



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL**

**MODELO PARA LA LOCALIZACIÓN DE
SUPERMERCADOS ORIENTADA AL CLIENTE**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN DE OPERACIONES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL**

JUAN PABLO VIDAL VENEGAS

**PROFESOR GUÍA:
MÁXIMO BOSCH PASSALACQUA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PABLO ANDRES REY
FABIÁN MEDEL GARCIA
CRISTÓBAL FERNÁNDEZ ROBIN**

**SANTIAGO DE CHILE
SEPTIEMBRE, 2009**

RESUMEN EJECUTIVO

Una óptima localización es un requerimiento básico para una cadena de supermercados. Las consecuencias de una mala ubicación probablemente no podrán ser compensadas bajo una estrategia de marketing, motivo por el cual la localización se torna en una de las decisiones relevantes que se deben evaluar al momento de una expansión, más aún en una industria con alto grado de dinamismo, competitividad y concentración como lo es en Chile.

El presente trabajo consiste en resolver el problema de localización que enfrenta una compañía al momento de expandirse, en el cual ésta debe decidir donde y cuantas salas abrir.

Para capturar las características del mercado se considerará un modelo de interacción espacial (MCI), mediante el cual es posible generar un indicador, B_oB_i , el cuales utilizado a fin de detectar áreas comerciales para la ubicación de supermercados dentro del Gran Santiago. Con el propósito de decidir el sitio donde realizar la instalación, se utilizará un Modelo de Programación Lineal de Máxima Cobertura Parcial-Total, proponiéndose dos formulaciones, aplicando en caso de no obtener soluciones factibles, Relajación Lagrangiana.

El problema en estudio considera las áreas comerciales con alto potencial a desarrollar en termino de nuevos negocios, siendo estas las comunas de Maipú, Las Condes, Providencia, Vitacura, Pudahuel, Puente Alto y Peñalolén. En ellas se desea instalar 6 tiendas de un universo de 60 potenciales localizaciones.

Es importante destacar que zonas como Maipú, Pudahuel y Puente Alto aún no son explotadas tanto por la cadena en estudio como por la competencia, lo que sugiere un mercado inexplorado y posible de desarrollar con resultados positivos.

Los sitios en los cuales ubicar las nuevas tiendas son propuestos de acuerdo a la estrategia de expansión que considere la compañía, siendo similar la contribución al ingreso esperado de cada una de las configuraciones encontradas.

ÍNDICE

1.0.	INTRODUCCIÓN	6
2.0.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	7
3.0.	OBJETIVOS.....	8
3.1.	GENERAL.....	8
3.2.	ESPECÍFICOS.....	8
4.0.	ALCANCES.....	9
5.0.	METODOLOGÍA.....	10
6.0.	MARCO CONCEPTUAL.....	11
6.1.	MODELOS GRAVITACIONALES.....	12
6.2.	MODELOS ANÁLOGOS.....	14
6.3.	MODELOS DE REGRESIÓN.....	14
6.4.	ANÁLISIS DISCRIMINANTE.....	15
6.5.	MODELOS LOGIT.....	17
6.6.	MODELOS LOCALIZACIÓN –ASIGNACIÓN.....	18
6.6.1.	MODELO MEDIANA-P.....	19
6.6.2.	MODELO DE MÁXIMA COBERTURA	19
6.6.3.	MDOELO DE MÁXIMA CAPTURA.....	20
6.6.4.	MODELO ELECCIÓN-P.....	20
6.7.	ALGORITMOS GENÉTICOS.....	21
6.8.	DIAGRAMAS DE VORONOI.....	23
6.9.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	24
6.10.	CONCLUSIÓN MARCO CONCEPTUAL.....	26
7.0.	DESCIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	27
8.0.	MODELO COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR.....	29
9.0.	DETERMINACIÓN ÁREAS DE COMERCIO.....	33
10.0.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	40
10.1.	ALGORITMO RELAJACIÓN LAGRANGEANA.....	46
10.1.1.	ALGORITMO SUBGRADIENTE.....	51
11.0.	APLICACIÓN.....	52
12.0.	CONCLUSIONES.....	56
13.0.	TRABAJOS FUTUROS.....	59
14.0.	BIBLIOGRAFÍA	59
15.0.	ANEXO.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1: Valor Funciones Objetivo.....	53
Tabla # 2: Gap's Soluciones.....	54
Tabla # 3: Comunas Pertenecientes al Gran Santiago.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1: Manzanas con Oportunidad de Negocio.....	34
Figura # 2: Áreas Comerciales para Potenciales Localizaciones.....	36
Figura # 3: Mapa Político Santiago.....	37
Figura # 4: Distribución Oferta Actual.....	39
Figura # 5: Cobertura Parcial-Total.....	41
Figura # 6: Composición Malla Caso Aplicado.....	52
Figura # 7: Soluciones Caso Aplicado.....	53
Figura # 8: Configuración Malla Soluciones v/s Oferta Actual.....	54
Figura # 9: Configuración Malla Soluciones / Oferta Actual.....	55

INTRODUCCIÓN

La industria del Retail en Chile, se encuentra en pleno proceso de desarrollo corporativo: adquisiciones, fusiones y expansiones internacionales entre otros. Lo anterior hace que el sector Retail en nuestro país sea uno de los con mayor dinamismo en la economía nacional. Dado el escenario que enfrenta la industria antes mencionada y en particular los supermercados, la decisión con respecto de la localización de nuevas instalaciones se torna un tema central. Esto último confirmado por recientes estudios, Ashis Sinha [22], que dan cuenta de la estrecha relación que existe entre lealtad y retención de cliente, traduciéndose en la futura rentabilidad que tendría una nueva localidad.

Encontrar el lugar adecuado para las futuras instalaciones es difícil y requiere tiempo. En particular dar respuesta a las siguientes interrogantes, ¿Qué zonas poseen potencial para ser exploradas? ¿En cuáles de éstas se debería abrir nuevas localidades?, ¿Qué lugares generarán los mayores ingresos? ¿Qué sitios “canibalizarían” menos las ventas de la red existente?

Dentro de este contexto, el presente trabajo consiste en generar una herramienta eficiente para la ubicación de nuevas instalaciones, realizando un análisis espacial junto con una visualización geográfica de la información, respondiendo a las interrogantes antes planteadas y a la vez permitiendo al sector Retail anticiparse a las necesidades del mercado. Para ello se consideran Modelos de Comportamiento de Consumidores y Modelos de Localización Competitiva, lo que se traduce en un sólido respaldo a la toma de decisiones, al momento de la elección de localidades para la implementación de nuevas tiendas, contribuyendo en una mejora con respecto a la competitividad de la cadena bajo estudio.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La industria del Retail, en Chile, presenta altos niveles de dinamismo, competitividad y concentración, esto último reflejado en operadores como CENCOSUD y D&S, los cuales han adquirido cadenas de menor tamaño en los últimos años. Debido a esta tendencia y ante el interés que mostraron en el año 2006 (los actores antes mencionados) por adquirir cadenas regionales, el Tribunal de la Libre Competencia, acogió una solicitud de la Fiscalía Nacional de Economía en la cual, esta última institución, mostró su preocupación por los altos niveles de concentración que se estarían produciendo en el sector. De esta forma, la resolución tomada por el Tribunal, obliga a que la expansión de CENCOSUD y D&S, no podrá realizarse a través de la adquisición de locales ya existentes de otras cadenas, más bien se deberá a la apertura de nuevas tiendas en nuevas ubicaciones.

Junto con el marco legal anteriormente descrito y la búsqueda de una localización orientada al cliente, de manera tal de descubrir nuevas oportunidades de negocio, surge el presente proyecto el cual consiste en desarrollar una metodología para la localización de una cadena de supermercados.

OBJETIVOS

Objetivo General

Modelar la ubicación de nuevas localidades para el sector Retail, en particular supermercados, en base a un análisis cualitativo y cuantitativo, basándose en metodologías y prácticas actuales, considerando la preferencia de los consumidores al momento de la elección del supermercado para realizar la compra habitual, de manera de asistir a la cadena bajo estudio, utilizando herramientas computacionales.

Objetivos Específicos

- ? Definir una metodología y aspectos relevantes que se deben considerar al momento de la localización de supermercados.
- ? Desarrollar un modelo de localización que relacione las características de los supermercados con las preferencias de los consumidores. Dicho modelo debe ser capaz de entregar resultados que constituyan una mejora con respecto al enfoque que se utiliza actualmente, el cual se basa en la experiencia e intuición de los encargados de la localización.
- ? Implementar el modelo sugerido para resolver el problema que enfrenta la cadena en estudio, al momento de instalar nuevos supermercados.
- ? Desarrollar una herramienta replicable para otras empresas en el área del Retail.

ALCANCES

El presente estudio contempla el comportamiento de compra de los clientes del Gran Santiago¹ sin considerar la población flotante². Además se trabajó con datos agregados a nivel de manzanas censales dados los requerimientos de información de los modelos empleados.

Las fuentes de información utilizadas fueron:

- ? CENSO 2002.
- ? 5ª Encuesta de Presupuestos Familiares del INE, la cual permite obtener información de la estructura de gastos de los hogares del Gran Santiago según nivel socioeconómico.
- ? Encuesta de hábitos de compra de los clientes hacia los supermercados, aplicada [41].

¹ Las comunas pertenecientes al Gran Santiago se encuentran disponibles en Anexos, Tabla #3: Comunas Pertenecientes al Gran Santiago.

² Población flotantes es aquella que esta en tránsito por la comuna por diversas razones.

Metodología

A continuación se mencionan las actividades que se realizarán para llevar a cabo el presente estudio.

- ? Revisión bibliográfica relacionada con la localización de nuevas instalaciones aplicada a la industria del Retail, en particular supermercados: Modelos Gravitacionales, Modelos de Regresión, Análisis Discriminante, Diagramas de Voronoi, Modelos Matemáticos y Sistemas de Información Geográfica.
- ? Recolección de Datos necesarios para la aplicación a un caso real.
- ? Pre-procesamiento de los datos: Filtrado de los mismos, Limpieza de atributos nulos o vacíos, Verificación de la actualización de los mismos.
- ? Determinación de las zonas con mayor potencial para la instalación de supermercados en el Gran Santiago.
- ? Planteamiento y discusión del modelo propuesto para resolver el problema de localización.
- ? Conclusiones y recomendaciones sobre trabajos futuros.

MARCO CONCEPTUAL

Una de las principales decisiones que deben tomar las cadenas de Retail tiene relación con la localización de sus instalaciones, lo cual es confirmado por estudios como el propuesto por East [1], los cuales dan cuenta de la estrecha relación que existe entre lealtad y retención de cliente.

A pesar que las técnicas para la localización han estado disponibles desde hace aproximadamente 50 años, la mayoría de las cadenas aún confía más en la intuición y en la experiencia, sin embargo, el aumento del número de clientes, la competitividad junto con la alta concentración y el dinamismo propio del sector, han marcado como tendencia la salida de múltiples tiendas lo que ha puesto una nota de alerta a los tomadores de decisión, los cuales tratan de estar respaldados por diferentes técnicas.

A continuación se describen las técnicas existentes para abordar el problema de localización. La revisión bibliográfica abarca desde los procedimientos clásicos tales como Modelos Gravitacionales, Análogos, Logit, Análisis Discriminante y Análisis de Regresión, para llegar finalmente hasta las más recientes técnicas como lo son los Modelos de Programación Lineal, Algoritmos Genéticos, Mapas de Voronoi y el uso de Sistemas de Información Geográfica. Junto con la descripción de los modelos, se mencionan al mismo tiempo sus ventajas y/o desventajas y sus aplicaciones en el campo de la localización en la industria del Retail.

Modelos Gravitacionales

Los Modelos Gravitacionales son una familia de modelos que se basan en el modelo desarrollado por Newton, los cuales parten del supuesto que la interacción entre dos zonas espaciales está determinada por dos factores. El primero corresponde a un factor de masa o “atracción”: cuanto más grande sea un centro comercial mayor será la predisposición a realizar la compra en él. El segundo factor está determinado por la distancia o “repulsión”: cuanto más lejos esté un centro comercial menor será su atractivo.

