



udp UNIVERSIDAD
DIEGO PORTALES

Facultad de Ingeniera

Informe de optimización Empresa Agroindustrial Patagonia (AGROPAT)

Javiera Espinoza, Valeria Osorio, Diego Vilches

25 de junio de 2017

Índice general

1. Resumen	3
2. Descripción del problema	4
3. Primer modelo	5
3.1. Conjuntos definidos	5
3.2. Parámetros	5
3.3. Variables	5
3.4. Función objetivo	6
3.5. Restricciones	6
4. Segundo modelo	7
4.1. Cambio de variables	7
4.2. Cambio en las restricciones	7
5. Metodología y resultados	8
6. Conclusión	10

Índice de tablas

5.1.	Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 1 y 21	8
5.2.	Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 24 y 42	8
5.3.	Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 43 y 57	9

1. Resumen

El presente informe consiste en un modelo el cual se deben definir los conjuntos, parámetros, variables y restricciones que presenta el problema en cuestión, para luego poder programarlo en Ampl, debido a que este, es un programa de lenguaje algebraico que nos permite resolver problemas de alta complejidad y de gran cantidad de datos.

Este modelo en particular consiste en minimizar los gastos realizado por la empresa AGROPAT por transportar y comprimir un cantidad determinada de lana, para luego ser exportada a empresas textiles en el extranjero, el modelo está sujeto a varias restricciones las cuales al ingresarlas y hacer ejecutar el programa, junto con cada uno de los componentes del problema se logra encontrar la solución óptima la cual fue \$17.151.200.

Luego se hicieron modificaciones al modelo debido a que en un comienzo la empresa no posee una bodega, esto se hizo para obtener el resultado de cuánto estaría la empresa dispuesta a pagar al arrendar una, utilizando también AMPL y tomando los resultados que este arrojo se pudo calcular el precio que le conviene más a AGROPAT, lo que dio como resultado \$14.751.000, por lo tanto lo que la empresa estaría dispuesta a pagar por el arriendo de una bodega seria \$2.400.200.

2. Descripción del problema

La empresa Agroindustrial Patagonia (AGROPAT) ubicada en Punta Arenas se dedica a comprar lana de oveja producida en estancias en la región de Magallanes. La empresa tiene contrato con 36 estancias las cuales producen una cantidad determinada de lana y debe buscar la forma de transportar el producto desde las estancias hasta su ubicación. Todo esto se debe realizar en un plazo inferior a 60 días desde la fecha de planificación, la cual fue un día lunes ($t = 0$).

En la ciudad hay 20 camiones disponibles para realizar el transporte, de los cuales cada uno tiene su propio precio según la distancia recorrida en kilómetros y diferente capacidad, medida en kilogramos. Los camiones solo pueden hacer un viaje diario.

La lana puede ser retirada cualquier día, pero debe ser toda de una vez, es decir el mismo día. Una vez retirada la lana y llevada a Punta Arenas esta es descargada en contenedores que soportan hasta 24 toneladas. Para utilizar al máximo la capacidad de los contenedores, la lana es compactada en fardos por medio de una prensa hidráulica. AGROPAT tiene una prensa hidráulica con un costo de utilización que varía de acuerdo si es día de semana, sábado o domingo. Esta prensa puede procesar el equivalente a máximo 2 contenedores diarios. Los contenedores deben ser cerrados el mismo día que se preparen debido a que los que se exportan son autorizados por el SAC. Una vez cerrados son enviados al puertos para que puedan ser encargados.

Como la prensa no tiene bodega, debe compactar toda la lana que recibe el día siguiente ($t+1$) en el que se va a buscar (t). En caso de ser necesario se arrendará una prensa hidráulica extra, cuyo precio varía según el día y se cobra por contenedor completo.

