UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DICyG.

Ingeniería de sistemas.

Proyecto final.

Prof.: Dr. Del Valle Flores Juan Antonio

Larrauri Castro Angel Eduardo

07 – octubre – 2016.

Contacto. – larrauricae@hotmail.com

Planteamiento del problema.

El gobierno federal planea construir una vialidad alterna que vaya desde la Ciudad de México y concluya en Xalapa, capital del estado de Veracruz. Esto gracias a la creciente demanda que se suscita en la parte de la carretera México-Puebla aunado a la construcción de un segundo piso en mencionado tramo carretero. Los embotellamientos han generado pérdidas de tiempo de hasta dos horas cuando en general dicho trayecto no debería superar media hora. Por otra parte, el gobierno está tentado a someter a una ampliación los trabajos del segundo piso para proveer entonces una mejor circulación que tendría un costo de 43 mdp. Las soluciones planteadas fue bordear esta parte por el norte o por el sur. Las nuevas carreteras atravesarían por * y * respectivamente que ascenderían en costo a 67 mdp y 82 mdp.

Tras un análisis de costos se consideró que lo que va a ponderar en el precio total iba a estar dado por el precio del concreto asfáltico. Bajo el régimen autoritario de los encargados no se puede elegir a una empresa de concreto, pero se dispone de cierta información que ha sido acarreada en años anteriores en la elección de las mismas. El ingeniero conoce que de cada 100 veces que se ha tomado este tipo de elección, 3 empresas han sido las elegidas en medida de 44, 18 y 38 ocasiones respectivamente a la empresa A, B y C. Introduciendo los costos a las alternativas pensadas por el gobierno se estima que el costo parcial (por el concreto asfáltico) del proyecto que las empresas cobrarán aproximadamente estará dado por:

MDP	E1	E2	E3
A1	35	39	32
A2	26	43	40
A3	54	37	42

El ingeniero sugiere además la posibilidad del contrato de una empresa especializada en el análisis de concretos para que pueda tomar muestras de cada una de los fabricantes y así tener otro criterio que pudiere ser factible de aplicarse al problema. La inversión esperada para realizar el estudio es de 30. Si fuese factible encontrar que es adecuado contratar la empresa para el estudio contaríamos con los datos arrojados por la misma como una calidad al máximo de 89% para la empresa A, 92% para la empresa B y finalmente 83% para la empresa C, que nos sería útil ya que podríamos manifestar que no contaríamos con gastos extras mayores por la mala calidad de los mismos, es decir, la situación 1 contemplada como adquirir material extra a fin de reserva se presentaría sí y sólo si el concreto asegura su calidad al máximo, mientras que la situación 2 que sería adquirir material extra por daños o reparaciones se haría presenta gracias a lo contrario.

→Dominancia.

La dominancia es un método que consiste en elegir alternativas por simple inspección, por lógica; es decir, en algunas ocasiones nos encontraremos con alternativas que a simple vista podríamos elegir por contar con los costos más bajos o las ganancias más altas posibles. En nuestro problema tenemos que la dominancia no existe por el siguiente análisis:

MDP	E1	E2	E3
A1	35	39	32
A2	26	43	40
A3	54	37	42

a. – En color verde contamos con el valor más bajo (ya que hablamos de costos) para cada alternativa y según la inspección visual encontramos que nuestro problema no está regido por la dominancia.

Incertidumbre.

→Principios maximín y minimáx.

El principio plantea la idea de asegurar una ganancia o una pérdida conservadora. El criterio consiste en identificar el peor resultado de cada alternativa y de estos valores elegir el mejor. El método que se utilizará será MINIMÁX para costos. Tenemos entonces en la matriz que:

MDP	E1	E2	E3
A1	35	39	32
A2	26	43	40
A3	54	37	42

a. – Eligiendo la segunda columna que es donde se encuentran las peores situaciones, tenemos la mejor opción en naranja que pertenece a la alternativa 3: construcción de la carretera bordeando por el sur.

→Principios maximáx y minimín.