La función de utilidad para este tipo de modelos está dada por la expresión:

$$U_{ij} = \frac{A_j^a}{D_{ij}^b} \quad (1.0)$$

Donde:

U_{ij} = Utilidad que percibe un consumidor del nodo “i” por una tienda ubicada en el nodo “j”

A_j = Representa la atracción de la tienda “j”.

D_{ij} = Distancia entre el consumidor “i” y la tienda “j”.

a y **b** = Parámetros que reflejan la sensibilidad del consumidor respecto de la atracción y la distancia respectivamente.

El primero en introducir este enfoque fue Huff [2]. Este autor propuso que los clientes pueden visitar más de una tienda. De este modo se define p_{ij} como la probabilidad de visita del cliente “ i ” a la tienda “ j ” como sigue:

$$p_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{j=1}^m U_{ij}} = \frac{\frac{T_j^a}{D_{ij}^b}}{\sum_{j=1}^m \frac{T_j^a}{D_{ij}^b}} \quad (2.0)$$

Donde:

T_j = Corresponde al tamaño de la tienda “ j ”.

D_{ij} = Distancia entre el consumidor “ i ” y la tienda “ j ”.

a y **b** = Son parámetros que reflejan la sensibilidad del consumidor respecto de la atracción (medida como tamaño) y la distancia respectivamente.

El modelo anterior fue ampliado por Nakanishi y Cooper [3] .Considera diversos factores de atractivo de una tienda, como lo son accesibilidad, marca, etc.. Kotler [4] complementa lo anterior considerando variables demográficas y las competitivas.

Una de las desventajas como menciona Heald [5] es que este tipo de modelos relaciona la distancia con el atractivo, luego los parámetros no logran ser correctamente estimados. El mismo autor sostiene que estos modelos son poco sensibles a las variables demográficas y además requieren una extensa data, lo que se traduce en una compleja calibración. Sin embargo gracias al trabajo de Achacal [6] y los avances en almacenamiento de datos que existen en la actualidad, este tipo de modelo puede ser aplicado con éxito. Birkin [7] y Dugmore [8] sostienen que estos

modelos complementados con Sistemas de Información Geográfica (GIS³) representan una excelente aproximación de la realidad.

Modelos Análogos

Estos modelos fueron introducidos por Cohen [9] y Applebaum [10]. Tal como lo indica su nombre, a través de estos modelos se identifican tiendas análogas o similares a la que se desea estudiar, de esta forma el potencial de los negocios que se desea abrir, son estimados a través de encuestas. El principal problema de este método es que no considera el ambiente competitivo que se desarrolla en la elección de los sitios potenciales, lo que se traduce en el poco uso de esta técnica en la actualidad.

Modelos de Regresión

Los Modelos de Regresión fueron los primeros aplicados a la localización a partir del año 1960. En la década de los 80's fueron aplicados en Retail con mercado segmentados (zapaterías, librerías o joyerías). También han sido utilizados en la industria Bancaria (Lynge [11]), Hotelera (Hanson [12]) y en Cadenas de Retail (Hise [13]). En la actualidad son utilizados en la proyección de volumen de ventas (Morphet [14] y Hernández y Bennison [15]).

Modificaciones al modelo original son introducidas por Simkin [16] Stores Location Assessment Model (SLAM) en donde además de expresiones aditivas, se utilizan expresiones multiplicativas junto con un alto número de variables. En estos modelos tanto las variables demográficas como las competitivas, pueden ser definidas en relación a una o más zonas donde se desea instalar, utilizándose de esta forma,

³ GIS por su sigla en Inglés, definidos en página 24.

distintos modelos para cada zona. Las variables son medidas a partir de las tiendas actuales que son similares a las que se desea localizar. Los datos obtenidos son utilizados para calibrar una función, por lo general lineal, la cual considera atributos de las tiendas existentes y del mercado.

La principal desventaja de esta técnica consiste en que si los modelos contienen muchas variables independientes, se puede producir el fenómeno de multicolinealidad⁴. Por otro lado la medición de la competencia en algunos casos resulta compleja, razón por la que la mayoría de las veces se mide a través de la distancia a la cual se encuentra el competidor, resultando inadecuado si el competidor difiere en tamaño, precio o imagen.

Análisis Discriminante

Es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es analizar si existen diferencias significativas entre grupos de objetos respecto a un conjunto de variables medidas sobre los mismos, de esta forma en el caso de que existan tales diferencias se logra explicar en qué sentido se dan. Además proporcionan procedimientos de clasificación sistemática de nuevas observaciones, de origen desconocido, en los grupos analizados.

El Análisis Discriminante aplicado a la localización, utiliza la performance de las tiendas existentes, identificando las variables que mejor explican las diferencias entre los grupos, previamente seleccionados de tiendas. De esta forma los nuevos sitios son asignados de acuerdo a las ventas que obtendrían en el sitio potencial. Este tipo de técnica, se utiliza en aplicaciones para la elaboración de modelos de localización, generalmente de corto o mediano plazo y por lo general para evaluar algún sitio particular.

⁴ En este caso los test de bondad y ajuste no resultan válidos, osea pueden salir aprobados aunque el modelo no lo sea .

De este modo, esta técnica es utilizada normalmente como soporte a la toma de decisiones que tiene que ver con inversiones de bajo riesgo.

Morgan y Sonquist [17] desarrollaron una metodología para tratar un gran número de variables en múltiples escalas. Este método llamado Detección Automática de Interacción (AID) es una técnica de clasificación no paramétrica⁵, y tiene su sustento en el análisis de varianza y los segmentos de observaciones en diferentes grupos, para los cuales los modelos de regresión se pueden aplicar.

Modificaciones a AID se pueden encontrar en la Detección Automática de Interacción con Pruebas χ^2 (CHAID). Esta técnica forma parte de los modelos de árboles de decisión y se utiliza para realizar clasificación y pronósticos. CHAID utiliza la prueba de χ^2 para determinar si se debe continuar con la ramificación y en caso afirmativo definir las variables independientes a utilizar. CHAID es aplicado a la localización como técnica complementaria, utilizándose para identificar variables independientes, con el objetivo de continuar con el análisis y/o modelamiento mediante otra técnica. La principal desventaja de esta técnica es que resulta ser extremadamente sensible a la cantidad de datos que se poseen como también a un adecuado diseño de la investigación.

⁵ Este tipo de clasificación no presupone ninguna distribución de probabilidad teórica de la distribución de los datos.

Modelos Logit

Este tipo de modelo pertenece a la familia de modelos basados en las preferencias reveladas, los cuales se fundamentan principalmente en la Teoría de Elección Discreta⁶.

El modelo Logit Multinomial (MNL) de McFadden [18] aplica a los casos en los cuales la variable endógena además de ser de tipo dicotómica presenta varios otros estados, característica propia de los modelos Logit Bivariantes, los cuales se basan en el supuesto que los consumidores compararán las utilidades esperadas de compra y no compra.

El modelo MNL se puede expresar de la siguiente manera:

$$p_{ij} = \frac{e^{v_{ij}}}{\sum_{j=1}^m e^{v_{ij}}} \quad (3.0)$$

Donde:

v_{ij} = *Corresponde a la utilidad observada de que un individuo situado en el nodo " i " visite el nodo " j ".*

Este modelo, posee tres desventajas.

La primera consiste en que el modelo supone que los consumidores compararán de manera simultánea todos los establecimientos existentes en la red.

⁶ La Teoría de Elección Discreta asume la existencia de una Función Objetivo (denominada Función de Utilidad) que los individuos tratan de maximizar, apoyándose en el análisis de las preferencias reveladas a partir del comportamiento real de elección de compra.

La segunda desventaja, es la llamada propiedad de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA), la cual consiste en que si se agrega una nueva tienda, ésta según el modelo, le resta de manera equitativa participación de mercado a todas las demás tiendas existentes.

Finalmente la tercera y última desventaja radica en que por definición, este tipo de modelos, asume que la aparición de una nueva alternativa de compra se traduce en la disminución de la probabilidad de elección hacia un establecimiento por parte del consumidor. A pesar de las desventajas mencionadas, este tipo de modelos es uno de los más utilizados en la actualidad, para predecir el comportamiento de los consumidores, debido a su fácil aplicación.

Correcciones del modelo original son propuestas por el mismo autor McFadden [19] presentando el Modelo Logit Anidado. Este considera que los consumidores procesan la información de manera jerárquica y la forma en la cual lo realizan es conocida, además cada alternativa pertenece a un cluster, solucionando el supuesto de IIA (Fotheringham y O'Kelly [20], Koppelman y Wen [21]).

Ashish Shina [22] propone un Modelo Anidado, el cual es combinado con modelos de Preferencias Reveladas y Mapas de Percepción. En este trabajo se propone que la elección de tiendas es un proceso de dos etapas en el que los consumidores primero eligen el barrio donde comprar y luego la tienda. Los modelos Anidados poseen la desventaja que en algunos casos la definición de los cluster no resulta trivial, dificultando su aplicación. En cuanto al supuesto IIA Hans Solgaard y Torben Hansen [23], proponen un modelo Jerárquico Bayesiano. En él se trata de corregir esta desventaja añadiendo a la función de utilidad una componente estocástica que describe la heterogeneidad existente a través de los consumidores.

Modelos Localización-Asignación

Los Modelos de Programación Lineal aplicados a la localización de Retail, por lo general involucran la selección de una localización junto con la asignación de demandas a dichas localizaciones, con el fin de optimizar alguna función en particular. Los principales modelos utilizados son los modelos de Mediana-p, Modelos de Cobertura y los Modelos basados en las preferencias de los consumidores.

Modelos de Mediana -p

El objetivo del problema mediana-p propuesto por Hakimi [24] y [25], es encontrar las ubicaciones para un número determinado de establecimientos, minimizando la distancia promedio que separa a los consumidores de las potenciales instalaciones. Este modelo es aplicado por lo general a la instalación de hospitales u otros servicios públicos como también en la localización de cadenas de suministro. Una de las desventajas de este tipo de modelos tiene relación con la recolección de datos, ya que supone conocidas las distancias (longitudes entre los nodos del árbol) como también las demandas (pesos de los nodos).

Modelo de Máxima Cobertura

Modelo introducido por Church y ReVelle [26] con el objetivo de identificar cuales de las potenciales localizaciones entregan acceso a los clientes dentro de una distancia previamente determinada. Este tipo de modelos resulta importante en problemas de localización cuando es necesario mantener un cierta calidad de servicio. Por lo general se aplica a clientes que se ubican cerca del establecimiento en estudio como lo son cines o bancos. También ha sido utilizado en la localización de antenas de telecomunicación y servicios de emergencia.

Los Modelos de Cobertura tradicionales, asumen que un nodo es cubierto de manera total si la nueva localización es ubicada a menos de una cierta distancia crítica dada, en tanto que si ésta es superada, el nodo no es cubierto, lo cual aplicado al sector Retail parece no creíble, ya que utilizar el supuesto que pasado cierta distancia, pequeña, con respecto a la distancia crítica no se perciba cobertura alguna, no parece razonable.

Modelos de Máxima Captura (MAXCAP)

ReVelle [27], propone este problema en el cual se busca la localización de un número fijo de nuevas tiendas donde existen otras de diferentes cadenas compitiendo por los clientes. El problema es modelado como una red donde cada nodo concentra la demanda en tanto que la competencia entre las tiendas es modelada a través de la distancia que separa las mismas. De esta forma la localización de las nuevas tiendas está restringida a ser ubicada sólo en los nodos existentes, tratando de maximizar la participación de mercado de la firma bajo estudio.

Modelos de Elección-p

Este tipo de modelos, evalúa como los cambios en la localización de las tiendas afectan la participación de mercado de la empresa. Estos modelos se basan en el supuesto que los clientes visitan el establecimiento más cercano, además no consideran el hecho de que los establecimientos se diferencian por surtido, calidad o precios. Los modelos de elección de tiendas entregan las bases para estimar la participación de mercado, considerando los patrones de gasto de los consumidores como también ventas y costos de las tiendas, de manera tal de estimar utilidades.

