



Pontificia Universidad Católica de Chile

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ICS3213 - GESTIÓN DE OPERACIONES

TAREA 2

FECHA ENTREGA: LUNES 12 DE MAYO HASTA LAS 23:59

Enunciado Tarea 2: Planificación y Proyectos

Instrucciones Generales

El desarrollo de la tarea debe ser en grupos de no más de 6 alumnos de la misma sección. La inscripción de grupos se debe hacer a través de la página del curso en CANVAS > Personas. **Uno** de los integrantes del grupo deberá comunicarse con Tomás Stück (tomasstuck@uc.cl) para solicitar el set de datos correspondiente a su tarea, indicando en el asunto del correo **sección y N° de grupo** (de lo contrario no se responderá). Estos datos serán entregados a más tardar en **48 hrs.**

La tarea deberá ser subida al buzón correspondiente en CANVAS, cuya fecha de entrega vencerá de forma impostergable el lunes 12 de mayo a las 23:59 hrs. La vía de consultas es a través del foro dispuesto en CANVAS.

El entregable de la tarea corresponde a **un** informe en formato **PDF** cuya portada incluya los nombres de todos los integrantes del grupo y la forma del set de datos asignada. Todo código o archivo de respaldo debe ser adjuntado. Incluya todos los archivos de forma independiente en el buzón de entrega, **NO** utilice formatos comprimidos para subir carpetas. No cumplir con estas indicaciones implica una penalización de 1,0 *pts* en la nota.

Parte A - 50 Puntos

La Fundación Circular ha lanzado una iniciativa nacional para reacondicionar ropa donada y entregarla a comunidades en situación de vulnerabilidad. El objetivo es implementar una operación eficiente en una planta que funcionará en un horizonte de planificación de T periodos consecutivos. Cada periodo se reciben donaciones compuestas por prendas en buen y mal estado. La ropa en buen estado puede ser puesta a disposición directamente para su entrega, mientras que la ropa en mal estado puede ser transformada en género textil, el cual posteriormente se utiliza como insumo para fabricar nuevas prendas reutilizadas.

Para cada periodo t se estima que llegarán kb_t kilogramos de ropa en buen estado, y km_t kilogramos de ropa en mal estado. Además, se dispone de inventarios iniciales de rb kilogramos de ropa en buen estado y rm kilogramos de ropa en mal estado. Se estima que se deben entregar d_t prendas para cada periodo t , lo que puede ser cubierto utilizando ropa donada en buen estado o ropa producida a partir de género. Si la demanda no es completamente satisfecha, se permite mantener unidades no cubiertas, pero estas implican un costo de penalización $\$cp$ por prenda.

La fundación parte con una dotación inicial de w_0 trabajadores. Adicionalmente, en cada período se pueden contratar trabajadores por boleta, con un costo de $\$ct$ por persona por período.

Cada unidad de ropa pesa en promedio p kilogramos, y todo el flujo del sistema se evalúa en función del peso total procesado. La transformación a género y la producción de prendas desde género tienen costos unitarios por kilogramo de $\$g$ y $\$n$, respectivamente. Asimismo, mantener ropa almacenada genera un costo de $\$a$ por kilogramo por periodo, y almacenar género tiene el mismo costo. El sistema tiene una capacidad máxima de s kilogramos de almacenamiento total.

Considere que cada trabajador (sea contratado o a honorarios) realiza turnos que suman h horas por periodo, y el costo por hora normal trabajada para los trabajadores contratados es de $\$cc$. Se requieren τ_g horas hombre para transformar 1 kg de ropa en mal estado a 1 kg de género, y τ_n horas hombre para confeccionar 1 kg de ropa reutilizada desde 1 kg de género.

El objetivo de la fundación es minimizar el costo total de operación durante todo el periodo de planificación. Esto incluye los costos de personal, procesamiento y almacenamiento, así como los costos asociados a no satisfacer la demanda. Para ello, se requiere desarrollar un modelo de optimización lineal que permita definir inventarios, procesamiento diario, personal y cumplimiento de demanda, respetando todas las capacidades y restricciones operacionales del sistema.

Utilice los parámetros que se encuentran en la hoja A de su set de datos.

Preguntas

1. Modele el problema mediante optimización lineal, explicando el significado de parámetros, variables, función objetivo y restricciones utilizadas.
2. Determine utilizando un software de optimización (Excel/Open Solver, Python/Gurobi, Julia/Gurobi, etc.) la planificación para cada periodo y los costos de planificación. Entregue sus resultados tabulados.
3. Suponga que antes de la ejecución del proyecto una de las máquinas utilizadas para transformar ropa en mal estado a género textil sufrió una falla técnica. Como consecuencia, el proceso de transformación se volvió menos eficiente, aumentando en un 25 % el tiempo requerido para procesar cada kilogramo.

