

Localizacion de Un Centro de Distribucion para disminuir costos de tranporte de mercancías de una tienda de consumo masivo

Jonatán Edward Rojas Polo

Pontificia Universidad Católica del Perú, vrojas@pucp.pe

Alan Martino Gonzales

Pontificia Universidad Católica del Perú, alan.martino@pucp.edu.pe

ABSTRACT

This paper analyses the problem of distribution from a retail company (supermarket). The main problem is that suppliers deliver their products to each store independently, i.e. they travel from the storage to a specific store then return to the storage and repeat this process several times a day. Distribution costs per travel are the same regardless of volume's utilization rate. We propose the use of distribution centers where products can come from all sources for a posterior distribution to end customers. To model the problem we use a real data base in two categories: soft drinks and oats, aiming to minimize distribution costs using a minimum path model. The model can be extended to more categories.

Keywords: Distribution center, distribution route optimization, minimize distribution costs.

RESUMEN

El presente documento surge ante la problemática de distribución de mercancías para una empresa comercializadora (supermercados). El principal problema es que los proveedores entregan sus productos a cada sucursal del Supermercado de manera independiente, es decir, hacen viajes de ida y vuelta por sucursal y repiten el proceso varias veces al día. Los costos de distribución incurridos son los mismos independientemente del porcentaje de utilización del volume del medio de transporte. Proponemos utilizar centros de distribución a donde lleguen todos los productos provenientes de los orígenes para su posterior distribución a los clientes finales. Utilizaremos una base de datos real para dos categorías de productos: refrescos y avenas, teniendo como objetivo minimizar costos de distribución utilizando un modelo de mínimo recorrido. El modelo puede extenderse a más categorías de productos.

Palabras Clave: Centros de distribución, Cross Docking, Minimizar costos de distribución

1. INTRODUCCIÓN

Del 2000 al 2013, el retail, especialmente, los supermercados, han tenido un gran auge y un ejemplo de ello es el caso de la tienda del presente documento, pues en los últimos años han tenido un crecimiento de 3% y debido a esto se ha incrementado su nivel de ventas y la cantidad de sus proveedores, lo cual ha generado una proliferación de diversos productos en sus tiendas. Debido a esto el área de mejora de procesos trabaja desmesuradamente para reducir al máximo las actividades que consumen recursos innecesarios y que no agregan valor en la cadena de prestación de servicio.

En la búsqueda de reducir las actividades improductivas y con ello minimizar costos, hemos identificado que el área de planeamiento encargada de verificar los inventarios y emitir órdenes de compra de acuerdo a la demanda de las 31 tiendas, no está reduciendo de manera eficiente los costos incurridos en el transporte de mercadería provenientes de sus proveedores dado que la orden de compra se hace a nivel de corporación, pero las entregas de las mismas es por tienda, en ese caso el proveedor debe abastecer la demanda requerida por cada tienda, no importando si dicha cantidad no sea la suficiente para cubrir la capacidad de utilización de la unidad de transporte, en base a ello se tiene una problemática y es que la demanda requerida por las tiendas esta ascendiendo en volumen, a 50% o en el mejor de los casos un 80% de su capacidad, sabiendo que para ambos casos el costo de distribución es el mismo, y dado el crecimiento de la cantidad de tiendas que se aperturarán últimamente, estos se verán incrementados.

En base a lo mencionado, nuestro objetivo fue aplicar un modelo matemático, el cual nos ayudará a minimizar los costos de transporte, finalmente analizamos los resultados obtenidos con dicho modelo. Para lo cual trabajaremos con datos reales, pero por cuestiones aplicación y de información solo nos enfocaremos en el estudio de las 5 tiendas con mayor demanda a nivel de Lima y con dos productos, los refrescos en polvo y las avenas.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el crecimiento de la demanda y la diversificación de las tiendas, se pretende crear un centro de distribución que se encuentre en una ubicación estratégica para disminuir las distancias de corrido entre los proveedores y los clientes.

