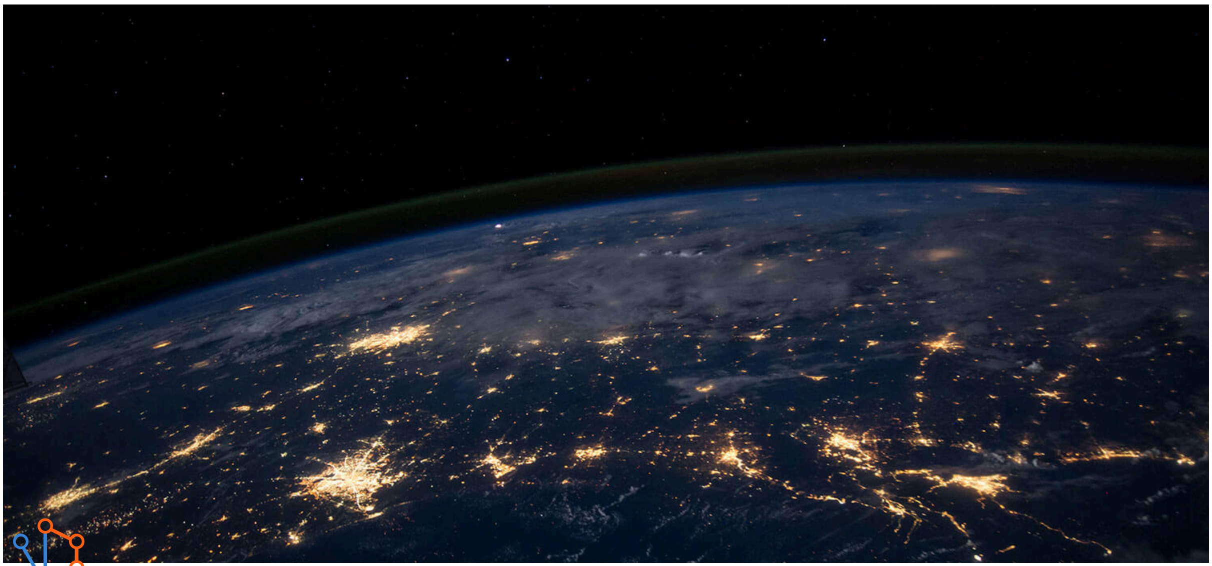


LA BIBLIA PARA EL FINAL - MODELOS

Fecha	@23 de noviembre de 2024 0:53
Materia	Modelos y Optimizacion
Area	

Analisis de resultados

```
Solución con LINDO:
LP OPTIMUM FOUND AT STEP     2
      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)     2600.000
  VARIABLE       VALUE          REDUCED COST
      X1     200.000000         0.000000
      X2     100.000000         0.000000
      ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      AZ)       0.000000          3.000000
      CR)     200.000000          0.000000
      AL)       0.000000          1.000000
NO. ITERATIONS=     2
```

Cuando analisemos una solucion de un modelo dada por software, vamos a tener estos elementos:

Valor funcion objetivo:

Representa la ganancia o costo optimo (maximo beneficio o minimo costo)

Variables:

- **Value**:

  Valor en el optimo de dicha variable.

- **Reduce Cost (Costo oportunidad):**

  Indica cuanto va cambia Z (disminuye) si tenemos la obligacion de fabricar una unidad de ese producto

  Si es 0 es porque esta en la solucion optima.

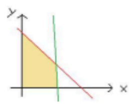
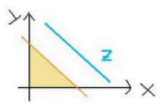
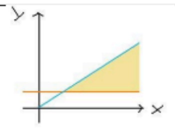
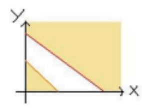
Restricciones

- **Slacks:** valor de las variables slacks
- **Dual prices (Valor marginal)**

  Indica cuanto va a mejorar el funcional si esa restriccion se afloja en una unidad. Si es que se mantenga el precio dual → mirar el incremento en la disponibilidad del recurso (rango allowable increase)

- ≤ aflojar = aumentar termino independiente
- ≥ aflojar = disminuir el termino independiente

Tipos de soluciones

	Punto degenerado	**Solución alternativa**	**Poliedro abierto**	**Incompatible**
Cuándo	Acumulación de vértices en un punto	Hay otro vértice del poliedro con el mismo z	No existe solución óptima	No existe solución factible
En Simplex	Tabla anterior: empate de θ mínimos. Tabla actual: $B_k = 0$ para una variable de la base	$z_j - c_j = 0$ de una variable que no está en la base	Hay una variable que quiere entrar a la base pero ninguna puede salir	En la tabla óptima hay una variable artificial en la base con $B_k \neq 0$
Gráfico				

Definiciones

- **Recurso saturado**: No hay sobrante, La slack de la restriccion es igual a cero, la slack puede ser mayor a 0.
- **Recurso sobrante**: La slack es mayor a 0, y el marginal es 0.
- **Problema primal**: Dado un valor unitario para cada producto y un limite superior para la disponibilidad de cada recurso o insumo
- **Problema dual** Dada una disponibilidad total de insumo y un limite inferior al valor unitario para cada producto
- **Maquina determinisitica:** Es un modelo teorico que describe un sistema donde para cada estado y cada entrada que recibe, existe exactamente una unica transicion posible, su comportamiento es predecible y no hay ambiguedades.

Analisis de sensibilidad

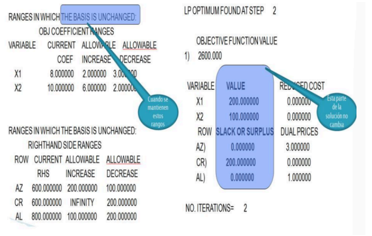
se efectua en todo modelo lineal porque la mayoria de los parmetros utilizados en el modelo suelen ser solamente estimaciones de condiciones futuras

1. Variacion de los c_j: coeficientes del funcional

   El rango para que la solucion optima siga siendo

2. Variacion de los b_j: recursos

   El analisis se hace tomando la tabla del problema dual y analizando los c_j



RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	8.000000	2.000000	3.0[illegible]
X2	10.000000	6.000000	2.00000[illegible]

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
AZ	600.000000	200.000000	100.000000
CR	600.000000	INFINITY	200.000000
AL	800.000000	100.000000	200.000000

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2600.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	200.000000	0.000000
X2	100.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
AZ)	0.000000	3.000000
CR)	200.000000	0.000000
AL)	0.000000	1.000000

NO. ITERATIONS= 2

Voy a tener una tabla de rangos:

- Coeficientes de los precios de los productos en el funcional
- Rango de disponibilidad de los recursos

Si tengo recursos con marginal >0, puede agregar tantos adicionales como los que pueda modificar el rango de disponibilidades.