Actualice el modelo para reflejar este nuevo escenario, resolviendo nuevamente el problema. Luego, compare los resultados obtenidos con los del caso base: ¿cómo se ve afectada la producción total, el uso de género y el costo total del sistema?

4. Suponga que, debido a una alianza con otra organización, la fundación tiene la posibilidad de adquirir d kg adicionales de género ya transformado al inicio del primer periodo, pagando un valor de $\$cf$ por kilogramo. ¿Cuál sería el impacto de aceptar esta oferta en el resultado final? Agregue esta nueva condición al modelo, resuelva nuevamente y determine si resulta conveniente aceptar la propuesta considerando el costo total del sistema.
5. Considere ahora que la fundación ha establecido una nueva política operativa, la cual exige mantener al menos tr trabajadores activos en cada periodo del horizonte de planificación. Esta dotación mínima debe contemplar tanto a los trabajadores contratados como a aquellos que prestan servicios mediante boleta. Incorpore esta restricción al modelo y resuelva nuevamente. Compare los resultados obtenidos con los de la solución inicial y analice las consecuencias de esta política en los costos totales, inventarios y cumplimiento de la demanda.
6. ¿Qué sucede si la demanda varía con respecto a lo pronosticado? Evalúe el impacto en la planificación si la demanda es un 80 % y un 120 % del valor original. Tabule y comente los resultados obtenidos. Redondee la demanda diaria a un número entero.

Parte B - 40 Puntos

Una fundación chilena, comprometida con el acceso universal a una alimentación balanceada, está desarrollando una iniciativa solidaria que busca entregar *kits* con productos alimenticios a familias pertenecientes a sectores vulnerables del país. Estos *Kits Alimentarios* están compuestos por tres elementos fundamentales:

1. **Pan básico:** p unidades. Cada unidad compuesta por:
 - Bolsa de harina: h unidades
 - Paquete de manteca: m unidades
 - Cajas de leche: l unidades
2. **Almuerzo básico:** a unidades. Cada unidad compuesta por:
 - Bolsa de pollo: s unidades
 - Paquetes de arroz: r unidades
3. **Merienda básica:** o unidades. Cada unidad compuesta por:
 - Frutas: f unidades
 - Pan básico: b unidades
 - Cajas de leche: c unidades

Cada componente tiene su propio *lead time*, que puede representar tanto el tiempo que toma encargar el componente como producirlo). Los *lead time* se indican a continuación:

Componentes	OH	Lead time (días)
Armado de Kit Alimenticio	ik	lk
Armado de Pan básico	ip	lp
Adquisición de harina	ih	lh
Adquisición de manteca	im	lm
Adquisición de cajas de leche	il	ll
Armado de Almuerzo básico	ia	la
Adquisición de bolsas de pollo	is	ls
Adquisición de paquetes de arroz	ir	lr
Armado de Merienda básica	io	lo
Adquisición de frutas	if	lf

En el marco de esta iniciativa, se les solicita colaborar en el diseño de estrategias de producción de corto plazo que permitan planificar de manera eficiente la producción y entrega de los kits alimenticios. Para ello, se propone aplicar un enfoque basado en la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP).

Utilice los parámetros que se encuentran en la hoja B de su set de datos.

Preguntas

1. Cree una tabla de lista de materiales (BOM) que muestre el nivel, nombre, asociación, cantidad y tiempo de entrega para cada componente. Genere un diagrama con lo anterior.
2. Elabore las tablas MRP para los *Kits Alimentarios* y sus subcomponentes para resolver el problema de planificación a corto plazo. Considere que no existen límites de capacidad. La demanda pronosticada por la fundación se indica en la siguiente tabla:

t	20	21	22	23	24
GR	60	60	60	60	60

3. Elabore tablas resumen de los resultados de la planificación anterior. Presente una tabla para pedidos de compra y otra para órdenes de producción.
4. Luego de analizar las demandas históricas, su equipo se percató de la tendencia que presenta la demanda en estas fechas. En base a lo anterior, se han proyectado las siguientes demandas de *Kits Alimentarios* como alternativa a la planificación original:

t	20	21	22	23	24
GR	30	40	60	50	70

Además, la fundación indica las siguientes restricciones que deben ser cumplidas para la producción:

- Los componentes de Pan básico deben estar en el local al menos tres días antes, para enriquecer la harina con nutrientes.
- Los paquetes de arroz solo pueden ser encargados en días pares, por condiciones impuestas por el proveedor.
- No se permite mantener inventario de bolsas de pollo debido a restricciones sanitarias.

