Modelo cosecha

grupo7 capston

April 2025

Modelo en español

1 Índices

- $i, j \in N$: Nodos: hectáreas $(i \neq j)$
- $r, q \in R$: Rodales, $r \neq q$
- $t \in T$: Períodos de tiempo (meses) *preguntar si hay que definir un conjunto de temporadas
- $(i, j) \in A$: Arcos del grafo de caminos (de posibles caminos)
- $k \in K$: Tipos de maquinarias, k=1 skidder y k=2 torre de madereo.
- $d \in D$: nodos de destino

2 Conjuntos (definidos denuevo algunos)

- R: Conjunto de rodales.
- T: Conjunto de periodos de tiempo.
- N: Conjunto de nodos/hectáreas.
- A: Conjunto de arcos (posibles caminos).
- $D \subset N$: Conjunto de nodos de salida (destinos). = |D| = 2
- $N_r \subset N$: Subconjunto de nodos (hectáreas) que pertenecen al rodal r.
- $N_k \subset N$: Subconjunto de nodos (hectáreas) donde se puede instalar faena tipo k.
- \bullet RA_{rq} : Conjunto de rodales con restricción de adyacencia.
- \bullet $XA\subset A$: Subconjunto de arcos que se destryen transcurrida la temporada.

• $R_{kj} \subset N$: Subconjunto de nodos que pertenecen al radio de operación de una posible faena k, en la hectárea j.

3 Parámetros

Generales

- $\bullet\,$ P: Precio de venta madera por metro cúbico
- M: Número suficientemente grande.
- C: Costo de construir 100m de camino ojo: en los datos es \$ 2000 por km, por lo tanto son \$ 200 por camino

Relacionados a cosecha

- v_i : Volumen máximo en m^3 de madera disponible en la hectárea i.
- mcc_k : Capacidad máxima de cosecha de faena tipo $k \ (m^3)$
- cif_{jk} : Costo fijo de instalación de faena k, en la hectárea j.
- cvc_{jk} Costo variable de cosecha de faena k instalada en la hectárea j. Estos datos están preprocesados según R_{kj}

Relacionados a transporte y caminos

• ctm: Costo de transportar madera por caminos, por metro cúbico ojo, en los datos es \$ 3100 el m^3 en 50km, por lo tanto el costo para 100m (es decir por cada arco) es \$ 2,6

4 Variables de Decisión

- $\mu_{jkt} \in \{0,1\}$: 1 si se instala la maquinaria k en hectárea i en t (para costos de instalación)
- $f_{jkt} \in \{0,1\}$: 1 si existe una faena k en hectárea i en t (para costos de cosecha mensual)
- $x_{ikt} \in \{0,1\}$: 1 si la hectárea i se cosecha en t por la maquinaria k. revisar si quizás aquí debiésemos poner una j por el lugar donde está instalada la maquinaria k, depende en realidad para qué usemos o necesitemos esta variable
- $y_{ijt} \in \{0,1\}$: 1 si se construye camino (i,j) en t
- $\gamma_{ijt} \in \{0,1\}$ 1 si existe el camino (i,j) en t
- $\rho_{kjt} \geq 0$: metros cúbicos de madera cosechada por k, acumulada en hectárea i en el tiempo t lista para transportarse (inventario).

- $z_{ijt} \geq 0$: metros cúbicos de madera que se transporta por (i,j) en t .
- $w_{ijt} \ge 0$: metros cúbicos de madera cosechada en la hectárea j por la base faena i en t.
- τ_{dt} : cantidad de madera que sale por el nodo $d \in D$ en el período (mes) t.