> 💡 Que la solcuion siga siendo optima implica que no cambie el valro de las variables reales y slacks. El valor del funcional, por supuesto no es el mismo, si cambia C_j

⚔️ Dualidad

Es una perpectiva diferente de una misma situacion de optimizacion, el problema primal (original) y el dual son herramientas en el analisis de sensibilidad.

Proporciona una interpretacion economica o alternativa al problema primal

Ayudaa en el analisis de sensibilidad para entender como afectan cambios en los recursos disponibiles a la solucion optima

> 💡 Ejemplo: A ver que pasa cuando cambia la disponibilidad de un recurso, es probalbe que no vayamos a fabricar la misma cantidad que antes
>
> - Cambia el valor del marginal?
> - Si conseguimos mas recursos, convendria que si
>
> Analizar

🫂 Relacion problema Primal y Dual

- El dual tiene una variable real por cada restriccion del problema primal ✅
- El dual tiene tantas restricciones como variables reales tiene el primal ✅
- El dual de un problema de maximizacion es un problema de minimizacion y viceversa ✅
- Los coeficientes del funcional (costo o beneficio) del primal son los terminos independientes de las restricciones del dual. ✅
- Los terminos independientes de las restricciones del primal son los coeficientes del en el dual ✅
- Toda columna de coeficientes en el primal se transforma en una fila de coeficientes en el dual ✅
- El sentido de las desigualdades del primal es el inverso del dual ✅

Directo inicial:
2 X1 + 2 X2 $\leq$ 600
0 X1 + 4 X2 $\leq$ 600
2 X1 + 4 X2 $\leq$ 800
MAX Z = 8 X1 + 10 X2

Dual inicial:
2 Y1 + 0 Y2 + 2 Y3 $\geq$ 8
2 Y1 + 4 Y2 + 4 Y3 $\geq$ 10
MIN Z = 600 Y1 + 600 Y2 + 800 Y3

📖 Teorema fundamental de la dualidad

💡 1. Si el primal tiene una solucion optima, entonces el dual tambien tiene solucion optima
Los valores optimos de las funciones objetivo son iguales

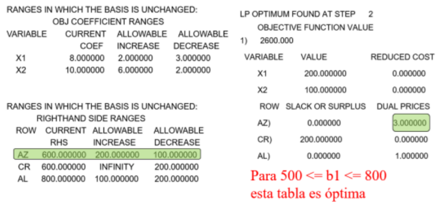
💡 2. Si cualquiera de los dos problemas tiene una solucion optima no acotada, entonces el otro problema no tiene soluciones posibles

📉 Grafico del valor marginal de un recurso

Para empezar, resolvemos el modelo, tenemos que obtener el rango de variacion para el cual es valido ese valor marginal del **azucar (**un recurso)

Vemos que el valor marginal de la restriccion de azucar es de **3$** en el rango de 500 - 800

Lo que vamos hacer es reemplazar el valor de b_1 que es el valor del current rhs (valor derecha de la restriccion)



RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	8.000000	2.000000	3.000000
X2	10.000000	6.000000	2.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
AZ	600.000000	200.000000	100.000000
CR	600.000000	INFINITY	200.000000
AL	800.000000	100.000000	200.000000

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2600.000

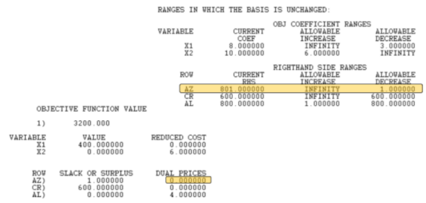
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	200.000000	0.000000
X2	100.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
AZ)	0.000000	3.000000
CR)	200.000000	0.000000
AL)	0.000000	1.000000

Para 500 <= b1 <= 800
esta tabla es óptima

como $500 \leq b_1 \leq 800$ en el optimo acutal, llevamos $b1$ a un mayor por encima de 800 y buscamos la solucion

vemos que el valor marginal cambio, ahora es 0.



RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	8.000000	INFINITY	3.000000
X2	10.000000	6.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
AZ	801.000000	INFINITY	1.000000
CR	600.000000	INFINITY	600.000000
AL	800.000000	1.000000	800.000000

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

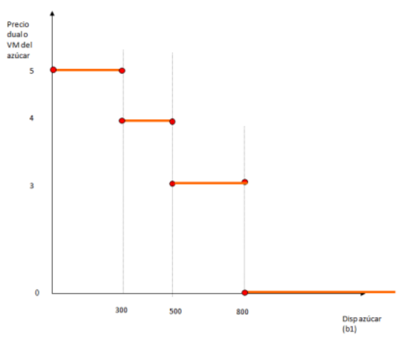
1) 3200.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	400.000000	0.000000
X2	0.000000	6.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
AZ)	1.000000	0.000000
CR)	600.000000	0.000000
AL)	0.000000	4.000000

Eso quiere decir que para una disponibilidad de Azúcar mayor a 800 el valor marginal del azúcar pasa a ser cero

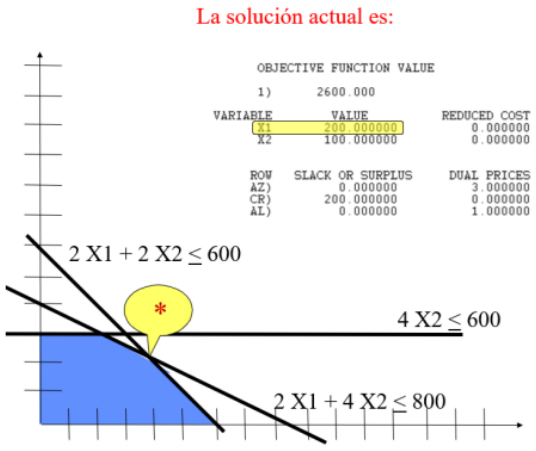
Quedandome asi el grafico del valor marginal del recurso en relacion a la disponibilidad del mismo



📉 Curva de oferta

Representa

- los distintos valores que puede tomar el coeficiente C_j de ese producto en el Z
- que cantidad de producto $X_j$es conveniente fabricar



La solucion actual

Tenemos que C_1va entre 5 y 10, la solucion sigue siendo optima, con $X_1 = 100$

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

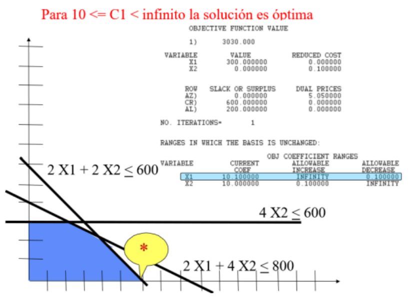
	OBJ COEFFICIENT RANGES		
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	8.000000	2.000000	3.000000
X2	10.000000	6.000000	2.000000

