



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA DE SISTEMAS

__Movilidad de transporte publico de Chalco-Ciudad de Mexico__

Elaborada por: GARCIA GARCIA DAEVID
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)

Grupo: 04

Dirección de correo electrónico: garcia.garcia.daevid@gmail.com

Semestre: 2017-1

Fecha de entrega: 25 de NOVIEMBRE de 2016



Índice

Introducción	3
Planteamiento del problema	4
Elementos del problema	5
Alternativas	5
Los estados de la naturaleza	5
Grado de incertidumbre	5
Probabilidades	5
Modelo matricial de ganancias	5
Diagrama de árbol	5
Criterio de dominancia	6
2 Decisiones bajo criterio de incertidumbre	6
2.1 Principio de MAXIMIN Y MINIMAX	6
2.2 Principio de MAXIMAX Y MINIMIN	6
2.3 Principio de HURWICS	7
2.4 Criterio de LAPLACE	7
2.5 Criterio de SAVAGE	7
3. Decisiones bajo criterio de riesgo	8
3.1 Criterio de decisión	8
3.1.1 Maximización o Minimización del valor esperado y varianza	8
3.1.2 Principio del más probable futuro	9
3.1.3 Principio del nivel esperado	9
4. Valor de la información en las decisiones	10
4.1 Información perfecta	10
4.2 Información imperfecta	11
5. El enfoque de la utilidad en las decisiones	14
5.1 Construcción de la curva de utilidad	14
6. Multi-objetivos	19
6.1 Independencia entre los objetivos	20
6.1.1 Independencia utilitaria	20
6.1.2 Independencia preferencial	21
7. Funciones de utilidad multilínea	25
7.1 Función aditiva	25
7.2 Función multiplicativa	26
Conclusión	30
Páginas de internet donde se captó información	30

Introducción.

La Ciudad de México es una de las ciudades a las que le llegan una gran cantidad de personas de los estados de alrededor.

No es raro encontrar habitantes de la zona de Chalco que dediquen alrededor de cuatro horas diarias para trasladarse a sus centros de trabajo y regresar a sus hogares. Sin embargo, a pesar de su lejanía en relación a los servicios del área metropolitana de la ciudad de México, esta zona muestra un crecimiento realmente impresionante en los años recientes.

El presente proyecto pretende analizar las alternativas así con varios métodos determinar la mejor alternativa con los criterios dejando así el mejor análisis en cuestión de que le convenga al usuarios el tipo de transporte adecuado disminuyendo los costos y el tiempo en que se tarda de trasladar del estado hasta la Ciudad de México como un análisis estadísticos promediados del consumo tiempo-dinero en que las personas le toman día a día al llegar a los servicios que ofrece la Ciudad de México

Aproximadamente se traslada 390,000 personas diario del estado a la Ciudad de México.

Como alternativas son

Expansión de la línea A

Para la extensión de la línea A del Metro, que va en la actualidad de Pantitlán a La Paz, y que iría a Chalco, en el estado de México, estimó que se invertirían entre 10 mil 500 millones de pesos y 12 mil 500 millones.

Según el proyecto conceptual primera fase realizado por DYSA, está previsto un trazo desde la actual estación terminal La Paz hasta la nueva terminal de Chalco, ubicada en las inmediaciones de la intersección de la autopista México-Puebla con la carretera Libre a Amecameca o Cuautla.

Asimismo, se consideraron siete tramos, en función de los dos tipos de secciones, una a nivel del suelo y un viaducto, y en total serían 12.9 kilómetros, se construirán un total de seis estaciones de paso y una estación terminal.

La flota inicial en operación del proyecto será de 32 trenes con una capacidad estimada de mil 530 pasajeros por tren y está previsto que la línea A cuente con 25 trenes en 2017, por lo que habrá que adquirir siete trenes nuevos.

“Se concluye que el Proyecto de ampliación de la Línea A del STC Metro, en la ruta Chalco-La Paz, es socialmente rentable, y que el momento óptimo de operar es 2017, lo que hace necesario iniciar la inversión a partir del último trimestre de 2014 para maximizar los beneficios netos a generarse”, expone.

Línea de MEXIBUS.

La línea se basa de Chalco-la Paz

El programa dará prioridad a la **seguridad en el transporte**, con la instalación de cámaras de video vigilancia, centros de control de flota por localizadores satelitales para vigilar en tiempo real las rutas, velocidades y horarios, elevar los niveles de seguridad y ampliación del transporte rosa solo para mujeres, así como intensificar los operativos de la policía, exámenes sorpresa antidoping por parte de las unidades del transporte.

El Gobierno del Estado de México dio el banderazo de **19 autobuses Volvo Access** de entrada baja para servicio en la entidad en el marco de la presentación del Plan de Transporte Público.

Con esta operación, el modelo Volvo Access supera las 100 unidades comercializadas en el mercado mexicano desde su introducción en 2010, informó la empresa a través de un comunicado. Basados en un chasis Volvo B7RLE y un motor Euro IV de 7 litros, los autobuses **Volvo Access son productivos a las empresas operadoras por disminuir hasta en 70% los tiempos** de parada gracias a su configuración de entrada baja, modelos que tienen capacidad para 100 pasajeros.

Vagonetas de chalco a la Ciudad de Mexico,

Con base se colocaría una flota de vagonetas que se dirijan a varios puntos de la Ciudad de Mexico, haciendo viable que fluya mas rápido y económicamente disminuya por la alta demanda que se requiere.

Planteamiento del problema.

Se desea operar un sistema de transporte público para una mejor movilidad del estado de Chalco-Ciudad de México, tomando consideraciones de colocar transporte de Mexibus, transporte de vagonetas, la expansión de la línea A, todos conectando el estado con la ciudad. Se piensa que si se expande la línea A del metro, hay probabilidad del 70% de demanda se tendría ganancias de \$800,000,000, si se pone sistema Mexibus se tendría ganancias de \$650,000,000 y con operación de vagonetas se tendría ganancias de 550,000,000, mas sin en cambio existe la probabilidad del 20% de poca demanda, las ganancias de la expansión de la línea A, Mexibus, vagonetas serian de \$400,000,000, \$500,000,000, \$450,000,000, y con una probabilidad del 10% de no haber demanda en la expansión de la línea A, Mexi-bus, vagonetas se tendría ganancias de -100,000,000, 50,000,000, 200,000,000.

El proyecto está basado en el tipo de transporte conveniente para una mejor movilidad de las personas de Chalco a la Ciudad de México.

ELEMENTOS DE UN PROBLEMA

El decisor: GARCIA GARCIA DAEVID

El analista: GARCIA GARCIA DAEVID

Como Alternativas tenemos:

*Expansión de la línea A que conecte la estación la PAZ con CHALCO (ELA)

*Transporte vehicular (vagonetas) de Chalco a la ciudad de México (TCV)

*Mexi-bus que conecte Chalco a la Ciudad de México (MXB)

Los estados de la naturaleza:

*Demanda

*Poca demanda

*No hay demanda

GRADO DE INCERTIDUMBRE

PROBABILIDADES

*Demanda.....70%

*Poca demanda.....20%

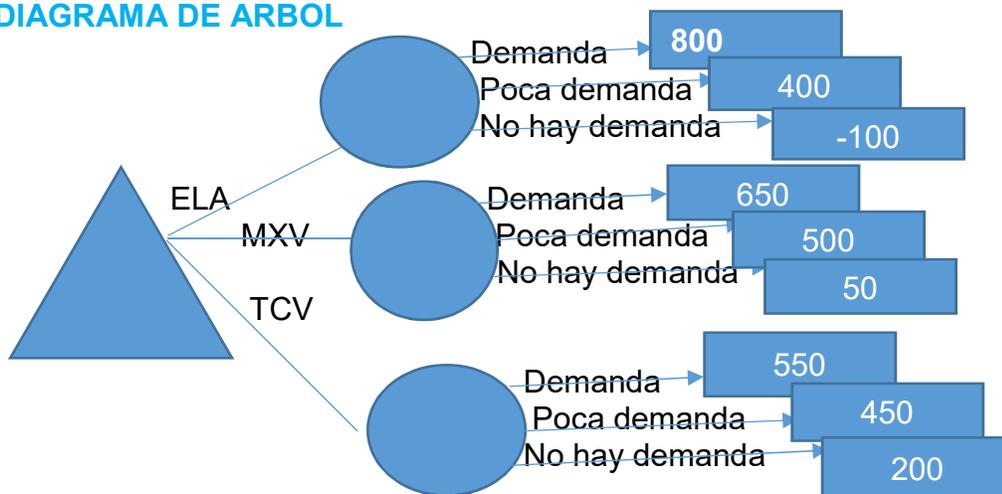
*No hay demanda.....10%

MODELO MATRICIAL DE GANANCIAS.

ALTERNATIVAS	Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	800	400	-100
MXB	650	500	50
TCV	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000

DIAGRAMA DE ARBOL



CRITERIO DE DOMINANCIA

	Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	800	400	-100
MXB	650	500	50
TCV	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000

Se puede apreciar en el criterio de dominancia que las alternativas, todas compiten entre sí

2 DECISIONES BAJO CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE

2.1 PRINCIPIO DE MAXIMIN Y MINIMAX

CONSIDERANDO QUE SON GANANCIAS SE UTILIZARA MAXMIN

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000.

