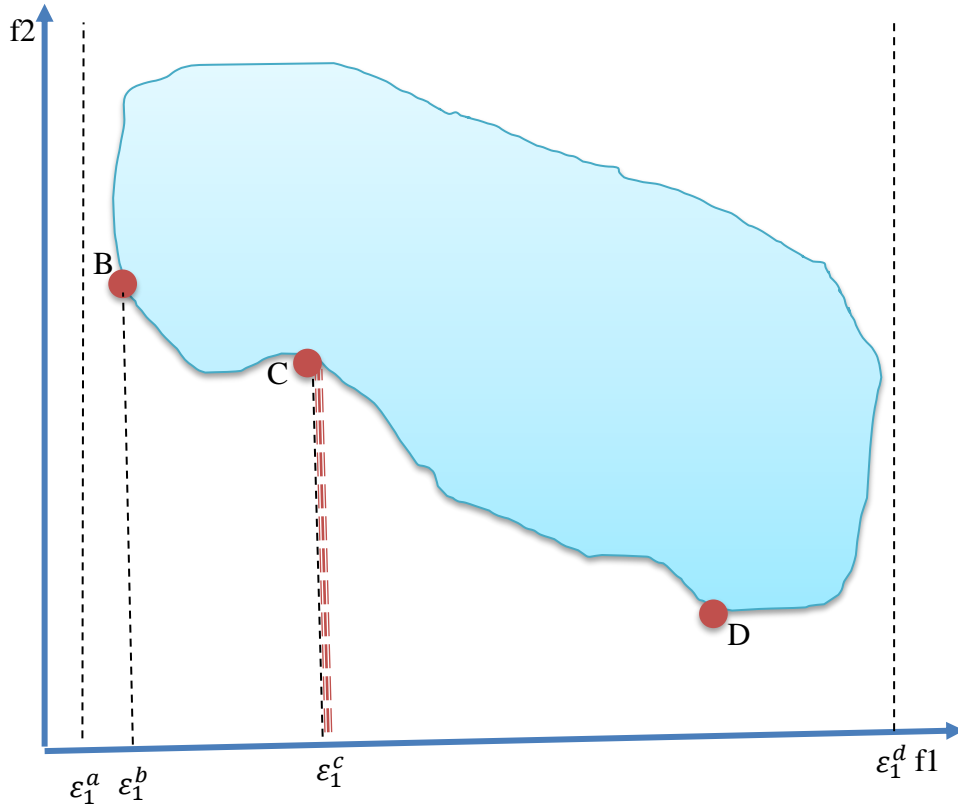


Figura 5. Representación gráfica de épsilon restricción tomado de (Kalyanmoy, 2009).

Se puede considerar el escenario en donde $\varepsilon_1 = \varepsilon_1^c$ de inicio. El problema resultante con esta restricción divide el área factible de solución en dos porciones, $f_1 \leq \varepsilon_1^c$ y $f_1 > \varepsilon_1^c$. El lado izquierdo se vuelve la solución factible.

CAPITULO III

ORGANIZACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 La empresa

La empresa en donde se realiza la investigación se dedica a la venta de servicios triple-play² los cuales se catalogan como televisión por cable, teléfono e internet dentro del estado de Puebla en donde se distribuyen por diferentes regiones a lo largo del estado.

Actualmente la empresa divide al estado en quince diferentes regiones en las cuales se incluye información sobre los clientes como:

- Barrios
- NSE Potenciales
- % Penetración Actual
- Clientes Activos
- Por vender

En la tabla 6 se nombra a cada una de las quince regiones es clasificada por la empresa de forma diferente y considera el siguiente número de barrios.

Tabla 5. Elaboración propia. Se mencionan los nombres de cada una de las zonas consideradas por la empresa así como el número de barrios que incluye.

Número de región	Nombre de la región	Número de barrios
1	Cholula 1	79
2	Puebla 2	55
3	Puebla 3	35

² Empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales: voz, banda ancha y televisión.

4	Puebla 4	34
5	Puebla 5	20
6	Cholula 6	124
7	Puebla 7	18
8	Puebla 8	47
9	Puebla 9	41
10	Puebla 10	54
11	Puebla 11	50
12	Puebla 12	52
13	Puebla 13	38
14	Pueblos 1	35
15	Pueblos 2	63

La empresa cataloga el nivel socioeconómico de cada barrio tomando como referencia la clasificación desarrollada por la Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión AMAI, la cual considera 7 niveles diferentes³.

- A/B
- C+
- C
- C-
- D+
- D
- E

³ El índice de Niveles Socioeconómicos es regla, basada en un modelo estadístico, que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles. <http://nse.amai.org/nse/>

En el apartado de potenciales se considera el total de casas con las que cuenta el barrio. Se mencionó por parte de la empresa que ese dato lo obtuvieron por parte de los desarrolladores o alguna dependencia de la cual no quisieron mencionar mas detalles.

Con respecto del porcentaje de penetración se estimó con una relación entre el total de casas con las que cuenta la barrio y las que cuentan con el servicio contratado por parte de la empresa.

Derivado de este porcentaje se consideran las casas que cuentan con el servicio en el apartado activos, también se considera el número de clientes por vender.

Proceso de venta

- Organización de cuadrillas: La organización de la fuerza de ventas de la empresa es a través de quince cuadrillas las cuales están conformadas por 14 vendedores y 1 supervisor
- Punto de reunión: Los vendedores acuden a las oficinas centrales de la empresa en donde definen los barrios que visitarán
- Objetivos de venta: La cuadrilla analiza los datos que han sido mencionados previamente como lo son el porcentaje de penetración, clientes actuales y clientes (Haimés, Lasdon, & A. Wismer, 1971) (Kalyanmoy, 2009) potenciales.
- Transporte: La cuadrilla se transporta por medio de una miniván la cual los deja en un punto específico de la barrio a atender para posteriormente citarlos en el mismo punto en un horario determinado.
- Proceso de venta: La cuadrilla se organiza por parejas con la encomienda de visitar cada una de las casas dentro de las barrios determinadas

Los vendedores han considerado que de acuerdo con el nivel socio económico del cliente es el tiempo de atención y el monto contratado; se ha determinado para este estudio los tiempos que se mencionan en la Tabla 8.

Tabla 6. Elaboración propia. Tiempo de dedicación y monto de venta esperado en función del segmento de mercado.

SEGMENTO	TIEMP DE DEDICACIÓN EN MINUTOS	MONTO ESPERADO DE VENTA
A Y B	60	1000
C+, C-, D	30	700

3.2 El problema

El uso eficiente de recursos es algo que toda organización se interesa por atender y es por eso por lo que la empresa se interesa en una propuesta de diseño territorial que permitiera a sus trabajadores el balancear sus cargas de trabajo, así como su ingreso.

El problema principal se presenta al momento de la asignación del trabajo por parte de los integrantes de la cuadrilla quienes como se mencionó anteriormente se dirigen a los territorios sin un orden determinado, así como una forma estructurada de atención, lo cual genera un ingreso diferenciado entre los mismos.

La carga de trabajo de igual forma suele ser dispar debido a que a pesar de de existir un tiempo de atención e ingreso diferenciado en función del nivel socioeconómico de la barrio, el ingreso de los vendedores suele depender del número de contratos que coloquen en su jornada de trabajo, de igual forma no es una garantía que a pesar de la clasificación y estimación se logre colocar un contrato de las características mencionadas.

De igual forma el ingreso de los vendedores no necesariamente se relaciona con el número de horas dedicadas a la venta; se propuso el realizar la propuesta de la aplicación de diseño territorial para una óptima asignación para posteriormente balancear las cargas de trabajo.

El problema del diseño territorial de ventas de una empresa de telecomunicaciones ha sido desarrollado a partir de una recopilación de datos en donde se obtuvieron los barrios en donde se tiene presencia por parte de la misma, considerando a todos los potenciales que se incluían en esa zona contando con los suscriptores activos y su nivel socioeconómico.