Cambiamos el coeficiente

Si ahora llevamos a $C_1 \geq 10$, un valor mayor de su allowable increase, analizamos de nuevo el modelo y vemos el valor de X_1

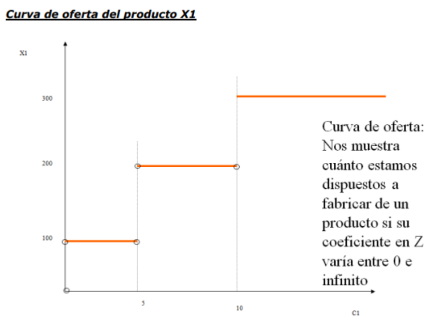
Vemos que X_1 paso a 300, y el coeficiente se puede llevar a ∞

La solucion optima para $10 \leq C_1 \leq \infty$ es la siguiente



Quedandonos asi la curva de oferta, como varia X_1 con respecto al C_1

Cuando estamos dispuestos a fabricar de un producto si su coeficiente en Z varia entre 0 e ∞



📦 Introduccion de un nuevo producto

Ahora agregamos un nuevo, ante el peligroso aumento de la competencia se decide ofrecer una promocion de yogur helado a 8$. cada lata de yogur insume 1kg de almido, 3 kg de crema y 2 de azucar

Calculamos el lucro cesante = perdida de ganancias que se genera al no poder producir o vender un producto eis

es lo que me cuesta producir para ver despues si me combiene producirlo

Estimación previa por el método del lucro cesante:

Lucro Cesante = ∑ UsoRecursoi * VMRecursoi

Lucro Cesante = 2 kgAZ/lata * 3 $/kgAZ + 3 kgCR/lata * 0 $/kgCR + 1 kgAL/lata * 1 $/kgAL

LucroCesante = 7 $/lata

> Esto es una **estimación** del valor del Zj del nuevo producto.
>
> ¿El verdadero valor del Zj será mayor o menor que el Lucro Cesante?.
>
> Será mayor o igual ¿por qué?

En cada restriccion se le suma el nuevo producto y al marginal tambien

Como estamos cambiando mas de un recurso a la vez, los valores marginales van a variar

> 💡 Si solo estaria consumiendo un solo recurso, el rango se mantendria

Y como estamos quitando recurso, sino se mantiene el valor marginal, aumenta

2 X1 + 2 X2 + 2 X6 ≤ 600 [KG AZ/MES]
4 X2 + 3 X6 ≤ 600 [KG CR/MES]
2 X1 + 4 X2 + 1 X6 ≤ 800[KG AL/MES]

Z(MAX) = 8 X1 + 10 X2 + 8 X6

X6: latas de yogur helado fab. por mes (latas/mes)

- Si el lucro cesante es mayor que el beneficio del nuevo producto, NO CONVIENE producir el nuevo
- Si el lucro cesante es menor o igual que el beneficio nuevo, PUEDE SER CONVENIENTE fabricar
- Como el caso de nuestro producto el lucro es 7 y es mejor o igual que el C_6 = 8, puede ser conveniente fabricar el nuevo producto, asi que vamos a ttener que incorporarlo a la solucion hasta ahora es optima

---

🪴 Heurísticas

Los problemas se dividin en clases P y NP segund la dificultad de resolverlos y verificar sus soluciones utilizando un modelo de ***maquina deterministrica*** (para un estado con entradas, hay una unica solucion

Clase P

Incluye todos los problemas de decisión (yes-no) que puedan ser resueltos en tiempo polinomico

- El tiempo polinomico se refiere a que el tiempo requerido esta acotado por una funcion polinomia del tamaño de la entrada como $O(n^2), O(n^5)$

Clase NP

Existen problemas que no pueden ser resueltos por nuestras computadoras, que poseen costos factoriales o combinatorios.
La clase NP incluye todos los problemas de decision para los cuales si alguien nos da una posible solucion, podemos verificar si es correcta en tiempo polinomico.

- No necesarimanete sabes como resolverlos rapidamente, pero podemos verificar una solucion dada rapidamente
- Ejemplo: problema del viajante:

  No Si alguien nos da un recorrido como solucion, podemos calcular su costo y verificaar si cumple la condicion en tiempo polinomico

Cuando usar heuristicas

- No existe un metodo exacto de resolucion o requiere demasiado tiempo o recursos
- No es necesario obtener la solucion optima (porque no representa una gran ventanja sobre una subotima)

- Datos pocos fiables
- Limitaciones de tiempo
- Paso intermedio en la aplicacion de otro algoritmo

Clasificacion de herusticas

Garantia de calidad

- Establece una relacion entre la solucion que se puede obtener con la heuristica y la solucion optima del problema
- En un problema de minimo tendriamos

Valor obtenido por la heuristica es acotado por el valor optimo

---

🧹 Problema de optimizacion combinatoria

Se puede resolver usando

- Enumeracion (fuerza bruta)
- Soluciones exactas
- Heuristicas

Si queremos resolverlo de manera exacta, vamos a necesitar demasiado tiempo (son problemas con muchas soluciones)

Problema de programacion lineal entera

- **Metodos enumerativos**: consiste en encontrar todas las posibles soluciones del problemas, armando un arbol de deceision en el cual cada una de las hojas es un conjunto posible de valores para las bivalentes.
- Meotods pesudo-booleanos: Consiste en convertir el modelo en conjunto de expresiones del algebra de bool y reolverlo para optimizar el valor de la funcion objetivo
- Metodos de planos de corte: consisten en hacer poliedro como si las variables pudiera tomar valores contiguos y luego recortar los bordes para tratar de que quede el poliedro en soluciones enteras
- Metodo de branch & bound: Divide un problema complejo en mas simples (branches) y utiliza limites para delimitar soluciones (bounding)

🎒 Problema de la mochila

Es un problema de optimizacion combinatoria. consiste en determinas que objetos seleccionar para maximizar un valor total, sin exceder capacidad limitada.