5 Función Objetivo

La función objetivo es maximizar los ingresos percibidos producto de la venta de la madera menos los costos de instalación de la faena, los costos variables de cosecha, los costos de construcción de caminos y los costos variables de transporte de madera a lo largo de los 2 años. en el caso del paper de goas los costos están multiplicados por la penalización por dispersión para tenerlo en cuenta

$$\max \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} P \cdot \tau_{dt}$$
Ingresos por venta de madera
$$-\sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in N_k} (cvc_{ki} \cdot \rho_{kit})$$
Costos variables de cosecha
$$-\sum_{k \in K} \sum_{i \in N_k} \sum_{t \in T} (cif_{ki} \cdot \mu_{ikt})$$
Costos fijos de instalación de faenas
$$-\sum_{(i,j) \in A} \sum_{t \in T} C \cdot y_{ijt}$$
Costo de construcción de caminos
$$-\sum_{(i,j) \in A} \sum_{t \in T} ctm \cdot z_{ijt}$$
Costo de transporte de madera

Escrita agrupando las sumatorias quedaría:

$$\max \sum_{t \in T} \left(\sum_{d \in D} P \cdot \tau_{dt} \right)$$
Ingresos por venta de madera
$$-\sum_{k \in K} \sum_{i \in N_k} \left(\underbrace{cvc_{ki} \cdot \rho_{kit}}_{\text{Costos variables de cosecha}} + \underbrace{cif_{ki} \cdot \mu_{ikt}}_{\text{Costos fijos de instalación}} \right)$$

$$-\sum_{(i,j) \in A} \left(\underbrace{C \cdot y_{ijt}}_{\text{Costo de construcción de caminos}} + \underbrace{ctm \cdot z_{ijt}}_{\text{Costo de transporte de madera}} \right)$$

6 Restricciones

• Definir el inventario

$$\rho_{kjt} = \sum_{i \in R_{jk}} w_{ijt} \quad \forall j \in N, k \in K, t \in T$$
 (1)

Es decir, la cantidad de madera cosechada por la faena tipo k instalada en la hectárea j para el tiempo t tiene que ser igual a la suma de la madera que cosechó en cada hectárea perteneciente a su radio de operación.

• Cosechar hectáreas solo en el radio de cosecha de la faena

$$0 = \sum_{i \notin R_{jk}} w_{ijt} \quad \forall j \in N, k \in K, t \in T$$
 (2)

Es decir, la suma de la cantidad cosechada por la base faena instalada en j
 en todas las hectáreas que no pertenecen a su radio de operación, debe
 ser 0

• Asignación de cosecha de hectáreas sin base faena a una base faena

$$f_{ikt} = x_{ikt} \quad \forall j \in N, k \in K, t \in T, i \in R_{ik} \tag{3}$$

Es decir, si existe instalada una faena tipo k, en el tiempo t, en la hectárea j, todas las hectáreas que pertenezcan al subconjunto de su radio de alcance son asignadas a ella.

• No haya faena si no se ha instalado

$$falta$$
 (4)

• No cosechar más de la cantidad disponible por hectárea

$$\sum_{j \in N} \sum_{t \in T} w_{ijt} \le v_i \quad \forall i \in R_{jk} \tag{5}$$

Es decir, para cada hectárea i que pertenece al radio de operación de alguna base faena j, sumo la madera que cosecharon todas las bases faenas que la tienen en su radio de operación en todo el horizonte de tiempo. Esto debe ser menor o igaul a la madera disponible en esa hectárea.

• No cosechar más de la capacidad de la faena cada mes

$$\sum_{i \in R_{jk}} w_{ijt} \le mcc_k \quad \forall t \in T, k \in K, j \in N$$
 (6)

Es decir, la suma de la madera cosechada en todas las hectáreas i que están en el radio de operación de la base faena j debe ser menor o igual a la capacidad máxima de dicha maquinaria.

 No cosechar en misma temporada hectáreas de rodales con restricción de adyacencia

$$x_{it} + x_{jt} \le 1 \quad \forall (r, q) \in RA_{rq}, i \in N_r, j \in N_q, t \in T$$
 (7)

• No instalar más de una faena por hectárea

$$\sum_{k} f_{ikt} \le 1 \quad \forall i \in N, t \in T \tag{8}$$

 \bullet definir la faena instalada a partir de la instalación. Relación entre μ y f

$$falta$$
 (9)

• No construir camino si ya existe en esa temporada

$$y_{ijt} \le 1 - \sum_{\tau=1}^{t-1} y_{ij\tau} \quad \forall (i,j) \in A, t \in T$$
 (10)