De esta información se pudo identificar a los barrios en el programa arcGIS por medio del cual y con apoyo de un shade⁴ se identificaron los centroides de los barrios con las cuales se cuenta. Una vez que se contaba con las coordenadas geográficas se convirtieron a radianes para poder aplicar la fórmula de la distancia del círculo mayor Ballou (2004) que involucra la curvatura de la tierra.

Contando con la matriz de distancias entre los barrios analizados, se calculó también la información de la demanda potencial para cada barrio tomando en cuenta los clientes potenciales y el porcentaje de penetración estimando un promedio de los montos contratados por parte de cada segmento de mercado.

3.3 La propuesta

Para considerar un primer acercamiento de solución se plantearon los datos como un problema de la p-mediana en donde la asignación de los barrios se desarrolla por medio de una ponderación de ventas. Se toman las 12 cuadrillas de ventas que atienden la

⁴ Se denomina “Shade” a la plantilla base utilizada dentro del programa arcGIS cuya función es brindar una referencia gráfica tipo mapa.

zona. Estos resultados se reflejarán en un mapa en arcGIS donde se identificarán aquellos territorios que son atendidos por cada una de las cuadrillas de ventas lo cual potenciará las ventas en un futuro.

La solución del problema propuesto se obtuvo por medio de *LINGO 15* en donde se propuso el modelo matemático de la *p*-mediana identificando los 79 barrios que forman parte de las unidades que son cubiertas en la zona por medio de las 12 cuadrillas de ventas.

3.4 Modelo matemático

A continuación, se considera el siguiente modelo de programación matemática para el problema. Se definen las siguientes variables de decisión:

p número de grupos a localizar

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{si el objeto } i \text{ es seleccionado como mediana} \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

y

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el objeto } j \text{ se asigna a la mediana } i, \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

x_{ij} la fracción de la demanda del cliente j que es suministrado por la mediana i .

El problema se puede modelar de la siguiente manera:

(1)

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{jci} x_{ij}$$

sujeto a

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} y_i = p \quad (3)$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in N, j \in N \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$x_{ij} > 0 \quad \forall i \in N; j \in N. \quad (6)$$

La función objetivo (1) minimiza la sumatoria total ponderada de las distancias de acuerdo a las asignaciones. Las restricciones (2) aseguran que medianas j deben ser satisfechas. La restricción (3) asegura p medianas para ser asignadas. Finalmente, las restricciones (4)–(6) aseguran que los clientes solo puedan ser asignados a las medianas seleccionadas.

La forma en como se asignaron valores en los elementos de la fórmula corresponde de la siguiente manera:

Se obtuvo la distancia geolocalizada de la fórmula utilizada por (Vincenty, 1975) en la cual por medio de la ubicación de dos puntos en este caso centroide de los barrios asignados a cada zona, su latitud y longitud se obtuvo la distancia.

Se realizó la estimación en horas totales considerando el producto del tiempo de atención de cada cliente con respecto al número de casas por ser atendidas.

De la misma forma, se consideró el monto de demanda en función del producto con respecto del nivel socioeconómico y el monto promedio que se puede obtener de cada tipo de cliente considerando su nivel socioeconómico.

Se consideró una p mediana de 12 elementos ya que se hacía referencia al número de cuadrillas con las que se cuentan.

Para poder realizar un balanceo en las cargas de trabajo se consideró un método de optimización bi-objetivo del tipo ε -restricción.

3.5 Bi-objetivo

Para balancear las cargas de trabajo representadas en el modelo anterior del tipo suma ponderada se sugiere el uso del tipo ε -restricción el cual se utiliza en la resolución de problemas del tipo espacios objetivos no convexos. Haimes et al. (1971) sugiere reformular el Problema Multi Objetivo de Optimización manteniendo uno de los objetivos y restringiendo el resto de los objetivos sin valores específicos.

Para el modelo que estamos analizando se incluyen las horas como w y Épsilon como el límite de la restricción que permita considerar una relación entre los ingresos y las horas invertidas.

Se considera como x_{ij} la fracción de la demanda del cliente j que es suministrado por la mediana i .

El problema se puede modelar de la siguiente manera:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_j c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

sujeto a

(2)

$$\sum_{i \in N} y_i \left(\sum_{j \in N} w_j x_{ij} - \mu \right)^2 \leq \varepsilon$$

$$\begin{aligned} \sum_{i \in N} x_{ij} &= 1 & \forall j \in N \\ \sum_{i \in N} y_i &= p \end{aligned} \quad (3)$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0 \quad \forall i \in N, j \in N \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$x_{ij} > 0 \quad \forall i \in N; j \in N. \quad (6)$$

La función objetivo (1) minimiza la sumatoria total ponderada de las distancias de acuerdo a las asignaciones. La restricción (2) considera que la sumatoria al cuadrado de las medianas debe ser menor a Épsilon. La restricción (3) asegura p medianas para ser asignadas. Finalmente, las restricciones (4)–(6) aseguran que los objetos solo puedan ser asignados a las medianas seleccionadas.

CAPITULO IV

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

4. Sales Coverage Units (SCU)

Los territorios que se diseñan en pequeñas áreas geográficas se definen según Correa, Ruvalcaba, Olivares & Zanella como Unidades de Cobertura de Ventas ó *Sales Coverage Units* (SCUs), en unidades geográficas más grandes que son conocidas como territorios según. (Correa Medina, Ruvalcaba Sánchez, Olivares Benitez, & Zanella, 2012). Estos territorios deben de satisfacer ciertas características determinadas por la

empresa que lo defina en donde se deben de considerar los clientes que se atenderán, los tipos de productos, el área geográfica, el volumen de ventas, la fuerza de ventas, las dimensiones del territorio entre otras.

La forma en como se obtuvieron los SCUs para este problema fue directamente por parte de la empresa que presta el servicio de ventas de empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales: voz, banda ancha y televisión. Quienes consideran para el estado de Puebla 15 regiones las cuales han sido consideradas de la siguiente manera:

Tabla 7. Elaboración propia. Se presentan las quince regiones consideradas por parte de la empresa.

SCUs	Barrios
Cholula 1	79
Puebla 2	55
Puebla 3	35
Puebla 4	34
Puebla 5	20
Cholula 6	124
Puebla 7	18
Puebla 8	46
Puebla 9	41
Puebla 10	54
Puebla 11	50
Puebla 12	52
Puebla 13	38
Pueblos 1	35
Pueblos 2	63

Se eligió para el trabajo de tesis que aquí se presenta el trabajar con la primera SCU (Cholula 1) para desarrollar la metodología de la p-mediana y bi objetivo Épsilon restricción y posteriormente en trabajos futuros aplicar la metodología en el resto de las zonas para validar la funcionalidad de la misma.

De las 79 barrios consideradas en la zona de *Cholula 1* se obtuvieron los centroides por medio del programa ArcGIS⁵ por medio del cual se obtuvo la latitud y longitud en radianes lo cual permitió el proponer una matriz de distancias.

Para obtener las distancias se utilizó la fórmula de la distancia del círculo mayor (Ronald H. , 2004) la cual considera lo siguiente:

$$D_{A-B} = 3959\{\arccos\{\sin(LAT_A) \times \sin(LAT_B) + \cos(LAT_A) \times \cos(LAT_B) \times \cos|LONG_B - LONG_A|\}\}$$

Donde:

D_{A-B} = distancia de círculo mayor entre los puntos A y B (millas de ley)

LAT_A = latitud del punto A (radianes)

$LONG_A$ = longitud del punto A (radianes)

LAT_B = latitud del punto B (radianes)

$LONG_B$ = longitud del punto B (radianes)

En la tabla 9 se muestra como se obtuvieron las distancias entre las barrios de la SCU elegida para este estudio, la cual quedó de la siguiente manera:

⁵ Software para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

Tabla 8. Elaboración propia. Ejemplo de cómo se obtuvieron las distancias en la zona considerada para el estudio.