- tenemos n objetos
- cada uno con beneficio/valor unitario V asociado y un peso/costo unitario W
- una mochila con capacidad maxima

el objetivo es seleccionar un subconjunto de objetos que maximice el valor de V sin exeder W

Variables:

- bivalente si el objeto i esta en la mochila y 0 sino

Restricciones:

bivalente: $\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq 1$

capacidad: $\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot x_{ij} \leq c_j$

beneficios $max(z) = \sum_{i}^{m} \sum_{i}^{j} v_i \cdot x_{ij}$

Variantes

🏗️ Problemas combinatorios

Cobertura de conjuntos

- Problemas de grupos que se deben cubrir
- Problemas de grupos que se particionan
- Problemas de packing

Sea:

- S = {1,2,3,...n} conjunto a cubrir
- L = { 0, (1), (1,2) , (2), ...} conjunto formado por subconjuntos de S

Elegir elementos de L tales que:

- **Cobertura**: Se cubran todos los elementos con solapamiento
- **Particion**: Se cubran todos los elemtnos sin solapamiento
- **Packing**: Si cubre la maxima cantidad de elementos sin solapamiento

Ejemplo:

Hay 5 ciudades (1,2,3,4,5)

6 posibles circuitos

A:(1,2), B:(1,3,5), C:(2,4,5), D(3) , E(1) , F(4,5)

Se busca minimizar las tripulaciones

- definimos Y_i variable binaria que define si se utiliza el circuito i
- $min \sum_{i=1}^{6} Y_i$

Cobertura

Todas las ciudades deben ser cubiertas al menos una vez

- C1) $Y_A + Y_B + Y_E \geq 1$
- C2) $Y_A + Y_C \geq 1$

Particion:

Las ciudades deben ser cubiertas exactamente 1 vez

- C1) $Y_A + Y_B + Y_C = 1$
- C2) $Y_A + Y_C = 1$

Packing

Cubrir la mayor cantidad de elementos sin solapamiento

- C1) $Y_A + Y_B + Y_C \leq 1$
- C2) $Y_A + Y_C \leq 1$

- ...
- C5) $Y_B + Y_C + Y_F \geq 1$

- ...
- C5) $Y_B + Y_C + Y_F = 1$

Este problema puede no terner solucion

- ...
- C5) $Y_B + Y_C + Y_F \leq 1$

Otro planteo

creamos $V_i = \begin{cases} 1 & \text{si se visita ciudad } i \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$

- $max \sum_{i=1}^{5} V_i$
- C1) $Y_A + Y_B + Y_E = V_1$
- igual para el resto de ciudades

FINAL 7 de agosto

A Una empresa petrolera debe transportar 7 distintos tipos de combustible utilizando un camión cisterna que tiene 9 compartimientos. Cada compartimiento i tiene una capacidad de Ci litros. No puede transportarse más de un tipo de combustible en un mismo compartimiento.
De cada uno de los j tipos de combustible (j=1..7) tiene pedidos para transportar Vj litros. Sin embargo, sabe que es posible que no pueda transportar todo lo pedido de algunos de los tipos de combustibles dada la capacidad de los compartimientos. Por eso ha fijado con sus clientes que no transportará menos de Mj litros de cada tipo de combustible j. Para no perder terreno frente a la competencia desea transportar la mayor cantidad posible de lo que le pidieron.
Nota: Ci, Vj, Mj son constantes conocidas. Todos los Ci son distintos entre sí, todos los Vj son distintos entre sí y todos los Mj son distintos entre sí.
¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?
A1 Análisis del problema. Objetivo completo y claro. Hipótesis necesarias para su resolución, definición de variables. Modelo matemático para su resolución por Programación Lineal. Es importante resolverlo con un modelo y no por tanteo en base a los datos del problema. **Si este punto no es lineal, el examen estará insuficiente**. Recuerden que el análisis, el objetivo y las hipótesis tienen que ser los mismos para A1, A2 y A3.
A2 Sebastián Eskenazi propone la siguiente heurística de construcción para resolver el problema:
Para cada uno de los tipos de combustible
Buscar el compartimiento que tenga capacidad más parecida a la cantidad que hay que transportar de ese tipo de combustible y cargar todo el combustible de ese tipo en ese compartimiento
Indique qué inconvenientes o fallas tiene esta heurística con respecto al problema dado, si es que los tiene. ¿Cuándo va a funcionar mal? y ¿qué condiciones se deberían dar en los datos para que funcionara bien?
A3 Plantee una heurística de construcción para resolver el problema. Recuerde que su heurística debe tender al mejor resultado y que no debe tener los problemas que criticó en el punto A2.

A)

Analisis:

Este problema es de tipo mochila multiple, se quiere determinar

Objetivo:

Que: Determinar el tipo y la cantidad de litros de diferentes tipos de combustibles cumpliendo las demandas minimas y no superando las capacidades del camion.

cuando: en un tiempo determinado

Para que: maximizar la cantidad de combustible a transportar

Hipotesis

- No hay perdias
- Los litros de combustibles transportados son exactos
- No hay mezcla de combustibles
- El camion tiene siempre la misma capacidad C_i .. que seyo

Variables

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si se utiliza el compartimiento i con el combustible j} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$X_{ij}\text{: Cantidad de litros en j en el compartimiento i}$$

Restricciones y funcion objetivo

$$\text{Demandas por combustible: } M_j \leq \sum_{i=0}^{9} X_{i,j} \leq V_j$$

$$\text{Un tipo de combustible por compartimiento: } \sum_{j=0}^{7} Y_{ij} = 1,\ \forall i = 1..9$$

$$\text{Relacion: } Y_{ij} \cdot m \leq X_{ij} \leq Y_{ij} \cdot M$$

$$max(Z) = \sum_{j=1}^{7} \sum_{i=1}^{9} X_{ij}$$

$$\text{Capacidad por compartimiento i: } \sum_{j=1}^{7} X_{ij} \leq C_i, \forall i = 0..9$$

A2 Sebastián Eskenazi propone la siguiente heurística de construcción para resolver el problema:
Para cada uno de los tipos de combustible
Buscar el compartimiento que tenga capacidad más parecida a la cantidad que hay que transportar de ese tipo de combustible y cargar todo el combustible de ese tipo en ese compartimiento
Indique qué inconvenientes o fallas tiene esta heurística con respecto al problema dado, si es que los tiene.

- No tiene criterio de desempate cuando hay iguales
- No es iterativo, no tiene condicion de corte
- El criterio de seleccion no es bueno porque la capacidad a transportar puede no ser parecida a la cantidad de combustible de un tipo a transportar
- cargar todo el combustible de ese tipo en ese compartimiento no nos parece correcto ese criterio porque si ese combustible tiene una capacidad maxima, no se deberia superar, se deberia ser mas especifico

---

A3 Plantee una heurística de construcción para resolver el problema. Recuerde que su heurística debe tender al mejor resultado y que no debe tener los problemas que criticó en el punto A2.

```
while(no se hayan utilizado todos los compartimientos AND no se hayan cumplido las demandas minimas)
  - seleccionar un compartimiento que no este lleno
  - si tiene un combustible de tipo j
    - while(no se haya cumplido la capacidad del compartimiento OR no se haya utilizado todo el combustible dispon
      - agregar combustible j al compartimiento
  - sino
```

- seleccionar el combusitble con mayor disponibilidad en relacion a la capacidad del compartimiento
- en caso de que haya dos iguales, seleccionar en orden ascendente
- agregar un litro de combustible al compartimiento

- actualizar compartimiento y demandas minimas

B)