EL PRINCIPIO DE MAXMIN NOS DICE QUE:

CONSIDERANDO QUE SON GANANCIAS UTILIZAMOS EL METODO DE MAXMIN QUE NOS INDICA QUE MARQUEMOS LOS PEORES RESULTADOS DE CADA ALTERNATIVA Y DE ESOS ESCOJAMOS LA MEJOR ALTERNATIVA QUE SEA MAS GRANDE DE ESAS TRES.

Se señalan con rojo los peores resultados de cada alternativa y se escoge el mejor de los resultados, por lo que la mejor alternativa es A3 (TRANSPORTE COLECTIVO DE VAGONETA)

2.2 PRINCIPIO DE MAXIMAX Y MINIMIN

CONSIDERANDO QUE SON GANANCIAS SE UTILIZARA MAXIMAX

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000.

CRITERIO DE MAXIMAX NOS DICE QUE:

Los mejores valores de cada alternativa se marcan con rojo y de estos se escogen el mejor valor de los tres valores marcados por lo que en este caso la mejor alternativa es **A1(EXPANSION DE LA LINEA A)**

2.3 PRINCIPIO DE HURWICS

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000. (si son negativos es perdida por costos directos)

Los mejores valores se marcan con rojo y los peores valores con azul para cada alternativa

Sea $\beta=0.75$ entonces

$$VE(A1) = 0.75(800) + 0.25(-100) = 575$$

$$VE(A2) = 0.75(650) + 0.25(50) = 500$$

$$VE(A3) = 0.75(550) + 0.25(200) = 462.5$$

LA MEJOR ALTERNATIVA PARA ESTE CRITERIO ES **A1**

2.4 CRITERIO DE LAPLACE

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000. (si son negativos es perdida por costos directos)

Como son tres alternativas la probabilidad de cada uno son 0.33...33 por lo que su valor esperado es:

$$VEA1 = 0.33(800) + 0.33(400) + 0.33(-100) = 363$$

$$VEA2 = 0.33(650) + 0.33(500) + 0.33(50) = 396$$

$$VEA3 = 0.33(550) + 0.33(450) + 0.33(200) = 396$$

PARA ESTE CRITERIO TENEMO QUE LAS MEJOR ALTERNATIVA ES: **A2 Y A3.**
POR LO QUE NOS DISPONDREMOS A UTILIZAR OTROS METODOS Y OBSERVAR QUIEN PUEDE TENER MAS VARIANZA.

2.5 CRITERIO DE SAVAGE

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000. (si son negativos es perdida por costos directos).

La matriz de arrepentimiento se empezará eligiendo los mejores valores de cada estado de naturaleza y a estos mejores serán disminuidos por cada valor del elemento por lo que se vería así:

ALTERNATIVAS		Demanda E1	Poca demanda E2	No hay demanda E3
ELA	A1	800 – 800	500-400	200-(-100)
MXB	A2	800 - 650	500-500	200-50
TCV	A3	800-550	500-450	200-200

Cantidades multiplicadas x1000000

POR LO QUE QUEDARIA ASI:

		Demanda	Poca demanda	No hay demanda
ELA	A1	0	100	300
MXB	A2	150	0	150
TCV	A3	250	150	0

Cantidades multiplicadas x1000000

EL VECTOR DE ARREPENTIMIENTO MAXIMOS ES [300,150,250] T, SIENDO EL VALOR MINIMO AQUE QUE APUNTA A LA ALTERNATIVA A2 LA CUAL ES LA MEJOR BAJO ESTE CRITERIO

3. DECISIONES BAJO CONDICIONES DE RIESGO

3.1 CRITERIO DE DECISIÓN

3.1.1 MAXIMIZACION O MINIMIZACION DEL VALOR ESPERADO Y VARIANZA

		Demanda P(E1) =0.7	Poca demanda P(E2) =0.20	No hay demanda P(E3) =0.10
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000

$$E(A1) = 800(0.7) + 400(0.20) + (-100)(0.10) = 630$$

$$E(A2) = 650(0.7) + 500(0.20) + 50(0.10) = 560$$

$$E(A3) = 550(0.7) + 450(0.20) + 200(0.10) = 495$$

COMO LOS VALORES SON GANANCIAS Y ALTERNATIVA A1 TIENE UN VALOR ESPERADO MAYOR SERIA LA ALTERNATIVA, A SELECCIONAR.

EN EL CASO DE EMPATE ENTRE LOS VALORES ESPERADOS DE DOS O MAS ALTERNATIVAS, LA VARIANZA MINIMA DEBERA SER UN CRITERIO DE DECISIÓN SECUNDARIO, DANDO COMO ARGUMENTO QUE ESTE CRITERIO DE DECISIÓN ES QUE A MAYOR VARIANZA MAYOR RIESGO.

LA VARIANZA CALCULANDOLA COMO.

$$S^2_X = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

$$X1 = \frac{800+400-100}{3} = 366.667; X2 = \frac{650+500+50}{3} = 400; X3 = \frac{550+450+200}{3} = 400$$

$$S^2 A1 = \frac{[(800 - 366.667)^2 + (400 - 366.667)^2 + (-100 - 366.667)^2]}{3 - 1} = 203333.33$$

$$S^2 A2 = \frac{[(650 - 400)^2 + (500 - 400)^2 + (50 - 400)^2]}{3 - 1} = 9750$$

$$S^2 A3 = \frac{[(550 - 400)^2 + (450 - 400)^2 + (200 - 400)^2]}{3 - 1} = 3250$$

POR LO QUE SI LOS VALORES ESPERADOS HUBIESEN RESULTADO SIMILARES, LA MEJOR ALTERNATIVA SERIA LA A3, PUES ES EL QUE CONLLEVA MENOR RIESGO.

3.1.2 PRINCIPIO DEL MAS PROBABLE FUTURO

ALTERNATIVA		Demanda P(E1) =0.7	Poca demanda P(E2) =0.20	No hay demanda P(E3) =0.10
ELA	A1	800	400	-100
MXB	A2	650	500	50
TCV	A3	550	450	200

Cantidades multiplicadas x1000000

ESTE PRINCIPIO NOS MARCA A ELEGIR EL ESTADO DE NATURALEZA CON MAYOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA ELIMINANDO A LOS DEMAS Y CONVIRTIENDO EL PROBLEMA A BAJO CERTEZA POR LO QUE LA MATRIZ NOS QUEDARIA COMO:

		Demanda P(E1) =0.1
ELA	A1	800
MXB	A2	650
TCV	A3	550

Cantidades multiplicadas x1000000

POR LO QUE LA MEJOR ALTERNATIVA SERIA A1 BAJO ESTE PRINCIPIO

3.1.3 PRINCIPIO DEL NIVEL ESPERADO

Para este principio utilizaremos una utilidad ≥ 500

Cantidades multiplicadas x1000000

PARA A1

$$P(\text{utilidad} \geq 500) = P(E1) = 0.7$$

PARA A2

$$P(\text{utilidad} \geq 500) = P(E1) + P(E2) = 0.7 + 0.2 = 0.9$$

PARA A3

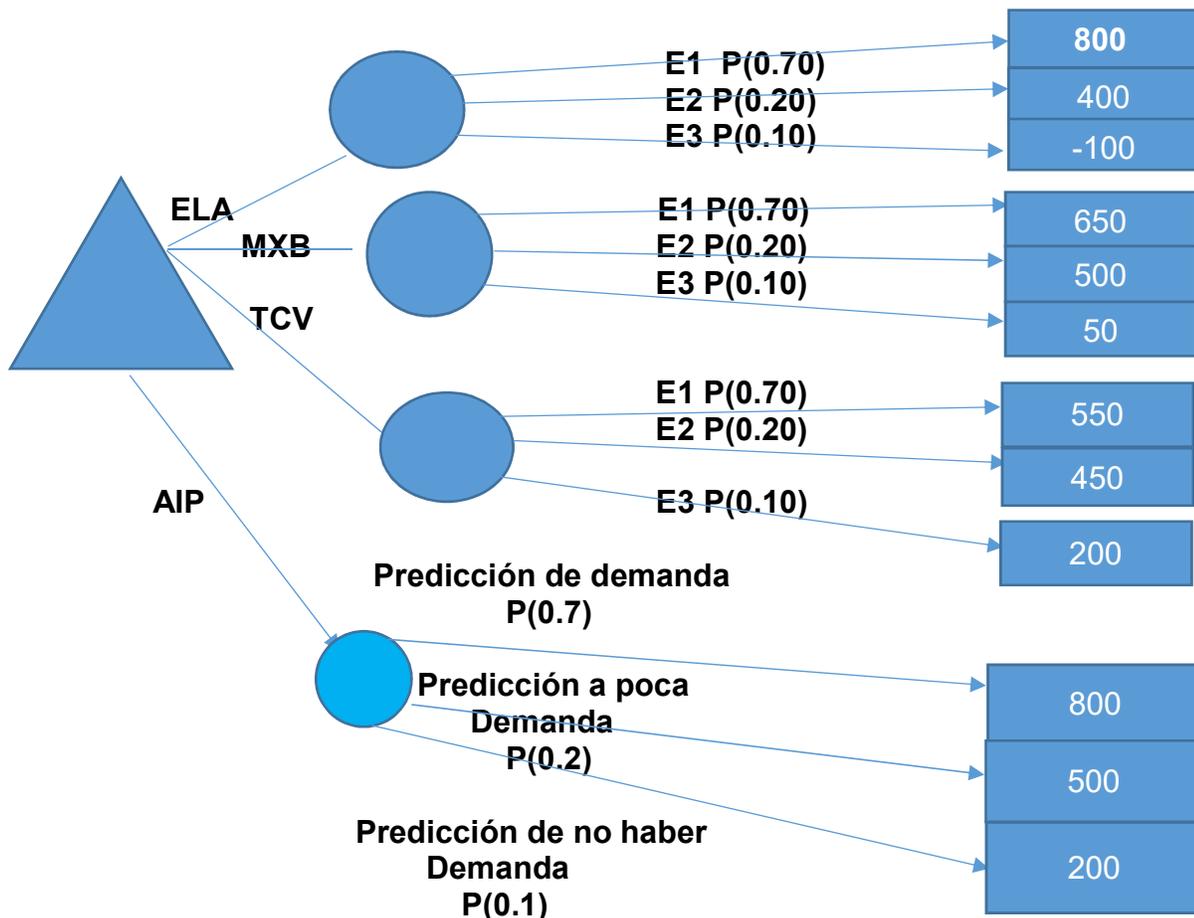
$$P(\text{utilidad} \geq 500) = P(E1) = 0.7$$