Barrios	1	2	3	4	5	6	7
1	0	Dist 1-2	Dist 1-3	Dist 1-4	Dist 1-5	Dist 1-6	Dist 1-7
2	Dist 2-1	0	Dist 2-3	Dist 2-4	Dist 2-5	Dist 2-6	Dist 2-7
3	Dist 3-1	Dist 3-2	0	Dist 3-4	Dist 3-5	Dist 3-6	Dist 3-7
4	Dist 4-1	Dist 4-2	Dist 4-3	0	Dist 4-5	Dist 4-6	Dist 4-7
5	Dist 5-1	Dist 5-2	Dist 5-3	Dist 5-4	0	Dist 5-6	Dist 5-7
6	Dist 6-1	Dist 6-2	Dist 6-3	Dist 6-4	Dist 6-5	0	Dist 6-7
7	Dist 7-1	Dist 7-2	Dist 7-3	Dist 7-4	Dist 7-5	Dist 7-6	0

Posteriormente calculamos el esfuerzo de ventas el cual se desarrollo en función de las casas que en cada barrio se consideraban como potenciales considerando que al entrevistarnos con el gerente de ventas de la empresa nos comentó que para los NSE⁶ considerados como A y B el tiempo de atención era en promedio de 60 minutos y para el resto de NSE era de 30 minutos. El cálculo se obtuvo del producto de las casas por vender por el tiempo de atención como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Elaboración propia. Ejemplo de cómo se obtuvo el cálculo de los montos por vender y el esfuerzo en tiempo.

⁶ NSE: Nivel Socio Económico.

	COLONIAS	NSE	POTENCIALES	% PENET. ACTUAL	ACTIVOS	Por Vender	Por Vender \$	Esfuerzo (casas X tiempo min)
1	Cipreses de San	A	46	52.17%	24	22	22002	1320
2	Conjunto Res La	A	44	36.36%	16	28	28002	1680
3	Fracc Xochicalitl	B	28	39.29%	11	17	16999	1020
4	Fracc. las Cumbres	B	15	53.33%	8	7	7001	420
5	Fracc. Las Vigas	B	10	30.00%	3	7	7000	420
6	Villas Residencial del Puerto	B	121	19.01%	23	98	97998	5880
7	BARRIO DE SAN ANDRÉS FLORESA	C-	225	10.22%	23	202	141404	6060
8	BARRIO DE SAN PABLO TECOMAN	C-	405	26.17%	106	299	209308	8970

De igual forma para obtener una estimación de las ventas potenciales de la SCU se consideró el producto de las casas por vender y para los NSE A y B se estimó un ingreso promedio de \$1000 y para el resto de los niveles el ingreso considerado fue de \$700 en promedio debido al costo de los servicios de empaquetamiento.

4.1. Cuadrillas

Las cuadrillas las considera la empresa como un grupo de 14 vendedores organizados por medio de un supervisor de cuadrilla y transportados por un operador en una unidad del tipo transporte de pasajeros tipo panel rotulada con la marca de la empresa. La empresa cuenta con 12 cuadrillas que cubren las diferentes SCU.



Figura 6. Toyota (2019) Ejemplo de medio de transporte utilizado por las cuadrillas.

Recuperado de <https://www.toyota.mx/modelo/hiace>

Cada vendedor está identificado con el uniforme de la empresa que consiste en gorra, camisa tipo polo de manga larga, gafete identificacador y materiales de promoción como formatos y posters.

El supervisor se encarga de organizar a los vendedores definiendo las metas de venta así como el área a cubrir, considerando un tiempo de 8 horas el cual inicia cuando se reúnen antes de salir a realizar la venta para posteriormente dirigirse a la SCU definida y posteriormente regresar con el área de ventas de la empresa a proporcionar los datos de los servicios de empaquetamiento vendidos durante la jornada.

4.2. Municipios

Una vez definidos los parámetros se procedió a formular el problema en LINGO Versión 15⁷ de inicio como un problema de la P- mediana el cual se definiría con una $P = 12$ que hacia referencia al número de cuadrillas por parte de la empresa como ya se ha mencionado así como con los parámetros de distancias, estimación de ventas y tiempo de atención.

El modelo de la p-mediana nos sirvió con respecto a las asignaciones como parte del acondicionamiento geográfico, no existe un balanceo de las cargas de trabajo y por ende las ventas entre las cuadrillas por lo cual se procede a balancear las cargas de trabajo.

Épsilon restricción

Al realizar la propuesta de balancear las cargas de trabajo se optó por elegir el método de Épsilon – restricción el cual como se mencionó anteriormente permite considerar una función objetivo la cual se mantuvo del problema original en función de la distancia de la media con respecto de la asignación y una segunda función objetivo se consideró como una restricción como se mencionó anteriormente en la descripción matemática.

⁷ Versión 15 <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>

Por medio de los resultados obtenidos en el modelo propuesto de p-mediana se obtuvo un promedio del total de las horas de trabajo obtenidas como una parte integrada de cada asignación a las cuales se les promedió para determinar el tiempo de atención.

De igual forma se obtuvieron las diferencias al cuadrado de las horas de trabajo con respecto al promedio del tiempo de atención para después sumarlas y con eso obtener el límite superior de nuestra Épsilon y determinar a partir de ahí el número de corridas que se deberían de considerar para el cálculo del método bi-objetivo propuesto. Se consideró un total de 19 corridas las cuales se enuncian en la tabla 10.

Tabla 10. Elaboración propia. Se muestra el valor de cada Épsilon utilizado en la optimización bi-objetivo.

Épsilon	
1	113652
2	227307.4
3	340961.1
4	568268.5
5	681922.2
6	795575.9
7	909229.6
8	1022883.3
9	1136537
10	1250190.7
11	1363844.4
12	1477498.1
13	1591151.8
14	1704805.5

15	1818459.2
16	1932112.9
17	2045766.6
18	2159420.3
19	2273074

El valor obtenido representará las Épsilon que se deberán de calcular en nuestro modelo por medio de LINGO 15 para poder construir nuestro frente de Pareto que determine la distribución más balanceada entre ambas restricciones que se están considerando: horas de trabajo y ventas asignadas.

4.3.- Resultados

El resultado principal que se obtiene por medio de la aplicación de la p-mediana con respecto de los 79 barrios de la empresa de televisión por cable es la ubicación con respecto de la atención que de forma óptima puede ser atendida por las cuadrillas y se muestra en el mapa. Se interpreta al identificar los centros que deben ser abiertos.

Como se muestra en la tabla 11, se identifica a los barrios que deben ser atendidos por cada cuadrilla.

Tabla 11. Elaboración propia. Se muestran las 79 barrios utilizadas en el estudio.

