



Universidad de la República - Facultad de Ingeniería - INCO

Optimización de compras y distribución en iniciativas solidarias

Materia: Optimización de Problemas de Producción

Año 2021

Entrega 4

Grupo: 12

Naguel Avila - 5568235-0

Patricio López - 5026488-2

Romina Suleimán - 6295147-7

Mención: Participaron del modelado en el curso de MCPP
Gerónimo Rebech, Camila Condon

1. Introducción

El siguiente informe pretende establecer un sistema de planificación de compras y distribución de alimentos para satisfacer la demanda de las redes de ollas populares en Montevideo.

1.1. Contexto

El 13 de marzo de 2020 se declara en Uruguay el estado de emergencia sanitaria y los comercios de muchos rubros cierran total o parcialmente provocando grandes efectos en la economía. Se agudiza la desigualdad social y la escasez de recursos básicos en los sectores más vulnerables de la población. En abril, eran 125.000 trabajadores en seguro de desempleo y miles de trabajadores informales, monotributistas y unipersonales afectados por la desaparición de sus fuentes de ingreso dada la baja adhesión a la seguridad social con la que cuentan dichos rubros.

Vista la necesidad, diversas organizaciones vecinales, sindicales, sociales y en algunos casos institucionales, organizan ollas y merenderos populares. Estas iniciativas se sostienen parcialmente mediante donaciones, rifas, ventas económicas y otras estrategias de recaudación para evitar que su funcionamiento recaiga en el bolsillo de las personas de la organización.

Se organizan en redes barriales que permiten intercambiar excedentes y experiencias para fomentar el apoyo mutuo y coordinar días de funcionamiento. De esta manera logran ampliar la oferta de comidas diarias en el barrio para las personas o familias que deban acceder a estas.

El 8 de agosto de 2020 se organiza el Primer Encuentro de Ollas. En el encuentro se crea la Coordinadora Popular Solidaria (CPS) compuesta por dichas redes barriales. SolidaridadUY se define como el colectivo que administra los datos, donaciones y recursos acorde a los requerimientos de la CPS.

1.2. Motivación

Hoy en día, las redes barriales sostienen un enorme peso logístico asociado a la distribución de donaciones. Una vez que llegan productos básicos a los centros de acopio (como se puede ver en la figura 2), cada red debe generar un criterio para repartirlos. Esta es una tarea complicada que requiere de transparencia hacia las ollas para evitar rispidez entre compañeros.

Pretendemos aportar un modelo matemático que ayude a distribuir de una forma más sistemática, democrática y confiable. Para esto usamos una técnica adecuada a la organización territorial de las ollas en funcionamiento, que en todos los casos calculan cuántas porciones entregan por día y por semana.

Por otro lado, sabemos que la alimentación debería ser un derecho y que la resolución ideal de tal problema no daría lugar a la existencia de ollas. Sin embargo, pensamos que las organizaciones vecinales están provocando mayores niveles de organización en torno a la

soberanía alimentaria (por ejemplo:huertas comunitarias). De ahí nuestra motivación y disposición para generar herramientas que ayuden a este proceso.

1.3. Objetivos

Lo que queremos es llegar a un modelo matemático que ayude a la CPS a planificar la compra de insumos para ollas de modo que todas reciban productos básicos para administrar, coherentes con la cantidad de porciones que entregan.

Nos basamos en una receta “tipo” a la que llegamos en conjunto con Asociación Uruguaya de Dietistas y Nutricionistas (AUDyN) la cual presenta la cantidad de productos necesarios para realizar un plato nutritivo.

La función objetivo minimiza los costos asociados a la compra y distribución de productos, intentando satisfacer las demandas de las redes de ollas en Montevideo.

2. Parámetros

2.1. Conjuntos

Denotaremos K al conjunto de categorías de productos:

$$K = \{B, L, VV, VC, ST, A, C, E\}$$

El conjunto de productos P es la unión de categorías

$$P = B \cup L \cup VV \cup VC \cup A \cup C \cup E$$

Cada producto $p \in P$ pertenece a una categoría $k \in K$. Se indican los productos a considerar en la siguiente tabla:

p	k	producto	p	k	producto	p	k	producto
1	B	Arroz	8	VV	Boniato	15	C	Bondiola
2	B	Fideos	9	VV	Calabaza	16	C	Aguja
3	B	Polenta	10	VV	Zapallo	17	C	Pollo
4	L	Lentejas	11	ST	S de tomate	18	E	Choclo
5	L	Porotos	12	VC	Morrón	19	E	Arvejas
6	L	Garbanzos	13	VC	Cebolla	20	E	Jardinera
7	VV	Papa	14	A	Aceite			

Denotaremos J al conjunto de proveedores de los productos seleccionados:

$$J = \{1 \dots m\} \quad j \in J$$

Denotaremos R al conjunto de redes integrantes de la CPS:

$$R = \{1, 2, \dots\} \quad r \in R$$

2.2. Definición de parámetros

Definimos una unidad como el equivalente a una olla que rinda 100 porciones.