Estos principios denotan un optimismo extremo para los resultados de una decisión. La regla consiste en seleccionar la alternativa con un mejor resultado. El método acuñado en nuestro problema será MINIMÍN relacionado a los costos. Volvemos a examinar nuestra matriz y encontramos que:

MDP	E1	E2	E3
A1	35	39	32
A2	26	43	40
A3	54	37	42

a. – Elegimos la tercera columna que cuenta con el promedio de costos más bajos y respetamos entonces que la mejor alternativa es la 1 (en azul): ampliar el proceso de construcción del segundo piso.

→Principio de Hurwics.

Este criterio distingue los resultados máximos y mínimos posibles de cada alternativa; hecho esto aplica el factor de ponderación ß llamado "índice de optimismo relativo", para llegar a la decisión mediante el cálculo de utilidades esperadas. El criterio se aplica siguiendo el siguiente algoritmo:

MDP	**E1**	**E2**	**E3**
A1	35	39	32
A2	26	43	40
A3	54	37	42

A. De la matriz seleccionaremos de cada alternativa el mejor y peor valor, obteniendo el vector de óptimos (verde) y pésimos (lila).
B. Se propone un valor del índice ß ß=0.85 que será multiplicado en el vector de óptimos y (1- ß) que afectará al vector de pésimos. Tenemos que:
   VE(A1) = (0.85*32) + (0.15*39) = 33.05
   VE(A2) = (0.85*26) + (0.15*43) = 28.55
   VE(A3) = (0.85*37) + (0.15*54) = 39.55
C. La idealización es tomar aquel valor que suponga la mejor alternativa lo que nos conduce fácilmente a elegir la alternativa 2: construir el tramo carretero bordeando la zona sur.

→Criterio de Laplace.

Este criterio da por suposición la inexistencia de la probabilidad de los eventos por lo que plantea que la probabilidad de dichos estados de la naturaleza será el mismo para cada uno. Luego entonces calculamos el valor esperado en cada alternativa y elegimos por tanto el mínimo para costos.

A. VE(A1) = (35*1/3) + (39*1/3) + (32*1/3) = 35.333
   VE(A2) = (26*1/3) + (43*1/3) + (40*1/3) = 36.333
   VE(A3) = (54*1/3) + (37*1/3) + (42*1/3) = 44.333

Tenemos como conclusión en este punto que la mejor alternativa bajo este criterio sería la primera compitiendo un tanto con la segunda.

→Criterio de Savage o modelo de arrepentimiento.

El autor plantea la idea de que tras tomar una decisión el decisor puede arrepentirse por lo que trata, con su criterio de que éste sea el mínimo posible mediante el siguiente algoritmo:

a. Formar una matriz de arrepentimiento: en cada estado determinaremos el mejor valor y lo sustituiremos por un cero, que significa que si ocurre dicho estado con el valor óptimo nuestro arrepentimiento será nulo. Los demás valores en la columna serán la diferencia entre dicho valor óptimo y los demás valores. Obteniendo entonces la matriz de arrepentimiento:

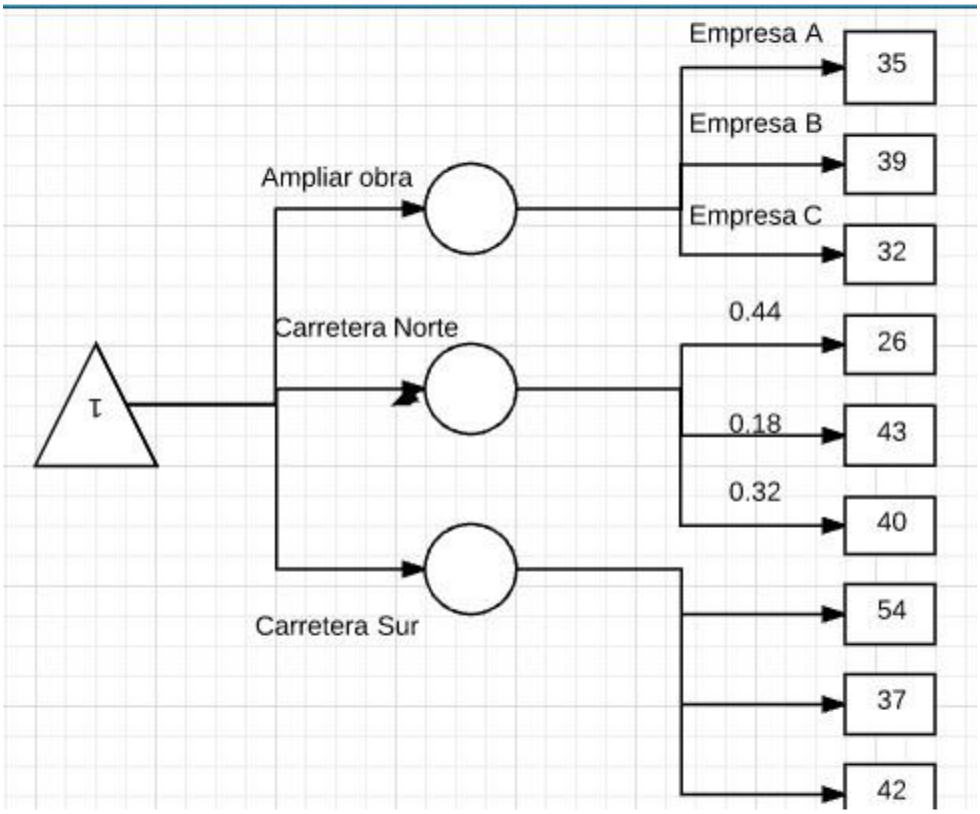
MDP	**E1**	**E2**	**E3**
A1	-9	-2	0
A2	0	-6	-8
A3	-28	0	-12

b. De la matriz ahora formada se elegirá el criterio MINIMÁX que corresponde al mínimo de los arrepentimientos máximos. Para el problema que se plantea tendríamos por elección la columna 2 que es la que nos representa los peores ahorros y consecuentemente tomaríamos por decisión seleccionar la alternativa 2 que nos asegura el mayor ahorro.

RIESGO.

→Maximización o minimización del valor esperado y varianza.

Este es el primer criterio involucrado en el tratamiento formal de los problemas de decisión bajo riesgo. En el caso de empate se usa el segundo filtro que es la varianza mínima. Aplicando a nuestro problema contamos con el modelo gráfico que nos facilitará la operación:



1. VE(A1)= (0.44*35) + (0.18*39) + (0.38*32) = 34.58
   VE(A2)= (0.44*26) + (0.18*43) + (0.38*40) = 34.38
   VE(A3)= (0.44*54) + (0.18*37) + (0.38*42) = 46.38
   Los resultados nos llevan directo a aplicar el segundo filtro, varianza:
   Var(A1)= $(34.58-35)^2$ + $(34.58-39)^2$ + $(34.58-32)^2$ = 5.135
   Var(A2)= $(34.38-26)^2$ + $(34.38-43)^2$ + $(34.38-40)^2$ = 13.271
   Con lo que concluimos en este punto que la mejor opción es la alternativa 1.

→Principio del más probable futuro.

Dentro de este criterio contamos con el apoyo de que uno de los estados naturales se puede presentar con una notoria mayor probabilidad por lo que se puede considerar el problema como determinístico. Lo que nos haría generar una nueva matriz con una sola columna:

MDP	P(E1) = 1
A1	35
A2	26
A3	54

Donde fácilmente podemos indicar que la mejor alternativa es la 2.