De esta forma si se varían las nuevas localizaciones se puede encontrar la mejor configuración para la red, optimizando los objetivos de la cadena bajo estudio.

Los modelos de programación lineal anteriormente descritos, poseen como desventaja común, el requerimiento de un alto número de datos para lograr su correcta aplicación, además poseen como supuesto que las potenciales ubicaciones son información dada, lo cual en la realidad no siempre ocurre. Sin embargo dado el avance en recolección y almacenamiento de datos, junto con el aumento en la capacidad de los computadores, hacen que la aplicación de estos modelos en la actualidad sean una realidad.

Algoritmos Genéticos

Los Algoritmos Genéticos fueron introducidos por Holland [28] para imitar algunos de los procesos de selección y evolución natural. Como se explica en Hurley [29], el primer paso consiste en representar una solución viable para el problema como una cadena de genes, que puede tomar valores de una determinada naturaleza ya sea alfabética o numérica. Esta cadena, que representa una solución, se conoce en genética como cromosoma. Una población inicial de posibles cromosomas se construye al azar, a continuación la aptitud de cada cromosoma o solución se mide a través de una Función de Ajuste⁷. Los mejores cromosomas son utilizados para la descendencia de la siguiente generación la cual heredará las mejores características de ambos progenitores. De esta forma se continúa iterando un número finito de veces obteniendo como resultado de cada iteración un mejor ajuste.

⁷ En los Algoritmos Genéticos, la Función de Ajuste es de vital importancia y por lo general es donde se destina la mayor cantidad de esfuerzo, ya que la calidad de los resultados depende de la aptitud y precisión de ésta. En aplicaciones a la localización de tiendas esta función suele representarse a través de las ventas y se aplica tanto para las potenciales como para las actuales ubicaciones.

Los Algoritmos Genéticos pueden ser utilizados en problemas en los cuales es difícil encontrar solución, sin embargo no garantizan que la solución obtenida sea un óptimo global. Los Algoritmos Genéticos puede ser combinados con Algoritmos de Redes Neuronales dando lugar a modelos más complejos.

Curry [30] propone una búsqueda de la mejor red dentro de un grupo de tiendas existentes además de la evaluación de nuevas ubicaciones. En este trabajo también se analizan escenarios alternativos para las acciones de la competencia y de la cadena bajo análisis.

Kuang-Han Hsieh y Fang-Chih Tien [31] proponen la utilización de Mapas Auto-Organizativos de Kohonen para problemas de localización, en este trabajo se muestra que esta técnica resulta extremadamente útil cuando no se cuenta con soluciones iniciales, ya que las encontradas a través de los Mapas Auto-Organizativos de Kohonen están cerca del óptimo prácticamente la totalidad de los experimentos realizados.

Una de las ventajas que poseen los Algoritmos Genéticos, es que pueden ser utilizados fácilmente para resolver diversas variantes del problema de localización, como lo son la elección de las nuevas ubicaciones con el fin de mejorar el desempeño global de la cadena bajo análisis; la elección de nuevos lugares con la posibilidad de cierre de las ya existentes o la elección de un grupo entre los actuales lugares para implementar un nuevo servicio o producto. Haldun Aytug y Cem Saydam [32] muestran que para problemas de gran escala los Algoritmos Genéticos suelen tener mejor performance que las Heurísticas desarrolladas para resolver Problemas de Programación Lineal. Por otra lado, una de las principales limitaciones que poseen los Algoritmos Genéticos es que requieren elaborados conocimientos técnicos por parte del potencial usuario.

Diagramas de Voronoi

Una de las principales dificultades con que tropieza la aplicación de los modelos anteriormente descritos, es la definición de el área potencial para la ubicación de las nuevas instalaciones. Los Diagramas de Voronoi [33] vienen a solucionar este problema. El modelo más simple, considera que todas las tiendas tienen los mismos atributos y para delimitar las zonas simplemente se utiliza el criterio de distancia. Este modelo, tiene la desventaja que asume un espacio homogéneo, es decir sin barreras geográficas. No obstante, se trata de un modelo de fácil aplicación que puede ser válido zonas densamente pobladas.

Modificaciones al modelo original son propuestas en Berg [34]. En este trabajo se introducen los diagramas ponderados de Voronoi (MWOVD). Modelo que asume que los clientes, al momento de elegir una tienda, consideran un equilibrio entre la proximidad y el atractivo de la misma, contemplando una Función de Utilidad por cliente, semejante a los Modelos Gravitacionales anteriormente mencionados.

Okunuki y Okabe [35] aplican los Diagramas de Voronoi evaluando el impacto que generan las carreteras y la competencia en las zonas de comercio encontradas. Otra aplicación y variación de los Diagramas de Voronoi es propuesta por Faber [36], la cual corresponde al Embaldosado de Voronoi Centroidal. En este trabajo se definen los embaldosados (diagramas) a partir de los centroides (centros de masa) de cada celda, logrando determinar simultáneamente ubicaciones para nuevas tiendas, así como sus correspondientes áreas de influencia comercial.

Como se puede apreciar una de las ventajas de los Diagramas de Voronoi consiste en que pueden ser utilizados para fines descriptivos o

prospectivos, tanto de las ventas de la potencial tienda como también para el gasto promedio por cliente por tienda, ayudando a identificar nuevas zonas de comercio. Además permiten visualizar el impacto de modificaciones en las tiendas existentes (Boots y South,[37]).

Otra ventaja de los Diagramas de Voronoi es que éstos, no requieren complejos procedimientos estadísticos para su calibración, además permiten combinar la información de ubicación y otros atributos de las tiendas con el comportamiento de los consumidores para generar las zonas de influencia (Gonçalves y Mendes, [38]).

Sistemas de Información Geográfica (GIS)

Los GIS resuelven el problema de la localización de instalaciones, realizando un cruce entre información que se posee y la cartografía.

Como ya se ha mencionado, la decisión de instalación de una tienda es un proceso complejo de decisión y si a esto se le añade una gran variedad y volumen de información con la que se cuenta en la actualidad, además de un importante componente subjetivo, no resulta arriesgado concluir que los métodos de visualización son una herramienta extremadamente útil. De esta forma los GIS se presentan como una herramienta importante en el proceso de toma de decisiones de las cadenas de Retail (Hernández y Bennison, [39]). Sin embargo, todavía hay una débil integración de GIS con modelos y métodos de apoyo a las toma de decisiones que proporcionarían un mejor manejo de la información, traduciéndose en una realización de análisis incompletos y poco robustos.

El poder de los GIS radica en su capacidad para integrar espacialmente información y manipularla para realizar análisis espaciales, generando fácilmente mapas o gráficos informativos para ayudar a

visualizarla, así como también ayudar a comprender espacialmente como se relacionan variables demográficas, físicas, competitivas, etc. No obstante, la evaluación de un sitio potencial requiere funciones analíticas que incorporen proyecciones de venta, costos y beneficios, que actualmente no están disponibles en paquetes o en sistemas de información geográfica. Otra de las limitantes de los paquetes de GIS, es que no ofrecen la flexibilidad de las herramientas de hojas de cálculo, lo cual se traduce en enfoques desacoplados.

Una de las potenciales ventajas que tendría la aplicación de GIS es que se puede considerar una amplia variedad y cantidad de datos, como lo son matrices que contienen alrededor de 2 millones de pares origen-destino, información de la áreas de influencia de tiendas, y a la vez información demográfica y de demanda. Sin embargo la desventaja recae en el aumento de la complejidad de este tipo de modelos reflejándose en una mayor precisión del mismo, lo cual es posible lograr sólo a expensas de pérdida de robustez, mayor reducción y compresión de la información.

Gonçalves y Mendes [38], Cardoso y Mendes [40] han realizado aplicaciones de GIS en el sector Retail. En ambos trabajos se muestra que por medio de GIS es posible proyectar volúmenes de venta en varios lugares de manera simultánea, a la vez proponen la utilización de GIS para evaluar la introducción de nuevos servicios (recepción de pedidos por teléfono e Internet, entrega a domicilio, etc) como también el efecto que causaría la combinación de nuevos productos.

Conclusión Marco Conceptual

Dada la información disponible, se utilizará para determinar la localización de las nuevas tiendas un modelo de Máxima Cobertura, con variaciones a la versión original, considerando la posibilidad de una cobertura parcial y total⁸.

Para determinar las áreas comerciales con mejores oportunidades de negocio y así poder definir las potenciales ubicaciones, se utilizará el Modelo Logit. Luego se hace necesario determinar la utilidad observada, para ello se trabajará con un modelo que represente el comportamiento de los consumidores en particular un modelo de interacción espacial⁹. En particular se utilizará el modelo Multiplicativo de Interacción Competitiva (MCI¹⁰) debido a que se cuenta con información y resultados confiables de estudios anteriores Albornoz Magaly [41].

Finalmente al no contar con un software de GIS el procesamiento y visualización de los resultados obtenidos mediante el Modelo Logit, se realizará a través de macros de Excel programadas en Visual Basic¹¹.

⁸ Concepto definido en pagina 40.

⁹ Este modelo se enmarca dentro de los Modelos de Preferencias Reveladas, los cuales, aplicados al caso en estudio, consideran el hecho que los establecimientos se diferencian ya sea por surtido, calidad, precio tamaño, etc. Descrito página 29.

¹⁰ Por su siglas en Inglés MCI: Multiplicative Competition Interactive.

¹¹ La fuente de la información geográfica utilizada en el presente estudio corresponde al trabajo realizado por Albornoz Magaly [41]

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se aborda consiste en aquel que enfrenta una cadena al momento de expandirse, en el cual debe decidir donde y cuantas nuevas tiendas ubicar. Para ello es necesario en primera instancia, determinar cuales áreas comerciales son recomendables, para luego decidir los sitios potenciales. De esta forma lo que se busca es encontrar aquellas localizaciones que maximicen la cantidad de demanda cubierta por las nuevas instalaciones.

Los supuestos considerados son:

- La demanda se concentra en un número finito de nodos los cuales conforman una malla¹² también finita, en la cual se desea establecer un número finito de nuevas localizaciones.
- La instalación de las nuevas tiendas se realiza en forma simultánea.
- Se asume que el comportamiento de los clientes responde al modelo propuesto, es decir los consumidores eligen la tienda, en la que realizan sus compras, de manera probabilística. De este modo la frecuencia de visita a una determinada sala, decrece en función de la distancia que separa el hogar de la tienda potencial y a la vez se ve favorecida por el atractivo que presente la potencial localización¹³.
- La demanda de un nodo perteneciente a la malla, puede ser cubierta de manera total o parcial dependiendo de la distancia a la cual se encuentre una potencial ubicación “j” de un nodo de demanda “i”.

¹² La malla esta compuesta por manzanas que pertenecientes al Gran Santiago.

¹³ El atractivo de una tienda depende de atributos tales como la valoración de la marca, tamaño de la tienda, precios, accesibilidad, etc.

- Las nuevas tiendas competirán entre ellas como también con las ya existentes, pertenecientes tanto a la cadena bajo estudio como a la competencia, para capturar la mayor cantidad de demanda.

Para llevar a cabo lo anterior se deben considerar los modelos descritos y escogidos en el marco conceptual .

MODELO DE COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR

Como se señaló anteriormente, el modelo de elección de tiendas utilizado para el presente estudio, corresponde al modelo Multiplicativo de Interacción Competitiva desarrollado por Nakanishi y Cooper [57], definido mediante la siguiente expresión:

$$p_{ij} = \frac{\prod_{k=1}^K X_{kij}^{b_k} \mathbf{x}_{ij}}{\sum_{j=1}^{m_i} \prod_{k=1}^K X_{kij}^{b_k} \mathbf{x}_{ij}}$$

donde:

p_{ij} = Probabilidad que un consumidor de la manzana “ i ” seleccione un supermercado ubicado en “ j ”.