La implementación del centro de distribución, tomo en cuenta 2 factores que afectan en la rapidez de distribución y por ende generan costos innecesarios. En primer lugar, se tiene el problema de condiciones de transporte, es decir que la utilización que se da de los medios de transporte (camiones logísticos) para distribuir los productos desde los proveedores hasta las tienda es muy deficiente (observar la figura 1); ya que, únicamente se llega a llenar el 50 % o en el mejor de los casos el 80 % de los la capacidad que tienen los camiones de carga, es decir se está generando costos por espacios muertos o inutilizados; Finalmente, como sabemos en todas las tiendas encontramos la misma diversidad de productos provenientes de diferentes proveedores lo cual genera que por más pequeña que sea la cantidad demanda necesariamente este producto tendrá que ser transportado desde el punto de origen hasta las tiendas, lo cual podría evitarse; por ello, proponemos como solución la creación de un centro de abastecimiento (transbordo) el cual tenga la función de almacenar temporalmente los productos hasta que podamos llenar al menos una unidad de transporte con uno o con diversos productos y llevarlos a la tienda.

Unitarización de carga

Para calcular los costos de transportes hemos buscado una unidad equivalente que tome en cuenta únicamente los volúmenes, en nuestro caso se eligió como unidad representativa igualar volúmenes entre sobres de refresco en polvo y bolsas de avenas. Este es el modelo del pallet, con el cual se uniformizarán las unidades de carga, y más adelante, este dato será utilizado para poder llenar las unidades de transporte:

- Pallet de 4 entradas 1200x800 mm.
- Pallet de distribución para cargas ligeras.

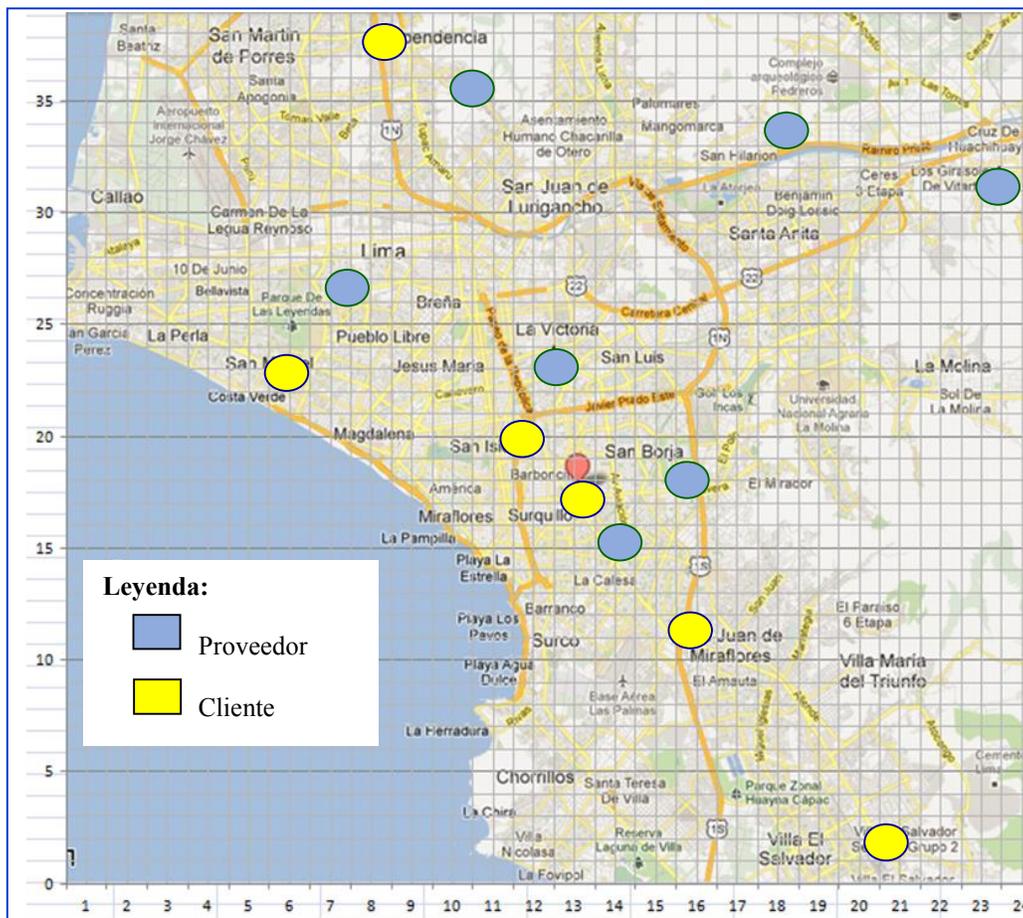


Figura 1 – Red del Centro de abastecimiento.