- U_k Es la cantidad necesaria de un producto de la categoría $k \in K$ para su utilización en la elaboración de una unidad, como indica el cuadro 3.
- S_{pr} Es el stock disponible de cada producto $p \in P$ en la red $r \in R$, en unidades.
- M Es el monto disponible, en pesos uruguayos.
- D_r Es la demanda de "ollas" en la red $r \in R$, donde cada "olla" es una comida elaborada que alcanza para 100 porciones.
- T_{pj} Es el stock disponible de cada producto $p \in P$ del proveedor $j \in J$, en unidades.
- C_{pj} Es el costo por unidad del producto $p \in P$ del proveedor $j \in J$ (al centro de distribución), en pesos uruguayos.

U_B	U_L	U_{vv}	U_{ST}	U_A	U_{VC}	U_C	U_E
5kg	5kg	10kg	5L	1L	1kg	10kg	5kg

Receta tipo

La receta tipo RT ideal se define como la lista de $U_k \quad k \in K$.

$$RT = \{U_B, U_L, U_{VV}, U_{ST}, U_A, U_{VC}, U_C, U_C\}$$

Donde cada unidad de producto es lo necesario para la elaboración de una "olla" que rinda 100 porciones.

De esta manera se definirá únicamente, una demanda en cantidad de "ollas" por red, que es útil para todas las categorías de productos, ya que una vez obtenida la cantidad necesaria a comprar de cada producto la misma estará en unidades, las cuales fueron definidas anteriormente.

3. Formulación Matemática

$$\min \sum_{p \in P} \sum_{r \in R} \sum_{j \in J} c_{pj} x_{pjr}$$

Sujeto a:

$$\text{I) } \sum_{p \in K} (\sum_{j \in J} (x_{pjr}) + s_{pr}) \geq D_r , \forall r \in R, \forall k \in K$$

$$\text{II) } \sum_{r \in R} x_{pjr} \leq T_{pj} , \forall j \in J, \forall p \in P$$

$$\text{III) } x_{pjr} \geq 0 , \forall r \in R, j \in J, p \in P$$

Restricciones

- I) Cubrir la demanda de las categorías de productos K para cada red r
- II) No sobrepasar el stock del producto p del proveedor j
- III) No negatividad de las variables de decisión

VARIABLES DE DECISIÓN

- x_{pjr} Es la cantidad de unidades a comprar del producto $p \in P$, del proveedor $j \in J$ para la red $r \in R$.

4.Descripción y análisis de datos

4.1.Demanda de las redes

En la siguiente tabla se detallan las redes existentes hasta el momento en la CPS, cada una con la demanda correspondiente en porciones que sirven en 2 semanas.

N° de red	Red	Porciones Quincenal
01	RED DE APOYO A OLLAS DEL CERRO POR AUTONOMÍA Y VIDA DIGNA	11640
02	COORDINADORA SOLIDARIA DE VILLA ESPAÑOLA	28594
03	RED SOLIDARIA DEL BARRIO LAVALLEJA	8020
04	SOLIDARIDAD CARBONERA	12000
05	BRIGADA JOSÉ ARTIGAS	7760
06	RED DE OLLAS DE BELLA ITALIA	31830
07	RED CASAVALLE	22420
08	RED LOS BULEVARES	10760
09	RED PASO CARRASCO	8900
10	RED GURISES DEL NORTE	10120
11	RED ZONAL 14	6060
12	COORDINADORA SALINAS	4480

4.2 Stock disponible en cada red

Los datos que proporcionamos son los de la primera quincena del mes de agosto.

Tabla 1 del Anexo.