X_{kij} = k 'ésima variable del establecimiento “ j ” bajo situación de elección de la manzana “ i ”.

K = total de variables explicativas, X_{kij} , incluidas en el modelo.

m_i = Total de establecimientos comerciales “ j ” susceptibles de elección para la manzana “ i ”.

b_k = Parámetro de sensibilidad de p_{ij} con respecto a la variable explicativa k .

\mathbf{x}_{ij} = Término de error.

Los parámetros de este modelo pueden ser estimados mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios previa transformación log-centering, lo cual consiste en:

$$\ln\left(\frac{p_{ij}}{\mathbf{r}_i}\right) = \sum_{k=1}^K \mathbf{b}_k \ln\left(\frac{X_{kij}}{\bar{X}_{ki}}\right) + \ln\left(\frac{\mathbf{x}_{ij}}{\xi_1}\right) \quad (4.0)$$

donde:

$$\mathbf{r}_i = \left(\prod_{j=1}^{m_i} p_{ij}\right)^{1/m_i} \quad \text{corresponde a la media geométrica de } p_{ij}$$

$$\bar{X}_{ki} = \left(\prod_{j=1}^{m_i} X_{kij}\right)^{1/m_i} \quad \text{corresponde a la media geométrica de } X_{kij}$$

$$\bar{\mathbf{x}}_i = \left(\prod_{j=1}^{m_i} \mathbf{x}_{kij}\right)^{1/m_i} \quad \text{corresponde a la media geométrica de } \mathbf{x}_{kij}$$

Las variables incluidas en el modelo, deben expresar la mayor cantidad de factores que consideran los clientes al momento de efectuar la compra.

Para el presente trabajo se estimaron las siguientes variables.

1. Tamaño de la tienda: variable relacionada con la calidad y disponibilidad de productos y servicios ofrecidos en el local
2. Distancia: entendiendo ésta como la que separa el establecimiento comercial del domicilio del consumidor.

3. Marca: esta variable envuelve percepciones que poseen los consumidores con respecto a una cadena en particular. Mediante esta información se tratan de capturar aspectos como:

- ? Percepción de precios
- ? Tarjetas de Crédito
- ? Descuentos por lealtad
- ? Promociones
- ? Accesibilidad a la mercadería
- ? Personal de ventas

4. Cercanía a Mall: esta variable incluye el hecho si un supermercado se encuentra dentro o no de un Mall, ya que el estar ubicado en uno provoca sinergia con los demás establecimientos. A la vez se incorpora el efecto tradición junto a otra variable que representa el hecho de que un establecimiento se encuentre instalado en las cercanías de una manzana en particular.

La calibración y justificaciones del modelo MCI utilizado en el presente trabajo fueron realizadas por Albornoz [41].

De esta forma la probabilidad de elección está dada por la expresión:

$$P_{ij} = \frac{e^{cte} \prod_k \prod_h e^{a_{hk} M_{hk}} e^{c_1 \text{cercano}_{ij}} e^{c_2 \text{atracción_extra}_j} T_j^{b_1} D_{ij}^{b_2}}{\sum_{j=1}^{m_i} e^{cte} \prod_k \prod_h e^{a_{hk} M_{hk}} e^{c_1 \text{cercano}_{ij}} e^{c_2 \text{atracción_extra}_j} T_j^{b_1} D_{ij}^{b_2}}$$

Donde:

T_j = Tamaño del supermercado “j”, el cual puede ser hipermercado, hipermercado compacto o supermercado pequeño.

D_{ij} = Distancia euclidiana entre el supermercado “j” y la manzana “i”.

M_{hk} = Variable binaria que considera la elección de un supermercado “h” por Nivel Socio Económico (NSE) “k”. Por Ej., si se define Tienda X-ABC1 como M_{11} esta variable toma el valor 1 si el supermercado “j” es Tienda X y la manzana “i” es de NSE ABC1, en caso contrario su valor es 0.

$cercano_j$ = Variable binaria. Toma el valor 1 si el supermercado “j” es el más próximo y está a una distancia menor a 2000 metros de la manzana “i”, en otro caso el valor de la variable es 0.

$atracción_extra_j$ = Variable binaria. Toma el valor 1 si el supermercado “j” posee extra atracción. Esto corresponde cuando el supermercado en cuestión está ubicado en un mall o es un supermercado con tradición, en caso contrario el valor de la variable es 0.

a_{hk} , c_1 , c_2 , b_1 y b_2 = Constantes a determinar.

DETERMINACIÓN ÁREAS DE COMERCIO

Como se señaló anteriormente, la totalidad de los Modelos parten del supuesto que las potenciales ubicaciones son datos, lo cual no siempre se cumple. En Chile, en la mayoría de los casos quienes toman decisiones del sector Retail establecen en base a su juicio y experiencia cuales son los mejores sitios potenciales utilizando muy pocas herramientas como apoyo. En el presente trabajo, con el propósito de complementar este tipo de decisiones para determinar estos sitios potenciales, se procedió de la siguiente manera:

Utilizando las probabilidades de elección determinadas a través del MCI es posible definir un indicador para cada manzana “ BoB_i ” como el cociente entre la intensidad de gasto por manzana y la satisfacción que posee la misma, ante la oferta actual de supermercados.

La justificación a la definición anterior del indicador “ BoB_i ” radica en que para que exista una oportunidad de negocio en una manzana “ i ”, ésta debe tener una concentración tanto de habitantes como de gasto relevante y a la vez se debe tener en cuenta la satisfacción que poseen los habitantes de dicha manzana.

De esta forma el indicador queda definido de la siguiente manera:

$$BoB_i = \frac{Intensidad_i}{Satisfacción_i} = \frac{Gasto_i / Área_i}{Satisfacción_i} \quad (5.0)$$

Donde:

$Intensidad_i$ = Corresponde al gasto potencial de cada manzana “i”, considerando el número de hogares y NSE dividido por la superficie de la misma.

$Satisfacción_i$ = Corresponde a la utilidad percibida por la manzana “i”, la cual está dada por la oferta que esta percibe en la actualidad y está dada por la expresión:

$$Satisfacción_i = \sum_{j=1}^m e^{cte} \prod_k e^{a_{hk} M_{jk}} e^{c_1 cercano_{ij}} e^{c_2 atracción_extra_j} T_j^{b_1} D_{ij}^{b_2}$$

Una vez calculado el índice para cada manzana, es posible ver de manera gráfica la ubicación de las 10.000 mejores, correspondiendo a un 14.3% de las manzanas de del Gran Santiago.

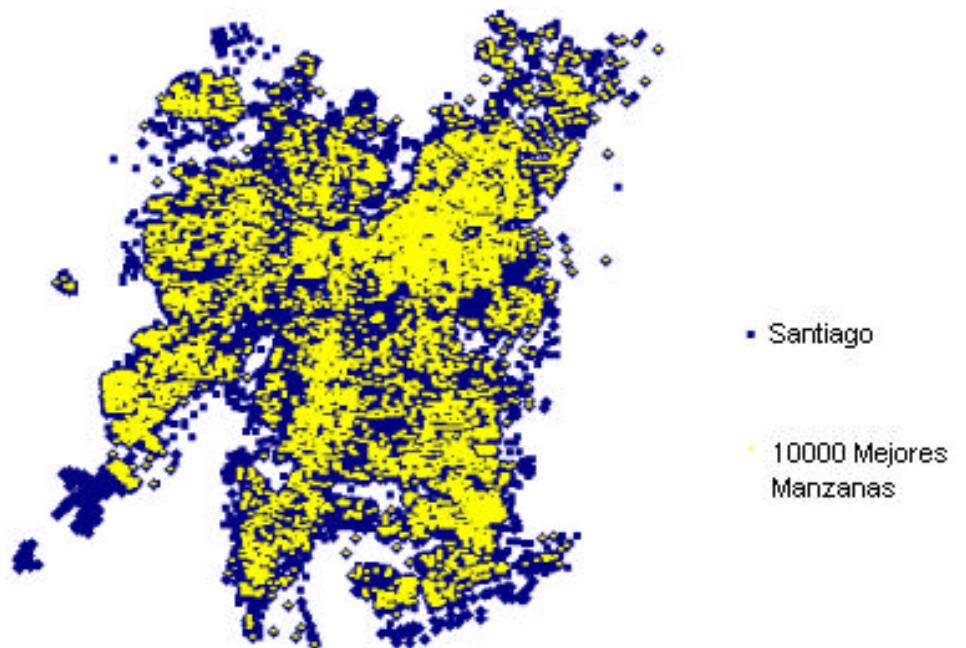


Figura # 1: Manzanas con Mejor Oportunidad.

A través de la Figura # 1 se puede apreciar que la distribución de las mejores manzanas en términos del BoB_i es homogénea a lo largo del Gran Santiago. Otro factor a considerar al momento de analizar una manzana con alto BoB_i , es que ésta puede resultar no ser adecuada como potencial localización ya que podría estar aislada, es decir podría tratarse de una manzana que se encuentre inmersa en una zona con bajo BoB en conjunto o simplemente puede estar ubicada en una zona, que no resulta atractiva para la cadena bajo estudio. Luego, no es directo definir como potencial manzana a aquella que posea el mayor BoB_i después la segunda y así sucesivamente. Dado lo anterior se hace necesario construir áreas de comercio, para encontrar las potenciales ubicaciones.

Para encontrar las zonas con mayor oportunidad de negocio, se utiliza un algoritmo¹⁴, mediante el cual se realiza un “barrido”, tomando como origen cada una de las manzanas que componen el Gran Santiago. Este “barrido” tiene como objetivo sumar los BoB_i de cada una de ellas considerando que al momento de agruparlas, se debe observar que éstas sean “vecinas”, entendiendo como tal aquellas manzanas que se encuentran dentro de un radio menor o igual a dos kilómetros¹⁵ de la manzana origen. Este criterio para formar los cluster, se debe principalmente a que los supermercados poseen un radio de acción dentro del cual se estima que los clientes lo escogerán con mayor probabilidad. De esta manera al realizar los clusters, lo que se está logrando es incorporar las potenciales manzanas que el supermercado captaría en caso de estar ubicado en dicha manzana.

¹⁴ Implementado en Visual Basic.

¹⁵ Este radio de acción se determinó a partir del trabajo realizado por Albornoz [41]. Se demostró empíricamente que un consumidor ubicado a un radio menor o igual a dos kilómetros de un supermercado, acudirá a éste con alta probabilidad.

En la Figura # 2 se puede apreciar como a través del criterio, antes descrito, se logra distinguir las áreas en las cuales es conveniente comenzar a explorar.

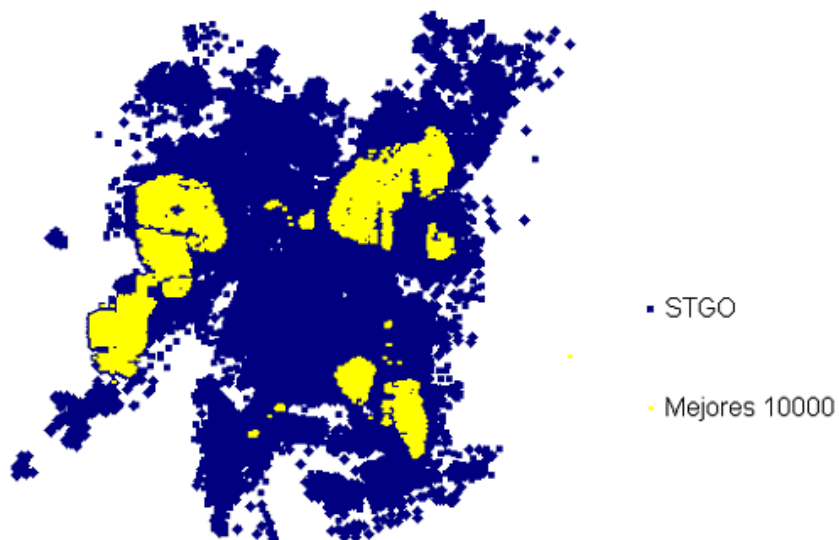


Figura # 2: Áreas Comerciales para la Localización.