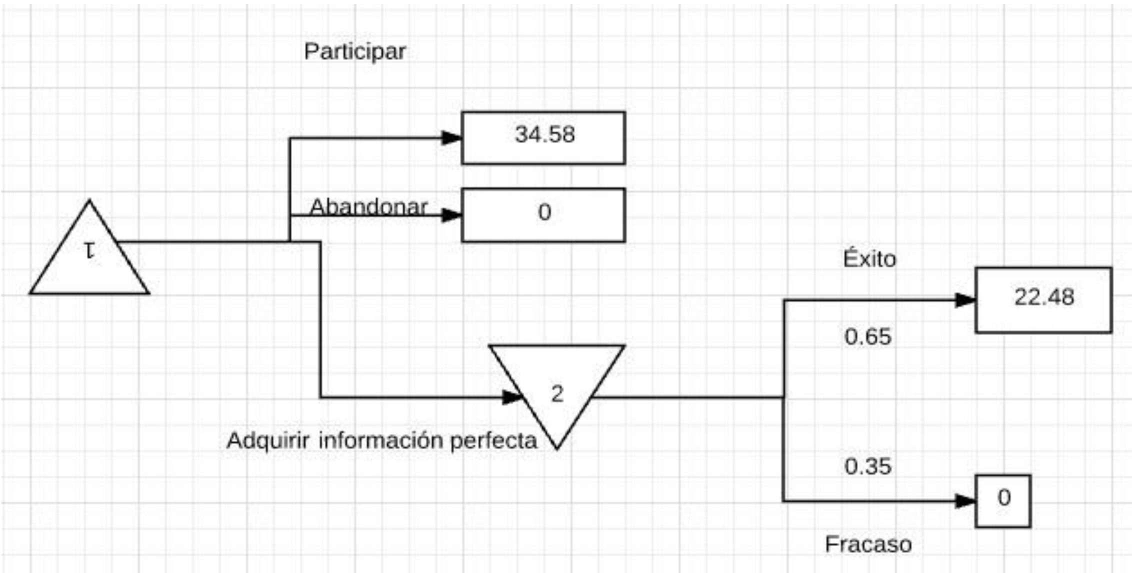
→Principio de nivel esperado.

Este criterio nos lleva a seleccionar una alternativa que maximice la probabilidad de alcanzar al menos el nivel de aspiración. Fijando nuestro valor en el presupuesto que el gobierno plantea invertir como máximo tenemos que:
Para A1: P(Gasto≤40) = 0.4 + 0.18 + 0.38 = 1.00
Para A2: P(Gasto≤40) = 0.4 + 0.38 = 0.78
Para A3: P(Gasto≤40) = 0.18 = 0.18
Con lo que nos quedaríamos con la opción que representara la mayor probabilidad de que el gasto se enfoque en ese valor que es la 1.

Valor de la información.

→Información perfecta.

En general los problemas son susceptibles de agregarles información útil, que apoye la noción de tomar decisiones describiendo mejor el problema y hacer posible calcular con mayor confianza las probabilidades de los resultados. Con el objeto de contar primero con una idea del valor más alto que podría pagarse por esa información adicional, es conveniente evaluar el problema de decisión bajo la suposición de que una predicción perfecta o infalible, fuera hecha. Contamos con el siguiente árbol de decisiones:



VE(Participar) = 34.58
VE(Abandonar) = 0.00
VE(Adquirir información perfecta) = (0.65*34.58) + (0.35*0) = 22.48
Los valores se acuñaron de la siguiente manera: el valor esperado de participar ya había sido tomado en cuenta en anteriores análisis gracias a minimizar el valor esperado por lo que, sólo se requirió que la probabilidad de éxito dada por la información perfecta fuera considerada como un 65%. Ahora bien, el valor de la información perfecta será: V(IP) = Máximo valor esperado - VE(IP) (Se toman en cuenta dichas consideraciones por trabajar con costos)
Por lo tanto tenemos que el valor de la información perfecta es:
Valor (Información perfecta) = 46.38 – 22.48 = 23.9

→Información imperfecta.

Consientes ahora de que no es real si no utópico adquirir la información perfecta, entonces nos enfocamos a obtener información imperfecta (mejor dicho, su valor). Éste se puede obtener mediante el análisis del árbol de decisiones, más las ramas, adecuando las probabilidades condicionales:

P(S1/E1) = 0.89	**P(S1/E2) =** 0.92	**P(S1/E3) =** 0.83
P(S2/E1) = 0.11	**P(S2/E2) =** 0.08	**P(S2/E3) =** 0.17

Resolviendo los nudos más distantes de la izquierda: (el gráfico indicado fue realizado únicamente para el monto de adquisición de información imperfecta, los otros valores se imputaron de la misma manera, pero sin anexarlos al gráfico)

GRAFICO.