BARRIOS							
CD1	Cipreses de Santiago	CD21	Geo Villas Atlixcayotl	CD41	Villas Orión	CD61	Tlaxcalancingo
CD2	Conjunto Res Las Quintas	CD22	Geo Villas Santa Clara 1a Secc	CD42	Vistas del Ángel	CD62	Tonantzintla
CD3	Fracc Xochicalitl	CD23	Geo Villas Santa Clara 2a Secc	CD43	Alta Vista	CD63	Villas Atlixco 1a Secc
CD4	Fracc. las Cumbres	CD24	Getsemani	CD44	Ángeles	CD64	Villas Atlixco 2a Secc
CD5	Fracc. Las Vigas	CD25	Gobernadores de Puebla	CD45	FIOR DI NEVE	CD65	Villas Atlixco 3a Secc
CD6	Villas Residencial del Puente	CD26	Joyas Arqueológicas	CD46	Fracc. Molino Viejo	CD66	Villas Atlixco 4a Secc
CD7	Barrio de san Andresito	CD27	La Loma Zavaleta	CD47	Galvias	CD67	Actipan
CD8	Barrio de San Pablo Tecoma	CD28	Mayaquen	CD48	Jardines De San Carlos	CD68	Barrio De Sta Maria Cuaco
CD9	Barrio de San Pedro Mexica	CD29	Morillota	CD49	La Santísima	CD69	Barrio La Magdalena Coapa
CD10	Barrio de San Juan Aquiahuac	CD30	Real de Santa Clara I	CD50	Misión de San Martinito	CD70	Quetzalli
CD11	Barrio San Mateo Tianguisnahuac	CD31	San Andres Cholula	CD51	Momoxpan 1a Seccion	CD71	San Bernardino Tlaxcalancingo
CD12	Cemanti	CD32	San Antonio Cacalotepec	CD52	Momoxpan 2a Seccion	CD72	San Francisco Acatepec
CD13	Chautenco	CD33	San Bernabe Temoxtitla	CD53	Oyamel	CD73	San Rafael Comac
CD14	Chipilo	CD34	San Bernardino Chalchihuapan	CD54	Paseos del Ángel	CD74	Santa Ana
CD15	Concepción la Cruz	CD35	Santa Cruz Buenavista	CD55	Quetzalcoatl	CD75	Santa María Tonantzintla
CD16	Concepción las Lajas	CD36	Sta Isabel Cholula	CD56	Residencial Las Dunas	CD76	Sta Clara Ocoyucan
CD17	El Molinito	CD37	UH Magisterio II	CD57	Rincón de Ángeles	CD77	UH SNTE Las Animas
CD18	Emiliano Zapata	CD38	Villa de Los Angeles UC-1	CD58	Rincón De La Fortuna II	CD78	Villa Rivera
CD19	Exhacienda San José Actipan	CD39	Villa de Los Angeles UC-2	CD59	San Martinito	CD79	XEL-HUA II
CD20	Fracc los Frailes	CD40	Villa Floresta	CD60	Santa María la Rivera		

Tabla12. Interpretación de los resultados obtenidos en LINGO. Generación propia.

MEDIANA	BARRIOS O UNIDADES ASIGNADAS	TOTAL DE BARRIOS	VENTAS ASIGNADAS	HORAS DE TRABAJO
CD7	C3,C4,C5,C6,C7, C8,C9,C10,C11, C31	10	\$1,312,522.06	54592
CD14	C14,C62,C67,C6 9	4	\$1,164,786.07	49919
CD32	C19,C20,C32,C6 8	4	\$1,455,595.12	62383
CD33	C33	1	\$734,302.80	31470
CD34	C34	1	\$877,775.85	37619
CD35	C15,C24,C25,C3 5,C45,C46,C47	7	\$2,167,621.47	92898
CD37	C36,C38,C39, C40,C41	5	\$913,656.73	39157
CD43	C43	1	\$125,295.94	5370
CD54	C1,C2,C12,C13, C18,C29,C30,C4 2,C44,C48,C51,C 52,C53,C54,C55, C56,C57,C58,C5 9,C60,C61,C70, C79	23	\$2,590,196.23	110366
CD63	C16,C17,C21,C2 2,C23,C37,C63,C 64,C65,C66,C71	11	\$1,152,862.55	49408
CD75	C26,C27,C28,C4 9,C50,C73,C74,	8	\$1,189,569.78	50982

	C75			
CD76	C72,C76,C77, C78	4	\$1,129,154.25	48392
	TOTALES	79	\$14,813,338.85	632556

En la Figura 7 se muestra la asignación representada en el mapa utilizando arcGIS con colores para cada territorio.

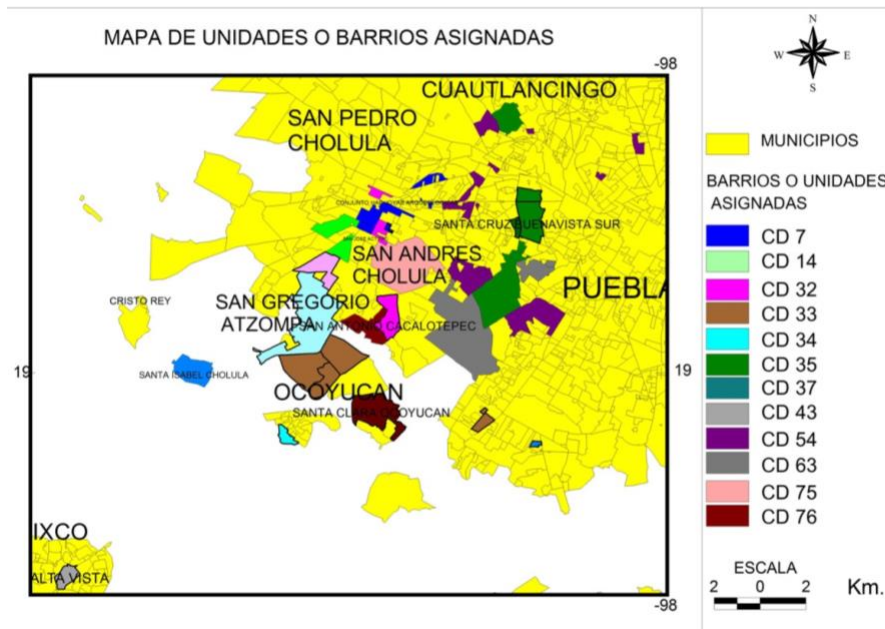


Figura 7. Representación gráfica. Generación propia.

En la Figura 8 se muestra la asignación con líneas que parten de cada mediana para cada territorio.

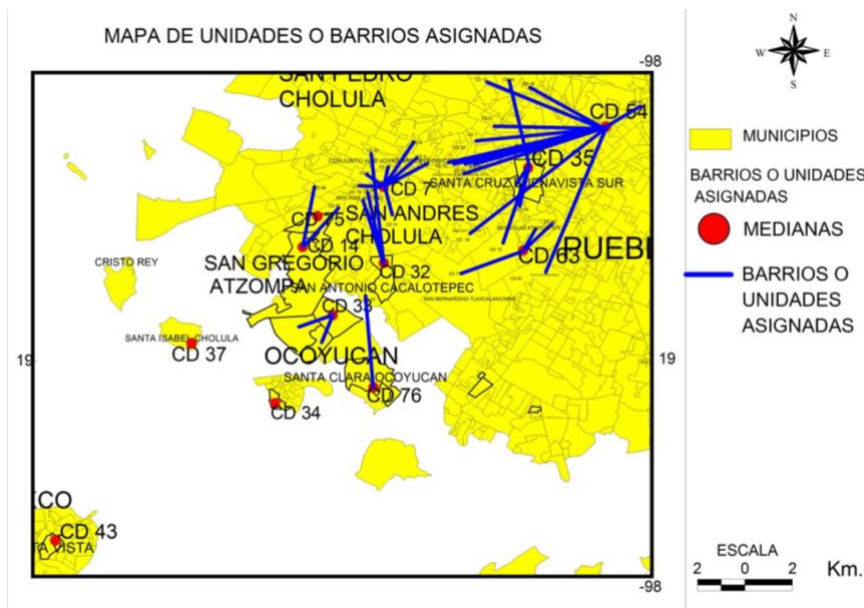


Figura 8. Asignación de medianas. Generación propia.

4.5.- Bi objetivo

Con la aplicación del método Épsilon – restricción una vez considerados los valores de Épsilon se procedió a realizar las iteraciones que cada una requería para posteriormente ajustar obteniendo resultados entre cargas de trabajo, y distancia.

