

Tarea 1: Programación Dinámica Estocástica

Fecha de Entrega: Miércoles 20 de abril de 2011

En un lejano país llamado Chile su presidente, Sebastián Piñata, está estudiando la factibilidad del uso de energía nuclear para hacer frente a la crisis energética que enfrenta el país. Para ello se ha creado la Comisión Chilena de Energía Nuclear, institución que lo ha contratado a Ud. y su equipo para que le ayude en la decisión de cuántas plantas instalar en los próximos 5 años de gobierno.¹

Según el último estudio de impacto ambiental realizado, el Estado dispone de 30 terrenos en los cuales es factible la instalación de una central. El valor de éstos constituye un costo hundido, pues fueron adquiridos por el gobierno el año anterior cuando se planificaba la construcción de varias centrales termoeléctricas, y se estima que los terrenos no utilizados podrían ser vendidos a un costo de \$500[u.m].

Además, el gobierno de Chile firmó con Estados Unidos un acuerdo de colaboración en materia de energía nuclear, el cual permitirá la preparación de capital humano para la operación de estas centrales y ayuda técnica en la construcción de los reactores. En efecto, el costo de construir una central es constante y asciende a \$800[u.m], mientras que el costo en capacitación de personal es de \$25[u.m]² por central si el número total de reactores³ construidos es menor o igual a 10; en caso contrario, el costo asciende a \$50[u.m] por central debido a la necesidad de importar profesionales estadounidenses.

Cuando el gobierno estaba logrando convencer a la oposición de optar por esta alternativa, ocurrió lo impensado: un terremoto de gran magnitud afectó a un país del lejano oriente, ocasionando serios daños en un gran número de centrales nucleares, lo cual reabrió el debate y ha generado grandes divisiones dada la alta sismicidad que caracteriza al territorio chileno.

Por un lado se encuentra el gobierno y la empresa privada, quienes apoyan la idea debido al crecimiento económico y la generación de empleos que éstas traerían consigo. Tanto es el interés de los privados que la CUE (Central Unitaria de Empresarios) ofreció donar dinero por cada una de las centrales construidas según muestra el cuadro 1⁴, y entregar un bono extra de \$3000[u.m] si se construyen más de 6 centrales en un mismo año. A pesar de esto, el gobierno sabe que no es conveniente instalar más de 8 centrales en un mismo año dado que sería un cambio demasiado violento para la realidad del país.

Cantidad de Centrales Construidas	Donación por central construída[u.m]
[0, 2]	\$ 1000
[3, 4]	\$ 1500
[5, 8]	\$ 2000

Cuadro 1: Donación por central construída

Por otro lado, dentro de los detractores al proyecto se encuentran los distintos grupos ambientalistas, quienes han prometido realizar una serie de manifestaciones en caso de que el gobierno siga con la construcción de las centrales. Según cifras del Ministerio del Interior, cada una de estas protestas implica un costo para el gobierno de \$50[u.m] (producto de los destrozos y del costo político que significan), y el número de manifestaciones que se producen en el periodo t (M_t) sigue una distribución *binomial* de parámetros N_{t+1} , que corresponde al número de centrales que se han inaugurado hasta el inicio del periodo $t+1$ ⁵, y $p_t = \frac{1}{t+1}$. A su vez, otro gran detractor del proyecto es la oposición, la cual considera que el proyecto de Piñata es demasiado ambicioso y que existen otras fuentes de energía como la eólica o la solar que podrían solucionar en parte el problema. Por este motivo Johnny Walker, timonel de esa coalición, ha amenazado al presidente chileno planteando que si éste decide construir 3 o más centrales en un determinado periodo, su coalición rechazará proyectos de acuerdo al siguiente cuadro:

¹La constitución chilena señala que los gobiernos tienen una duración de 6 años.

²Costo de capacitar a un equipo de chilenos para operar una central.

³Suponemos que cada central nuclear posee sólo un reactor.

⁴Por ejemplo, si en el periodo t se construyen 3 centrales, la donación entregada será: $2 \cdot 1000 + 1 \cdot 1500 = 3500$.