• Definir el volumen cosechado en cada periodo

$$H_t = \sum_{i \in N} v_i \cdot x_{it} \quad \forall t \in T \tag{11}$$

• Imponer la cota superior a la cosecha de cada periodo

$$H_t \le \sum_{i \in N} v_i \quad \forall t \in T \tag{12}$$

• Link entre asignación de cosecha y modelo de red

$$\sum_{(i,j)\in A} z_{ijt} - \sum_{(j,i)\in A} z_{jit} = v_i \cdot x_{it} \quad \forall i \in N, t \in T$$
(13)

• Definir los nodos de entrada del campo

$$\sum_{(i,j)\in A} z_{ijt} = H_t \quad \forall i \in D, t \in T$$
 (14)

• Flujo de madera requiere camino construido

$$z_{ijt} \le M \cdot y_{ijt} \quad \forall (i,j) \in A, t \in T$$
 (15)

• Conservación de flujo

$$\sum_{(i,j)\in A} z_{ijt} = \sum_{i\in N} v_i \cdot x_{it} \quad \forall t \in T$$
 (16)

• OJO CON EL CAMBIO EN ROJO: Restricciones de temporalidad para caminos

$$y_{ijt} < d_{ij} \cdot \sum_{\tau=1}^{t} y_{ij\tau} \quad \forall (i,j) \in XA, t \in T$$
 (17)

$$\sum_{t \in T} y_{ijt} \le d_{ij} + (1 - d_{ij}) \cdot 2 \quad \forall (i, j) \in A$$

$$\tag{18}$$

Considerar $T \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18\}$ Restricción que limita la construcción de caminos a un máximo de una vez si el camino es permanente $(d_{ij} = 1)$, o a un máximo de una vez por temporada (dos en total) si el camino es temporal $(d_{ij} = 0)$ NO SIRVE ESTO PERO PARA MIRAR

$$\sum_{t \in \{13,14,15,16,17,18\}} y_{ijt} \ge \sum_{t \in \{1,2,3,4,5,6\}} y_{ijt} \cdot d_{ij} \quad \forall (i,j) \in A$$
 (19)

$$w_{ij(t+12)} \ge y_{ijt} + d_{ij} - 1 \quad \forall (i,j) \in A, \ \forall t \in \{1,2,3,4,5,6\}$$
 (20)

• Definir la destrucción de caminos y faenas en el intertemporada

$$f_{jkt} = 0 \quad \forall j \in N, k \in K, 7 \le t \le 12$$
 (21)

$$\gamma_{ijt} = 0 \quad \forall (i,j) \in XA, 7 \le t \le 12 \tag{22}$$

• Restricciones de tipo de variables

$$s_{it}, m_{it}, x_{it}, y_{ijt} \in \{0, 1\}; \quad z_{ijt} \ge 0; \quad H_t \ge 0 \quad \forall i, j \in N, t \in T$$
 (23)

7 Restricciones

No cosechar más de la cantidad disponible por hectárea

No cosechar más de la capacidad de la faena cada mes

No cosechar en misma temporada hectáreas de rodales con restricción de advacencia

No instalar más de una faena por hectárea

cosechar hectáreas solo en el radio de cosecha de la faena

No construir camino si ya existe en esa temporada

definir el volumen cosechado en cada periodo como la suma de las hectareas que se van cosechando dicen que esto sirve para tener una cota superior del volumen a cosechar y por lo tanto de la función obj

Imponer la cota superior a la cosecha de cada periodo de lo que se dijo en el punto anterior

restricción que haga link entre la asignación de cosecha en el tiempo y el modelo de network, si se instala una faena en un nodo, entonces la madera debe ser transportada desde ahí

restricción que define los dos nodos de entrada del campo

restricción que asegura que si va a pasar un flujo de madera en el periodo t, se construya un camino en ese o periodos anteriores, no después aquí se usa la M grande pero ni tan grande (debe ser igual al máximo de flujo posible de ese perioda

restricción que asegura que todo lo que se cosechó salga (flujo) restricción de definición de tipo de cada variable