B) Nuestra empresa fabrica los productos X1 y X2 a partir de los recursos R1 y R2. Además, tenemos una serie de pedidos comprometidos de X2 que suman 10 unidades por mes. Aquí vemos el planteo del problema:

R1) 2 X1 + 2 X2 <= 80 (kg R1/mes) R2) X1 + 2 X2 <= 50 (kg R2/mes) DMIN) X2 >= 10 (un./mes)

Z = 30 X1 + 20 X2 (MAXIMO) (30 es el precio de venta de X1 y 20 es el precio de venta de X2)

A continuación, se muestra la solución óptima de dicho Programa Lineal:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1100.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	30.000000	0.000000
X2	10.000000	0.000000

ROW	SLACK	DUAL PRICES
R1)	0.000000	15.000000
R2)	0.000000	0.000000
DMIN)	0.000000	-10.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	30.000000	INFINITY	10.000000
X2	20.000000	10.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
R1	80.000000	0.000000	60.000000
R2	50.000000	INFINITY	0.000000
DMIN	10.000000	0.000000	10.000000

B1) Si pudieras alterar la demanda mínima de X2 ¿cuánto pagarías para bajar la demanda de X2 en una unidad? ¿por qué? Si te falta información indicá qué información falta y qué situaciones se pueden dar.

B2) Es posible firmar un contrato con un nuevo cliente, lo que elevaría a 30 la demanda mínima de X2. ¿Es conveniente? Si te falta información indicá qué información falta y qué situaciones se pueden dar.

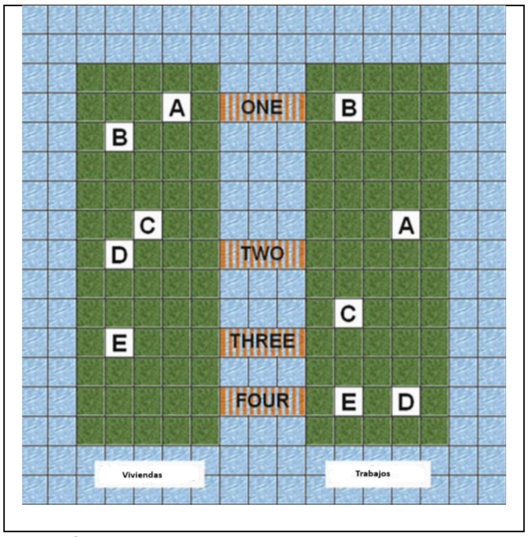
B3) Una empresa amiga nos pide 40 unidades de R2. A cambio nos paga $1500. ¿Es conveniente aceptar la propuesta? Si te falta información indicá qué información falta y qué situaciones se pueden dar.

FINAL 31 DE JULIO

A Los cinco residentes de una pequeña ciudad viven en casas representadas por las letras "A" a "E", como se muestra en la figura de la derecha (la parte que tiene debajo el título de “Viviendas”). Las oficinas donde trabajan están representadas por sus letras correspondientes en la figura (la parte que tiene debajo el título de “Trabajo”).

Debido a que hay un río entre la parte de viviendas y la parte de trabajos, los residentes no pueden ir a trabajar. Tienen en su presupuesto fondos para construir dos puentes que podrían conectar las dos partes. Las ubicaciones donde se podrían construir estos puentes son las que tienen las indicaciones de “One”, “Two”, “Three” y “Four”. Los dos puentes sólo se pueden construir en estas áreas aprobadas.

Una vez que se construyan los puentes, los residentes podrán viajar al trabajo. Un viajero siempre tomará el camino más corto desde su casa al trabajo y solo puede viajar en dirección arriba, abajo, izquierda o derecha (sin diagonales) Se conoce la distancia DiiK entre cada vivienda i y cada trabajo i por el puente k (si se construye el puente k)



¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información suministrada?

- cobertura de conjuntos
- problema de la mochila

Analisis

Objetivo

- que: Determinar que puentes construir
- cuando: en un tiempo determinado
- para que: minimizar el recorrido de los residentes

Variables

$$\text{Puentes: } P_k = \begin{cases} 1 & \text{se construye el puente k} \quad \forall k = 1..4 \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$\text{Caminos: } Y_{iK} = \begin{cases} 1 & \text{Se elige el camino de la vivienda i por el puente k} \quad \forall i = A..E, k = 1..4 \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$Vivienda : i = A..E$$

$$Puente : k = 1..4$$

Restricciones

$$\text{Cantidad maxima de puentes a construir: } \sum_{k=1}^{4} P_k \leq 2$$

$$\text{Cada vivienda elige un camino: } \sum_{k=1}^{4} Y_{ik} = 1, \forall i = A..E$$

$$Y_{ik} \leq P_k, \forall i = A...E, \forall k = 1..4$$

$$\text{Funcion objetivo: } min(Z) = \sum_{i=A}^{E} \sum_{k=1}^{4} D_{iiK} \cdot Y_{ik}$$

- primero calculamos todas las distancias de una vivienda en cada punete
- despues por cada puente, sumamos todas las distancias
- seleccionar las 2 menores

A2 La Secretaría de Obras Públicas propone una heurística para resolver el problema.
Consiste en construir los dos puentes que tengan más viviendas cercanas.
Indique qué inconvenientes o fallas tiene esta heurística con respecto al problema dado, si es que los tiene.

- no hay desempate, podria haber 2 o mas puentes con la misma cantidad viviendas cercanas
- no tiene ciclo →
- No tiene en cuenta las distancias de las oficinas
- La palabra cercana es muy poco especifica
- No hay comparacion entre puentes

A3 Plantee una heurística de construcción para resolver el problema. Recuerde que su heurística debe tender al mejor resultado y que no debe tener los problemas que criticó en el punto A2.

```
while(puentes construidos sea menor a 2)
- for each: puente no construido
  - sumar todas las distancias de las viviendas a sus oficinas pasando por el puente
- construir el puente con la menor suma distancias totales, en caso de que haya 2 puentes con distancias totales igua
```

B)

B) Una empresa fabrica los productos X1 y X2 a partir de los recursos R1 y R2. Además, hay una restricción de producción mínima de X2 de 100 unidades por mes. Aquí vemos el planteo del problema:
R1) 2 X1 + 2 X2 <= 800 (kg R1/mes)   R2) X1 - X2 <= 200 (kg R2/mes) DMIN) X2 >= 100 (un./mes)
Z = 80 X1 + 20 X2 (MAXIMO) (80 es el precio de venta de X1 y 20 es el precio de venta de X2)
A continuación, se muestra la solución óptima de dicho Programa Lineal:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2600.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	300.000000	0.000000
X2	100.000000	0.000000

ROW	SLACK	DUAL PRICES
R1)	0.000000	40.000000
R2)	0.000000	0.000000
DMIN)	0.000000	-60.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	80.000000	INFINITY	60.000000
X2	20.000000	60.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
R1	800.000000	0.000000	600.000000
R2	200.000000	INFINITY	0.000000
DMIN	100.000000	300.000000	0.000000

B1) Se pide incrementar la demanda mínima de X2 a 120 un./mes. ¿Cómo afecta esto al plan de producción?