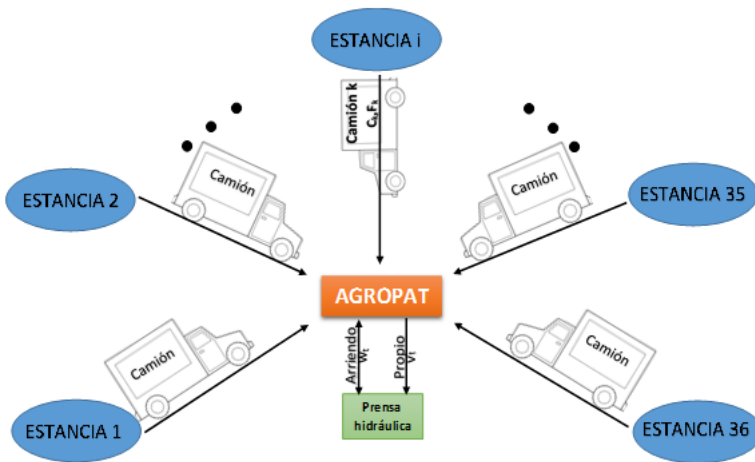


Figura 2.1: Diagrama explicativo del procedimiento de AGROPAT

3. Primer modelo

En el primer modelo se quiere minimizar los costos totales de la empresa, es decir, de transporte de lana y los costos de utilizar las prensas hidráulicas.

3.1. Conjuntos definidos

En primera instancia, para modelar el problema se definen los siguientes conjuntos.

- I : estancias i
- K : camiones k
- T : tiempo t

3.2. Parámetros

A continuación, se definen los parámetros a considerar en el modelo:

- D_i : distancia de Punta Arenas a la estancia i .
- C_k : precio del camión k por kilómetro.
- P_{1t} : precio de compactación de la lana de AGROPAT en el día t .
- P_{2t} : precio de compactación de la lana por arriendo en el día t .
- N : cantidad máxima de fardos que se pueden hacer con la máquina de AGROPAT.
- F_k : capacidad de camión k .
- U : kilogramos de lana que soporta un contenedor.
- L_i : Cantidad de de lana en estancia i .

3.3. Variables

Luego se definen las siguientes variables para resolver el modelo:

- x_{ikt} : variables binaria que determina si se arrienda el camión k el día t para ir a la estancia i .
- y_{it} : determina si se retira o no la lana de la estancia i el día t .
- v_t : cantidad de fardos hechos el día t con la prensa de AGROPAT.
- w_t : cantidad de fardos hechos el día t con la prensa arrendada.

3.4. Función objetivo

La función objetivo busca minimizar los gastos realizados por la empresa. La sección de sumatoria triple dependiente de cada instancia, camión y del día respectivamente, suma los gastos realizados al arrendar el camión k para que vaya a buscar lana a una instancia i que está a una distancia D_i de la empresa en Punta Arenas a un precio de C_k , luego se le agrega de la suma dependiente del tiempo, del costo de utilizar la prensa hidráulica de AGROPAT y la arrendada.

$$\min \sum_i \sum_k \sum_t D_i C_k x_{ikt} + \sum_t (P_{1t} v_t + P_{2t} w_t) \quad (3.1)$$

3.5. Restricciones

- Cada camión debe realizar un solo viaje al día es decir irá a solo una estancia, por lo que la sumatoria de x_{ikt} para todas las instancias será cero o uno.

$$\sum_i x_{ikt} \leq 1 \quad \forall k \in K, t \in T \quad (3.2)$$

- Toda la lana debe ser retirada el mismo día de la instancia i , debido a esto, la sumatoria de y_{it} para cada instancia i debe ser igual a uno. Esta igualdad implica que, una vez terminado el proceso, se debe haber retirado la lana de todas las instancias.

$$\sum_t y_{it} = 1 \quad \forall i \in I$$

- La sumatoria de la capacidad de los camiones en kilogramos debe ser mayor a la cantidad de lana que se retirará.

$$\sum_k F_k x_{ikt} \geq L_i y_{it} \quad \forall i \in I, t \in T$$

- El ultimo día (T) no se puede ir a buscar lana debido a que no habra mas días para compactarla, por lo tanto, la suma de lo que se retirará en cada instancia debe ser cero.

$$\sum_i y_{iT} = 0 \quad (3.3)$$

- La cantidad en kilogramos de la lana retirada el día $t - 1$ debe ser menor o igual a la capacidad en kilogramos de los contenedores que utilizará la lana compactada por la prensa de AGROPAT y la arrendada el día t .

$$\sum_i L_i y_{it-1} \leq U(v_t + w_t) \quad \forall t \in T, t > 1 \quad (3.4)$$