- En la tabla 1 se muestran las características y equivalencia de los dos principales productos en los cuales se basa la investigación.

Tabla 1 - Características y equivalencia del producto

	Características físicas del producto	Caja de producto	Caja de empaque	Pallet	1 pallet equivalente
Jugo en polvo	1 Bolsa Peso = 25gr. Alto = 13 cm. Largo = 9cm Ancho = 0.5 cm	30 sobres. Alto = 13.5 cm. Largo = 9.5 cm Ancho = 17 cm	12 cajas de PT	10 caja de empaque	3600 sobres
Cereales	1 Cajita Alto = 25 cm. Largo = 20 cm Ancho = 5 cm	64 cajitas. Alto = 100 cm. Largo = 80 cm Ancho = 20 cm	--	6 cajas de PT	384 cajitas

Oferta y demanda

Para evaluar la oferta y la demanda de estos productos se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Primero se han calculado las ofertas y demandas en base a promedios mensuales.
- Los puntos de oferta son los proveedores, si existieran proveedores en común entre diferentes productos, lo que se hará es sumar la carga estandarizada que debe enviar.
- Los puntos de demanda son las tiendas en las cuales se efectúan las ventas a los clientes finales, y se toma como demanda la carga estandarizada que consumen las tiendas en promedio mensual.

- d) Es una cantidad promedio a pedir mensual, ya que, en promedio es eso lo que se consume, tomando en cuenta que no existe estacionalidad para ninguno de estos productos.
- e) Tomando en cuenta ambas consideraciones y el factor de conversión que se propuso para estandarizar la carga, anteriormente, en la tabla 2 y tabla 3 se hallan los siguientes resultados:

Tabla 2 - Oferta y Demanda del jugo en polvo

Oferta																				
Proveedor	KRAFT FOODS PERU S.A.					QUIMICA SUIZA S.A.					ALICORP S.A.A.					PRODUCTOS EXTRAGEL Y UNIVERSAL S.A.C.				
promedio total	18892.7					10346.4					7029					804.8				
Unitarizado	5.2					2.9					2					0.2				
Demanda																				
Tienda	Mega Plaza	Atoc.	Pac.	La Mar.	P. P.	Ang.	Lima C. Tacna	La Polv.	BV	Huay.	Canta Callao	Prc.	Quil.	Zr.	S. Pena	Tus.	J. Plaza	Las Beg.	La F.	
promedio total	4374.7	3610.2	3531	3255	3172	2213	2158	2008.2	1256	1210	1120	1078	1056	936	744	627	532	506	292	
Unitarizado	1.2	1	1	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	