DEACUERDO A ESTE PRINCIPIO SE ELIGE LA ALTERNATIVA A2, POR SER LA QUE, CON MAYOR PROBABILIDAD SE ASEGURA ALCANZAR AL MENOS UNA UTILIDAD DE 500.

4. VALOR DE LA INFORMACION EN LAS DECISIONES

4.1 INFORMACION PERFECTA

DIAGRAMA DE ARBOL DE DECISION EN BUSCAR DEL COSTO (AIP)



VALORES ESPERADOS

$$VE(ELA) = 0.7(800) + 0.2(400) + 0.10(-100) = \mathbf{630}$$

$$VE(MXB) = 0.7(650) + 0.2(500) + 0.10(50) = 560$$

$$VE(TCV) = 0.7(550) + 0.2(450) + 0.10(200) = 495$$

$$VE(AIP) = 0.7(800) + 0.2(500) + 0.10(200) = \mathbf{680}$$

LA MEJOR ALTERNATIVA ELA **A1**

AIP: ADQUISICION DE LA INFORMACION PERFECTA
ELA: EXPANSIÓN DE LA LINEA DEL METRO

COSTO DE LA INFORMACION PERFECTA:

$$VE(AIP) - VE(ELA) = 680 - 630 = 50$$

Cantidades multiplicadas x1000000

NOS DEBE COSTAR (AIP) \$50

Cantidades multiplicadas x1000000

PARA ASEGURAR QUE TOMAMOS UNA BUENA DECISIÓN ES PREFERIBLEMENTE OBTAR POR UNA COMPRA INFORMACION PERFECTA A COSTO DE \$50 SIN REVASAR ESTE LIMITE DE COSTO, MAS SIN ENCAMBIO SE PUEDE DENOTAR, QUE EN LA REALIDAD NO SE TIENEN INFORMACION PERFECTA EN LA REALIDAD. POR LO QUE NOS CONLLEVA A LA INFORMACION IMPERFECTA.

4.2 INFORMACION IMPERFECTA

ARBOL AUXILIAR PARA EL CALCULO DE LAS PROBABILIDADES

- *EXPANSION DE LA LINEA A QUE CONECTE LA ESTACION LA PAZ CON CHALCO (ELA)
- *TRANSPORTE VEHICULAR (VAGONTAS) DE CHALCO A LA CIUDAD DE MEXICO (TCV)
- *MEXI- BUS QUE CONECTE CHALCO A LA CIUDAD DE MEXICO (MXB)
- *ADQUIRIR INFORMACION IMPERFECTA.

SE CONTRATA UNA EMPRESA PARA REALIZAR UN ESTUDIO, CON EL OBJETIVO DE DETERMINAR LA MEJOR ALTERNATIVA DANDO QUE:

B: EL ESTUDIO ES BUENO

M: EL ESTUDIO ES MALO

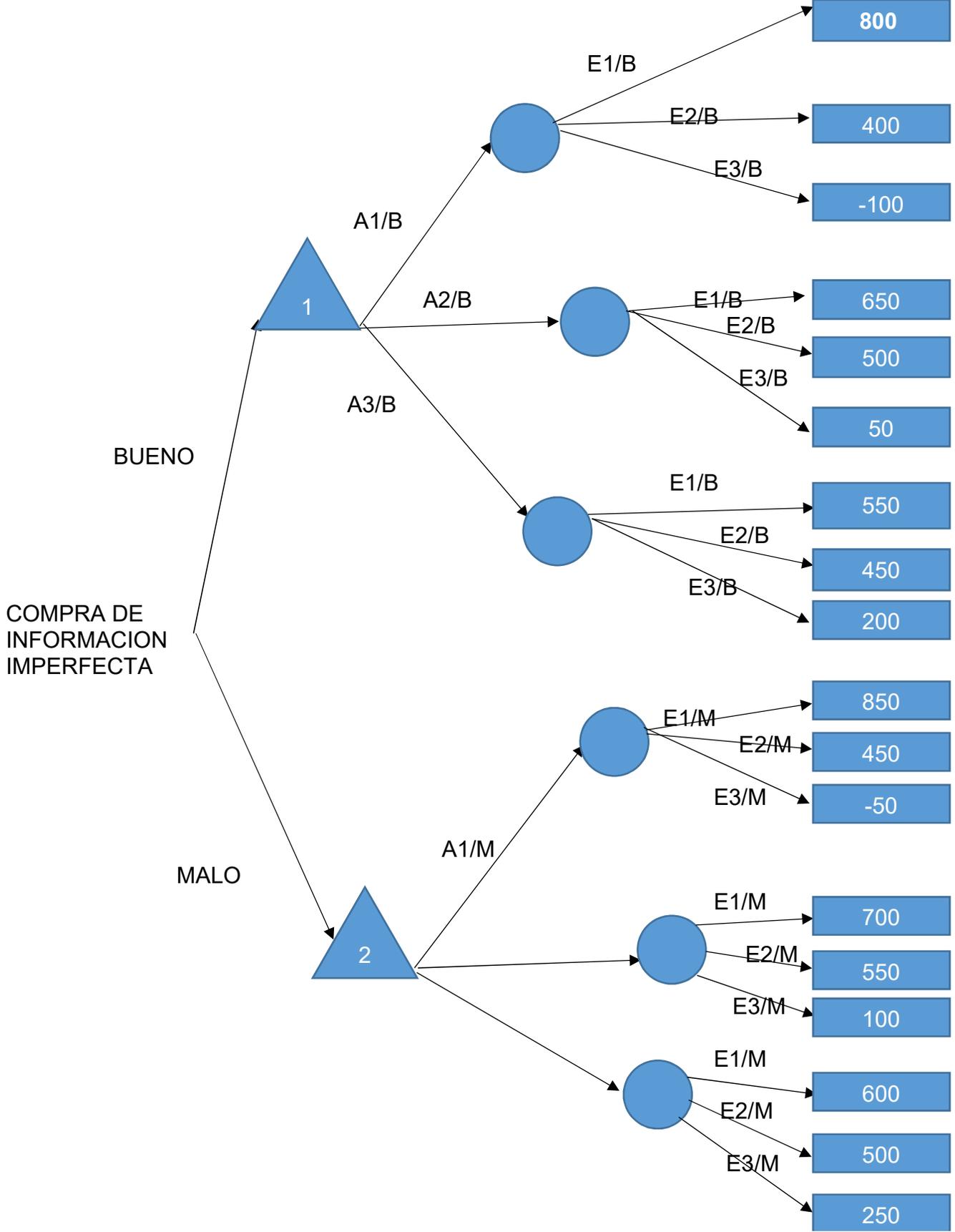
COMO RESULTADO SE OBTUVIERON LAS SIGUIENTES PROBABILIDADES CONDICIONALES.

$$P(B/E1) = 0.8 \quad P(M/E1) = 0.2$$

$$P(B/E2) = 0.6 \quad P(M/E2) = 0.4$$

$$P(B/E3) = 0.7 \quad P(M/E3) = 0.3$$

DIAGRAMA DE ARBOL DE DECISIONES



PARA DETERMINAR LAS PROBABILIDADES POSTERIORES:

$$P(B) = P(B/E1) \cdot P(E1) + P(B/E2) \cdot P(E2) + P(B/E3) \cdot P(E3)$$

$$P(B) = (0.8 \cdot 0.7) + (0.6 \cdot 0.2) + (0.7 \cdot 0.1) = 0.75$$

$$P(M) = P(M/E1) \cdot P(E1) + P(M/E2) \cdot P(E2) + P(M/E3) \cdot P(E3)$$

$$P(M) = (0.2 \cdot 0.7) + (0.4 \cdot 0.2) + (0.3 \cdot 0.1) = 0.25$$

POR TEOREMA DE BAYES PODEMOS OBTENER LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES.