- La cantidad de fardos hechos al usar la prensa hidráulica de AGROPAT no debe exceder de 2 diarios.

$$v_t \leq N \quad \forall t \in T \quad (3.5)$$

- Por último, están las restricciones de naturalaza.

$$x_{i,k,t} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, k \in K, t \in T \quad (3.6)$$

$$y_{i,t} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (3.7)$$

$$v_t \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall t \in T \quad (3.8)$$

$$w_t \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall t \in T \quad (3.9)$$

4. Segundo modelo

En este segundo modelo se quiere saber cuánto AGROPAT estará dispuesto a pagar por el arriendo de una bodega durante toda la temporada. Es por esta razón que fue necesario crear inventario de la bodega, donde se guarda la lana para el día siguiente y no necesariamente se tendrá que compactar toda la lana el día t . Para esto se utilizó el mismo modelo anterior, es decir se minimizó la misma función (3.1) ya que el propósito final sigue siendo reducir los costos. Se mantuvieron los mismos conjuntos y parámetros, pero se modificaron las restricciones y se agregaron variables, como se muestra a continuación.

4.1. Cambio de variables

Como se mencionó anteriormente, para este modelo fue necesario hacer modificaciones. En este caso se mantienen las mismas variables anteriores pero se agregan las siguientes:

- m_t : inventario de la bodega el día t .
- n_t : cantidad de lana que se retira de la bodega para ser llevada a los contenedores el día t .

4.2. Cambio en las restricciones

En este caso se quitará la restricción número (3.6) y se agregarán las siguientes:

- La cantidad de lana (en kilogramos) retirada de la bodega el día t tiene que ser menor o igual a la capacidad de los contenedores llenados por cada prensa en día t .

$$n_t \leq U(v_t + w_t) \quad \forall t \in T \quad (4.1)$$

- El inventario del día t debe ser igual que el inventario del día anterior más la cantidad retirada el día anterior de la instancia i , menos lo que se procesa el día t .

$$m_t = m_{t-1} + \sum_i L_i y_{it} - 1 - n_t \quad \forall t \in T \quad (4.2)$$

5. Metodología y resultados

Para resolver ambos problema, se utilizó el lenguaje de optimización AMPL, que es, como su iniciales en inglés lo dicen “A Mathematical Programming Language”, un lenguaje de programación algebraica, en el cual se pueden escribir y resolver problemas de gran complejidad, es decir con una gran cantidad de variables y restricciones, como es el caso de los modelos presentados en este informe.

Para que se ingresen ambos modelos a AMPL, primero se distribuye el problema en dos archivos. El primero del tipo “.mod” que es donde se guarda el modelo y en el cual se definen las características de este, es decir, los parámetros, variables, función objetivo y restricciones. El segundo archivo es “.dat”, en el cual se define el valor de los parámetros. Posteriormente para la resolución del primer modelo se utiliza la herramienta solver Gurobi y se deja como límite de ejecución 5400 segundos y un máximo de error de 0,01 %. Esto quiere decir que el programa itera hasta que se cumpla una hora y media o el porcentaje mencionado, lo que suceda primero. Se decidió dejar una gran cantidad de tiempo ya que, como se mencionó anteriormente, el programa se mantiene iterando y por cada una de estas iteraciones se llega a un resultado el que es evaluado por el programa y este ve si es factible para el problema, es decir si cumple con el criterio de optimalidad, a medida que se realizan más iteraciones el porcentaje de error va disminuyendo, debido a que se va acercando al punto más óptimo. Una vez que el programa cumple con alguno de los márgenes establecidos, este da como resultado de la función objetivo \$17.151.200.

Según los resultados obtenidos, se obtienen que se gastan \$14.826.200 en transporte y \$ 2.325000 en compactación. Lo que corresponde a un 86.44 % y un 13.56 % del total respectivamente. También, como se mostrará a continuación en un calendario que muestra la planificación para los viajes, se puede ver que se ocuparon solo 6 camiones y que el proceso finalizó el día 57.