⁵Es decir, el número de centrales que se han inaugurado hasta el periodo t

Año	Probabilidad		
	1	2	3
1	0,2	0,4	0,4
2	0,4	0,4	0,2
3	0,6	0,1	0,3
4	0,8	0,1	0,1
5	0,9	0,05	0,05

Cuadro 2: Probabilidad de rechazo para cada periodo

Cada proyecto que es rechazado por el congreso le significa un costo de \$200[u.m] al gobierno, debido a contratos previos firmados con las empresas constructoras.

Finalmente la OMINEMI (Oficina Ministerial de Emergencias, Ministerio del Interior), en conjunto con el Departamento de Geofísica de una prestigiosa universidad, han publicado un estudio cuya principal conclusión es que Chile, dada la inestabilidad de las placas tectónicas producto de los últimos grandes sismos que han ocurrido, sufrirá un terremoto por año durante los próximos 5 años. Además el estudio muestra, para cada año, la intensidad que el sismo podría alcanzar y la probabilidad con que un sismo de esas características podría ocurrir, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Año	Probabilidad							
	Magnitud[° Richter]							
	[0; 3, 9]	4	5	6	7	8	9	10+
1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,09	0,009	0,001
2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,05	0,04	0,008	0,002
3	0,25	0,02	0,05	0,4	0,17	0,1	0,009	0,001
4	0,5	0,2	0,1	0,1	0,05	0,04	0,007	0,003
5	0,15	0,05	0,05	0,3	0,3	0,14	0,005	0,005

Cuadro 3: Probabilidad de ocurrencia de sismos de distinta intensidad

El gobierno ha estimado que, dada la calidad de las centrales construídas, un sismo de magnitud menor a 4 no provocaría ningún daño, mientras que un sismo de magnitud superior a ésta provocaría daños en cada uno de los reactores construídos evaluados de acuerdo a la siguiente función $C(m) = e^m$, donde m es la magnitud del sismo en grados Richter, y $C(m)$ es el costo por central construida asociado al sismo.

Preguntas

1. Explique por qué este problema puede ser modelado mediante *Programacion Dinámica Estocástica*.
2. Plantee el modelo a resolver mediante *Programacion Dinámica Estocástica*.
3. Resuelva el modelo anterior entregando la asignación óptima y las utilidades (o desutilidades) esperadas.
4. Realice un análisis de sensibilidad de las variables que usted considere interesantes. Argumente su respuesta y concluya en base a su análisis.

Indicaciones

- La tarea debe realizarse en grupos de 3 o 4 personas, las cuales pueden eventualmente pertenecer a cualquiera de las dos secciones que dictan el curso.
- Se debe redactar un informe autocontenido, siendo el índice **sugerido** es el siguiente:
 - Portada
 - Resumen Ejecutivo
 - Índice

- Introducción (Marco Teórico)
 - Descripción del Problema
 - Resultados Esperados
 - Desarrollo de las Preguntas
 - Análisis de Resultados y Conclusiones
 - Bibliografía
 - Anexos
- El informe debe tener **una extensión máxima de 13 páginas**, sin contar portada, índice, bibliografía, anexos ni resumen ejecutivo (este último debe ser de una página máximo). Por cada página extra se le descontará un punto de la nota.⁶
 - Se **debe** resolver mediante *Microsoft Excel* y el lenguaje de programación *Visual Basic* (pueden acceder a él en el mismo *Excel*).
 - El informe debe ser entregado en la secretaría docente de Industrias hasta las 16:00 horas del día de la fecha límite, y además deberán enviar una copia por U-Cursos antes de las 23:59 horas de ese mismo día (incluir informe y archivos .xls, evitar a toda costa los archivos .xlsx para no tener problemas de compatibilidad).
 - El descuento será de 1 punto por día de atraso.
 - Puede realizar supuestos si lo considera necesario pero indicándolo en su informe. Recuerde que no basta con resolver el problema de manera correcta, también **debe saber explicar su solución**.
 - Para tener seguridad de que todos los integrantes del grupo participaron en el desarrollo de la tarea, el equipo docente podrá interrogar a un miembro elegido al azar para que explique el trabajo realizado.
 - Dudas sobre el enunciado se responderán a través del foro de U-Cursos, siendo los encargados el auxiliar Ignacio Ríos y los ayudantes Rodrigo Arriagada, José Ignacio Pérez y Ricardo Saavedra.

⁶De lo anterior se puede deducir que quienes entreguen un informe de 19 o más páginas serán calificados con un 1.0