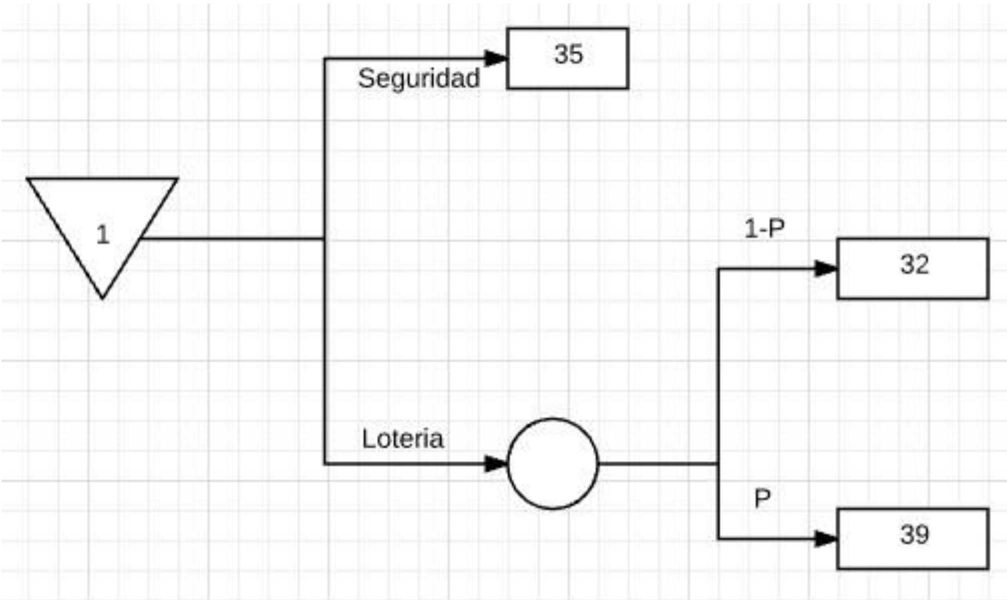
Utilidad.

→Construcción de las curvas de utilidad.

Es necesario contar con otra magnitud que nos ayude a calificar nuestro proyecto ya que muchas veces los costos, inversiones o ganancias no nos dicen absolutamente nada. Por ello se genera el término “utilidad” que no va ser mas que una función, dada por nuestro mismo proyecto acarreando todos los valores del mismo, es decir, transformaremos los valores de dinero en algo que nos

arroje un valor que hable más que el dinero.
Para la generación de las curvas de utilidad se utilizaremos dos casos:

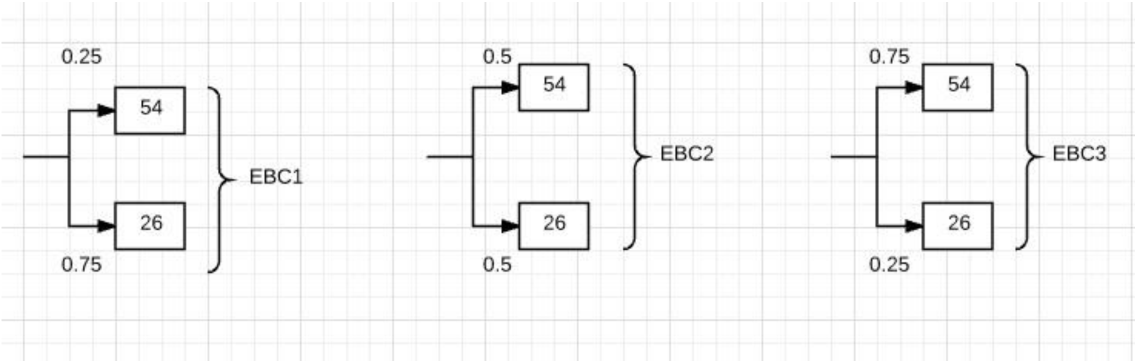
a) Cuestionando probabilidades. – el método consiste en cuestionar al decisor sobre probabilidades de jugar una “lotería”.
Para nuestro análisis, el proceso de ejemplificación de la lotería para un caso, sería el siguiente presentado:



Nos preguntamos entonces cuál sería el valor más adecuado de “P”, para que la lotería fuera proporcional. Con lo demás ser realizó lo mismo y por lo tanto, nuestro gráfico es el siguiente:

Que nos muestra entonces, los diferentes valores en costo y cuál es su mejor o peor escenario de utilidad.

b) Cuestionando equivalentes bajo certeza. – en este método se utilizan equivalentes bajo certeza a un conjunto de loterías.