$$P(E1/B) = [P(B/E1) P(E1)] / P(B) = [0.8 \cdot 0.7] / 0.75 = 0.7467$$

$$P(E2/B) = [P(B/E2) P(E2)] / P(B) = [0.6 \cdot 0.2] / 0.75 = 0.16$$

$$P(E3/B) = [P(B/E3) P(E3)] / P(B) = [0.7 \cdot 0.1] / 0.75 = 0.0934$$

$$P(E1/M) = [P(M/E1) P(E1)] / P(M) = [0.2 \cdot 0.7] / 0.25 = 0.56$$

$$P(E2/M) = [P(M/E2) P(E2)] / P(M) = [0.4 \cdot 0.2] / 0.25 = 0.32$$

$$P(E3/M) = [P(M/E3) P(E3)] / P(M) = [0.3 \cdot 0.1] / 0.25 = 0.12$$

RESOLVIENDO EL DIAGRAMA DE ARBOL DE ALTERNATIVAS MAS ADQUISICION DELA INFORMACION IMPERFECTA(AIIMP)

Cantidades multiplicadas x1000000

CON BASE A LAS PROBABILIDADES YA OBTENIDAS CON EL TEOREMA DE BAYES SE TIENE QUE:

PARA



$$VE(A1/B) = (800 \cdot 0.7467) + (400 \cdot 0.16) + (-100 \cdot 0.0934) = 652.02$$

$$VE(A2/B) = (650 \cdot 0.7467) + (500 \cdot 0.16) + (50 \cdot 0.0934) = 570.025$$

$$VE(A3/B) = (550 \cdot 0.7467) + (450 \cdot 0.16) + (200 \cdot 0.0934) = 501.365$$

Cantidades multiplicadas x1000000

PARA



$$VE(A1/M) = (800 \cdot 0.56) + (400 \cdot 0.32) + (-100 \cdot 0.12) = 564$$

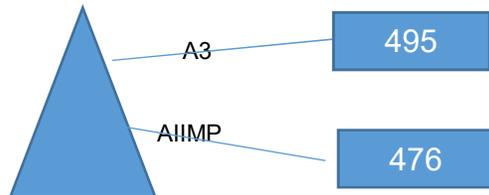
$$VE(A2/M) = (650 \cdot 0.56) + (500 \cdot 0.32) + (50 \cdot 0.12) = 530$$

$$VE(A3/M) = (550 \cdot 0.56) + (450 \cdot 0.32) + (200 \cdot 0.12) = 476$$

Cantidades multiplicadas x1000000

DIAGRAMA DE ARBOL YA CON EL VALOR DE LA ADQUISICION DE INFORMACION IMPERFECTA

POR SER COSTOS TOMAMOS EL DE MENOR VALOR POR LO QUE EL ARBOL QUEDA COMO



VALOR DE LA INFORMACION IMPERFECTA ES:

$$\underline{VE(AIIMP) - VE(ELA) = 495 - 476 = \$19}$$

Cantidades multiplicadas x1000000

$$\underline{VE(AIIMP) = \$19}$$

Cantidades multiplicadas x1000000

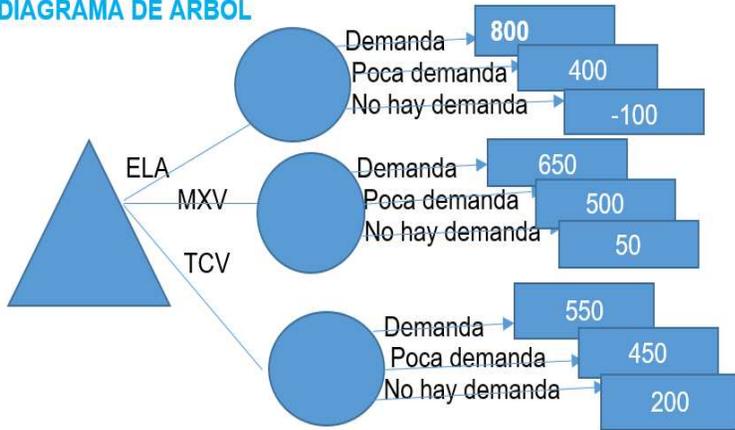
CON BASE A LOS DATOS OBTENIDOS LA MEJOR ALTERNATIVA ES A3(TCV), Y COMO SE OBSERVA VARIA AUN LAS ALTERNATIVAS, SIN EMBARGO, EL TEMA NOS AYUDA A PRECIAR DE CUANTO PODRIAMOS PAGAR MAXIMO POR INFORMACION.

5. EL ENFOQUE DE LA UTILIDAD EN LAS DECISIONES

5.1 CONSTRUCCION DE CURVA DE UTILIDAD

PA PODER DESARROLLAR ESTE SUBTEMAS CON FACILIDAD, ES NECESARIO CONVERTIR LAS UNIDADES EN UTILIDAD, HACIENDO ESTO PARA PODER COMPARAR LOS BENEFICIOS QUE SE TIENEN EN CUALQUIER UNIDAD Y ASI HABLAR SOLO EN UTILES.

DIAGRAMA DE ARBOL



PROBABILIDADES

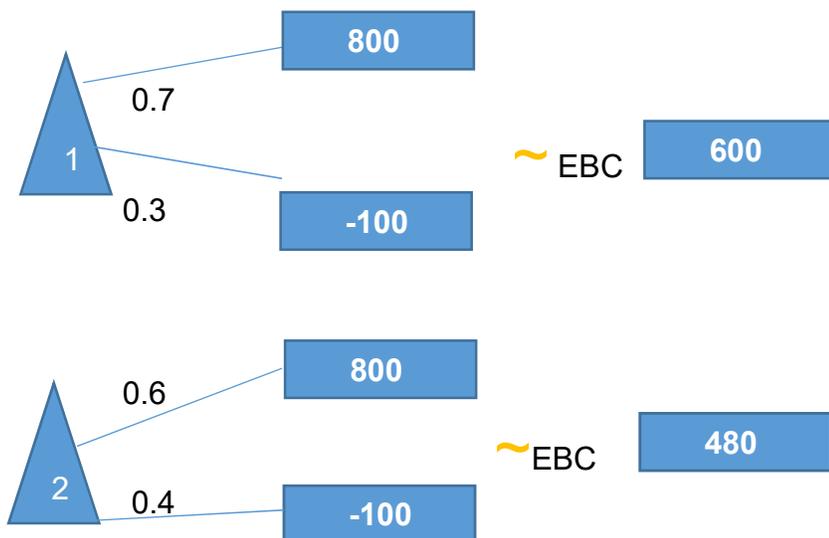
- *Demanda.....70%
 - *Poca demanda.....20%
 - *No hay demanda.....10%
- Cantidades multiplicadas x1000000

Para este análisis consideramos la lotería como base de nuestro estudio, así escogiendo el mejor valor deseado y el menor valor no deseado en busca de un EQUIVALENTE BAJO CETEZA, tomando en cuenta que el mejor valor para la curva es igual a uno, y el menor valor es igual a cero.

Para este estudio se utilizará cuestionando probabilidades y cuestionando equivalentes bajo certeza.

CUESTIONANDO PROBABILIDADES.

LOTERIAS.





CANTIDADES MULTIPLICADAS x1000000

APARTIR DE ESTAS PROBABILIDADES POR CRITERIO DEL DECISOR SE OBTIENE LA SIGUIENTE TABLA QUE MARCA LOS RANGOS DE LA CURVA DE UTILIDAD.

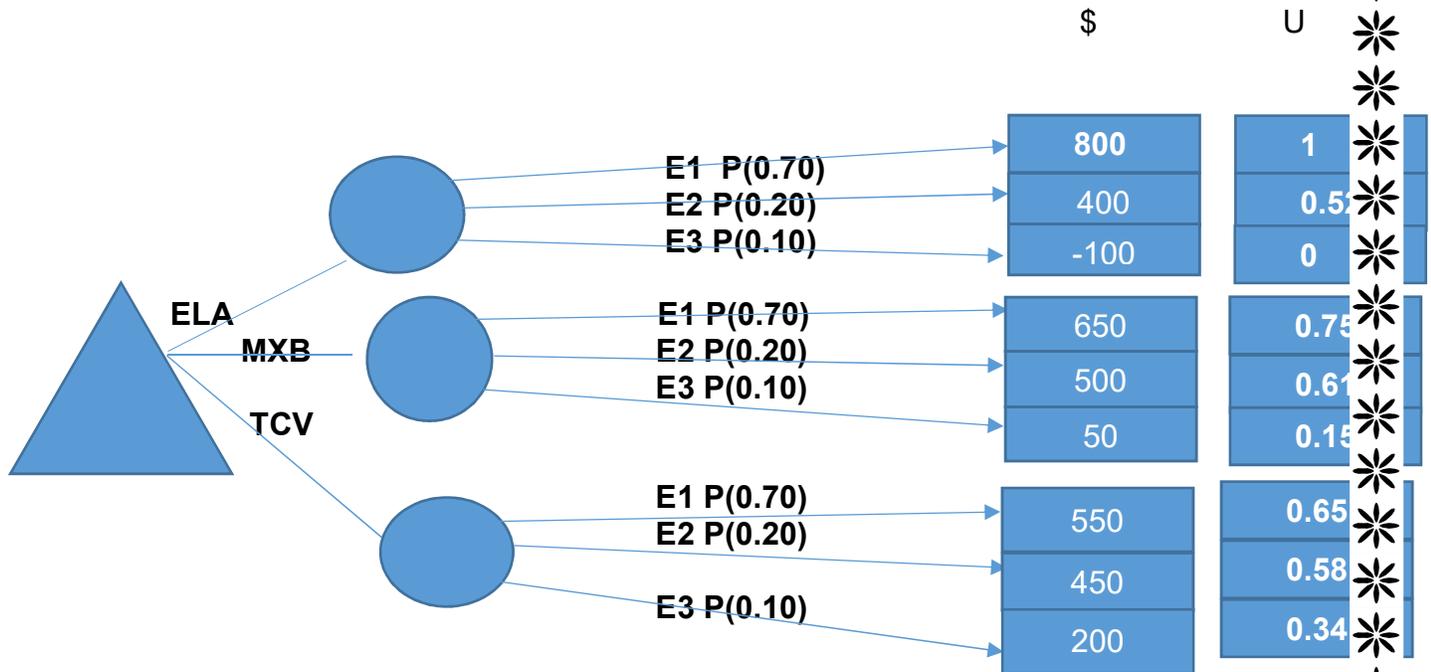
EJE HORIZONTAL	U(X)	P
800	1	1
600	0.7	0.7
480	0.6	0.6
250	0.4	0.4
-100	0	0