En LINGO se ajustaba el valor de Épsilon y se realizaba la iteración, esta comenzaba a resolverse de forma interna dentro de la computadora destinada para ello y al concluir arrojaba una ventana de solución como la que se presenta a continuación:



Figura 9 : Resultados de la iteración 5 con valor de Épsilon 681922.

Una vez que se contaba con el resultado de la iteración, se procedía a exportar los datos obtenidos a excel en donde se realizaba una tabla dinámica que nos permitía el conocer que centroides fueron designados bajo esa condición.

Posteriormente, una vez indicados los centroides, en una segunda tabla se incluían las horas consideradas para obtenerlas de las asignaciones por medio del producto entre asignación y total de horas.

Con el resultado de estas dos tablas y ajustes de cada iteración obtenida en LINGO se pudo contruir el frente de pareto que permitió entender el balance entre ambas restricciones.

CAPITULO V

RESULTADOS DEL DISEÑO TERRITORIAL EN EL ÁREA DE VENTAS

5. Resultados de la aplicación

El resultado de la aplicación de este modelo se refleja por medio de un frente Pareto en el cual se presentan los resultados del balance de cargas de trabajo entre el Épsilon considerado, así como el resultado obtenido de la distancia recorrida y la carga de trabajo para cada cuadrilla.

5.1. Ventajas

La ventaja principal se centra en que al utilizar este método se puede obtener el número de valores que se requiera al darle valores a Épsilon con la finalidad de encontrar las soluciones que mejor satisfagan ambas consideraciones en cuanto a las restricciones planteadas.

En el resultado de la aplicación de este modelo podemos observar que se cumple con el balanceo de carga de trabajo así como las distancias recorridas.

5.2.- Beneficios

El principal beneficio se centra en la asignación de las cuadrillas de trabajo por parte de la empresa, por medio de los resultados obtenidos en este estudio se podría considerar que se obtiene una gama de distribuciones las cuales garantizan un balance entre las distancias y las cargas de trabajo como se muestra a continuación:

Tabla 13. Elaboración propia. Resultados del balanceo de cargas de trabajo y distancia con respecto al valor de Épsilon.

	ÉPSILON	DISTANCIA	CARGA DE TRABAJO
1	113652	5177828	109772.917
2	227307.4	3365731	165430.917
3	340961.1	2352704	278040.917
4	568268.5	2336304	510480.917
5	681922.2	2299555	656034.917
6	795575.9	2243994	795392.917
7	909229.6	2249804	836630.917
8	1022883.3	2158464	997932.917
9	1136537	2145805	1135474.92
10	1250190.7	2110337	1244090.91
11	1363844.4	2087208	1362042.92
12	1477498.1	2074909	1453378.92
13	1591151.8	2047011	1590200.92
14	1704805.5	1998557	1698206.92
15	1818459.2	1967622	1815712.92
16	1932112.9	1963857	1879882.92
17	2045766.6	1942135	2040086.92
18	2159420.3	1930948	2151494.92
19	2273074	1926028	2273074.92

El frente de Pareto nos sirve para representar la relación que existe entre 2 variables, en este caso se consideran las funciones objetivo que se están abordando en el problema las cuales son representadas de la siguiente manera:

Para el eje “y” se considera la función objetivo que busca optimizar la carga de trabajo y en el eje “x” estamos considerando lo correspondiente a la restricción de distancia las

cuales nos brindan en conjunto una serie de valores que nos permiten representar gráficamente la relación entre ambas funciones.

La representación gráfica de esta relación nos muestra los puntos en que ambas funciones se cruzan cuando se les evalúa con respecto de un valor de épsilon restricción, permitiendo así conocer con respecto al valor evaluado de épsilon la reacción de ambas funciones; lo cual nos brinda el escenario adecuado para la toma de decisiones y consideraciones en el problema.

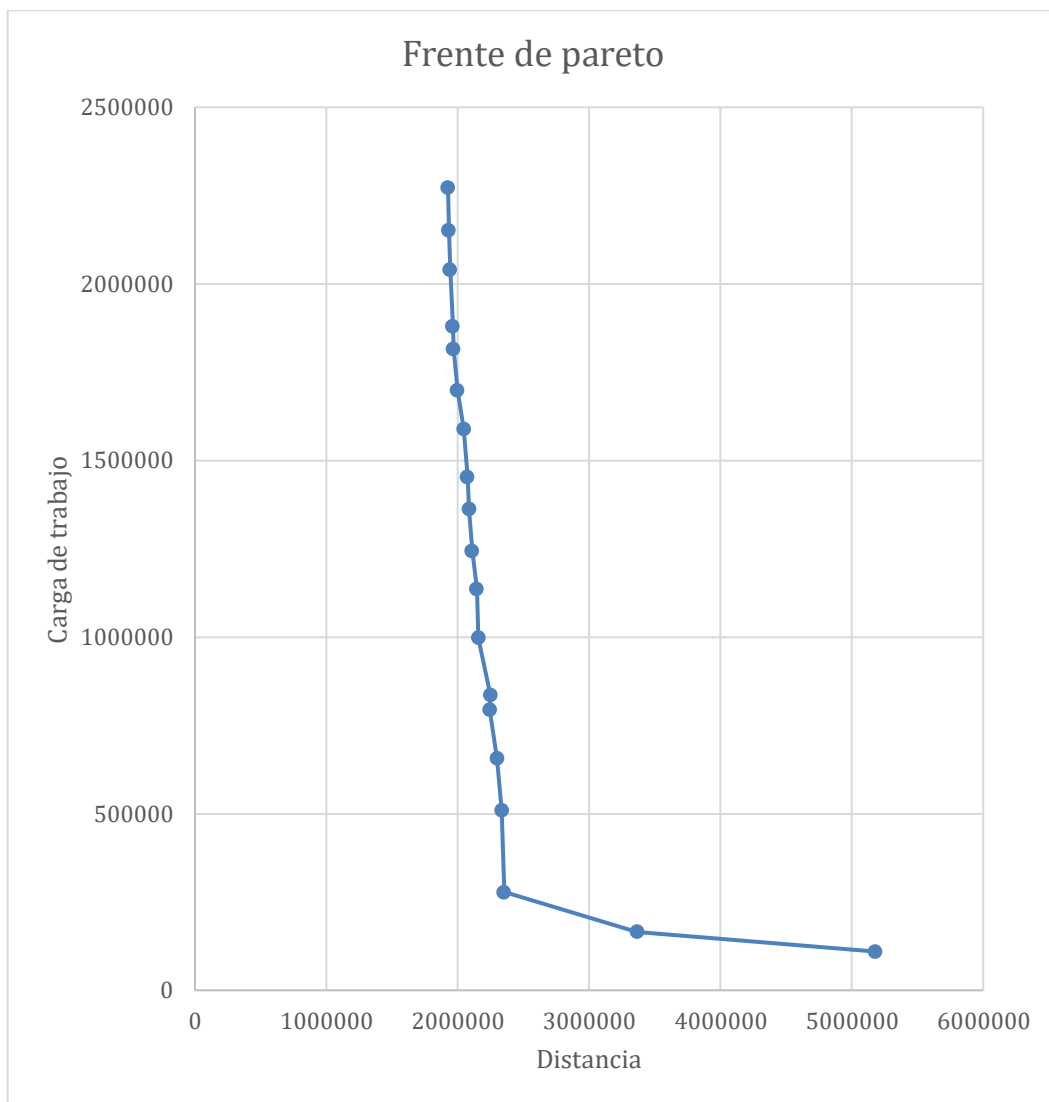


Figura 10. Elaboración propia. Frente de Pareto obtenido a partir de los cálculos realizados en la investigación.

En la figura 6 se muestra como los centroides elegidos por medio de la p mediana son distribuidos en la iteración número 1 donde se define el valor de ϵ de 113652 con respecto al valor de distancia recorrida se obtiene 5177828 y el valor de la carga de trabajo es 109772.917. En esta serie los valores de la iteración se ven representados en la figura 5 en el frente de Pareto.