Tabla 3 - Oferta y Demanda de Cereales

Oferta																		
Proveedor	AXUR	MOL.	N. P.	A. S. M.	I. U. P	KEL.	PEPS.	V. E.I.R.L.	A.E.A.I.	BIO MAKI	G. Z.	C. PAR.	UPU	Q.S.	P. Ext.	QUAK.	Bim.	
promedio total	53578	46727	23044.6	20241	19249	12634	11245	9130.3	8611.2	6232.6	4833	1887	1512	946.4	938.2	879.9	763	
Unitarizado	139.5	121.7	60	52.7	50.1	32.9	29.3	23.8	22.4	16.2	12.6	4.9	3.9	2.5	2.4	2.3	2	
Proveedor	C. Urb.	P.FAR.	P. S. E.	I.T.N. S.A.	BIO CEN.	AGE S.A.	ARV.	A. PROC.	COS. & ASOC.	CÍA N. CHOC.	F Y D INV.	P. N. GOV.	B. D. P.	AL. SAC	ARC. DE PER	GLOB. ALIM. S.A.C.	P. N. Natur	
promedio total	580.1	431.8	628.1	406.4	319.3	267.9	263.1	294.8	220.3	221.1	284	79.4	52	35	0	0	0	
Unitarizado	1.5	1.1	1.6	1.1	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	0.2	0.1	0.1	0	0	0	
Demanda																		
Tienda	Mega Plaza	Atoc.	La Marina	Las Beg.	Pac.	Ang.	La Polv.	La F.	Huay.	Canta Callao	Quilca	J. Plaza	BV	L. C. Tac.	P. P.	Saenz P.	Tusil.	
promedio total	27938	25937	20689	14961	12709	12593	11951	11481	11148	11038	10811	10654	9394	7511	6633	4803	4561	
Unitarizado	72.8	67.5	53.9	39	33.1	32.8	31.1	29.9	29	28.7	28.2	27.7	24.5	19.6	17.3	12.5	11.9	
Tienda	Zorritos	Próceres	Campoy															
promedio total	3623.4	3282.7	2513.5															
Unitarizado	9.4	8.5	6.5															

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Luego se procede a sumar Las cargas unitarizadas y con ello se realiza un análisis de clasificación ABC, para identificar las tiendas más importantes en cuanto a niveles de ventas de estos productos y a los proveedores más importantes también, ya que se van a evaluar 3 posibles ubicaciones para centros de distribución. En la figura 2 se puede observar el analisis ABC de la oferta.

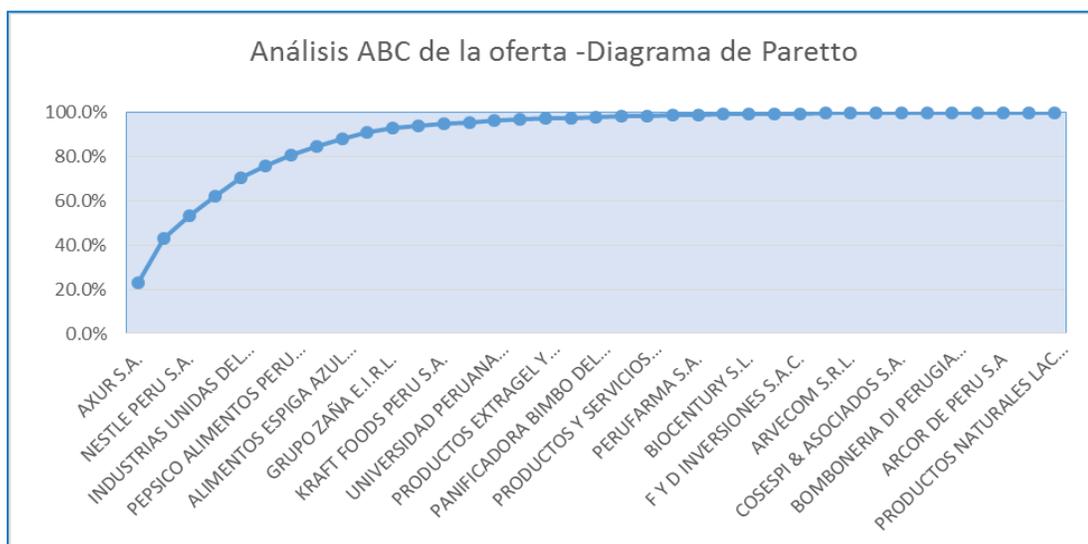


Figura 2 – Análisis ABC de las tiendas - oferta.