4.3 Precios de los distribuidores

Los precios indicados corresponden a algunos de los proveedores con los que cuenta SolidaridadUy, es importante recalcar que los mismos, son estimados por la organización ya que la gran mayoría de los productos cuenta con algún tipo de beneficio, como por ejemplo; venta al costo, además de no incluir el costo de envío hasta el centro de acopio. Tabla 2 del Anexo

4.4 Stock disponible de cada proveedor

Son stocks generalmente “ilimitados” ya que los proveedores que se manejan son empresas grandes, por lo que nunca se va a realizar un pedido imposible de cubrir.

4.6 Dirección del centro de acopio de cada red



Numero de red	Nombre	Direccion del centro de acopio
1	RED DE APOYO A OLLAS DEL CERRO POR AUTONOMÍA Y VIDA DIGNA	Haití 1606
2	COORDINADORA SOLIDARIA DE VILLA ESPAÑOLA	Camino Corrales 3041
3	RED SOLIDARIA DEL BARRIO LAVALLEJA	Av. de las Instrucciones & Dr. José María Silva
4	SOLIDARIDAD CARBONERA	Pernas 2484
5	BRIGADA JOSÉ ARTIGAS	Carlomagno y Victor Manuel
6	RED DE OLLAS DE BELLA ITALIA	Pje.Manuel Pérez y Curis 6129
7	RED CASAVALLE	Doctor Ricardo Mackinnon y Pablo Scremini
8	RED LOS BULEVARES	Av. Ideario Artiguista 1947
9	RED PASO CARRASCO	Acuña de Figueroa 126
10	RED GURISES DEL NORTE	Dr. Adolfo Rodríguez 6738
11	RED ZONAL 14	Camino Castro 104
12	COORDINADORA SALINAS	Calle riacho

5. GLPK implementación

Al momento de implementar el modelo nos dimos cuenta que el resultado obtenido, no tenía sentido ya que indicaba un valor óptimo de 0, y donde algunas de las restricciones no se cumplían.

Fue debido a eso que tuvimos que hacer algunos ajustes en la idea del modelo original, como por ejemplo la eliminación de la variable y_{prf} que correspondía a la cantidad de producto p que la red r necesita de la red f, ya que no se estaba contemplando que, el producto que una red iba a buscar a la otra (y) se restara del stock que la misma poseía, por lo que nos quedaba un problema sin sentido de la forma en que estaba planteado.

Por lo que decidimos eliminar la variable a efectos de obtener un resultado coherente en el modelo. Luego de hacer esto, no tuvimos muchos problemas en cuanto a la escritura del problema en el lenguaje de glpk, que concluyó en un problema poco complejo, por otro lado, si tuvimos problemas al intentar ingresar todos los datos del modelo para una única

compilación, es debido a esto que en la sección de validación fuimos probando el modelo con casos más chicos y condiciones de borde.

6. Validación

En esta sección procedimos a realizar distintos casos de borde, en un modelo más chico, para de esta forma poder analizar mejor los resultados. Una vez que los casos borde funcionan, el problema radicará en ampliar el modelo con los datos restantes.

En todos los casos corrimos el modelo con: 2 redes, 2 proveedores y una única categoría de alimentos (Básicos) que poseía tres distintos alimentos.

Caso 1:

En una primera instancia simplemente ingresamos el stock de cada red y sus respectivas demandas. El stock inicial de cada red ($s[p,r]$) impusimos que fuesen 0 y una demanda $D_r = 10$, para las dos redes.

El programa corrió perfectamente y obtuvimos una solución correcta, en la que se compran para cada red los productos necesarios para satisfacer la demanda de la misma.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Variable	Estado	Actividad	Variable	Estado	Actividad
1 x[arroz,1,1]	B	6	7 x[arroz,1,2]	NL	0
2 x[fideos,1,1]	B	4	8 x[fideos,1,2]	B	1
3 x[polenta,1,1]	NL	0	9 x[polenta,1,2]	B	9
4 x[arroz,2,1]	NL	0	10 x[arroz,2,2]	NL	0
5 x[fideos,2,1]	NL	0	11 x[fideos,2,2]	NL	0
6 x[polenta,2,1]	NL	0	12 x[polenta,2,2]	NL	0

Caso 2:

En el siguiente caso, impusimos que el stock del proveedor 1 fuera 0 para todos los productos. Obtuvimos como resultado que sólo se compraban productos al proveedor que poseía stock, comprobando de esta manera el funcionamiento de la restricción que impide sobrepasar el stock de los proveedores.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Variable	Estado	Actividad	Variable	Estado	Actividad
1 x[arroz,1,1]	NL	0	7 x[arroz,1,2]	NL	0
2 x[fideos,1,1]	NL	0	8 x[fideos,1,2]	NL	0
3 x[polenta,1,1]	NL	0	9 x[polenta,1,2]	NL	0
4 x[arroz,2,1]	B	10	10 x[arroz,2,2]	B	10
5 x[fideos,2,1]	NL	0	11 x[fideos,2,2]	NL	0
6 x[polenta,2,1]	NL	0	12 x[polenta,2,2]	NL	0