	Día 1	Día 8	Día 14	Día 15	Día 16	Día 18	Día 21
c1	Tres Arrollos	Armonía	Kampenaïke	Fortuna	Alquinta	China Creek	Los Abuelos
c2	Las Charas	Río Grande	kampenaïke	Fortuna		Los Coipos	Los Abuelos
c3	—	—	—	Fortuna	—	—	Los Abuelos
c8	Las Charas	—	Laguna Larga	—	—	—	—
c16	Las Charas	Buitreras	—	—	Alquinta	—	—
c17	Las Charas	Buitreras	—	—	Alquinta	—	—

Tabla 5.1: Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 1 y 21

	Día 24	Día 28	Día 30	Día 31	Día 32	Día 35	Día 42
c1	—	Los niños	Rosario	EL 26	San Isidro	6 de Mayo	Cerritos
c2	—	—	Nevada	—	—	Florida	—
c3	—	—	Nevada	—	—	—	—
c8	Marías Isabel	Bellavista	—	—	—	California	Santa Bárbara
c16	—	Bellavista	—	Río Chico	Timaukel	Florida	Santa bárbara
c17	—	Bellavista	—	—	—	—	—

Tabla 5.2: Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 24 y 42

	Día 43	Día 44	Día 46	Día 50	Día 51	Día 57
c1	Las golondrinas	Lola	Pamela	El Trébol	Punta Delgada	Los Álamos
c2	Serena	—	—	El Trébol	Punta Delgada	Los Álamos
c3	—	—	—	—	Punta Delgada	—
c8	—	—	Aurora	—	Cameron	—
c16	—	—	—	El Trébol	Punta Delgada	—
c17	—	—	—	El Trébol	Punta Delgada	—

Tabla 5.3: Distribución de viajes para los camiones 1, 2, 3, 8, 16 y 17 entre los días 43 y 57

En el segundo modelo se utiliza la misma metodología de resolución, solo se agrego las nuevas variables creadas y se elimina la restricción (3.6) agregando las nuevas que involucran el arriendo de la bodega. Para poder compararlo de mejor manera con el resultado entregado por el primer modelo, en este se utilizaron las mismas condiciones de salida, siendo estas 0,01 % como porcentaje de error y 5400 segundos como tiempo límite. Al finalizar la compilación del programa la función objetivo dio \$14.751.000 y se utilizaron 7 camiones y el último día en que se fue a retirar la lana fue el día 59.

Para responder a la pregunta ¿Cuanto estaría AGROPAT, dispuesto a pagar por el arriendo de la bodega? Hay que considerar la diferencia entre los resultados de la función objetivo del primer modelo y el valor de este último, lo que da un valor de \$2.400.200.

6. Conclusión

En primera instancia se puede apreciar que la utilización de AMPL facilita la resolución de problemas de optimización, por su exactitud y por la opción de ingresar problemas de gran complejidad con infinitud de variables, a diferencia del solver de Excel que tiene un límite de 100 variables, lo que no sirve para problemas de gran envergadura como son los de una empresa actualmente, ya que en su mayoría de los casos los modelos creados poseen una gran cantidad de variable, lo que convierte el modelo extremadamente difícil de resolver sin la utilización de este tipo de herramientas.

Por otra parte, al utilizar el programa se puede concluir que entre más tiempo se deje compilar, este tendrá la posibilidad de realizar una mayor cantidad de iteraciones, permitiendo que el resultado sea cada vez más exacto, es decir, se acerca al punto más óptimo.

Luego al analizar los resultados obtenidos tanto en el primer como en el segundo modelo se logra ver que la función objetivo del segundo caso tiene un valor menor que el del primero. El ahorro se debe a que se agregaron nuevas restricciones lo que provoca que la empresa esté más limitada y tenga que gastar menos, además como en este caso la lana se puede almacenar esta la posibilidad de retirar la lana en menos días ya que no solo se retirará la cantidad que la prensa pueden compactar. También el ahorro se debe a que en el segundo modelo fueron utilizados menos cantidad de camiones, en el primer problema se utilizaron cuatro camiones y en este caso se redujo la cantidad a dos, volviendo estos dos a los más convenientes para el problema. Al tener la lana almacenada puedo tener mayor autonomía para decidir qué días debo compactar, teniendo la posibilidad de solo compactar los días que los costos son menores. Por lo tanto a la empresa AGROPAT el arriendo de una bodega la beneficiaria en cuanto a ahorro de costos.