Para el caso de los proveedores, el análisis realizado muestra los siguientes resultados:

Tabla 4 - Ranking de proveedores

Proveedor	AXUR S.A.	MOL. S.A.	NESTLE P. S.A.	AGROIND. SANTA MARIA	INDUSTRIAS UNIDAS DEL PERU S.A	KELLOGG	PEPSICO.	VITAPLUSS E.I.R.L.	ALIMENTOS ESPIGA AZUL INTERNACIONAL
Unitarizado	139.5	121.7	60.0	52.7	50.1	32.9	29.3	23.8	22.4
Porcentaje	23.1%	20.2%	10.0%	8.7%	8.3%	5.5%	4.9%	3.9%	3.7%
% Acum.	23.1%	43.3%	53.3%	62.0%	70.3%	75.8%	80.6%	84.6%	88.3%
Proveedor	BIO MAKI S.A.C.	GRUPO ZAÑA E.I.R.L.	QUIMICA SUIZA S.A.	KRAFT FOODS PERU S.A.	COSECHA DEL PARAISO	UNIV. PERUANA UNION	QUIMICA SUIZA S.A.	PROD. EXTRAGEL Y UNIVERSAL	QUAKER PERU S.R.L.
Unitarizado	16.2	12.6	5.3	5.2	4.9	3.9	2.9	2.7	2.3
Porcentaje	2.7%	2.1%	0.9%	0.9%	0.8%	0.7%	0.5%	0.4%	0.4%
% Acum.	91.0%	93.1%	93.9%	94.8%	95.6%	96.3%	96.8%	97.2%	97.6%
Proveedor	PANIF. BIMBO	ALICORP S.A.A.	PROD. Y SERV. EXCEL.	CORP. URBINA S.A.C.	PERUFARMA S.A.	I.T.N. S.A.	BIOCENT. S.L.	ALIMEN. PROC. S.A.	F Y D INVERSIONES S.A.C.
Unitarizado	2.0	2.0	1.6	1.5	1.1	1.1	0.8	0.8	0.7
Porcentaje	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
% Acum.	97.9%	98.2%	98.5%	98.8%	98.9%	99.1%	99.3%	99.4%	99.5%
Proveedor	AGE S.A.	ARVECOM S.R.L.	CÍA NACIONAL DE CHOC. DE PERU	COSESPI & ASOC. S.A.	PRODUCTOS NATURALES G. S.	BOMBONERIA DI PERUGIA S.A.C.	ALEMILC SAC	ARCOR DE PERU S.A	GLOBAL ALIMENTOS S.A.C.
Unitarizado	0.7	0.7	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
Porcentaje	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Acum.	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Se realiza la clasificación ABC, que en este caso nos muestra que el 80.6 % de la carga es generada por 7 proveedores y son los que tomaremos en cuenta para ubicar un centro de distribución que esté cerca a los proveedores.

Los proveedores con mayor representación son: AXUR S.A., MOLITALIA S.A., NESTLE PERU S.A., AGROINDUSTRIA SANTA MARIA S.A., INDUSTRIAS UNIDAS DEL PERU S.A, KELLOGG DE PERU SOC.COM.RESPONS.LTDA y PEPSICO ALIMENTOS PERU S.R.L.

Para el caso de las tiendas, se realiza un análisis similar, ya que se clasifican según su nivel de demanda, observe la tabla 5. Para este caso, según el análisis ABC, nos centraremos en las siguientes tiendas: Mega Plaza, Atocongo, La Marina, Las Begonias, Pachacutec y Angamos. Para poder así, realizar el método de centro de gravedad para hallar un centro de distribución cercano a las tiendas más importantes.

Tabla 5 - Principales puntos de demanda

Tienda	Mega Plaza	Atocongo	La Marina	Las Begonias	Pachacutec	Angamos	La Pólvara	La Fontana	Huaylas	Canta Callao
promedio total	27938	25936.7	20689	14960.8	12709	12592.9	11950.5	11481	11147.4	11037.7
Unitarizado	74	68.5	54.8	39.1	34.1	33.4	31.7	30	29.4	29.1
Porcentaje	12.50%	11.60%	9.20%	6.60%	5.70%	5.60%	5.30%	5.10%	4.90%	4.90%
% Acum.	12.50%	24.00%	33.30%	39.80%	45.60%	51.20%	56.60%	61.60%	66.60%	71.50%

Tienda	Quilca	Jockey Plaza	Bellavista	Lima Centro Tacna	Puente Piedra	Sáenz Pena	Tusilagos	Zorritos	Próceres	Campoy
promedio total	10811	10653.7	9394.1	7511.2	6632.8	4803	4561.3	3623.4	3282.7	2513.5
Unitarizado	28.4	27.9	24.8	20.2	18.2	12.7	12.1	9.7	8.8	6.5
Porcentaje	4.80%	4.70%	4.20%	3.40%	3.10%	2.10%	2.00%	1.60%	1.50%	1.10%
% Acum.	76.30%	81.00%	85.10%	88.50%	91.60%	93.70%	95.80%	97.40%	98.90%	100.00%

En la figura 3 se puede observar el analisis ABC del cliente - demanda.