Caso 3:

Luego analizamos un caso en el que los precios del proveedor 1 fueran muy elevados en comparación con el otro. Obteniendo como resultado que únicamente se le compraban productos al proveedor que poseía bajos precios, comprobando así, que efectivamente la función objetivo funciona correctamente.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Variable	Estado	Actividad	Variable	Estado	Actividad
1 x[arroz,1,1]	NL	0	7 x[arroz,1,2]	NL	0
2 x[fideos,1,1]	NL	0	8 x[fideos,1,2]	NL	0
3 x[polenta,1,1]	NL	0	9 x[polenta,1,2]	NL	0
4 x[arroz,2,1]	B	8	10 x[arroz,2,2]	B	5
5 x[fideos,2,1]	B	2	11 x[fideos,2,2]	B	5
6 x[polenta,2,1]	NL	0	12 x[polenta,2,2]	NL	0

Caso 4:

Por último probamos un caso en el que las redes poseían stock inicial de 5 y 4 unidades, pero los resultados obtenidos en un principio no cobraban sentido ya que no se compraba alimento para cubrir la totalidad de la demanda. Tras analizar los resultados nos dimos cuenta de que se contabilizaba dos veces el stock inicial (una vez por cada proveedor) por lo que fue necesario modificar la formulación de la restricción de la demanda agregando paréntesis en la sumatoria de los proveedores.

La restricción de un principio era la siguiente:

$$\sum_{p \in B} \sum_{j \in J} (x_{pjr} + s_{pr}) \geq D_r, \forall r \in R \quad \text{y los resultados arrojados fueron:}$$

Variable	Estado	Actividad	Variable	Estado	Actividad
1 x[arroz,1,1]	NL	0	7 x[arroz,1,2]	NL	0
2 x[fideos,1,1]	NL	0	8 x[fideos,1,2]	NL	0
3 x[polenta,1,1]	NL	0	9 x[polenta,1,2]	NL	0
4 x[arroz,2,1]	NL	0	10 x[arroz,2,2]	B	2
5 x[fideos,2,1]	NL	0	11 x[fideos,2,2]	NL	0
6 x[polenta,2,1]	NL	0	12 x[polenta,2,2]	NL	0

La restricción con la modificación luego del análisis:

$$\sum_{p \in B} (\sum_{j \in J} (x_{pjr}) + s_{pr}) \geq D_r, \forall r \in R \quad \text{y los resultados obtenidos fueron:}$$

Variable	Estado	Actividad	Variable	Estado	Actividad
1 x[arroz,1,1]	B	4	7 x[arroz,1,2]	NL	0
2 x[fideos,1,1]	NL	0	8 x[fideos,1,2]	NL	0
3 x[polenta,1,1]	NL	0	9 x[polenta,1,2]	NL	0
4 x[arroz,2,1]	NL	0	10 x[arroz,2,2]	B	4
5 x[fideos,2,1]	B	1	11 x[fideos,2,2]	B	2
6 x[polenta,2,1]	NL	0	12 x[polenta,2,2]	NL	0

7. Análisis de sensibilidad

Solución general

Luego de correr el solver con los datos reales de: los aproximados de las demandas de las redes, los stocks iniciales basados en las donaciones, y los costos de los productos de sus proveedores, proporcionados por SolidaridadUy, se obtuvo una solución óptima, en la cual el costo de lograr una dieta saludable, variada y balanceada, para todos los usuarios de todas las redes es de \$3.560.794.

En la solución podemos apreciar que todas las restricciones de demanda se encuentran activas (s.t = NL), por lo que podemos afirmar que ninguna de las redes posee para ninguna categoría de alimento la cantidad stock mínimo necesario en relación a su demanda.

Análisis 1

En una primera instancia analizamos cuál sería el costo con variaciones de la demanda +/- 25% en relación a la actual.

Al analizar una disminución en la demanda, el valor de la función objetivo disminuye a \$2.544.088 lo que implicaría un ahorro de \$1.016.706.