EL CONJUNTO DE RESULTADOS POSIBLES EN ORDEN DE PREFERENCIA ES:

$X_i = \{-100, 250, 480, 600, 800, \}$



CON BASE A LA CURVA DE UTILIDAD TENDREMOS EL SIGUIENTE DIAGRAMA DE ARBOL.CON LAS UTILIDADES.



RESOLVIENDO EL ARBOL:

$$VUE(A1) = (1 \cdot 0.70) + (0.52 \cdot 0.20) + (0 \cdot 0.10) = 0.804$$

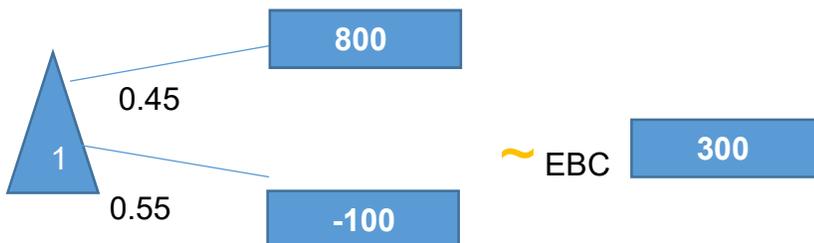
$$VUE(A2) = (0.75 \cdot 0.70) + (0.61 \cdot 0.20) + (0.15 \cdot 0.10) = 0.662$$

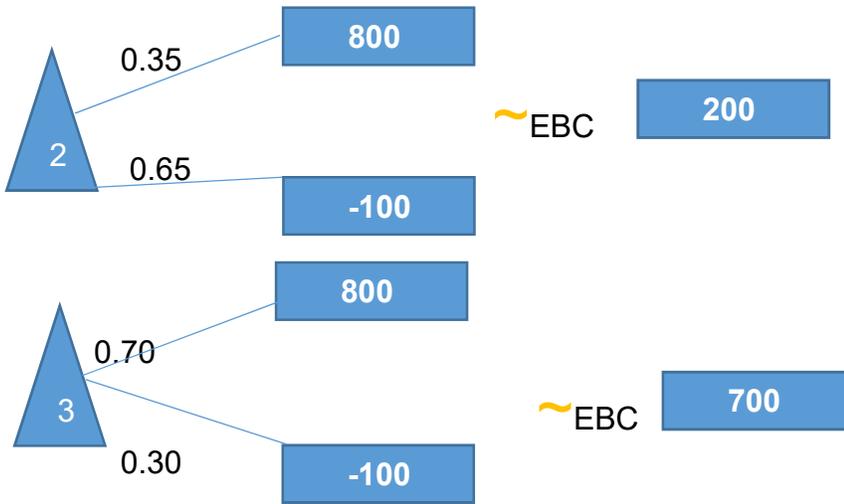
$$VUE(A3) = (0.65 \cdot 0.70) + (0.58 \cdot 0.20) + (0.34 \cdot 0.10) = 0.605$$

Questionando Equivalentes Bajo Certeza

Las loterías fueron asignadas con el mejor y el peor valor de nuestro diagrama de árbol, asignando al mejor valor 1 y al peor valor 0.

En este método las probabilidades de las loterías fueron asignadas y se cuestionó al decisor ("yo"), las cantidades de los equivalentes bajo certeza.

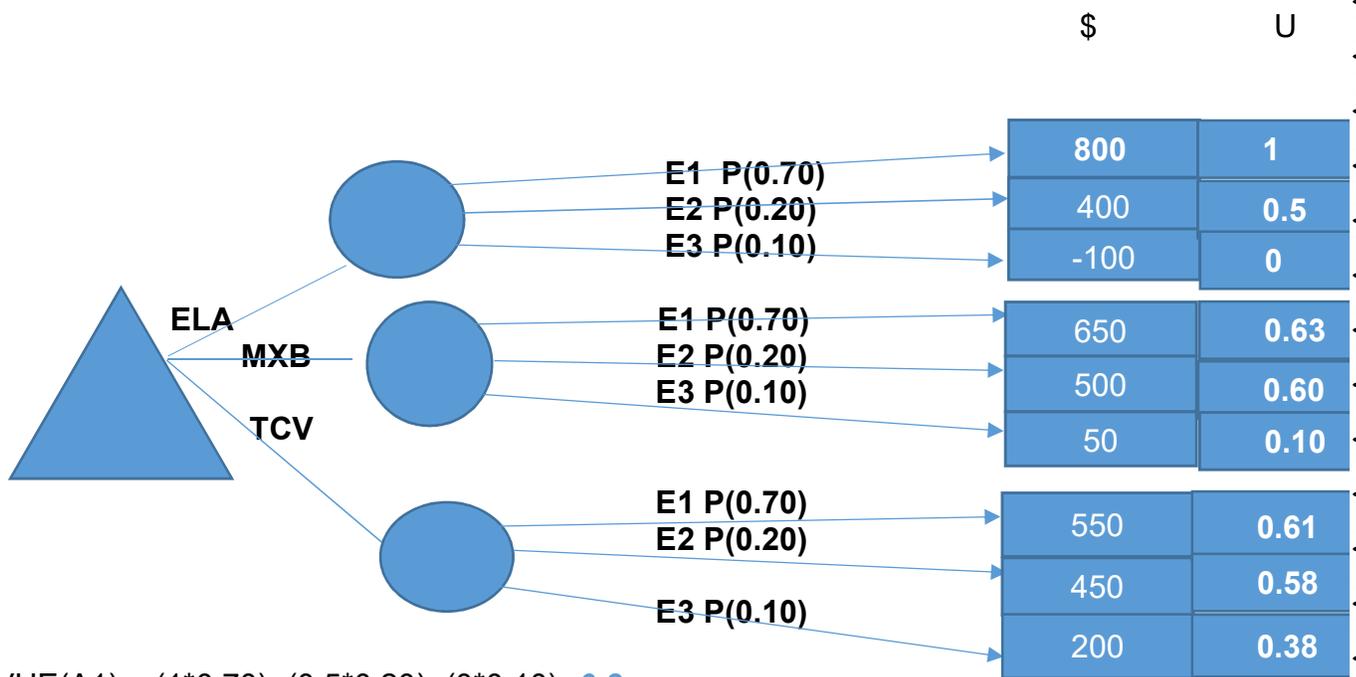




CANTIDADES MULTIPLICADAS x1000000



Eje horizontal	U(X)	1-P
800	1	1
700	0.7	0.3
300	0.45	0.55
200	0.35	0.65
-100	0	0



$$\text{VUE}(A1) = (1 \cdot 0.70) + (0.5 \cdot 0.20) + (0 \cdot 0.10) = 0.8$$

$$\text{VUE}(A2) = (0.63 \cdot 0.70) + (0.60 \cdot 0.20) + (0.10 \cdot 0.10) = 0.571$$

$$\text{VUE}(A3) = (0.61 \cdot 0.70) + (0.58 \cdot 0.20) + (0.38 \cdot 0.10) = 0.581$$

Por lo que se pudo apreciar en este tema las gráficas de utilidad, resultaron que el decisor ("yo"), es adverso al riesgo por lo que la mejor alternativa es la A1 (Expansión de la línea A) cuestionando probabilidades y por cuestionando equivalentes bajo certeza, ya que ofreció más utilidades.

6. MULTIOBJETIVOS

1.- Identificar los objetivos a contemplar en una decisión.

Con base a encuestas realizadas por el sistema de transporte colectivo (STC), las personas que se trasladan de Chalco a la Ciudad de México, indicaron que el sistema que se tiene actualmente tiene muchos problemas, centralizándose en tres que se destacaron por lo habitual.

La seguridad que se tiene es pobre a comparación de los asaltos que se han realizado en el sistema de transporte indicando que entre los tres había diferentes sentires de seguridad, otra parte de la encuesta se centralizaban en el costo, puntualizando que ya que teniendo que hacer paradas de un punto a otro los costos se elevaban a los \$45.00MN diarios por solo trasladarse del estado a su punto de llegada en la Ciudad de México.