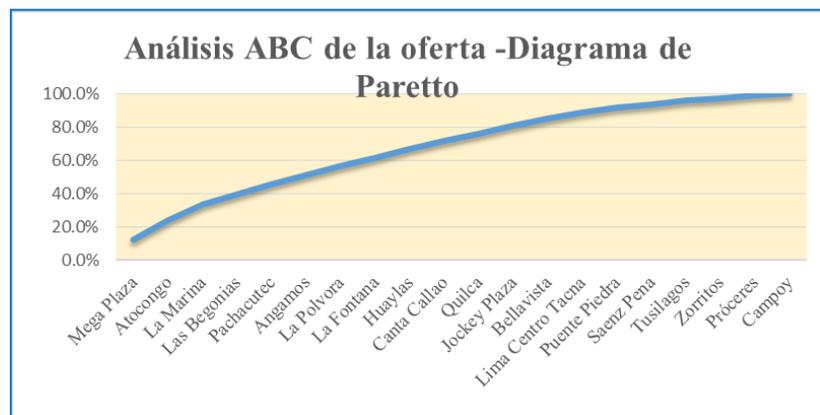


Figura 3 - Análisis ABC de los clientes - demanda.

Ubicación de los posibles centros de distribución

Para la ubicación de los posibles centros de distribución se ha utilizado el método de centro de gravedad, en el cual hemos utilizado 3 criterios, para establecer 3 opciones de CD:

- a) Cercano a los proveedores
- b) Cercano a los puntos de venta
- c) Cercano a los proveedores y puntos de venta

Cabe mencionar que no se han utilizado todos los proveedores y puntos de venta, sino solo los seleccionados en el punto anterior. Para el caso de los puntos de venta (estrellas rojas en la figura 4), el centro de gravedad se encuentra en $x = 12.6$, $y = 18.4$ Es decir entre las avenidas Guardia Civil y Gálvez Barrenechea. Para el caso de los proveedores (estrellas azules), se tiene que el centro de gravedad es $x=14.8$, $y=26.4$ Es decir en un punto cercano a la carretera central. Posteriormente para el ponderado de ambos, tenemos que se encontraría en el punto: $x=13.8$, $y=22.7$.