A través de la Figura # 2 es posible distinguir claramente las zonas en las cuales es conveniente ubicar las potenciales manzanas. La Figura # 3 corresponde a un mapa político de Santiago, mediante el cual se aprecia que las zonas con mayor potencial para la ubicación de nuevas instalaciones se encuentran en las comunas correspondientes a Maipú, Cerrillos, Estación Central y Lo Prado en el sector poniente; en el sector sur destacan Puente Alto y la Florida y finalmente en el sector oriente se distinguen las comunas de Las Condes, Providencia, Ñuñoa y La Reina.



Figura # 3: Mapa Político de Santiago.

Una vez identificados los clusters, el siguiente paso corresponde a definir el conjunto de las potenciales manzanas para decidir las futuras ubicaciones. Para que una manzana pueda pertenecer al conjunto de las potenciales, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Pertenecer a las áreas comerciales detectadas.
2. Situarse entre una distancia (mínima) de uno o dos kilómetros de un supermercado existente de la cadena bajo estudio (para evitar el canibalismo entre tiendas asociadas a la cadena en estudio).
3. Dos potenciales ubicaciones deben separarse por una distancia (mínima) entre uno o dos kilómetros (para evitar el canibalismo entre tiendas asociadas a la cadena en estudio).
4. Alinearse con los objetivos de la cadena de distribución.

5. Satisfacer necesidades técnicas propias de la construcción del nuevo establecimiento.
6. Satisfacer necesidades de accesibilidad para los futuros usuarios

Los puntos 4, 5 y 6 están a cargo de un Staff Técnico que evalúa tanto las condiciones técnicas como la accesibilidad del terreno propuesto. Estos requerimientos se alejan de los alcances del presente estudio, por lo que no serán considerados al momento de proponer las potenciales ubicaciones, luego estas últimas serán propuestas de manera arbitraria, respetando las restricciones restantes.

Es posible que tanto el punto 2 y 3 no tengan validez en todos los casos, ya que se ha observado principalmente en el sector oriente, que en situaciones es deseable tener dos supermercados próximos, no respetándose en este caso las condiciones de “canibalismo”¹⁶.

La Figura # 4 permite ver la ubicación de las actuales tiendas de la cadena en estudio como también de la competencia

¹⁶ La canibalización ocurre cuando una nueva localización, captura demanda que proviene de una tienda de la misma compañía, ubicada con anterioridad.

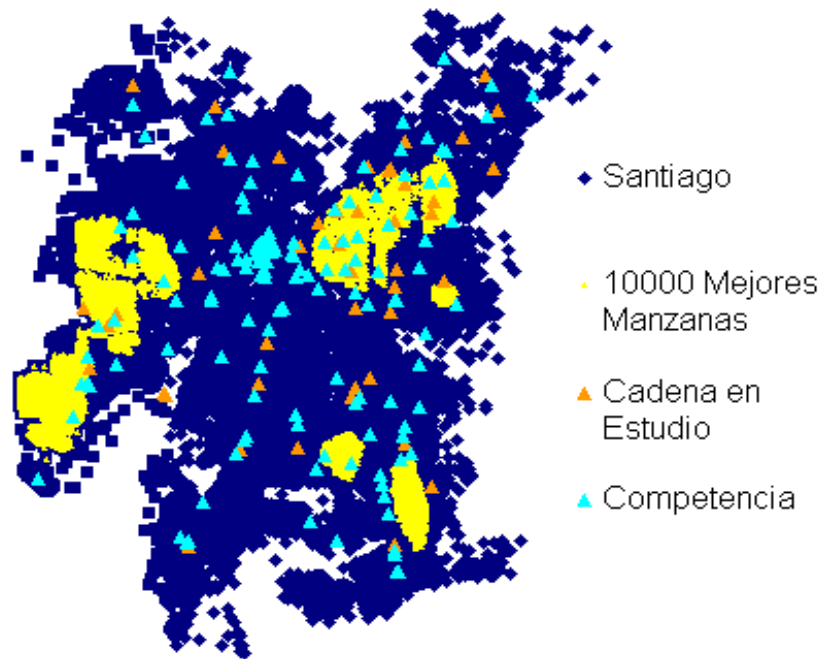


Figura # 4: Distribución Oferta Actual.

Como es posible apreciar en la Figura # 4, la presencia de supermercados tanto de la firma en estudio como de la competencia en las zonas detectadas es mínima, por lo cual existe una oportunidad aún no explotada. De esta forma es posible apreciar que zonas como la encontrada en el sector sur y poniente, presentan un déficit de Oferta por parte de las cadenas que a la fecha operan. Sin embargo a priori no es posible descartar la zona oriente.

Por otra parte, no es difícil imaginar que el número de manzanas que satisfacen las condiciones anteriores pueden ser demasiadas. Luego se propone un Modelo de Programación Lineal, el cual tiene como objetivo maximizar la cobertura total, de las manzanas pertenecientes a las zonas anteriormente detectadas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Como se mencionó anteriormente, se utilizará un Modelo de Máxima Cobertura, con una modificación al problema original. En particular se redefinirá la distinción de un nodo que es cubierto de uno que no lo es, considerándose cubrimiento parcial y total para aquellos nodos que pueden ser afectados y cobertura nula para aquellos que no.

De este modo para proceder con la formulación es necesario definir los siguientes conjuntos. Para cada nodo $i \in N$, con $B_o B_i > 0$ se definen dos conjuntos de cobertura:

$$x_i(1) = (x \in X; 0 \leq d_i(x) \leq l_i)$$

$$x_i(2) = (x \in X; l_i < d_i(x) \leq u_i)$$

Donde $d_i(x)$ representa la distancia del nodo i al x .

De esta manera $x_i(1)$ contiene todas las potenciales ubicaciones que tendrían una cobertura total para los consumidores ubicados en nodo i , mientras que $x_i(2)$ contiene todas aquellas localizaciones que tendrían una cobertura parcial.

Esta cobertura parcial se modela a través de $f_i(d_i(x))$ y corresponde a una función monótonamente decreciente en el intervalo $[l_i, u_i]$ que puede ser de cualquier tipo; continua o discreta, lineal o no. Además debe satisfacer $0 \leq f_i(d_i(x)) \leq 1$. Ejemplo de este tipo de funciones son mencionadas en Karasakal [42] en donde se propone una función de cobertura de tipo sigmoideal dada por la expresión:

$$f_i(d_i(x)) = \frac{1}{1 + e^{A(d_i(x) - (u_i + l_i)/2)}} \quad (6.0)$$

donde $d_i(x)$ representa la distancia entre el nodo i y el x , A parámetro a estimar, u_i y l_i son los límites para la cobertura total y parcial respectivamente. Otros ejemplos de funciones de cobertura son propuestos por O. Berman y D.Grass [43]. Para el presente trabajo se utilizará una función de cobertura lineal¹⁷ dada por la expresión:

$$f_i(d) = \frac{u_i - d}{u_i - l_i}, \quad d \in [l_i, u_i] \quad , \quad f_i(d) = 0 \quad \text{si} \quad d > u_i \quad (8.0)$$

Notar que $f_i(l_i) = 1$ y $f_i(u_i) = 0$, recuperándose las definiciones de cobertura total y parcial respectivamente.

Observando la Figura # 5 se puede ver la ventaja de modelar el problema como uno de cobertura parcial y total.

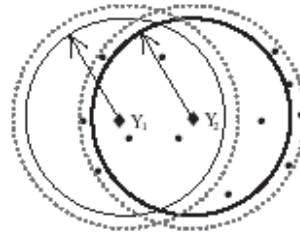


Figura # 5: Cobertura Parcial-Total.

Donde, Y_1 e Y_2 corresponden a ubicaciones potenciales, el círculo punteado y continuo representan el límite de la cobertura parcial y total respectivamente para las ubicaciones potenciales propuestas y los puntos cercanos a Y_1 e Y_2 representan clientes a ser cubiertos.

¹⁷ Esta función se utilizará por simplicidad y a la vez por no contar con suficientes datos para calibrar otro tipo de funciones .

Dado la descripción anterior es posible ver en la Figura # 5 como la línea continua muestra la mínima distancia que puede ser cubierta por cada una de las ubicaciones potenciales Y_1 e Y_2 , en tanto que la línea punteada muestra la máxima distancia de cobertura. De este modo todos los nodos ubicados dentro del círculo delimitado por la mínima distancia (línea continua) serán cubiertos de manera total y aquellos ubicados entre la línea punteada y la continua serán cubiertos de manera parcial.

Supongamos que se cuenta con dos potenciales ubicaciones Y_1, Y_2 y se desea elegir una de ellas para obtener la mayor cobertura. Como se puede observar Y_1, Y_2 pueden cubrir 6 y 5 respectivamente de manera total. De esta forma un modelo que no considere cubrimiento parcial optará por Y_1 , sin embargo la solución encontrada por un problema de cobertura parcial elegirá la ubicación Y_2 ya que esta ubicación considera 7 nodos de manera parcial además de los 5 cubiertos de manera total, en tanto Y_1 , cubre tan solo 6 nodos de manera total.

Para continuar con la formulación del problema, es necesario definir las siguientes variables de decisión: Para cada $x \in X_i(l), i \in N, l=1,2$; se define la variable y_{ix}^l :

$$y_{ix}^l = \begin{cases} 1 & \text{si nodo } i \text{ es cubierto por el nodo } x \text{ a nivel } l \\ 0 & \sim \end{cases}$$

Esto es, si x otorga cubrimiento total al nodo i , $y_{ix}^1 = 1$, $y_{ix}^2 = 0$. Si otorga cubrimiento parcial, $y_{ix}^1 = 0$, $y_{ix}^2 = 1$. Por último si $d_i(x) > u_i$, $y_{ix}^1 = 0$, $y_{ix}^2 = 0$.

Para cada $x \in X$ se define

$$g_x = \begin{cases} 1 & \text{si elige el nodo } x \text{ para ubicación} \\ 0 & \sim \end{cases}$$

Ahora el problema puede ser formulado (F1) como sigue:

$$\max \sum_{i=1}^n B_o B_i \left[\sum_{x \in X_i(1)} y_{ix}^1 + \sum_{x \in X_i(2)} f_i(d_i(x)) y_{ix}^2 \right] \quad (7.0)$$

s.a

$$\sum_{x \in X} g_x = m \quad (7.1)$$

$$y_{ix}^l \leq g_x \quad i \in N, \quad x \in X_i(l), \quad l=1,2 \quad (7.2)$$

$$\sum_{l=1}^2 \sum_{x \in X_i(l)} y_{ix}^l \leq 1 \quad i \in N \quad (7.3)$$

$$g_x, y_{ix}^l \in \{0,1\} \quad i \in N, \quad x \in X_i(l), \quad l=1,2 \quad (7.4)$$

La restricción (7.1) corresponde al número de nuevas locaciones que se desea instalar. La desigualdad (7.2) corresponde a la relación lógica que deben cumplir las variables en tanto que la desigualdad (7.3) da cuenta que solamente es posible atender a un nodo desde una y sólo una nueva localización, finalmente la restricción (7.4) corresponde a la naturaleza de las variables.

El uso de los BoB_i es para reducir la importancia de la función de cobertura de manera tal de valorar en cierta medida nodos con alto BoB_i aunque estos se encuentren lejanos.