Pero sin que darse atrás de las otras "fallas" según los encuestados, era el tiempo que se tardaban en pasar del estado a la Ciudad de México, tomando un tiempo promedio de 3:00 Horas de viaje, observando que los encuestados de esta parte preferirían pagar más pero que se agilizará más el sistema disminuyendo el tiempo de recorrido.

Con base a la encuesta realizada se tomarán los tres objetivos que serán:

G1= SEGURIDAD

G2= TIEMPO

G3= COSTO

.- Ponderar por su importancia a cada uno de los objetivos.

*SEGURIDAD.

*TIEMPO.

*DINERO.

.- Identificar a las alternativas.

A1=*Expansión de la línea A que conecte la estación la PAZ con CHALCO (ELA)

A2=*Transporte vehicular (vagonetas) de Chalco a la ciudad de México (TCV)

A3=*Mexi-bus que conecte Chalco a la Ciudad de México (MXB)

6.1 Independencia entre los objetivos.

6.1.1 Independencia utilitaria.

Para comprobar que existe separabilidad de la función de utilidad conjunta para nuestros tres objetivos, se utilizara el teorema para la condición de mutua independencia de utilidad.

Primero se comprueba la independencia de utilidad para el objetivo G1 con niveles fijos de G2, G3 para las siguientes loterías:



Al cuestionarse sobre la lotería del mejor y peor de la seguridad que habría en cada una de las alternativas y teniendo probabilidades del 50% para cada uno, se fijo un equivalente bajo certeza de 45 con G2 Y G3 con niveles fijos de 14 y 210, como se muestra, posteriormente se colocaron 16 y 245 respectivamente, cuestionando el EBC, resultado ser el mismo de 45 no afectado por el cambio. **Por lo que G1 es independiente utilitario**

6.1.2 Independencia preferencial.

Teniendo los pares $(G1, G2)$, $(G1, G3)$. Por teorema de separabilidad.
Proponiendo los siguientes valores:

G1=Seguridad _____	40%	60%	% de seguridad
G2=Tiempo _____	14	16	Hora/Semana
G3=Costo _____	210	245	\$/Semana

La seguridad entre los parámetros de tiempo son independientes de los niveles fijos del costo ya sea 210 o 245, como se ha propuesto en la tabla, por lo que $(G1, G2)$ es preferencialmente independiente.

Por ultimo hacemos para $(G1, G3)$

G1=Seguridad _____	40%	60%	% de seguridad
G3=Costo _____	210	245	\$/Semana
G2=Tiempo _____	14	16	Hora/Semana

La seguridad éntrelos parámetros del tiempo son independientes de los niveles fijos del tiempo ya sea de 14 o 16, como se ha propuesto en la tabla, por lo que nos indica, se considera que $(G1, G3)$ es preferencial mente independiente.

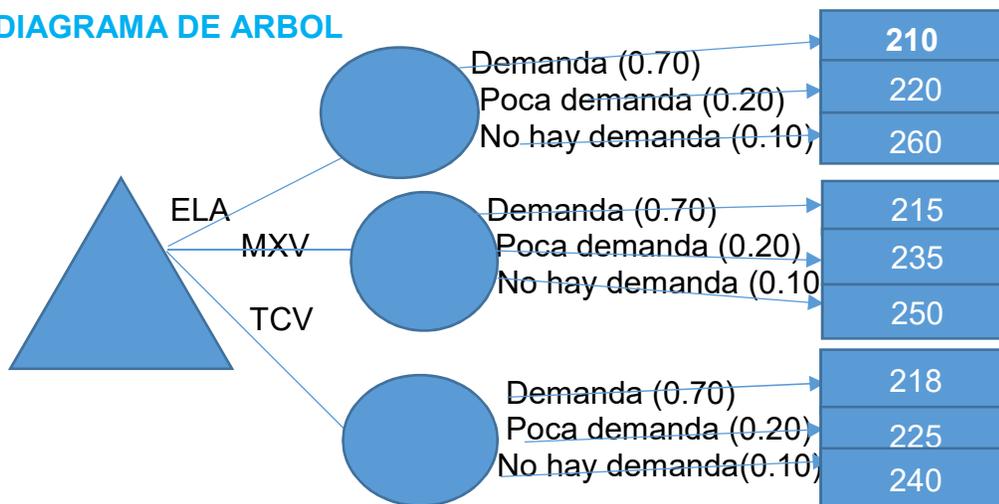
Por lo que se cumplen las condiciones mínimas de independencia utilitaria mutua de $(G1, G2, G3)$ y la función $U(G1, G2, G3)$ puede ser separada en forma multiplicativa.

Construcción de curva de utilidad de los objetivos restantes $(G2, G3)$

Usando el método "cuestionando probabilidades ". $(G2)$

Para el objetivo G2 que se refiere al tiempo en horas/ semana se obtiene de la siguiente manera con el árbol de decisiones.

DIAGRAMA DE ARBOL



Por este método consideramos el mejor y el peor valor de los tiempos pero como el objetivo es minimizar tiempos por lo que el mejor valor es el tiempo menor y el peor valor es el que se haya alcanzado mayor valor.

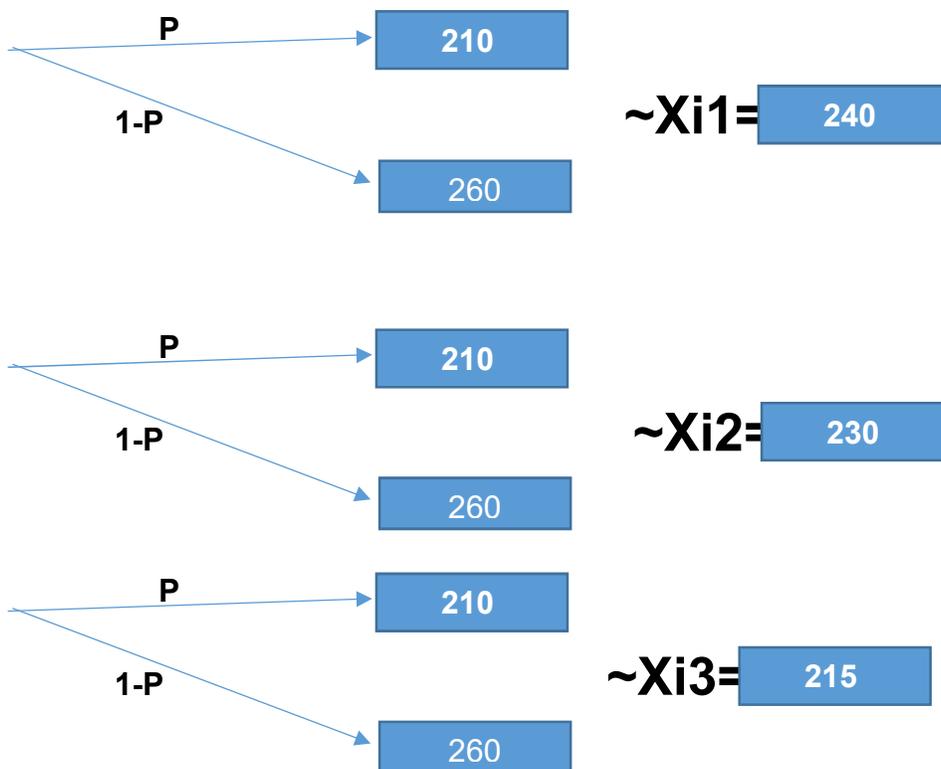
Peor valor X^* 260 horas-semana

Mejor valor X' 210 horas-semana

Por lo que nos queda:

$$U(X')=U(210)=1$$

POR LO QUE TENEMOS LA SIGUIENTES LOTERIAS:



Haciendo un análisis

- $X_{i1}=240$, $P=0.4$

$$U(240) = PU(210) + (1-P)U(260) = 0.4(1) + 0.6(0) = 0.4$$

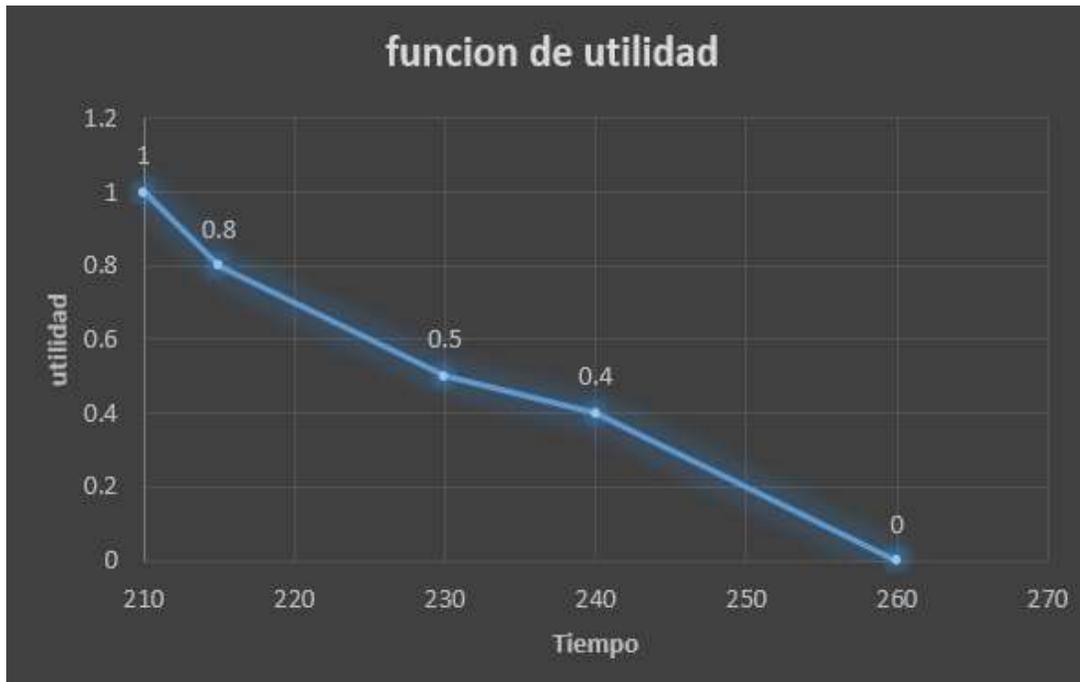
- $X_{i2}=230$, $P=0.5$

$$U(230) = PU(210) + (1-P)U(260) = 0.5(1) + 0.5(0) = 0.5$$

- $X_{i3}=215$, $P=0.8$

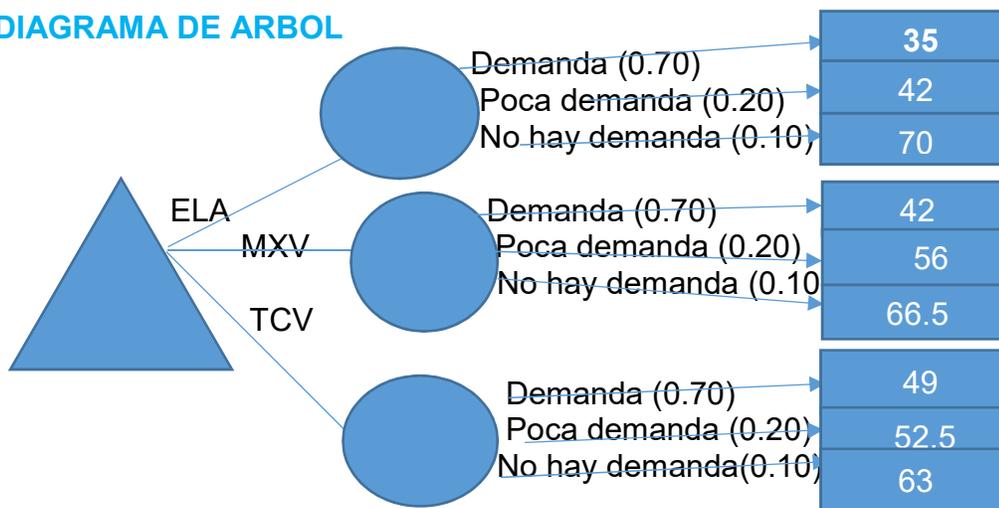
$$U(215) = PU(210) + (1-P)U(260) = 0.8(1) + 0.2(0) = 0.8$$

Con los cinco puntos obtenidos trazamos la curva de utilidad.



Para el objetivo G3 que se refiere al costo se obtiene de la siguiente manera con el árbol de decisiones.

DIAGRAMA DE ARBOL



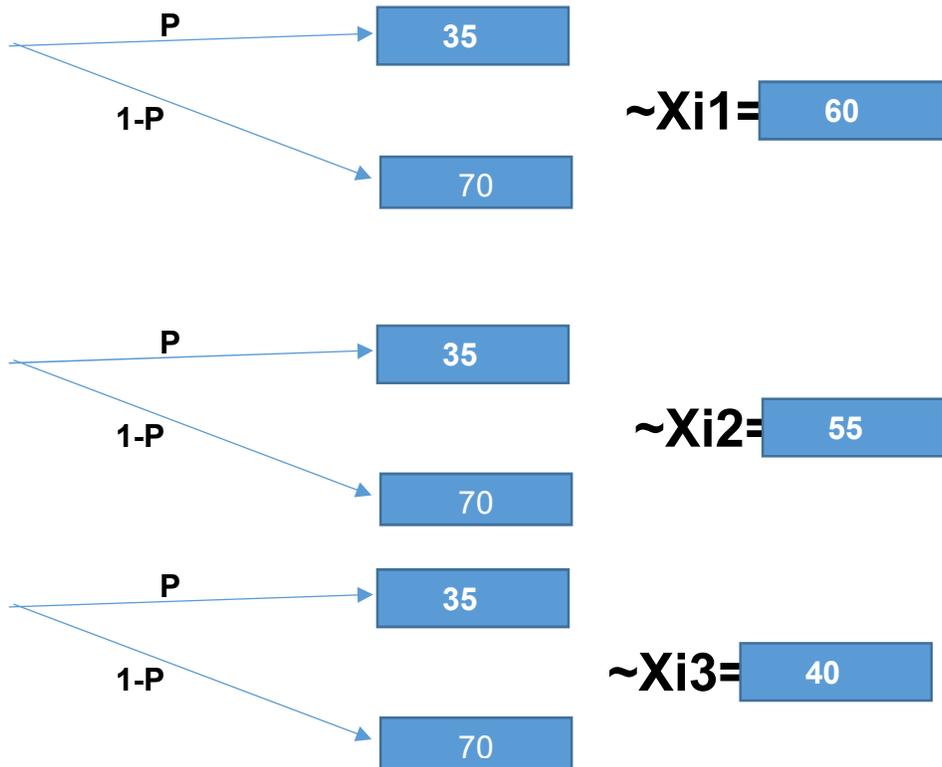
Por este método consideramos el mejor y el peor valor de los costos, pero como el objetivo es minimizar costo por lo que el mejor valor es el tiempo menor y el peor valor es el que se haya alcanzado mayor valor.

Peor valor X^* 70 costo x semana
 Mejor valor X' 35 costo x semana

Por lo que nos queda:

$$U(X') = U(35) = 1$$

POR LO QUE TENEMOS LA SIGUIENTES LOTERIAS:



Haciendo un análisis

- $X_{i1} = 60$, $P = 0.3$

$$U(60) = PU(35) + (1-P)U(70) = 0.4(1) + 0.6(0) = 0.3$$

- $X_{i2} = 55$, $P = 0.4$

$$U(55) = PU(35) + (1-P)U(70) = 0.5(1) + 0.5(0) = 0.4$$

- $X_{i3} = 40$, $P = 0.7$

$$U(40) = PU(35) + (1-P)U(70) = 0.8(1) + 0.5(0) = 0.7$$

Con los cinco puntos obtenidos trazamos la curva de utilidad.

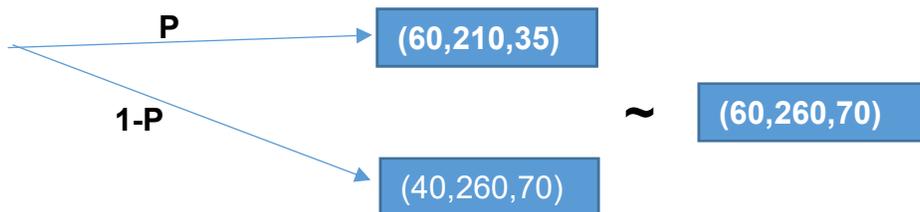


7. Funciones de utilidad multilínea

7.1 Función aditiva.

Sabiendo de la ecuación $U(G_1, G_2, G_3) = \sum_{i=1}^n k_i U(G_i)$ y por el análisis de multi objetivo donde

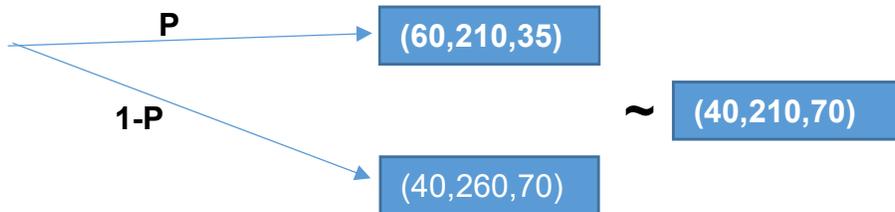
Hay separabilidad entre objetivos por lo que tenemos las siguientes loterías



$$P U(G_1', G_2', G_3') + (1-P) U(G_1^*, G_2^*, G_3^*) = U(G_1', G_2^*, G_3^*)$$

$$P = K_1 U(G_1')$$

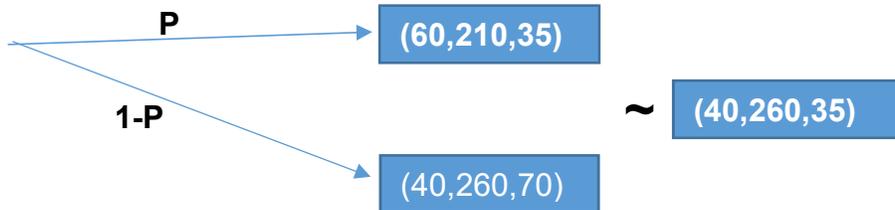
$$K_1 = 0.6$$



$$P U(G1', G2', G3') + (1-P) U(G1^*, G2^*, G3^*) = U(G1^*, G2', G3^*)$$

$$P = K_2 U(G2')$$

$$K_2 = 0.5$$



$$P U(G1', G2', G3') + (1-P) U(G1^*, G2^*, G3^*) = U(G1^*, G2^*, G3')$$

$$P = K_3 U(G3')$$

$$K_3 = 0.7$$

COMO EN ESTE CASO LA SUMA DE LAS K NO DAN IGUAL A UNO K=1 NO SE PODRA ATENDER COMO ADITIVO HACIENDONOS REGRESAR A LA FUNCION MULTIPLICATIVO