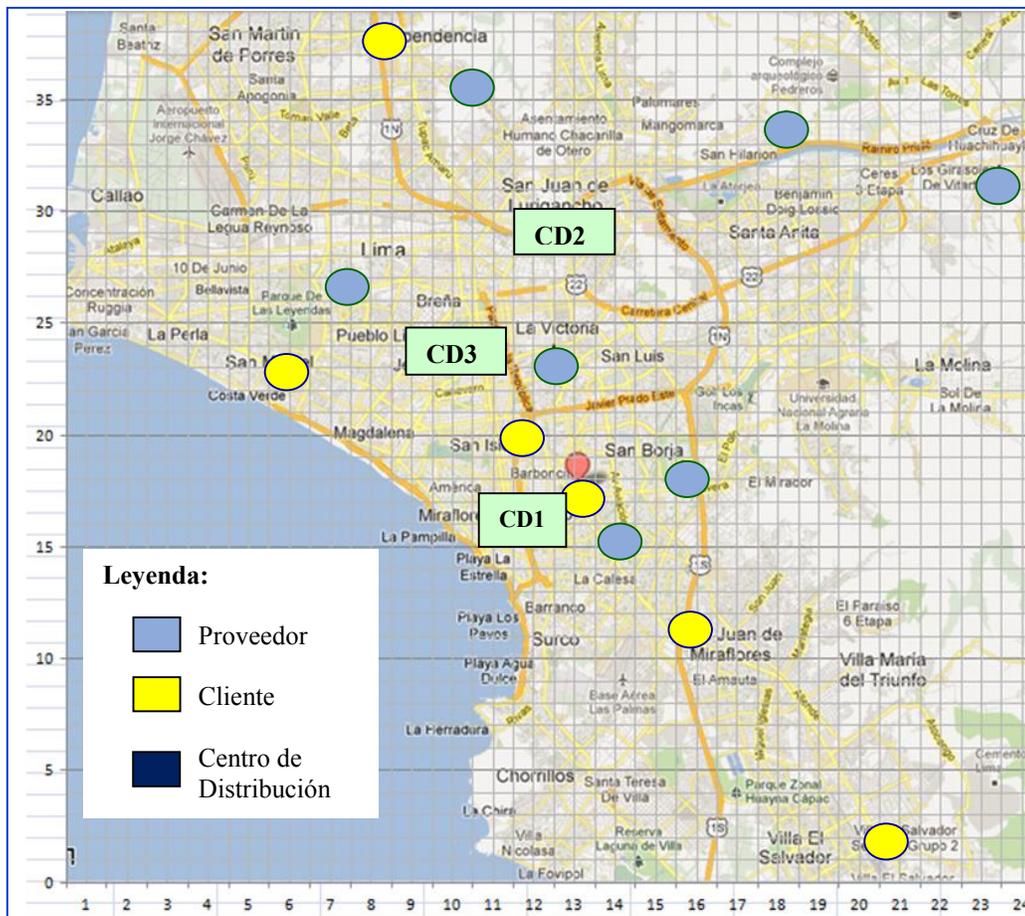


Figura 4 – Puntos propuestos por el centro de distribución

Finalmente con estos puntos determinados, se tienen las distancias que se observan en la tabla 6 (Las respectivas distancias de cada punto de trasbordo a los puntos de oferta y demanda respectivamente).

Tabla 6 - Distancia en km. desde el centro de distribución (CD).

Distancia desde los CD a los puntos de oferta							
	Aux. S.A.	MOL. S.A.	Nestlé	Agroindustria Santa María	Ind. Unidas del Perú	Kellogg	Pepsico
CD1	11	4	12.5	13	16	4	3
CD2	9	4	9	10	14	7	8
CD3	9	0.5	11	11	15	5	6

Distancia desde los CD a los clientes (Km)						
	Mega plaza	Atocongo	La Marina	Las Begonias	Pachacutec	Angamos
CD1	9	14	3	0.5	6	10
CD2	10	9	7	6	10	14
CD3	9	12	5	3	8	11.5

Una vez obtenida la matriz de distancias y las prioridades entre los puntos de oferta y demanda, desde los centros de distribución, se procederá a realizar un modelo de transbordo para optimizar la distribución. Se tiene como objetivo encontrar una alternativa que represente menores costos para la empresa, se evaluará tres escenarios:

Función objetivo:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^7 C_{ij}X_{ij} + \sum_{z=1}^6 C_{wz}Y_{wz}$$

C = costo por kilómetro que representa ir de un punto i hasta j.

X = cantidad de productos ofertados de i (proveedores) al centro de distribución j en una semana.

Y = cantidad de productos demandados de los destinos z desde el centro de distribución w. (j y w tomarán el valor de 1, 2 o 3, dependiendo del centro de distribución escogido) en una semana.

Escenario1: Con un punto de distribución *cerca a las tiendas de Tottus*: considerando j=1

$$\text{MIN } 24.2X_{11}+8.8X_{21}+27.5X_{31}+28.6X_{41}+35.2X_{51}+8.8X_{61}+6.6X_{71}+19.8Y_{11}+30.8Y_{12}+6.6Y_{13}+1.1Y_{14}+13.2Y_{15}+22Y_{16}$$

Escenario2: Con un punto de distribución *cerca a los proveedores* considerando j=2

$$\text{MIN } 19.8X_{12}+8.8X_{22}+19.8X_{32}+22X_{42}+30.8X_{52}+15.4X_{62}+17.6X_{72}+22Y_{21}+19.8Y_{22}+15.4Y_{23}+13.2Y_{24}+22Y_{25}+30.8Y_{26}$$