Las loterías cuestionadas en este apartado nos hacen la interrogante de cuál es el valor por el cual estamos dispuestos a ganar o perder bajo la suposición del tetraedro. En otras palabras, contamos con P y daremos en seguida un valor que será nuestro EBC.

Por lo que, nuestro gráfico pertenece a:

Multiobjetivos.

El ingeniero a cargo del proyecto, ha decidido hacer un contrato de nuevo personal. Para su selección y final firma, elige dos ingenieros de la UNAM que lo exhortan a hacer un nuevo análisis. Los mismos, le comentan al superintendente, que no sólo debe estar considerando las ganancias o pérdidas monetarias, sino que hay más acerca de cada proyecto.

El nuevo plan creado por los nuevos compañeros es que se cuide que los tramos carreteros puedan ser eficientes y acortar el tiempo mientras que el otro sugiere que también se tome en cuenta que el turismo que se puede generar al cruzar vías pobladas, puede ayudar a la aportación del PIB.

→Independencia entre objetivos.

La idealización correcta en este apartado sugiere que se analicen las situaciones problemáticas que pueden coexistir entre cada objetivo y es evidente, hasta cierto punto, que el uso de más tramos carreteros apoyaría la noción del turismo, pero pondría en desventaja el tiempo y el costo mientras que, si los tramos carreteros fueran directos, el tiempo y el costo serían los objetivos beneficiados. Ahora, si vemos que el tiempo es dinero, también contaríamos con una independencia en esos rubros. En l siguiente tabla se enlistas las mejores opciones de cada objetivo y las peores de las mismas:

mdp/hrs/mdp	Costo	Tiempo	Turismo
Mejores	26/37/32	3/2/5	25/10/17
Peores	54/43/42	7/6/6	12/15/22

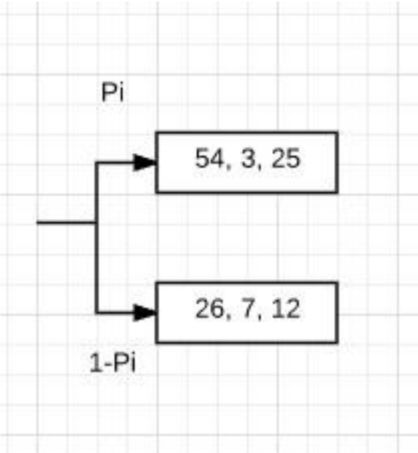
La aplicación formal de las ciencias de problemas duros nos plantea un método formal en el que podemos corroborar la independencia entre los múltiples objetivos. Uno es el método aditivo y por otro lado existe el multiplicativo.

a) Multiplicativa. – Debe probarse antes, la independencia aditiva por facilidad de aplicación, pero para el proyecto, se debe aplicar la multiplicativa. La multiplicativa tiene la forma:

$$U(x_1, x_2, x_3) = \prod_{1}^{3} \frac{\{1 + Kk_i u_i(x_i)\} - 1}{K}$$

Para el proceso, debemos calcular las k_i de cada uno de los casos para poder aplicar la fórmula. Dichas constantes serán calculadas bajo la aplicación de cuestionando probabilidades combinado con equivalentes bajo certeza, como en uno de los incisos anteriores. (No es necesario que las constantes sumen 1).

Las loterías tendrían la forma (costo, tiempo, turismo):



Con la obtención de k:

k1=0.26
k2=0.5
k3=0.61

Planteado eso, ahora aplicamos la fórmula:

$$K = (1 + 0.26K)(1 + 0.5K)(1 + 0.61K) - 1$$

Las interacciones empezando con K=1 obtenemos que:

$$K = (1 + 0.26)(1 + 0.5)(1 + 0.61) - 1 = 2.0429$$

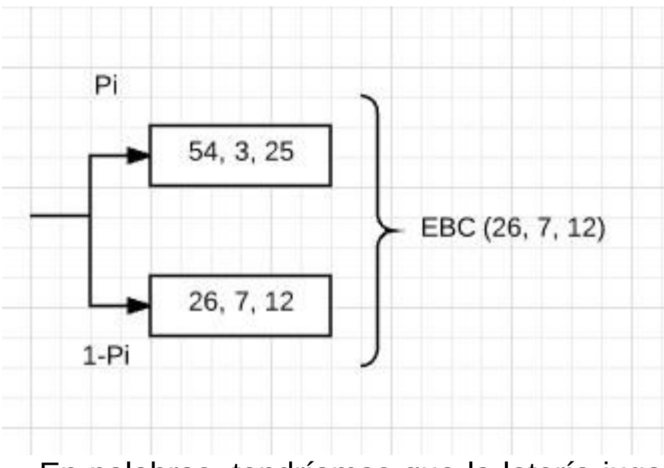
Ahora entonces, con este valor, iniciaremos las iteraciones:

$$K = (1 + 0.26 * 2.0429)(1 + 0.5 * 2.0429)(1 + 0.61 * 2.0429) - 1 = 5.9522328$$

$$K = (1 + 0.26 * 5.9522328)(1 + 0.5 * 5.9522328)(1 + 0.61 * 5.9522328) - 1 = 41.1$$

Por lo que, para nuestro problema, existe una serie de constantes K que cumplen con la igualdad. Que se comprueba con que si ki>1, habrá una infinidad de soluciones para la ecuación propuesta. Que también corrobora la independencia en nuestro problema.

b) Aditiva. – La forma aditiva no considera iteraciones, pero sí se debe cumplir que la suma de las constantes ki sea igual a 1. Proponiendo las loterías bajo equivalente bajo certeza tendríamos que:



El resultado propuesto para todos los casos fue:

k1=0.5
k2=0.16
k3=0.34

En palabras, tendríamos que la lotería jugada es entre los mejores valores, contra los peores evaluando a un equivalente bajo certeza al mejor valor del primer objetivo aunado a los peores de los siguientes dos (k1). Para el cálculo de las constantes k2 y k3 se realiza el mismo proceso, pero, se evalúa el EBC de su mejor atributo, contra el peor de los otros dos objetivos. Ahora bien, necesitamos la utilidad de cada elemento. Bajo un estado conservador, se considera que la utilidad para enfocarse en el sitio actual será de (0.37,0.22), bordear por el norte de (0.21, 0.49) y finalmente por el sur de (0.4, 0.12). La consideración A supone un estado óptimo de continuar con las consideraciones establecidas mientras que el estado B supone un pequeño reajuste en las futuras mediaciones del proyecto.

Podemos ahora aplicar la fórmula para ambos casos y decidir entonces, finalmente, qué opción es considerada la mejor.

$$U(x_1, x_2, x_3) = k_1 U(x_1) + k_2 U(x_2) + k_3 U(x_3)$$

→ Plan A: $U(x_1, x_2, x_3) = 0.5 * 0.37 + 0.16 * 0.21 + 0.34 * 0.4 = 0.3546$

→ Plan B: $U(x_1, x_2, x_3) = 0.5 * 0.22 + 0.16 * 0.49 + 0.34 * 0.12 = 0.2292$

Conclusión.

Bajo los últimos resultados arrojados, podemos deducir fácilmente que las propuestas arrojadas por los ingenieros son correctas, ya que no se necesita cambiar el orden o factores de los valores establecidos. Ahora bien, analizando los criterios por los que se deba comprar información que pueda ser propicia para la elaboración de cada uno de los proyectos, es poco viable. En dado caso que el gobierno ceda invertir más capital en ello, se podría lograr. Bajo la experiencia, en anteriores ocasiones no se tomaron en cuenta y los resultados tienen una proporción distante de ser el 100% exitosa. Considerar entonces la compra, siempre debería ser una buena opción.
Respecto al análisis ponderante, costos, podemos decir que en todos los criterios el más arrojado como mejor alternativa fue la primera, la de ampliar el proceso de puenteo en el tramo actual. Si reanalizamos en multiobjetivos esto podría variar un poco ya que a pesar de que el tiempo puede acarrear un pequeño problema, todo se ve bastante disminuido ya que la zona del sur de México cuenta con una gran diversidad turística que bien puede apoyar la inversión.