Con lo obtenido anterior se determinó que nuestra función de multi-objetivos era separable en forma multiplicativa y considerando la siguiente formula:

7.2 Función multiplicativa.

$$U(G1, G2, G3) = \frac{\prod_{i=1}^n [1 + K_i (G_i)] - 1}{K}$$

CALCULO DE LAS k_i :

Sabiendo que

$(G1^*, G2^*, G3^*)$ representan los peores valores de seguridad, tiempo y costo.

$$G1^* = 40$$

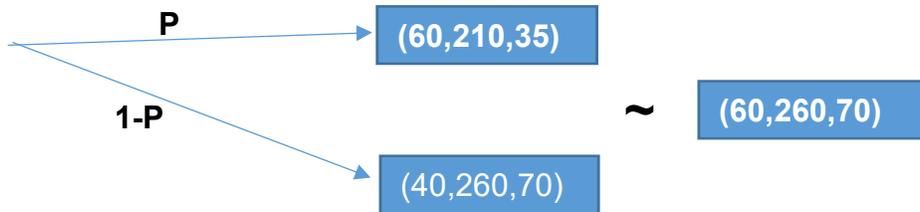
$$G2^* = 260$$

$$G3^* = 70$$

$(G1', G2', G3')$ representan los mejores valores de seguridad, tiempo y costo.

$G1'=60$
 $G2'=210$
 $G3'=35$
 Por lo tanto:
 $U(40,260,70)=0$
 $U(60,210,35)=1$

Para el cálculo de K_1 hacemos la siguiente lotería:



Como $P=0.6$ realizamos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 P U(60, 210, 35) + (1 - P) U(40, 260, 70) &= U(60, 260, 70) \\
 P &= k_1 U(60) = k_1 \\
 k_1 &= 0.6
 \end{aligned}$$

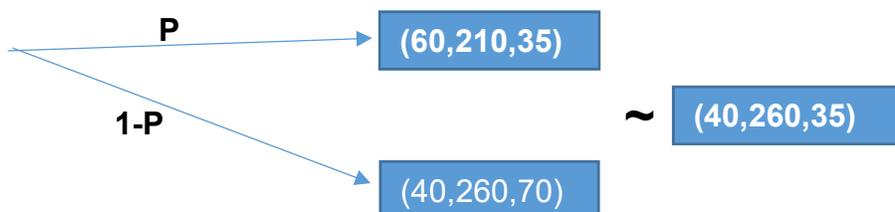
Con apoyo de la siguiente lotería, nos cuestionamos la siguiente probabilidad para saber el peso que tendrá el objetivo del tiempo (k_2):



Como $P=0.5$ realizamos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 P U(60, 210, 35) + (1 - P) U(40, 260, 70) &= U(40, 210, 70) \\
 P &= k_2 U(210) = k_2 \\
 k_2 &= 0.5
 \end{aligned}$$

Con apoyo de la siguiente lotería, nos cuestionamos la siguiente probabilidad para saber el peso que tendrá el objetivo del COSTO (k_3):



Como $P=0.7$ realizamos lo siguiente:

$$P U (60,210,35) + (1 - P) U (40,260,70) = U (40,260,35)$$

$$P = k3 U (35) = k3$$

$$K3 = 0.7$$

Con ayuda de las gráficas de utilidad de cada uno de los objetivos se tienen los siguientes valores para obtener $U(X_i)$ de la fórmula de separabilidad.

Para la ALTERNATIVA 1 con $P=k1=0.6$

$$U (G1) = 50$$

$$U (G2) = 225$$

$$U (G3) = 45$$

Para la ALTERNATIVA 2 con $P=k2=0.5$

$$U (G1) = 55$$

$$U (G2) = 230$$

$$U (G3) = 50$$

Para la ALTERNATIVA 1 con $P=k3=0.7$

$$U (G1) = 35$$

$$U (G2) = 220$$

$$U (G3) = 40$$

Haciendo la evaluación para los mejores valores obtendremos K a partir de la fórmula inicial:

$$1+ K U (60,210,35) = [1+K (0.6) U (60)] * [1+K (0.5) U (210)] * [1+K (0.7) U (35)]$$

$$1+ K = [1+ 0.6 K] * [1+ 0.5 K] * [1+ 0.7 K]$$

Como $K1+K2+K3=0.6+0.5+0.7=1.8>1$; $-1<K<0$

Nos disponemos a encontrar el valor de la igualdad.

Para $K=-0.4$

$$1+ (-0.4) = [1+ 0.6(-0.4)] * [1+ 0.5 (-0.4)] * [1+ 0.7 (-0.4)]$$

$$0.6=0.43776$$

Para $K=-0.9103$

$$1+ (-0.9) = [1+ 0.6(-0.9103)] * [1+ 0.5 (-0.9103)] * [1+ 0.7 (-0.9103)]$$

$$0.0897=0.0897$$

SE CUMPLE LA IGUALDAD

PARA $K=-0.9103$

Calculo de las utilidades para cada una de las alternativas considerando todos los objetivos:

ALTERNATIVA 1:

$$1+K U(50,225,45) = [1+K(0.6)U(50)] * [1+K(0.5)U(225)] * [1+K(0.7)U(45)]$$

Con ayuda de las gráficas de utilidad anteriores de los diferentes objetivos, se obtienen los siguientes valores:

$$U(50) = 0.8$$

$$U(225) = 0.32$$

$$U(45) = 0.5$$

$$1+(-0.9103)U(50,225,45) = [1+(-0.9103)(0.6)(0.8)] * [1+(-0.9103)(0.5)(0.32)] * [1+(-0.9103)(0.7)(0.5)]$$

$$U(50,225,45) = 0.738$$

ALTERNATIVA 2:

$$1+K U(55,230,50) = [1+K(0.6)U(55)] * [1+K(0.5)U(230)] * [1+K(0.7)U(50)]$$

Con ayuda de las gráficas de utilidad anteriores de los diferentes objetivos, se obtienen los siguientes valores:

$$U(55) = 0.9$$

$$U(230) = 0.44$$

$$U(50) = 0.55$$

$$1+(-0.9103)U(55,230,50) = [1+(-0.9103)(0.6)(0.9)] * [1+(-0.9103)(0.5)(0.44)] * [1+(-0.9103)(0.7)(0.55)]$$

$$U(55,230,50) = 0.808$$

ALTERNATIVA 3:

$$1+K U(35,220,40) = [1+K(0.6)U(35)] * [1+K(0.5)U(220)] * [1+K(0.7)U(40)]$$

Con ayuda de las gráficas de utilidad anteriores de los diferentes objetivos, se obtienen los siguientes valores:

$$U(35) = 0.4$$

$$U(220) = 0.46$$

$$U(40) = 0.7$$

$$1+(-0.9103)U(35,220,40) = [1+(-0.9103)(0.6)(0.4)] * [1+(-0.9103)(0.5)(0.46)] * [1+(-0.9103)(0.7)(0.7)]$$

$$U (35,220,40) = 0.722$$

Para la función multiplicativa concluye que la alternativa 2 (MEXIBUS) es la de elegirse obtendrá mayores beneficios (0.808) sin perder de vista el nivel de importancia de cada uno de los objetivos.

Conclusión:

Con base a todos los resultados de cada una de los métodos aplicados en el proyecto, y sabiendo en la utilidad de las alternativas ponderando así a los objetivos seleccionados y bajo mi criterio a utilizar la mejor alternativa que se escogería es la alternativa A1 (Expansión de la línea A), no considerando otros aspectos más que los que se tiene previstos en el proyecto, viendo que es de mayor capacidad de traslado de personas y menor costo aunque en la sección de función multiplicativa indique la mejor es la A2, mas sin en cambio solo sería hasta un punto muy cercano y la red del metro te en lasa a otras partes de la ciudad.

Páginas de internet donde se captó información:

<http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2016/07/23/1106725>

<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/edomex/2016/05/23/transporte-en-el-valle-de-mexico-es-deficiente>

<http://periodicolarepublica.com.mx/la-ampliacion-del-metro-costara-36-millones-de-pesos/>

<http://t21.com.mx/terrestre/2013/05/15/tres-rutas-mas-mexibus-promete-eruviel>

estudiosdemograficosyurbanos.colmex.mx/index.php/edu/article/.../928

estudiosdemograficosyurbanos.colmex.mx/index.php/edu/article/.../935

https://www.researchgate.net/publication/266455624_Transporte_y_movilidad_en_la_region_de_Chalco

<http://www.ingenieria.unam.mx/javica1/ingsistemas2/>