- Al incrementar la demanda minima, estoy perdiendo 60$ por cada unidad, estoy deberia chequear el rango de x2 si es que puedo hacerlo
  - como puedo hacerlo, esta en el rango, voy a perder -60$ * 20 unidades = -1200$ ⇒ el funcional queda en 1400$

B2) Uno de los técnicos de la empresa dice haber descubierto que por más que disminuya el coeficiente de X2 (siempre manteniéndolo mayor que cero) el modelo elige seguir fabricando X2 ¿puede suceder esto? Si no puede suceder indique claramente por qué. Si puede suceder ¿a qué se debe que suceda esto?

- Si yo disminuyo el coeficiente de X2 en un problema normal, perderia dinero, pero aca como producir mas x2 me genera mas recursos r2, y entendiendo esto hace que pueda producir mas x1

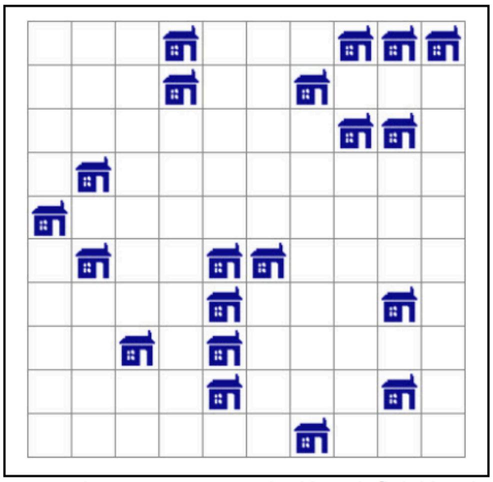
B3) Se presenta la posibilidad de comprar 10 kg de R1 a $400. ¿Es conveniente? Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

no me conviene → aumento la disponibilidad de r1 y sabiendo por la tabla de marginal/disponibilidad, al superar el rango permitido de incremento, se que el dual prices va a bajar, por ende, no me conviene

---

📄 FINAL 10 DE JULIO

A En un barrio de una importante ciudad hay varios edificios de muchos departamentos (los podemos ver en el gráfico de la derecha con el dibujo de una casa, siendo que cada una de las celdas de la cuadrícula corresponden a una manzana del barrio). Una importante cadena de restaurantes ha detectado que no tiene ninguna sucursal instalada en el barrio. El plan de la cadena para posicionarse es construir la cantidad de restaurantes que se necesiten como para que ninguno de los edificios principales (que son los 20 marcados en el diagrama) quede a más de X kilómetros del restaurant más cercano. Ha estimado en H mil dólares el costo para poner en marcha cada restaurante. Se pueden construir restaurantes en cualquiera de las celdas de la cuadrícula (inclusive las que tienen un edificio construido). Es una constante conocida la distancia Dij entre cada par de casillas. *X, H y Dij son constantes conocidas*
¿Qué es lo mejor que puede hacer la cadena de restaurantes con la información suministrada?



A1 Análisis del problema. Objetivo completo y claro. Hipótesis necesarias para su resolución, definición de variables. Modelo matemático para su resolución por Programación Lineal. Es importante resolverlo con un modelo y no por tanteo en base a los datos del problema. **Si este punto no es lineal, el examen estará insuficiente**. Recuerden que el análisis, el objetivo y las hipótesis tienen que ser los mismos para A1, A2 y A3.

A)

Análisis

Objetivo

- que: determinar la posicion y la cantidad de restaruantes a construir en un barrio
- cuando: en tiempo determinado (hasta que se construyan los restaurantes)
- para que: minimizar costos

Hipótesis

- las manzanas miden 100 metros
- se permite el solapamiento
-

Variables

$$\text{100 variables de celdas: } Y_i = \begin{cases} 1 & \text{se coloca un restaurante en la celda i} \\ 0 & \text{sino} \end{cases} \quad \forall i = [1..100]$$

$$\text{20 edificios, el edificio esta cubierto : } C_j = \begin{cases} 1 & \text{la celda j esta cubierta} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$i = [1..100]$$
$$j = [1..100] \text{ conocidos donde hay un edificio}$$

Restricciones

$$Z(min) = \sum_{i=1}^{100} Y_i \cdot H_{CTE}$$

$$C_i \leq (Y_i + Y_j + Y_{j+1}...)$$

$$D_{ij} \cdot Y_i \leq X$$

$$C_i \leq \sum_{j:D_{ij} \leq X} Y_j \quad \forall i \in \{1, \dots, 100\}$$

$$\sum_{i=1}^{100} C_i = 20$$

A2 Luis Barrionuevo propone una heurística para resolver el problema.
Consiste en colocar tantos restaurantes como para que todos los edificios tengan un restaurante en alguna de las celdas adyacentes a la celda en la cual está el edificio
Indique qué inconvenientes o fallas tiene esta heurística con respecto al problema dado, si es que los tiene.

- no hay criterio desempate
- la adyacencia no cubre el criterio de seleccion, ya que puede haber edificios a mayor distancia
- No tiene en cuenta que pueda colocarse un restaurante en la misma ubicacion de un edificio
- La adyacencia no acompaña la caracteristica de la distancia maxima, esto podria afectar el funcional
- a nahue no le gusta

A3 Plantee una heurística de construcción para resolver el problema. Recuerde que su heurística debe tender al mejor resultado y que no debe tener los problemas que criticó en el punto A2.

```
ordenamos todos los restaurantes por la cantidad de edificios que cubra
while(no se hayan COMESTICO todos los edificios por un restaurante)
- ponemos un restaurante en la casilla sin construir donde se cubran mas edificios no cubiertos
- si hay restaurantes con la misma cantidad, se elige por orden de casillera ascendente // esto actualiza el while
- se actualiza la lista de restaurantes y se actualizan los edificios cubiertos
```

B)

B) Nuestra empresa fabrica los productos X1 y X2 a partir de los recursos R1 y R2. Además, tenemos una serie de pedidos comprometidos de X2 que suman 10 unidades por mes. Aquí vemos el planteo del problema:
R1) 2 X1 + 2 X2 <= 80 (kg R1/mes) R2) X1 + 2 X2 <= 50 (kg R2/mes) DMIN) X2 >= 10 (un./mes)
Z = 30 X1 + 20 X2 (MAXIMO) (30 es el precio de venta de X1 y 20 es el precio de venta de X2)
A continuación, se muestra la solución óptima de dicho Programa Lineal:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 1100.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	30.000000	0.000000
X2	10.000000	0.000000

ROW	SLACK	DUAL PRICES
R1)	0.000000	15.000000
R2)	0.000000	0.000000
DMIN)	0.000000	-10.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	30.000000	INFINITY	10.000000
X2	20.000000	10.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
R1	80.000000	0.000000	60.000000
R2	50.000000	INFINITY	0.000000
DMIN	10.000000	0.000000	10.000000

B1) Existe la posibilidad de vender R1 a 20 $/kg. ¿conviene?, Si es asi ¿cuántos kg. de R1 conviene vender?