Notar que la formulación (F1) puede ser simplificada, observando que para cualquier nodo i , x puede estar incluido a lo más en uno de los dos conjuntos $X_i(1)$ o $x \in X_i(2)$, de esta forma se puede definir:

$$c_{ix} = \begin{cases} BoB_i & \text{si } x \in X_i(1) \\ BoB_i f_i(d_i(x)) & \text{si } x \in X_i(2) \\ 0 & \sim \end{cases}$$

$$y_{ix} = \begin{cases} y_{ix}^1 & \text{si } x \in X_i(1) \\ y_{ix}^2 & \text{si } x \in X_i(2) \\ 0 & \sim \end{cases}$$

Con lo anterior es posible obtener una nueva formulación (F2), la cual se muestra a continuación:

$$\max \sum_{i \in N} \sum_{x \in X} c_{ix} y_{ix} \quad (9.0)$$

s.a

$$\sum_{x \in X} g_x = m \quad (9.1)$$

$$\sum_{x \in X} y_{ix} \leq 1 \quad i \in N \quad (9.2)$$

$$y_{ix} \leq g_x \quad i \in N, \quad x \in X \quad (9.3)$$

$$g_x, y_{ix} \in \{0,1\} \quad i \in N, \quad x \in X \quad (9.4)$$

La formulación anterior (F2) es conocida como UFLP¹⁸, problema cuyo objetivo es localizar m nuevos locales con el fin de maximizar el “valor” total de la función objetivo, que en nuestro caso corresponde a lograr capturar el mayor BoB en conjunto.

La restricción (9.1) limita el número de nuevas instalaciones a m , la restricción (9.2) asegura que cada nodo es cubierto a lo sumo una vez, la restricción (9.3) asegura que el nodo i , puede ser cubierto únicamente desde x solo en el caso que se haya ubicado una localidad en x . Finalmente (9.4) corresponde a la naturaleza de las variables.

La ventaja de utilizar (F2) recae en que se pueden aplicar las “propiedades” de este (O. Berman, D. Krass y Z. Drezner [44])las que se enumeran a continuación:

- ? Es posible obtener una cota inferior y superior a través de una Heurística Greedy y resolviendo el problema relajado respectivamente. La solución en el peor de los casos posee un error del orden de $1/e$.
- ? En muchas instancias la solución relajada es entera, obteniendo directamente la solución.

En el caso en estudio, se utiliza la propiedad de relajación lineal que posee el UFLP para obtener la solución óptima. En caso que no fuese posible obtenerla mediante el procedimiento anterior, se utiliza el método de Relajación Lagrangeana procedimiento que se detalla en la siguiente sección.

¹⁸ Por su sigla en ingles: Uncapacitated Facility Location Problem

Algoritmo Relajación Lagrangeana

La justificación del uso de Relajación Lagrangeana recae en la excelente performance que posee ésta técnica en la resolución del problema UFLP (Cornuejols y Fisher [45], Erlenkotter [46], Geoffrion [47] y Galvao [48]). Además de la probada eficacia, el subproblema generado a partir de Relajación Lagrangeana puede ser particularmente fácil de resolver con algoritmos (como el del subgradiente) mientras que la Relajación Lineal puede consistir en un problema lineal de dimensión excesiva para cualquier software de Programación Lineal.

A continuación se presenta el detalle del esquema de Relajación Lagrangeana utilizado para la obtención de cotas inferiores, así como también, la descripción de la Heurística Primal usada para la obtención de cotas superiores y soluciones factibles al problema MCLP-P .

Para realizar la Relajación Lagrangeana se procedió a dualizar la restricción (9.2) .

Sean $I_i \geq 0 \forall i \in I$ los multiplicadores asociados a la restricción (9.2) . De esta forma el problema relajado (LR) queda como sigue:

$$z_D(\mathbf{I}) = \text{Max} \sum_{i \in N} \sum_{x \in X} c_{ix} y_{ix} - \sum_{i \in N} I_i \left(\sum_{x \in X} y_{ix} - 1 \right) \quad (10.0)$$

$$= \text{Max} \sum_{i \in N} \sum_{x \in X} (c_{ix} - I_i) y_{ix} + \sum_{i \in N} I_i \quad (10.1)$$

s.a

$$\sum_{x \in X} g_x = m \quad (10.2)$$

$$y_{ix} \leq g_x \quad i \in N, \quad x \in X \quad (10.3)$$

$$g_x, y_{ix} \in \{0,1\} \quad i \in N, \quad x \in X \quad (10.4)$$

$$I_i \geq 0 \quad \forall i \in X \quad (10.5)$$

Resolviendo el problema anterior, mediante Relajación Lagrangeana se obtiene el valor de $z_D(I)$, el cual otorga una cota superior para el problema original para cada uno de los $I_i \geq 0 \quad \forall i \in X$.

Observando el problema relajado es posible ver que para I_i fijo, la resolución del mismo resulta trivial. De esta forma los valores óptimos para las variables y_{ix} corresponden a los siguientes:

$$y_{ix} = \begin{cases} g_x & \text{si } (c_{ix} - I_i) \geq 0 \\ 0 & \sim \end{cases}$$

Definiendo $V_j(I) = \sum_{i \in X} \max(0, c_{ix} - I_i)$, es posible obtener la siguiente formulación (F3):

$$\text{Max} \sum_{x \in X} V_x(\mathbf{I}) g_x \quad (11.0)$$

s.a

$$\sum_{x \in X} g_x = m \quad (11.1)$$

$$g_x \in \{0,1\} \quad \forall x \in X \quad (11.2)$$

(F3) coincide con el problema de la mochila (Martello y Toth [49]) el cual puede ser resuelto mediante el siguiente procedimiento: Ordenar los coeficientes $V_x(\mathbf{I})$ que acompañan a las variables g_x en orden decreciente, luego setear en 1 los primeros “ m ” valores de la variable g_x y el resto en 0. Luego se fijan los valores de la variable y_{ix} en 0 o 1, según corresponda de acuerdo a la variable g_x .

Mediante el procedimiento anterior, se obtiene la solución óptima al problema LR. Es importante destacar, que como el problema LR cumple con la Condición de Integridad, la cota obtenida a partir de éste no será mejor que la obtenida mediante la relajación lineal. Sin embargo, tal como se menciono anteriormente, resulta práctico utilizar el enfoque de Relajación Lagrangiana, ya que en problemas de gran tamaño, a veces no es posible ocupar la Relajación Lineal, además la Relajación Lagrangiana posee la ventaja que requiere poco esfuerzo computacional.

Por lo general la solución obtenida a través del LR no será factible en el problema original, luego se hace necesario la búsqueda de aquellas posibles. Obtener una solución factible al problema original, resulta intuitivo. Se debe buscar la máxima cobertura para cada punto de demanda, dada por cada uno de los “ m ” sitios donde la variable g_x toma el

valor 1, para luego sumar esa máxima cobertura para todos los puntos de demanda, esto es:

$$z_{LB}(\mathbf{I}) = \sum_{i \in N} \max_{x \in X} \{c_{ix} g_x\} \quad (12.0)$$

Donde $z_{LB}(\mathbf{I})$ corresponde a una cota inferior para el problema MCLP-P. La cota superior e inferior para cada vector fijo \mathbf{I} , puede aumentar o disminuir en cada iteración, lo que sí es posible asegurar es que la mejor (menor) cota superior y la mejor cota (mayor) inferior en todas las iteraciones serán no-crecientes y no-decrecientes respectivamente.

Sea $z_D = \min_u z_D(u)$. Es fácil ver que $z_D \geq z$, donde z es el valor óptimo de la función objetivo de MCLP-P.

Para el cálculo de la cota superior z_D , se utilizará el algoritmo del subgradiente. La justificación radica en la excelente performance de este algoritmo en la resolución de funciones convexas no diferenciables (Fisher [50], Balinsky y Wolfe [51], Camerini y Maffioli [52], Northup y Shapiro [53], Goffin y Held [54], Wolfe y Crowder [55]).

De este modo en cada iteración del algoritmo, la cota superior es actualizada de acuerdo a lo siguiente: Dado un vector inicial \mathbf{I}^0 , la secuencia de multiplicadores es generado mediante la regla:

$$\mathbf{I}_i^{k+1} = \max \left\{ 0, \mathbf{I}_i^k + t^k \left(\sum_{x \in X} y_{ix}^k - 1 \right) \right\} \quad \forall i \in N \quad (13.0)$$

Donde k corresponde al número de la iteración, y_{ix}^k es la solución óptima para el problema relajado $\forall i \in X, \forall j \in J$ asociada al multiplicador \mathbf{I}^k en la iteración k y t^k es el tamaño del paso en la iteración k , calculado mediante la siguiente expresión:

$$t^k = \frac{\mathbf{a}^k (z_D(\mathbf{I}^k) - z_{LB})}{\sum_{i \in N} \left(\sum_{x \in X} y_{ix}^k - 1 \right)^2} \quad (14.0)$$

Donde \mathbf{a}^k es el valor del parámetro que determina el tamaño del paso en la iteración k y $\in (0, 2]$, en tanto que z_{LB} es la mejor cota inferior para el problema MCLP-P.

A continuación se detalla el algoritmo del subgradiente utilizado para la obtención de soluciones.

Algoritmo Subgradiente

Una vez definidos los puntos anteriores es posible describir el algoritmo utilizado para la obtención de la solución[42].

Inicialización: $z_{UB} = +\infty$, $z_{LB} = -\infty$, $k = 0$, $\mathbf{I}_i^0 = 0$, $\forall i \in N$, $\mathbf{a}^k = 2$.

Paso 1: Resolver LR, setear $k=k+1$. Encontrar los valores óptimos para y_{ix}^k y g_x^k , calcular $z_D(\mathbf{I})$.

Paso 2: Generar una solución factible para MCLP-P. Calcular $z_{LB}(u)$.

Paso 3: Actualizar la cota superior e inferior. Si $z_{LB}(\mathbf{I}) > z_{LB}$ entonces $z_{LB} = z_{LB}(\mathbf{I})$. Si $z_D(\mathbf{I}) < z_{UB}$ entonces $z_{UB} = z_D(\mathbf{I})$.

Paso 4: Actualizar el tamaño del parámetro del paso. Si la cota superior no experimenta cambio en las pasadas “b” iteraciones, entonces $\mathbf{a}^k = \mathbf{a}^k / 2$.

Paso 5: Detener el algoritmo en caso de cumplirse cualquiera de las siguientes condiciones.

$$? \quad \frac{z_{UB} - z_{LB}}{z_{UB}} \leq 0.05$$

$$? \quad \sum_{x \in X} y_{ix}^k - 1 = 0 \quad \forall i \in N$$

$$? \quad t^k \leq 0.01$$

$$? \quad k = 1000$$

Paso 6: Actualizar el valor de los multiplicadores de Lagrange, ir al paso 1.

APLICACIÓN

Para resolver el Trade-Off entre número de nodos que conforman la malla, calidad de solución y tiempo de ejecución, se procedió a utilizar una malla compuesta por 2.000 nodos que representan las manzanas que se desea cubrir y 60 nodos que representan los potenciales sitios, en los cuales se desea instalar 6 nuevas tiendas.

De este modo, para lograr capturar la mayor información disponible, se procedió a agrupar manzanas en pares, bajo el criterio que éstas sean vecinas y a la vez cuenten con un BoB_i similar¹⁹ de manera tal que la malla posee en realidad información de 4.000 nodos.

Los 2.000 nodos escogidos, fueron seleccionados como aquellos que tienen mayor potencial de captura de demanda ubicados en las zonas detectadas.



Figura # 6: Composición Malla Caso Aplicado.

Como se puede apreciar la distribución tanto de los nodos que representan los sitios potenciales como los que componen la malla es homogénea.

¹⁹ Este procedimiento es justificado ya que manzanas vecinas (200 metros de distancia) poseen BoB_i similares.

A continuación (Figura # 7) se presentan las soluciones obtenidas a través de la metodología propuesta .