En la figura 7 se puede observar una redistribución en la asignación de los centroides, en los cuales se obtienen los valores de 2336304 para la distancia y de 510480.917 para la carga de trabajo, siendo hasta ahora el punto óptimo para distribuir las cuadrillas de la empresa de ventas de servicios de televisión por cable, telefonía e internet; esperando con esto una mejora en sus resultados de venta y por consecuencia ser más equitativos.

En las figuras 8 y 9 se redistribuyen los centroides asignados y comparándolos con respecto de la representación gráfica del frente de Pareto podemos observar que los valores de carga de trabajo se mantienen gráficamente muy similares y los de distancia con respecto a ϵ aumentan lo cual nos indica que realizar una distribución de esta forma en la asignación de los cuadrillas de trabajo hacia esos centroides solo aumentaría la distancia a cubrir lo cual se vería reflejado de forma negativa para los propósitos de la investigación. Se recomienda entonces la asignación correspondiente a ϵ 566288.5.

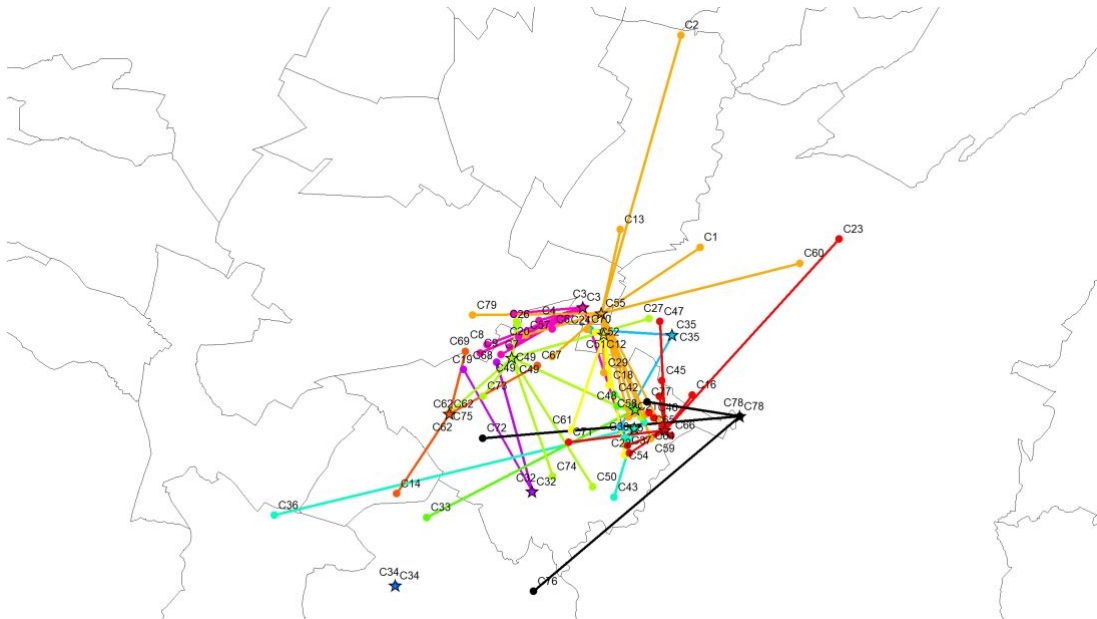


Figura 11. Representación gráfica de Epsilon 113652. Elaboración propia.

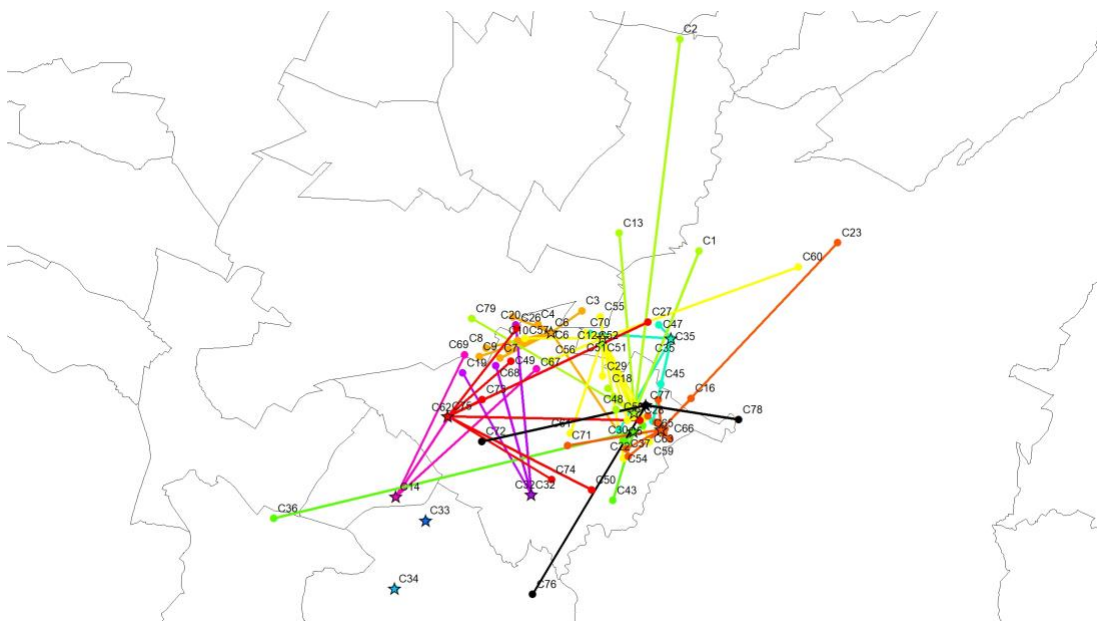


Figura 12. Representación gráfica de Epsilon 566288.5. Elaboración propia.

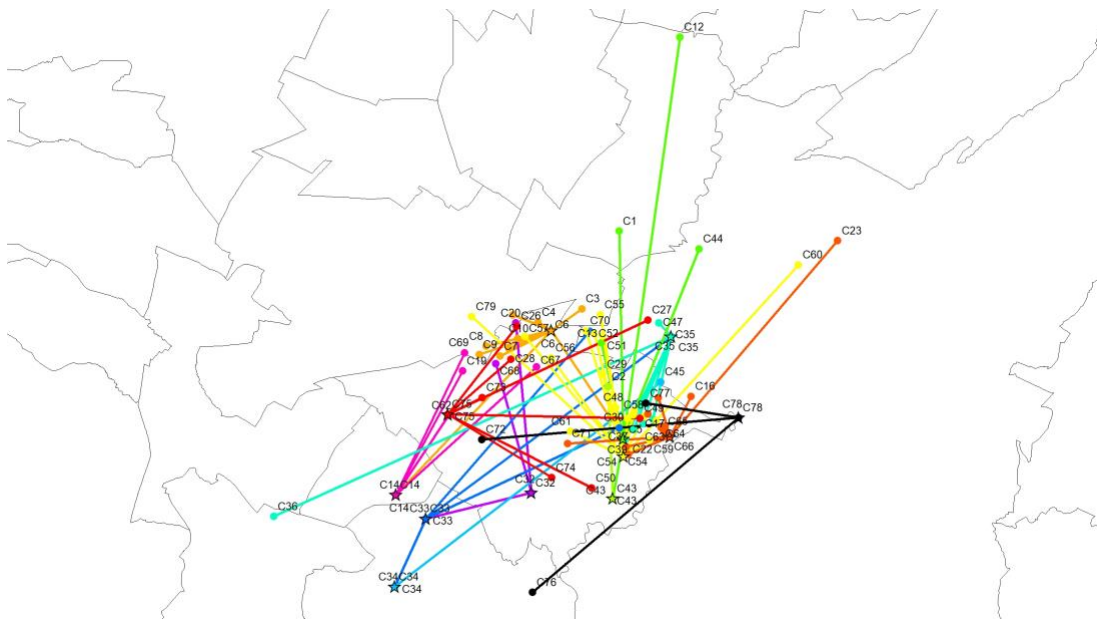


Figura 13. Representación gráfica de Epsilon 1477498.1. Elaboración propia.