Escenario3: Con un punto de distribución *cerca a los proveedores y las tiendas* j=3

$$\text{MIN } 19.8X_{13}+1.1X_{23}+24.2X_{33}+24.2X_{43}+33X_{53}+11X_{63}+13.2X_{73}+19.8Y_{31}+26.4Y_{32}+11Y_{33}+6.6Y_{34}+17.6Y_{35}+25.3Y_{36}$$

Restricciones:

$$\sum_{i=1}^7 X_{ij} = PO_j \quad \text{Restricción de la oferta}$$

$$\sum_{w=1}^6 Y_{wz} = PD_z \quad \text{Restricción de la demanda}$$

$$\sum_{j=1}^3 X_{ij} - \sum_{z=1}^3 Y_{wz} = 0 \quad \text{Restricción de transbordo}$$

Para $X_{ij}, Y_{wz} \geq 0$

Para la elaboración de este modelo se trabajó con un costo de transporte de S/.2.2 por kilómetro, el cual se calculó como un promedio de 5 costos de transporte diferentes obtenidos de diversas agencias de traslado de carga. Para la cantidad de oferta y demanda se simuló la carga que soporta la empresa con respecto a los 6 clientes y 7 proveedores, con la finalidad de minimizar su costo de envío.

4. RESULTADOS

Los costos de una semana de distribución de los 3 escenarios se muestran en la tabla 7.

Tabla 7 - Costos de distribución (S/. / semana)

Costo de primera opción	Segunda opción	Tercera opción
S/. 6,825.05	S/. 6,758.70	S/. 6,184.05

La primera y segunda opción solo toma en cuenta la ubicación de las tiendas Tottus, es decir podemos pensar que la mejor opción para ubicar nuestro centro de distribución es estar cerca de nuestros clientes para dar respuesta

inmediata a sus necesidades, o que la mejor opción para ubicar nuestro centro de distribución es estar cerca de nuestros proveedores para ser atendidos de manera rápida y poder así consolidar pedidos fácilmente, pero esto no necesariamente es así, dado que esto dependerá de la distancia entre ambos, porque el análisis es para un sistema total de distribución. La tercera opción es la que nos permite incurrir en menores costos, pues toma en consideración las distancias del centro de distribución “CD” hacia los proveedores y las tiendas Tottus, y esto lo corroboramos con los resultados obtenidos del modelo de programación lineal planteado para su solución, el cual nos muestra que se gastaría S/.6184.050 en el transporte de los productos demandados por las tiendas si el CD se ubicara cercano a la Carretera Central ($x=13.8$, $y=22.7$). Podemos ver, de los resultados, que el ahorro ha generado por una correcta ubicación del centro de distribución, lo cual equivale aproximadamente a S/. 8,000 semanales con respecto a las otras opciones.

5. CONCLUSIONES

Se aplicó un modelo sencillo de programación lineal para optimizar los costos, método ABC para la clasificación de los proveedores y clientes, no obstante por ser simple es muy fácil de usar y su impacto en la empresa ha sido significativo por lo cual será transferido a los otros negocios de la compañía.

Finalmente, es importante mencionar que si bien este caso está delimitado solo por un análisis parcial de productos proveedores y demanda, el proceso de análisis y el procedimiento seguido es perfectamente aplicable a un caso con mayor cantidad de productos.

Referencias

- Ríos, S. & Ríos, D. (1998). *Programación lineal y aplicaciones: ejercicios resueltos*. México. Editorial Alfaomega.
- Winston, W. (2004). *Investigación de Operaciones: aplicación y algoritmos*. Cuarta edición. México. Editorial Thomson.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. 5ta ed. Editorial Pearson.
- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management*. Fourth Edition. Pearson Education
- Krajewski, L. & Ritzman, L. & Malhotra, M. (2013). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. Novena edición. Pearson

Authorization and Disclaimer

Authors, Jonatan Rojas & Alan Martino, authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.