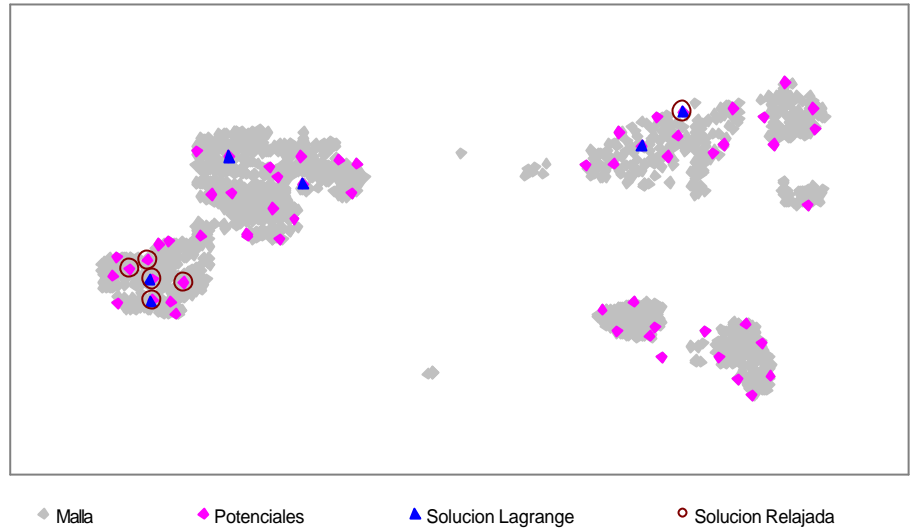


Figura # 7: Soluciones Caso Aplicado.

Como se puede apreciar las soluciones obtenidas difieren en la configuración de 3 nodos. Cabe destacar que para la instancia propuesta, la solución relajada es entera en 5 de los 6 nodos obtenidos. El valor obtenido para las funciones objetivo se detalla a continuación:

Método	Función Objetivo
Relajación Lineal	3,033,695,515
Relajación Lagrangeana	2,824,353,244

Tabla # 1: Valor Funciones Objetivo.

La tabla #1 indica que el valor de las funciones objetivos obtenidas mediante Relajación Lineal y Lagrangiana es bastante similar con un GAP de aproximadamente un 7% ²⁰. Además se debe destacar que el GAP entre $z_D(\mathbf{I})$ y $z_{LB}(\mathbf{I})$, cotas superior e inferior respectivamente para la Relajación Lagrangeana, obtenido es menor al 1%.

²⁰ Notar que para soluciones relajadas enteras, el GAP entre la Relajación Lineal y Lagrangeana es nulo.

A continuación se propone una Heurística, la cual permite obtener una solución alternativa al problema planteado en el presente estudio.

1. Rankear las ubicaciones potenciales según el potencial BoB_i^{21} que captarían, utilizando el esquema sugerido para determinar las mejores áreas de comercio ²².
2. Escoger la ubicación de mayor potencial BoB_i .
3. Identificar los nodos de demanda que han sido cubiertos totalmente por la ubicación seleccionada en el punto 3 y etiquetarlos dentro de una lista.
4. Recalcular el BoB_i que capturarían las restantes ubicaciones potenciales, sin considerar los nodos que han sido incluidos en la lista del punto 4.
5. Repetir 1-4 hasta obtener el numero de ubicaciones requerido.

La figura #8 muestra la configuración obtenida a partir del la heurística propuesta.

²¹ Este potencial BoB_i es calculado como la suma de todos los BoB_i que captaría una tienda ubicada en un sitio en particular, en un diámetro de dos kilómetros a la redonda.

²² Pagina N° 35.

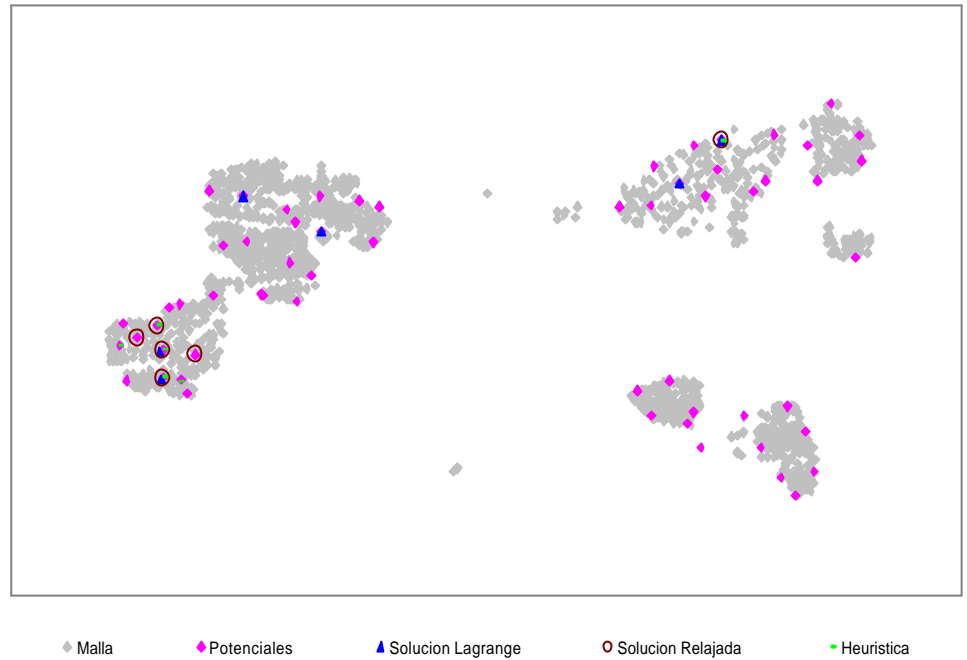


Figura # 8: Soluciones Caso Aplicado.

Como se puede apreciar la configuración obtenida mediante la Heurística y la Solución Relajada y la Relajación Lagrangiana difiere en 3 ubicaciones.

A continuación, en la figura # 9 se muestran las ubicaciones de las actuales tiendas de la firma en estudio como también ubicaciones de las tiendas de la competencia. Además se detallan las soluciones encontradas a partir de los procedimientos anteriormente descritos.

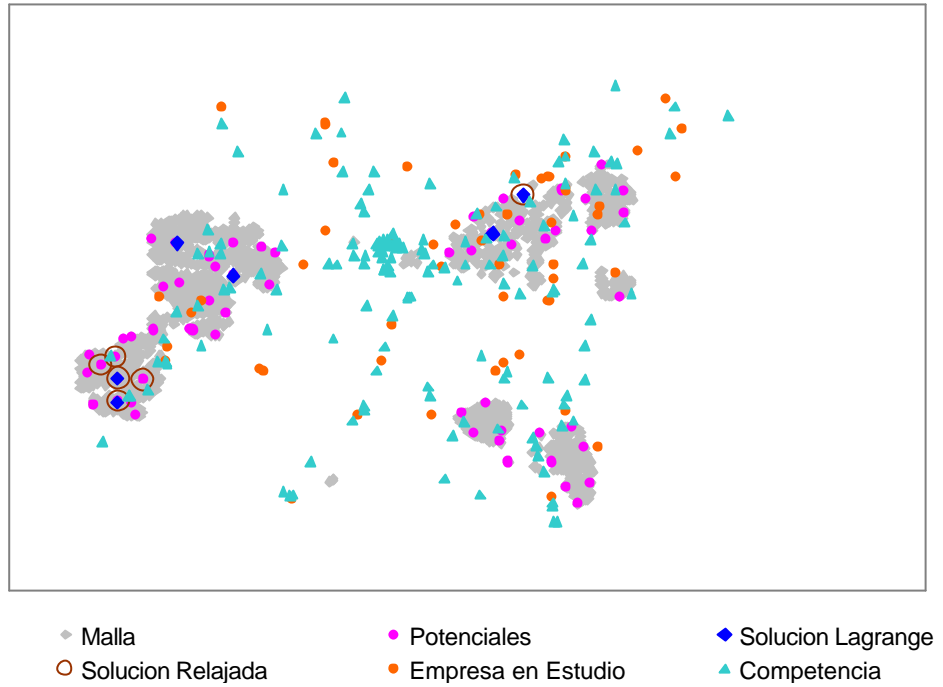


Figura #9: Configuración Malla Soluciones / Oferta Actual.

A partir de la figura # 9 se pueden distinguir las zonas del Gran Santiago donde sería deseable instalar las nuevas ubicaciones. De este modo la solución obtenida mediante la Relajación Lagrangiana sugiere instalar nuevas localizaciones en Maipú (2), Pudahuel (2), Providencia (1) y las Condes (1). En tanto que la solución obtenida a través de la Relajación Lineal y la Heurística indican instalar en Maipú (5) y en Las Condes (1).

CONCLUSIONES

El grado de concentración que posee la industria del Retail en el Gran Santiago obliga a quienes toman decisiones a centrar los esfuerzos en el entendimiento de la estructura del mercado, para desarrollar e implementar estrategias de largo plazo como lo son las relacionadas con la localización.

Cualquiera sea el método utilizado, debe ser capaz de capturar la complejidad de lo que involucra un problema de localización, en particular, debe incorporar la dinámica del comportamiento del consumidor junto con la mayor cantidad de potenciales factores relevantes a la hora de tomar una decisión de este tipo. En línea con lo anterior, el presente trabajo incluye una metodología que entrelaza la información obtenida mediante un modelo que explica el comportamiento del consumidor (MCI), el cual es utilizado para determinar las zonas del Gran Santiago donde resultaría atractivo la instalación de nuevas tiendas, con un Modelo de Programación Lineal (Modelo de Cobertura Parcial-Total) utilizado para determinar la solución y configuración de las potenciales tiendas en las cuales sería deseable abrir un nuevo supermercado.

Las zonas con alto potencial encontradas, corresponden a las comunas de Maipú, Las Condes, Providencia, Vitacura, Pudahuel, Puente Alto y Peñalolén. Es importante destacar que zonas como Maipú, Pudahuel y Puente Alto aún no son explotadas tanto por la cadena en estudio como por la competencia, lo que sugiere un mercado inexplorado y posible de investigar con resultados positivos.

Las solución provistas por los métodos a la instancia propuesta, coinciden en instalar 3 supermercados, los 3 restantes (como también los 3 que coinciden) dependen de la estrategia que la compañía posea y deben alinearse con la misma. En caso de una estrategia innovadora se sugiere instalar 2 supermercados en Maipú, 2 en Pudahuel, 1 en Providencia y 1 en Las Condes²³, configuración que permitiría consolidarse en sectores donde la firma en estudio ya posee presencia (Providencia, Las Condes) y a la vez explorar nuevas áreas de comercio (Maipú, Pudahuel). En caso de una estrategia agresiva se sugiere instalar 5 supermercados en Maipú y el restante en Las Condes²⁴. Ambas configuraciones poseen similar potencial, en cuanto al nivel de ingreso que captaría la cadena en estudio, en caso de seguir cualquiera de las propuestas sugeridas²⁵.

En cuanto a la diferencia en la configuración de las soluciones obtenidas, a partir de la Relajación Lineal y Lagrangeana, estas se deben a que las potenciales ubicaciones poseen BoB_i similares, luego cualquier pequeña diferencia o ganancia que se perciba, dependiendo del algoritmo utilizado, se obtendrá una determinada configuración. Dicho de otro modo en caso que todas las potenciales ubicaciones tuviesen BoB_i extremadamente disímiles, la configuración de la solución no sería muy distinta mediante uno u otro método. Precisamente este último punto explica lo ocurrido con las tres ubicaciones donde los métodos coinciden, ya que estas, si bien poseen un potencial similar entre ellas, escapan dentro del potencial que poseen las restantes ubicaciones potenciales.

²³ Configuración correspondiente a la solución obtenida mediante Relajación Lagrangeana.

²⁴ Configuración correspondiente a la solución obtenida mediante Relajación Lineal.

²⁵ Es posible determinar los ingresos esperados que tendría una potencial ubicación para un supermercado, ya que se cuenta con las probabilidades de elección para cada manzana, con las cuales se construye el indicador BoB_i , sin embargo este indicador incorpora este efecto. Luego, observando el valor de las funciones objetivo es posible ver cuan buena es una configuración con respecto a la otra.

En cuanto a la Heurística propuesta, si bien resulta bastante sencilla, la solución obtenida a través de ésta es razonable y como primera aproximación otorga una buena señal ya que permite discriminar de manera rápida las comunas en las cuales a priori debiesen ubicarse las nuevas plantas sin utilizar mayores recursos.

En cuanto a la bondad de la solución obtenida mediante la Relajación Lagrangiana esta posee un GAP menor al 1% entre $z_D(\mathbf{I})$ y $z_{LB}(\mathbf{I})$, cotas superior e inferior respectivamente, lo cual da cuenta de la calidad de la solución encontrada²⁶. Cabe destacar que en la mayoría (97%) de los casos dicho GAP se mantiene, en caso contrario el mayor GAP obtenido fue del orden del 6.4%.