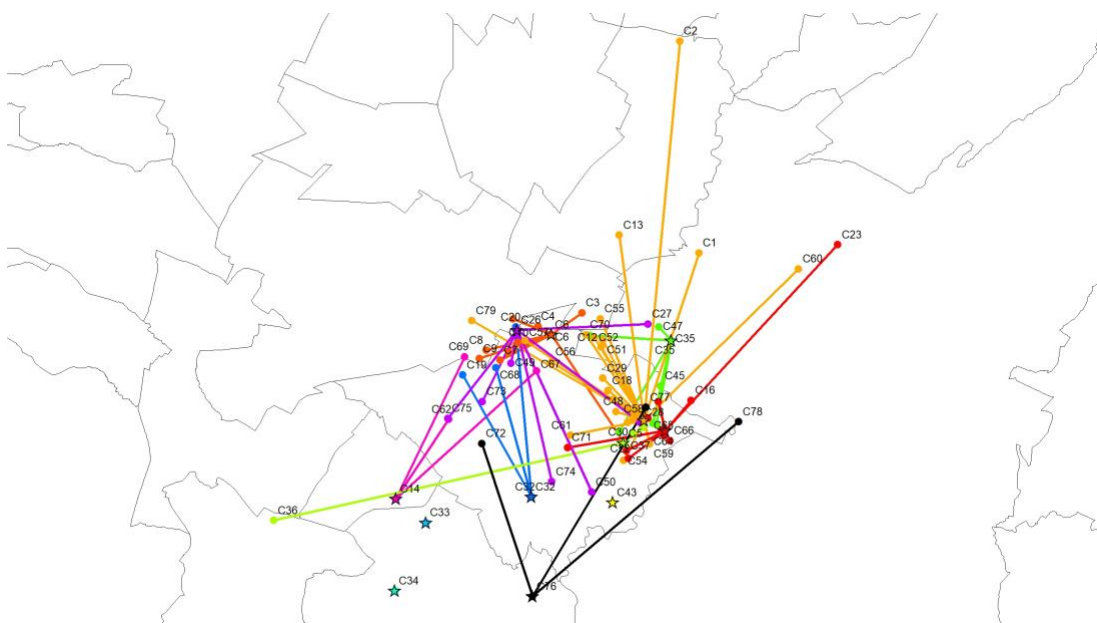


Figura 14. Representación gráfica de Epsilon 2273074. Elaboración propia.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1 Consideraciones finales y trabajos futuros

Este modelo ha sido desarrollado en una de las quince áreas que considera la empresa para llevar a cabo este proceso de ventas. Se consideró esta zona al ser la primera que se catalogó en la empresa y a partir de ella comenzó esta propuesta de modelo bi-objetivo.

Como parte de trabajos futuros se podrá considerar el analizar bajo este mismo modelo el resto de las áreas para determinar la óptima distribución de las cuadrillas obteniendo cargas de trabajo balanceadas en cada una de ellas.

De igual forma se podría considerar el analizar el problema propuesto bajo otros métodos de solución bi- objetivo a pesar de no ser tan precisos como el propuesto pero nos permitirían contrastar resultados.

6.2 Impacto y aplicación

El poder aplicar herramientas de optimización en la toma de decisiones de una empresa permite que existan mejoras en su planeación estratégica pues como se mostró en los alcances de la investigación la redistribución de la fuerza de ventas de la empresa de servicios garantiza que las cargas de trabajo y tiempo de atención sea la

6.2 Conclusiones

Una vez concluida la investigación por medio de la aplicación de los modelos matemáticos en apoyo del software Lingo 15 y el resto de recursos utilizados

pudimos conocer el funcionamiento actual de los recursos del área de ventas, representándolos de forma gráfica y determinando la necesidad de balancear las cargas de trabajo con respecto de las distancias recorridas.

Al aplicar el modelo bi objetivo de resolución con respecto de las cargas de trabajo y distancia recorrida, se pudo determinar la distribución estratégica del área de mayor valor comercial apoyados con representaciones gráficas de los centroides asignados y el frente de Pareto como medio de comprobación.

Balanceando las cargas de trabajo con respecto de la distancia se puede concluir que el mejor escenario ocurre utilizando un valor de ϵ 568268.5 donde gráficamente en el frente de Pareto se observa una mejor integración de la asignación de los recursos y las distancias, orientados estratégicamente a posicionarse en los centroides de la figura 7, garantizando con esto un óptimo escenario de ventas con respecto de los otros valores.

El poder aplicar esta propuesta a PyMEs dentro de sus áreas de ventas permitiría el orientar estratégicamente los recursos permitiéndoles ser más competitivas en el sector y giro al que se dediquen. Es de gran valor el aplicar métodos cuantitativos dirigidos a la toma de decisiones dentro de las organizaciones pues brindan una certeza.

La aplicación de este modelo de diseño territorial en otro tipo de criterios sería de gran apoyo pues como se comprobó en la investigación el método ϵ -restricción conjuntamente con el método de la p-mediana representados gráficamente con un frente de Pareto se podrían ajustar a problemas de otro tipo

como: servicios de distribución, racionamiento, con fines políticos e inclusive fines educativos.

Estas herramientas cuantitativas aplicadas son un gran apoyo al momento de tomar decisiones pues numéricamente podemos observar no solo una solución óptima sino una serie de posibilidades factibles en función de las restricciones que el contexto del problema presente.

Dentro de la investigación se presentó un primer avance dentro del congreso internacional “*Congreso Latino – Iberoamericano de Investigación Operativa*” CLAIO (ver anexo) en el cual como parte de los primeros alcances se contaba con la asignación de los centroides y el número de barrios que cada uno de éstos concentraba sin centrarse en las cargas de trabajo ni en la distancia recorrida.

El participar en este tipo de foros enriqueció mi perspectiva con respecto a la aplicación de los métodos cuantitativos en diversas áreas como la salud, marketing, logística humanitaria, entre otras. Lo cual me brindó un panorama amplio de cómo perfilar la optimización a propuestas de solución.

Participar en este foro no fue tarea fácil pues el doctorado en sí no aborda temas logísticos del todo pero parte de mi formación ingenieril, mi experiencia docente y mis estancias en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y Oklahoma State University (OSU) me brindaron las herramientas necesarias para incursionar en estos temas.

Gran parte del apoyo para llevar a cabo esta investigación se lo debo a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), lugar donde desde agosto el 2011 tengo la fortuna de laborar y de donde pude tener el apoyo para llevar a cabo esta investigación. Conté con apoyo de BUAP para asistir a la presentación del avance de mi investigación en CLAIO por medio de su Vicerrectoría de

Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) y en su momento apoyo de la Facultad de Ingeniería.

Después de tener la presentación en CLAIO fue complicado llevar a cabo las iteraciones correspondientes y necesarias para la graficación del frente de Pareto aplicando el método ϵ -restricción pues la capacidad de cómputo no era la suficiente.

Gracias a un proyecto PADES se logró adquirir un servidor con la potencia de cómputo suficiente para llevar a cabo las iteraciones necesarias y así poder concluir con la investigación.

También conté con apoyo por parte de PRODEP dentro del programa beca para obtención del grado la cual me permitió mantener contacto con mi director de tesis, quien por motivos personales cambió de universidad de UPAEP a UP. Por medio de esta beca tuve también apoyo para la titulación y obtención del grado.