Si, me conviene. porque mi dual prices es 15$, por cada unidad que venda, por cada unidad de R1. por ende voy a ganar 5$

- podria vender 60kg

B2) Un proveedor nos ofrece vendernos R2 ¿a qué precio conviene comprar 1 kg de R2? Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

- no gano nada por vender
- como no tengo necesidad de comprar r2, no me interesa, perderia plata

---

B3) Nos vende unidades de X2 ya elaborado a $ 23 cada una. Esas unidades de X2 tienen las mismas características que las unidades elaboradas por nuestra empresa (es decir, podemos entregarlas a los clientes en lugar de las que fabricamos nosotros) ¿cuántas unidades conviene comprar a ese precio? Si no es conveniente ¿a qué precio sería conveniente?. Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

- nosotros estamos teniendo uan demanda minima de 10, y estamos haciendo lo justo y necesario
- si nos venden a un precio de 23$ y nosotors las vendemos a 20$, no nos conviene comprar.
- la diferencia seria, pierdo 20$ por no producir uno de x2, pero con los recursos que libero, puedo hacer uno de r1, y gano 30$, y en total tendria beneficio 10$ por cada demanda minima de x2 que disminuyo.
  - me sobrario 1 unidad de R2
- mirando el rango de la demanda minima, la podria reducir todo lo que pueda. → 10

- si en vez de 23$ los compro a 7$ → me conviene comprarlos y tendria un beneficio de 3$
  - despues de haber satisfacidO la demanda minima, puedo comprar y vender todas las X2 que quiera, ya que voy a tener una ganancia de 13$ → god

---

📄 FINAL 3 JULIO

A. La navegación en velero en alta mar es todo un desafío. La decisión más importante de un capitán es elegir la tripulación adecuada para el viaje que quiere hacer. Se necesita un balance adecuado entre habilidades de timonel, habilidades de navegación y habilidades de pesca. La tabla de la derecha muestra 9 tripulantes que el capitán puede contratar. Para cada uno se indica el salario que quiere cobrar (con constantes conocidas) y el nivel que tiene en cada habilidad (cuanto mayor es el número, mayor la habilidad). Se cuenta con $PRESUP para pagar salarios.

	Habilidades			
	Pesca	Timonel	Navegante	Salario
Analía	3	5	1	$A
Barto	1	2	5	$B
Carlos	3	4	2	$C
Dany	4	3	1	$D
Eva	4	2	2	$E
Fede	1	3	4	$F
Godo	3	1	5	$G
Hilario	5	4	2	$H
Irene	3	3	3	$I

La suma de los niveles de habilidades de los tripulantes contratados tiene que sumar al menos X (constante conocida), tanto para Pesca, como para Timonel y para Navegante. Para que el viaje sea exitoso, la suma de los niveles de los tripulantes contratados (por habilidad) tiene que ser lo más similar posible. Es decir, la suma de los niveles de Pesca de los tripulantes contratados tiene que ser lo más parecida a la suma de niveles de Timonel de los tripulantes contratados y lo mismo entre Pesca y Navegante y entre Navegante y Timonel.
¿Qué es lo mejor que se puede hacer con la información disponible?
A1 Análisis del problema. Objetivo completo y claro. Hipótesis necesarias para su resolución, definición de variables. Modelo matemático para su resolución por Programación Lineal. Es importante resolverlo con un modelo y no por tanteo en base a los datos del problema. **Si este punto no es lineal, el examen estará insuficiente**. Recuerden que el análisis, el objetivo y las hipótesis tienen que ser los mismos para A1, A2 y A3.

Analisis

Objetivo

- que: determinar que triputalantes elegir, gracias a su balance de habilidades y a los salarios de los mismos, cumpliendo el presupuesto
- cuanto: un tiempo determinado t
- para que: minimizar las diferencias de las habilidaes

Hipotesis

- las habilidades de dos tripulantes que tienen el mismo valor, son indistinguibles (escribirlo mejor)

Variables

$$Y_t = \begin{cases} 1 & \text{si se contrata al tripulante t} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$\text{tripulantes: } t = [A..I]$$

$$\text{Habilidad: } i = [1.3] \text{ siendo Pesca, Timonel, Navegante respectivamente}$$

Restricciones

$$\sum_{t=A}^{I} P_t \cdot Y_t \le PRESU$$

$$\sum_{t=A}^{I} Y_t \cdot H_{ti} \ge X, \forall i = [1,3] \text{ estefa es un capo}$$

💡 Esto lo veo como caja, con excente y deficit, mi funcional van a ser sumatorias de excendetes y deficits

$$\text{Relacion entre una habilidad y otra : } \sum_{t=A}^{I} (Y_t \cdot H_{t1}) -$$

...deberia hacer una restriccion por cada par de habilidades

💡 queremos minimizar la diferencia entre excendete y deficit, como un valor va a ser negativo y el otro positivo, al intentar minimizar y yo estuviera restando el funcional quedaria negativo y esa no es la idea

$$min(Z) = \sum_{h=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} Exc_{hj} + Def_{hj}, \forall h \neq j$$

A2 Daniel Scioli propone una heurística para resolver el problema. Consiste en ordenar a los candidatos por su salario, de menor a mayor e ir eligiendo en ese orden hasta que la suma de las habilidades en Pesca, Timonel y Navegante sumen al menos X.
Indique qué inconvenientes o fallas tiene esta heurística con respecto al problema dado, si es que los tiene. ¿Cuándo va a funcionar mal? y ¿qué condiciones se deberían dar (en los datos) para que funcione bien?