Se observa que algunas de las restricciones de demanda pasaron a estar inactivas (s.t = B), por lo que para algunas categorías de alimentos de determinadas redes no fue necesario comprar más alimento, ya que el stock que poseían era suficiente.

Por otro lado, al analizar un aumento de la demanda de las redes en un 25%, el costo total aumenta a \$4.583.393 lo que implica un gasto de \$1.022.599 más.

Análisis 2

Para este análisis lo que hicimos fue modificar los stocks disponibles de los proveedores.

Al realizar este cambio el solver ya no tiene la libertad de comprar la mayoría de los alimentos a los proveedores más económicos debido a que no poseen tanta disponibilidad.

El valor de la función objetivo en este caso pasa a ser de \$4.075.280 aumentando entonces en \$514.486 con respecto a la solución del problema original.

Análisis 3

A continuación, analizamos qué sucedería en caso de que los stocks iniciales de las redes sufrieran variaciones de + 25% en relación al actual.

El valor de la función objetivo obtenido fue \$3.433.706 es decir que se obtuvo una reducción de \$127.087 y nuevamente algunas de las restricciones de demanda no se encontraban activas implicando stock sobrante de algunos alimentos en algunas redes.

Análisis 4

En una última instancia quisimos juntar distintos casos en un única situación que fuese la más favorable posible, en donde: la demanda de las redes se reduzca un 25%, el stock inicial de las redes aumente un 25% y donde no se impongan limitaciones en la disponibilidad de los proveedores.

El resultado en este caso fue de \$2.424.094 implicando un ahorro de \$1.136.699.

8. Conclusiones

Debido a que los tres integrantes venimos de equipos distintos del Taller 2, se tuvo que debatir cuál de los tres proyectos que trabajamos en un principio se utilizaría para la asignatura, lo que concluyó en el estudio de las ollas populares por la facilidad de acceso a los datos y la disponibilidad del proyecto ya que aún no fue utilizado para esta asignatura, evitando conflictos por la repetición del mismo.

En la construcción del modelo se tuvo algunas dificultades para la determinación de la función objetivo, así como las restricciones ya que desde un principio el Modelo resultaba muy sencillo, por lo que se recomendó complejizar un poco, agregando algunas restricciones, como por ejemplo la satisfacción de demanda entre redes.

La definición de parámetros fue bastante sencilla, debido a la buena disposición de los encargados de las ollas solidarias, que amablemente nos ofrecieron planillas de datos, destacando la organización y la claridad de los mismos, así como reuniones donde explicaron el funcionamiento, y las dificultades que tenían día a día.

9. Anexo

Tabla 1 Stock de cada Producto en cada Red, s[p,r].

		Stock de cada producto en cada red (primer quincena de Agosto).											
Numero de red	Nombre de la red	Fideo (kg)	Arroz (kg)	Sal (kg)	Aceite (L)	Gallinas (kg)	Gallinas (kg)	Huevos (Maples)	Lentejas (kg)	Calabaza (kg)	Papa (kg)	Cebolla (kg)	Morrón (kg)
		B	B		A	C	C		L	VV	VV	VC	VC
1	RED DE APOYO A OLLAS Y MERENDEROS DEL CERRO POR AUTONOMIA Y VIDA DIGNA	93	156	21	84	18	38	40	303	100	60	128	5
2	COORDINADORA SOLIDARIA DE VILLA ESPANOLA	229	384	53	172	43	88	102	414	100	60	128	11
3	RED SOLIDARIA DEL BARRIO LAVALLEJA	64	108	15	45	12	24	28	149	80	20	128	6
4	SOLIDARIDAD CARBONERA	96	161	22	52	19	38	33	158	100	60	128	3
5	BRIGADA JOSÉ ARTIGAS	62	104	14	22	12	24	14	108	100	60	128	2
6	RED DE OLLAS DE BELLA ITALIA	255	428	59	170	48	92	108	343	60	20	72	5
7	RED CASAVALLE	221	301	41	135	39	78	96	353	100	60	128	0
8	RED LOS BULEVARES	86	145	20	74	18	32	44	191	100	140	144	15
9	RED PASO CARRASCO	71	118	18	59	13	28	38	130	140	120	144	11
10	RED GURISES DEL NORTE	38	136	22	46	15	30	28	139	200	120	108	22
11	RED ZONAL 14	48	81	11	44	10	20	30	58	10	30	20	7
12	COORDINADORA SALINAS	36	60	8	23	18	36	15	66	120	100	144	10

Tabla 2 Precios de los distribuidores por unidad de producto, c[p,j]