Concluyo esta investigación con la firmeza y optimismo que este tipo de retos nos presenta al momento de abordarlos, agradeciendo siempre a las circunstancias y la confianza depositada en mí para llevar a cabo este trabajo.

Bibliografía

- Correa Medina, J. G., Ruvalcaba Sánchez, L. G., Olivares Benitez, E., & Zanella, V. (Febrero de 2012). Biobjetive model for redesigning sales territories. *International Journal of Industrial Engineering*, 19(9), 350-358.
- Beswick, C. (Marzo de 1977). Allocating selling effort via dynamic programming. *Management Science*, 23(7), 667-678.
- Beswick, C. A., & Cravens, D. W. (Mayo de 1977). A Multistage Decision Model for Salesforce Management. *Journal of Marketing Research*, XiV, 135-144.
- Bozcaya et al. (2003). A tabu search heuristic and adaptive memory procedure for political districting. *European Journal of Operational Research*, 144(1), 12-26.
- De Leo, V., Santoboni, G., Cerina, F., Mureddu, M., Secchi, L., & Chessa, A. (15 de Octubre de 2013). Community core detection in transportation networks. *Physical Review E*, 88.
- Díaz García, J. A., Bernabé Loranca, M. B., Luna Reyes, D. E., Olivares Benítez, E., & Martínez Flores, J. L. (2012). Lagrangean Relaxation for the Geographical Partitioning Problem. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 169-181.
- Drexler, A., & Haase, K. (Octubre de 1999). Fast Approximation Methods for Sales Force Deployment. *MANAGEMENT SCIENCE*, 45(10), 1307-1323.
- Goodrum, R. A. (2013). *Algorithms and Metrics for Territorial Design*. Houston: ProQuest.
- Haimes, Y., Lasdon, L., & Wismer, D. (1971). *On a Bicriterion Formulation of the Problems of Integrated System Identification and System Optimization*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - TSMC.
- Ilies, A., & Wendt, J. (2 de Noviembre de 2012). Territorial Design optimization model at nuts 2 level in Romania. *Revista Romana de Geografie Politica*, XIV, 250-259.
- INEGI. (2014). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos Censos Económicos 2014*. Recuperado el 31 de JULIO de 2015, de Sitio web de inegi: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825077952.pdf
- Kalcsics, J., Nickel, S., & Schröder, M. (2005). Towards a Unified Territorial Design Approach - Applications, Algorithms and GIS Integration. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, 13(1), 1-74.
- Kalyanmoy, D. (2009). *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. Kanpur, India: WILEY.
- Mantrala, M., Albers, S., Caldieraro, F., Jensen, O., Joshep, K., Krafft, M., . . . Lodish, L. (10 de Marzo de 2010). Sales force modeling: State of the field and research agenda. *Springer*.
- Olivares-Benitez, E., Bernabe Loranca, M. B., Ablanedo Rosas, J. H., & Wang, H. (s.f.). Designing Balanced Distribution Territories with Multiple Objectives using Weighted Tabu Search.

- Olivarez-Benitez, E., Garcia-Bañuelos, S., Bernabe Loranca, M. B., Ablanado Rosas, J. H., & Martínez Flores, J. L. (s.f.). Sales force deployment and territory partitioning with multiple objectives.
- R. B. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Ricca, F. (1 de Febrero de 2004). A multicriteria districting heuristic for the agregation of zones and its use in computing origin-destination matrices. *INFOR*, 42.
- Ricca, F., & Simeone, B. (Septiembre de 2008). Local search algorithms for political districting. *European Journal of Operational Research*, 189(3), 1409-1426.
- Salazar- Aguilar, M. A., Ríos-Mercado, R. Z., González-Velarde, J. L., & Molina, J. (4 de Enero de 2012). Multiobjective scatter search for a commercial territory design problem. *Springer Science+Business Media*, 343-360.
- Salazar-Aguilar, M. A., Ríos-Mercado, R. Z., & Cabrera-Ríos, M. (7 de Enero de 2011). New Models for Commercial Territory Design. *Springer Science+Business Media*(11), 487-507.
- Salazar-Aguilar, M. A., Ríos-Mercado, R. Z., & Gonzalez-Velarde, J. L. (Agosto de 2011). A bi-objective programming model for redesigning compact and balanced territories in commercial districting. *Transportation Research: Part C*, 19(5), 885-895.
- Salazar-Aguilar, M., González-Velarde, J., & Rios-Mercado, R. (2012). A Divide-and-Conquer Approach to Comercial Territory Design. *Computación y Sistemas*, 16(3).
- Tabares-Pereira, F., Rui Figueira, J., Mousseau, V., & Roy, B. (17 de Mayo de 2007). Multiple criteria districtin problems The public transportation network pricing system of the Paris region. *Springer Science + Business Media*, 154, 69-92.
- Venegas, P., Cattrysse, D., & Van Orshoven, J. (2011). A Multiple Criteria Heuristic Solution Method for Locating Near to Optimal Contiguous and Compact Sites in Raster Maps. *Geocomputation, Sustainability & Environ, Planning*, 348, 35-56.
- Vincenty, T. (1975). DIRECT AND INVERSE SOLUTIONS OF GEODESICS ON THE ELLIPSOID WITH APPLICATION OF NESTED EQUATIONS. *Survey Review*, 88-93.
- Xiao, N. (18 de Julio de 2006). An Evolutionary Algorithm for Site Search Problems. *Geographical Analysis*, 38, 227-247.
- Xuan, Q., & Wu, T.-J. (17 de Abril de 2009). Country neighborhood network on territory and its geometrical model. *Physical Review E*, 79.
- Zoltners, A., & Sinha, P. (Noviembre de 1983). Sales territory alignment: a review and model. *Management Science*, 29(11).

Anexos



Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa

To Whom It May Concern

We hereby certify that Cesar Argüello, Universidad Autónoma de Puebla, BUAP, México, has registered and participated in XVIII CLAIO, Latin-Iberoamerican Conference on Operations Research, which took place in Centro de Extensión of Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, from October 2nd to 6th 2016.

Cesar Argüello presented the following talk:

- Diseño territorial para el área de ventas de una empresa de televisión por cable.

Thank you



Jorge Vera Andreo
Professor, School of Engineering
Pontificia Universidad Católica de Chile
Chair CLAIO 2016

Santiago, October 6th, 2016



ESUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA

ALIO ASOCIACION LATINO-IBEROAMERICANA
DE INVESTIGACION OPERATIVA



INSTITUTO CHILENO DE
INVESTIGACION OPERATIVA



CLAIO
2016

Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa

2 al 6 de octubre, Santiago de Chile
Centro de Extensión, Pontificia Universidad Católica de Chile

Program & Abstracts

WWW.CLAIO2016.CL

DISEÑO TERRITORIAL PARA EL ÁREA DE VENTAS DE UNA EMPRESA DE TELEVISIÓN POR CABLE

César Antonio Argüello Rosales
Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación, Universidad Popular
Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México
cesar_arguello@correo.buap.mx

Elias Olivares-Benítez
Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación, Universidad Popular
Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México
elias.olivares@upaep.mx

Francisco Javier Méndez Ramírez
Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla
México.
javierkm@prodigy.net.mx

Beatriz Pico González
Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación, Universidad Popular
Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México
beatriz.pico@upaep.mx

Abstract

Palabras clave: diseño territorial; ventas; p-mediana; Puebla.

El particionamiento territorial consiste en agrupar unidades básicas en un número dado de grupos geográficos más grandes, denominados territorios. El problema de particionamiento territorial en este trabajo se modela como un problema de la p-mediana, en donde se analiza una zona determinada de una empresa de televisión por cable en México compuesta de 79 unidades básicas definiendo 12 territorios para la mejora del servicio de ventas. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en este primer análisis se espera que en trabajos posteriores se profundice en el diseño territorial para balancear las cargas de trabajo así como los ingresos captados por cada territorio.