Realice una planificación para definir una estrategia de producción diaria que permita cumplir con la demanda proyectada de *Kits Alimentarios*. A partir de dicha planificación, elabore las tablas MRP para los componentes principales, considerando las restricciones indicadas. ¿Es posible satisfacer la demanda de *Kits Alimentarios* en este nuevo escenario? Justifique su respuesta en base al análisis realizado.

5. El programa de la fundación ha sido un gran éxito y se desea seguir ampliándolo. Sin embargo, usted nota que hasta ahora la fundación no tiene claridad respecto a los costos en los que se está incurriendo por concepto de almacenamiento y *set-up*. Por ello, se le asigna la tarea de evaluar distintas estrategias y determinar cuál de ellas minimiza los costos. A continuación, se presentan los diarios netos correspondientes a los *Kits Alimentarios* en el periodo que debe analizar.

t	50	51	52	53	54	55	56	57
GR	100	80	75	120	110	100	90	80

El costo de *set-up* es de \$250, y el costo de almacenamiento es de \$1,20. Para los *Kits Alimentarios*:

- I Utilizando la técnica lote único, lote por lote (L4L), determine los tamaños y días, así como el costo.
 - II Determina el plan de liberación de lotes y su costo utilizando el modelo EOQ.
 - III Determina el plan de liberación de lotes y su costo utilizando el método de tamaño de lote dinámico, con una $EOQ = 198$ y considerando la propiedad de Wagner-Whitin.
 - IV ¿Qué política de planificación recomendaría y por qué?
6. Con el objetivo de corroborar que el plan de producción semanal es el óptimo, se les pide desarrollar un modelo de programación matemático. Considere I_i y P_i el costo de almacenaje y producción unitaria del componente i . R_i es la cantidad requerida del ítem i en la semana y S_i es el costo de *set-up* del componente i .

Parte C - 30 Puntos

El Ministerio de Obras Públicas, en conjunto con organizaciones locales, se encuentra planificando un proyecto para implementar una red de agua potable en diversas comunidades rurales del país. Dada la complejidad de la iniciativa, que incluye tareas técnicas, administrativas y sociales, se ha decidido utilizar el enfoque PERT para planificar y controlar de mejor manera la incertidumbre en los tiempos de ejecución.

En la hoja *C* de su set de datos se encuentran todas las actividades del proyecto junto a sus respectivas precedencias y distribución de duración (en días): tiempo optimista (TO), tiempo más probable (TMP) y tiempo pesimista (TP).

Preguntas

1. Desarrolle el diagrama del proyecto de acuerdo con la metodología PERT.
2. Determine ES, EF, LS, LF. Indique la ruta crítica, su duración estimada y varianza.
3. Calcule la probabilidad de que el proyecto se complete en un tiempo menor o igual a 90 días. Ahora, si se requiere que el proyecto esté terminado el día 75 con un 95 % de confianza, ¿cuál debería ser la máxima varianza (de la ruta crítica) permitida para poder cumplirla?
4. Existe la oportunidad de un contrato de financiamiento internacional que plantea un bono de \$100 si el proyecto de implementación de la red de agua potable se completa en o antes de cierto día específico, y una penalización de \$240 si se finaliza después de ese día. ¿En qué día debería terminar el proyecto para quedar indiferente ante la condición del contrato? Ahora, si es que el contrato fija la fecha para terminar el proyecto en el día 81 y aplica el mismo bono, ¿Qué penalidad se debería establecer para quedar indiferentes?
5. Para cada actividad existe la opción de reducir su duración esperada a cambio de un costo adicional. En el set de datos se indican, para cada tarea, el costo por día reducido (USD) y el máximo de días reducibles por actividad. Se sabe que por cada día que la **duración total del proyecto** se acorte respecto del plan base se obtiene un beneficio de **USD 18 000**. Determine (i) las actividades que conviene acortar y cuántos días en cada una (sin exceder los máximos), (ii) el costo y beneficio total y (iii) la nueva duración esperada del proyecto.
6. Debido a una nueva ley aprobada en el Congreso de Chile las nuevas redes de agua tienen que ser registradas y aprobadas por la Dirección General de Aguas. Este proceso ocurre luego de la supervisión-post instalación (SP) y es un nuevo requisito antes de hacer la transferencia de responsabilidad y cierre del proyecto (TR). La duración del proceso sigue una distribución uniforme de $U(5,6)$ días. Calcule nuevamente ES, EF, LS y LF, e indique la ruta crítica, su duración estimada y varianza. Comente los resultados.