- no intenta satisfacer la idea inicial de obtener el balance adecuado, seria adecuado si intenta minimizar los costos
- no hay criterio de desempate
- esto funciona mal, ya que puede ser que los tripulantes mas baratos, poseean las habilidades mas desiquilibradas, y no es lo que se quiera, se van a cagar a piña
- a nahue le gusta (las fallas)
- las condicioens que se tienen que dar, es que los mas baratos tengan mejor equilibrio

---

A3 Plantee una heurística de construcción para resolver el problema. Recuerde que su heurística debe tender al mejor resultado y que no debe tener los problemas que criticó en el punto A2.

```
ordenamos por par de habilidades, los pares de tripulantes que tengan mas equilibrio en las mismas, de forma ascenc
seleccionamos un tripuntalte, el primero de la tabla
while(no se haya superado el limite de presupuesto AND La sumatoria de cada habilidad de los tripulantes contratado
- calculamos la menor diferencia entre sus habilidades
```

- buscamos otro tripulante que reduzca o iguale la diferencia calculada
- si hay mas de un tripulante que genere el mismo impacto a la diferencia, seleccionamos por orden alfabetico
- si agregarlo no supera el limite
  - lo sumamos a la tripulacion
  - actualizamos el presupuesto y la sumatoria de habilidades actuales
- quitar del listado de tripulantes al tripulantes analizados // modificador de la condicion

esto te da
un resultado comptabile
un resultado incompatible
y si no
curtite

B)

B) Una empresa fabrica X1 y X2 a partir de R1 y R2. Hay una demanda mensual mínima para X2 de 10 unidades. Cuenta con un programa Lineal para su producción mensual.
A continuación, se muestran las ecuaciones iniciales y la solución óptima de dicho Programa Lineal:
R1) X1 + X2 $\leq$ 40 (kg. R1/mes) R2) 2 X1 - 2 X2 $\leq$ 40 (kg. R2/mes DMIN) X2 $\geq$ 10 (un/mes)
Z = 80 X1 + 20 X2 (MAX)

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 2600.000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	30.000000	0.000000
X2	10.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
R1)	0.000000	80.000000
R2)	0.000000	0.000000
DMIN)	0.000000	- 60.000000

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES

VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	80.000000	INFINITY	60.000000
X2	20.000000	60.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
R1	40.000000	0.000000	30.000000
R2	40.000000	INFINITY	0.000000
DMIN	10.000000	30.000000	0.000000

B1) Existe la posibilidad de conseguir kg. de R1 a 45 $/kg. Si se cuenta con 900 pesos, ¿cuántos kg. de R1 conviene comprar? Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

- R1 esta saturado, aumentar la disponibilidad en 1, me cuesta 80$
- Yo se que el valor marginal va a ser menor a 80, ya que pasa de rango, entonces nose cuanto va a valer
  - tengo que analizar la cota del vm en el otro rango → no tenemos esa info

- puede pasar que el siguiente valor marginal sea >45 y me conviene. y <45 no me conviene

— ≥ demanda minima: aflojar significa bajar: ejemplo X2 ≥ 10 → X2 ≥ 9

— ≤ demanda maxima: aflojar significa incrementa: ejemplo X2 ≤ 10 → X2 ≤ 11

B2) Un amigo de la empresa le pide que le entregue 35 kg de R1. A cambio le ofrece $3000. (en total) ¿Es conveniente aceptar la oferta? Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

- 3000 / 35 aprox 85
- siempre que me voy de rango me faltan datos..
- me estoy yendo de rango, solo puedo vender 30 a un precio de 80$, me faltan 5kg que tengo que ver a que precio los vendo..

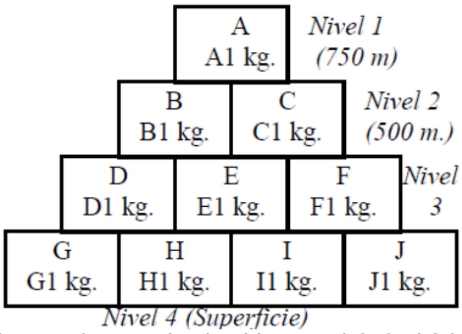
- 80 × 30 = 2400$ ⇒ me queda pensar en las dosp osibilidades del vm en el otro rango
  - si el vm me conviene
  - y si no
  - tambien tengo que ver la disponibilidad nueva de R1, que va a pasar de 40 a ser 5, y viendo las ecuacion de R1 Y R2, no voy a cumplir co nla demanda minima, ya que me faltan 5 de x2

B3) El cliente a quien la empresa le vende las 10 unidades de X2 pide elevar la demanda a 15 unidades. A cambio ofrece pagar $400 adicionales. ¿Es conveniente realizar esta modificación? Si le falta información indique qué le falta y qué situaciones se pueden dar.

- en el rango puedo aumentar 5 mas
- 5 × 60 = 300, vs 400..
  100$ benificio
- me conviene
- no em falta informacion

FINAL 6 DE MARZO

A "Copani", una empresa de explotación minera ha comprado un yacimiento de plata.



Se dividió el terreno en bloques, formando una pirámide invertida (en el dibujo de la izquierda, para mayor simplicidad, se las mostramos sin invertir, por eso las menores profundidades están en la parte inferior).
Dentro de cada bloque aparece una letra que lo identifica y la cantidad de kg. de plata pura que tiene ese bloque. "Explotar" un bloque implica extraer toda la plata del bloque (no se puede sacar parte de la plata de un bloque, o se lo explota o no se lo explota). Para poder explotar un bloque se deben explotar los dos bloques sobre los cuales está "apoyado" ese bloque en el gráfico. Esta restricción rige para los niveles 1 a 3.
El costo de explotar un bloque (en millones de dólares) es de 30 en el nivel 4, 60 en el nivel 3, 80 en el nivel 2 y 90 en el nivel 1.
Si se explotan todos los bloques del nivel 3 hay un costo adicional de 10 millones de dólares. Cada kilo de plata obtenido se puede vender a 50 mil dólares.
Nota: A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1, I1 y J1 son constantes conocidas.

A1 Análisis del problema. Objetivo completo y claro. Hipótesis necesarias para su resolución, definición de variables. Modelo matemático para su resolución por Programación Lineal. Es importante resolverlo con un modelo y no por tanteo en base a los datos del problema. **Si este punto no es lineal, el examen estará insuficiente**. Recuerden que el análisis, el objetivo y las hipótesis tienen que ser los mismos para A1, A2 y A3.

Objetivo

- que: determinar que bloques se va a explotar para extraer kg de plata
- cuando: en un tiempo determinado
- para que: maximizar la ganancia

Hipotesis

- tengo maquinaria y mano de obra suficente
- la plata extraida de cada bloque posee las mismas propiedades, son indistinguibles un kg de un bloque que de otro
- no hay fallas

Variables

$$B_i = \begin{cases} 1 & \text{se explota el bloque i} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$Y_3 = \begin{cases} 1 & \text{se explotan todos los bloques del nivel 3} \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

$$\text{bloques} : i = [A, J]$$

Restriccion

$$Z(max) = Ingresos - Costos$$

$$Ingresos = G1 \cdot 50 \cdot B_g + ... = \sum_{i=A}^{J} i_1 \cdot C_{exp} \cdot B_i$$

$$Costos = G1 \cdot 50 \cdot B_g + ... + Y_b \cdot 10.000.000$$

voy atener restricciones por nivel