²⁶ Cabe destacar que en el para el 96% de las instancias generadas el GAP menor a 1% se mantiene, para las restantes instancias, el mayor GAP obtenido fue de 6.4% debido a que el límite de 1000 iteraciones fue superado.

TRABAJOS FUTUROS

Como líneas de investigación se sugiere, perfeccionar la búsqueda de las zonas potenciales mediante método propuesto por Melody Kiang [56] el cual consiste en el uso de Mapas Auto-Organizativos de Kohonen, técnica que permite incorporar gran cantidad de datos y además permite una fácil visualización de los clúster encontrados. Esta misma técnica puede ser utilizada para resolver el problema planteado en el presente trabajo en su totalidad, alcanzando soluciones cercanas al óptimo en casi la totalidad de los casos [31].

Otra línea sugerida, tiene relación con la forma de determinar los sitios potenciales para la ubicación de una nueva tienda. Se sugiere la utilización de Mapas de Elección, método propuesto por Ashis Sinha [22], mediante ellos es posible establecer la percepción que tienen los consumidores hacia la potencial tienda en un determinado lugar.

Para estudiar el efecto de canibalización que se produciría entre las actuales y potenciales ubicaciones y a la vez tratar de maximizar la participación de mercado se propone incorporar funciones de gastos a la metodología propuesta, método propuesto por Berman y Krass [58], lográndose de esta forma capturar el efecto que se produciría en el mercado debido a la instalación de una nueva tienda.

Además se sugiere comparar la performance del Modelo propuesto versus uno MAXCAP [27], considerando en este último, que la probabilidad de elección de un manzana “*i*” por una manzana “*j*” corresponde a aquella estimada mediante el modelo MCI.

Finalmente se sugieren líneas de investigación que apunten a considerar el problema del modelo propuesto, el cual contempla que la instalación de los supermercados es de manera simultánea, no teniendo en cuenta el efecto que tendría la instalación de una planta en cada uno de los BoB_{*i*}.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]East, R.; Hammond, K.; Harris, P., Lomax, W., 2000. First-store loyalty and retention. *Journal of Marketing Management* 16, 307-325.
- [2]Huff, D., 1962. Determination of intra-urban retail trade area. *Real estate research program*, Los Angeles: Universidad de California
- [3]Nakanishi, M., Cooper, L., 1988. *Market share analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- [4]Kotler, P., 1984. *Marketing Management: Analysis, planning, and control*. Englewood Cliffs, 5d ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- [5]Heald, G., 1972. The application of the automatic interaction detector (A.I.D.) programme and multiple regression techniques to the assessment of store performance and site selection. *Operational Research Quarterly* 23 (4), 445-457.
- [6]Achabal, D.D., Gorr, W.L., Mahajan, V., 1982. MULTILOC - A multiple store location decision model. *Journal of Retailing* 58 (2), 5-25.
- [7]Birkin, M.; Clarke, G., Clarke, M., 2002. *Retail Geography and Intelligent Network Planning*. John Wiley & Sons, Chichester.
- [8]Dugmore, K.; 1997. A gravity situation. *New Perspectives* (4) 18-19.
- [9]Cohen, S., 1960. Evaluating store sites and determining store rents. *Economics Geographics*, 36.
- [10]Applebaum, W., 1968. *Guide to Store location research with emphasis on supermarkets*, Reading Mass: Addison-Wesley.
- [11]Lyngé, M., 1981. Factor affecting rural banks market share. *Akron Business and Economic review*.
- [12]Hanson, S., 1980. Spatial diversification and multipurpose travel: Implication for choice theory, *Geographical Analysis*, 12.
- [14]Morphet, C.S., 1991. Applying multiple regression analysis to the forecasting of grocery store sales: An application and critical appraisal. *The International Review Retail, Distribution and Consumer Research* 1 (3) 329-351.

- [15]Hernández, T., Bennison, D., 2000. The art and science of retail location decisions. *International Journal of Retail & Distribution Management* 28 (8), 357-367.
- [16]Simkin, L.P., 1989. SLAM: store location assessment model - Theory and practice. *Omega the International Journal of Management Science* 17 (1), 53-58.
- [17]Morgan, J.N., Sonquist, J.A., 1963. Problems in the analysis of survey data and a proposal. *Journal of the American Advertising Research* 58, 415.
- [18]McFadden, D., 1974. *Conditional logit analysis of quantitative choice behavior*, *Frontieres in Economics*, New York, Academic Press.
- [19]McFadden, D., 1977. *Econometric model of probabilistic choice. Estructural analysis od discrete data whit econometric application*. Cambridge Mass: MIT Press.
- [20]Fotheringham, A.S., O'Kelly, M.E., 1989. *Spatial Interaction Models: Formulations and applications*. Kluwer Academic Press, Dordrecht.
- [21]Koppelman, F.S., Wen, C.H., 2000. The paired combinatorial logit model: Properties, estimation and applications. *Transportation Research Part B: Methodology* 34, 75-89.
- [22]Sinha, A., 2004. Understanding Supermarket Competittion Using Choice Maps.*Marketing Letters*. Springer Netherlands 11(1) ,21-33.
- [23]Solgaard, H. & Hansen, T.,2003. A Hierarchical Bayes model of choice between supermarket formats - *Journal of Retailing and Consumer Services*,10, 169-180.
- [24]Hakimi, S. (1964). Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 450-459.
- [25]Hakimi, S. (1965). Optimum location of switching centers in a communications network and some related graph theoretic problems. *Operations Research*, 13, 462-475.

- [26]Church, R. L. e ReVelle, C. S. (1974).The Maximal Covering Problem. Papers of the Regional Science Association, 32: 101-118.
- [27]Revelle,C.,1986, The Maaximun capture or "SPHERE OF INFLUENCE" locatin problem: Hotelling Revisited on a network ,Journal of Regional Science 26 (2), 343–358.
- [28]Holland, J.H., 1975. Adaption in Natural and Artificial Systems. University Michigan Press, Ann Arbor, USA.
- [29]Hurley, S., Moutinho, L., Stephens, N.M., 1995. Solving marketing optimization problems using genetic algorithms. European Journal of Marketing 29 (4), 39-56.
- [30]Curry, B., Moutinho, L., Davies, F., 1993. Comparative computer approaches to multi-outlet retail site location decisions. Service Industries Journal 13 (4), 201-220.
- [31]Kuang-Han H., Fang-Chih T., 2004. Self-organizing feature maps for solving location-allocation problems whit rectalinear distances. Computers and Operations Research, 31 (7).
- [32]Haldun A.,Cem S., 2002. Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study.European Journal of Operational Research, 141(3), 480-494
- [33]Voronoi, G., 1908. Nouvelles applications des paratrés continus à la théorie des formes quadratiques. Deuxième memoie, recherche sur les paralleloèdres primitif. Journal für die Reine und Angewandte Mathematik 134, 198-287.
- [34]Berg, M., van Kreveld, M., Overmars, M., Schwarzkopf, O., 2000. Computational Geometry: Algorithms, Applications. ed., Springer-Verlag.
- [35]Okunuki, K., Okabe, A., 2002. Solving the Huff-based competitive location model on a network with link-based demand. Annals of Operations Research (111) 237-250.
- [36]Du, Q., Faber, V., Gunzburger, M., 1999. Centroidal Voronoi tessellations: Applications and algorithms. Society for Industrial and Applied Mathematics Review 41, 637-676.

- [37]Boots, B., South, R., 1997. Modeling retail trade areas using higher-order, multiplicatively weighted voronoi diagrams. *Journal of Retailing* 73 (3), 519-536.
- [38]Gonçalves, A.B., Mendes, A.B., 2002. Retail trade area delimitation using GIS and weighted Voronoi tessellations. In: *ESIG'2002. Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*, 7th ed., USIG, Lisbon, Portugal.
- [39]Hernández, T., Bennison, D., 2000. The art and science of retail location decisions. *International Journal of Retail & Distribution Management* 28 (8), 357-367.
- [40]Cardoso, M.G.M.S., Mendes, A.B., 2002. Clients and small store segmentation. In: *Carvalho, L., Brilhante, F., Rosado, F. (Eds.), New directions in statistics. SPE congress proceedings*, 9th ed., SPE, Portugal, 157-170.
- [41]Albornoz Magaly, 2007. Modelamiento de la Elección de Supermercados en el Gran Santiago. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 76-93.
- [42]Orhan Karasakal y Ersan K. Karasakal 2004. A maximal covering location model in the presence of partial coverage, *Computers and Operations Research*, Volume 31 , Issue 9. 1515-1526.
- [43]Berman, O.,Grass, D.,2002. The generalized maximal covering location problem. *Computer & Operation Research* 2002, 563-581.
- [44]O. Berman , D. Krass , Z. Drezner, 2003. The Gradual Covering Decay Location Problem on a Network. *European Journal of Operation Research* 151, 474-480.
- [45]Cornuejols y Fisher, 1977. Locations of Bank Accounts to optimize Float: An analytic Study of Exact and Approximate Algorithms. *Operations Research*, Volume 23, 789-810.
- [46]Erle nkotter, D. 1978. A Dual-Based Procedure for Uncapacitated Facility Location. *Operations Research*, Volume 26, 992-1009.

- [47]Geoffrion, A.M. 1974. Lagrangean Relaxation for Integer Programming. Mathematical Programming Study, Volume 2, 82-114.
- [48]Galvao, R1992.The use of Lagrangean Relaxation in the solution of Uncapacitated Facility Location Problems. Location Science, Volume 1, 57-79.
- [49]Silvano Martello; Paolo Toth 1990. Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations. John Wiley & Sons.
- [50]Marshall L. Fisher, 1981.The Lagrangian Relaxation Method for Solving Integer Programming Problems.Management Science, Volume. 27, 1-18.
- [51]Balinsky, M. and Wolfe, P. 1975. Nondifferentiable Optimization Math Programming Study, Volume 3.
- [52]Camerini, P. M., L. Fratta, F. Maffioli. 1975. On improving relaxation methods by modified gradient techniques. Mathematical Programming Study. Volume 3, 26-34.
- [53]Fisher, M. L., W. D. Northup, J. F. Shapiro. 1975. Using duality to solve discrete optimization problems: Theory and computational experience. Mathematical Programming Study. Volume 3,56-94.
- [54]Goffin, J. L. 1977. On the convergence rates of subgradient optimization methods. Mathematical Programming. Volume 3, 329-347.
- [55]Held, M., P. Wolfe, H. D. Crowder. 1974. Validation of subgradient optimization. Mathematical Programming. Volume 6, 62-88.
- [56]Kiang Melody, 2004. Extending the Kohonen self-organizing map networks for clustering analysis. Computational Statics and Data Analysis 38, 168-180.
- [57]Nakanishi, M. Y Cooper L.Parameter Estimate for Multiplicative Competitive Interaction Model: Least Squares Approach, Journal of Marketing Research, 11, 1974.
- [58]Berman O; Krass D.Locating Multiple Competitive Facilities: Spatial Interaction Models with Variable Expenditures. Annals of Operation Research 111, 197-225, 2002.
-

ANEXO

.....
 Tabla # 3 : Comunas Pertenecientes al Gran Santiago.

Norte	Occidente	Oriente	Sur	Sur-Oriente	Centro
Conchalí	Cerrillos	La Reina	El Bosque	La Florida	Santiago
Huechuraba	Cerro Navia	Las Condes	La Cisterna	Macul	
Independencia	Estación Central	Lo Barnechea	La Granja	Peñalolén	
Quilicura	Lo Prado	Ñuñoa	La Pintana	Puente Alto	
Recoleta	Maipú	Providencia	Lo Espejo		
Renca	Pudahuel	Vitacura	Pedro Aguirre Cerda		
	Quinta Normal		San Bernardo		
			San Joaquín		
			San Miguel		
			San Ramón		

