



Pontificia Universidad Católica de Chile

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ICS3213 - GESTIÓN DE OPERACIONES

TAREA 1

FECHA ENTREGA: LUNES 7 DE ABRIL HASTA LAS 23:59

Enunciado Tarea 1: Procesos y Pronósticos

Instrucciones Generales

El desarrollo de esta 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 7 de Abril 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. No cumplir con estas indicaciones implica una penalización de 1,0 *pts* en la nota.

Parte A - 50 Puntos

Ante la crisis habitacional y las precarias condiciones de vida que afectan a miles de familias en campamentos de Chile, la ONG Manos Solidarias ha puesto en marcha un programa de emergencia para la construcción y entrega de módulos habitacionales temporales en las comunas con mayor déficit de vivienda. Su grupo ha sido seleccionado para analizar el proceso productivo y optimizar la distribución de estas viviendas a las familias más necesitadas.

La producción de los componentes estructurales se inicia con dos unidades independientes que fabrican paneles y techos, operando a capacidades diarias definidas de a paneles/día y b techos/día. Una vez fabricados, los paneles y techos pasan por sus propios controles de calidad. Se dispone de dos unidades que operan c paneles/día, con un porcentaje de rechazo $w\%$, y d techos/día, con un porcentaje de rechazo $x\%$. Los componentes que no cumplen con los estándares en esta fase son descartados.

Paralelamente, se recibe el material de aislación térmica desde otro proveedor, a una tasa de e unidades/día. Este material se somete a una inspección con capacidad de revisión de f unidades/día, donde se rechaza un $y\%$ de los lotes que no cumplan los criterios de calidad.

Los paneles y techos que hayan superado el control de calidad se adhieren cada uno por separado con la aislación aprobada. Este proceso se realiza en dos estaciones de adhesión compartidas con una capacidad de h unidades/día cada una. Como resultado, se obtienen paneles y techos aislados, que luego serán utilizados en la fase de ensamblaje.

Por otra parte, las puertas llegan desde un proveedor externo a una tasa de g_1 unidades/día y las ventanas a una tasa de g_2 unidades/día. Cada uno cuenta con su propio control de calidad que se realiza en una estación compartida. Puertas y ventanas presentan la misma capacidad r unidades/día pero distintas tasas de rechazo: $z_1\%$ ventanas y $z_2\%$ puertas.

Los productos (puertas y ventanas) que no cumplen con los estándares se descartan. Los que son aprobados se suman a los techos aislados y paneles aislados para su distribución equitativa en las líneas de ensamblaje.

El centro de producción trabaja en un turno de 8 horas, 20 días al mes. Los datos asociados a la capacidad de procesamiento de cada estación y otros, se encuentran en la base de datos que debe solicitar. Se asume que el sistema ha alcanzado un régimen estacionario, donde cada estación cuenta con un flujo constante de producto disponible

Módulo (SKU)	Margen (\$/un.)	Takt time (seg/un.)	DDA mensual (un.)
Familiar (A)	θ	α	β
Individual (B)	σ	η	κ
Clima Frío (C)	γ	δ	ζ
Emergencia (D)	ϵ	ι	κ'

Módulo (SKU)	Paneles	Techos	Ventanas	Puertas
Familiar (A)	λ	μ	ν	ξ
Individual (B)	ϕ	ψ	τ	χ
Clima Frío (C)	ω	π	ρ	υ
Emergencia (D)	θ'	λ'	μ'	ν'

Cuadro 1: Los valores corresponden a parámetros definidos en el set de datos.

Preguntas

- 1.- Hacer el diagrama de flujo del proceso productivo de los materiales para crear los módulos.
- 2.- Considere el enfoque de programación lineal (LP), escriba el modelo de optimización que representa el flujo de proceso en donde se busca maximizar la cantidad de materiales disponibles con el fin de posibilitar la mayor producción posible de módulos familiares (SKU A). Hint: Utilice unidades/día, paneles/día y techos/día caja según el punto del proceso.
- 3.- Resuelva el problema de PM utilizando los datos proporcionados (se recomienda el uso de software de optimización) y determine cuántas unidades de materiales (techos aislados, paneles aislados, ventanas y puertas) se deben asignar diariamente para maximizar su disponibilidad en la creación de módulos familiares (SKU A). Identifique el cuello de botella del sistema y estime cuántos módulos familiares (SKU A) se podrían producir en un mes con los materiales optimizados. Finalmente, elabore una tabla que muestre el factor de utilización de cada estación.
- 4.- Luego de haber maximizado la cantidad de materiales disponibles al mes para la creación de módulos familiares, surge el desafío de que la línea de ensamblaje puede producir distintos tipos de módulos. Dado esto, se requiere determinar la producción óptima considerando tres estrategias distintas. La primera estrategia se basa en escoger los skus que entregan mayor margen social, la segunda estrategia busca escoger los sku con mayor velocidad de producción y la tercera estrategia se enfoca en obtener el mayor retorno en el cuello de botella. Toda la información relevante de los SKUs se encuentra en el set de datos. Para cada una de estas estrategias, se debe calcular cuántas unidades de cada tipo de módulo se deben producir, determinar el margen social total generado y comparar los resultados obtenidos. A partir de esta comparación, se deberá analizar cuál de las estrategias resulta más conveniente según el criterio de optimización utilizado y qué implicancias tiene cada enfoque en la producción y utilización de los recursos disponibles.

- 5.- Volviendo al problema original de maximizar la cantidad de recursos disponibles para la generación de módulos familiares, la gerencia propone tres alternativas para mejorar la disponibilidad y eficiencia en el uso de materiales. La primera alternativa consiste en agregar 5 unidades/día de capacidad extra en la unidad de control de calidad de aislación. La segunda alternativa busca reducir los descartes erróneos en un 2% en todas las estaciones de control de calidad. Finalmente, la tercera alternativa propone la incorporación de una tercera estación de adhesión de aislamiento compartida.
- ¿Alguna de las alternativas permite incrementar la disponibilidad de materiales para la producción de módulos familiares (SKU A)? ¿Cuál alternativa genera el mayor impacto? ¿En qué medida mejora la disponibilidad de materiales? Al elegir la mejor alternativa, indique cuál sería el nuevo cuello de botella del sistema y el factor de utilización de cada estación.
- 6.- Dado un escenario en el que la demanda disminuye y la capacidad productiva supera los requerimientos del mercado, ¿qué estrategias implementarías para optimizar la operación y reducir costos? En particular, ¿cómo reorganizaría las estaciones de trabajo?
- 7.- Si en lugar de analizar cada subproblema de manera aislada se optimizara el problema de forma integral, considerando la producción de todos los SKUs, los flujos de materiales y la asignación eficiente de recursos con el objetivo de maximizar el margen total, ¿se llegaría a una mejor solución? ¿Por qué?

Parte B - 30 Puntos

La crisis inmobiliaria en Chile se ha intensificado debido al aumento en las tasas de interés, el encarecimiento de los materiales de construcción y la menor disponibilidad de financiamiento para proyectos habitacionales. Esto ha generado un escenario desafiante para las constructoras, que deben optimizar la gestión de sus recursos para mantener la rentabilidad y garantizar la continuidad de sus proyectos. En este contexto, una gestión eficiente del abastecimiento de cemento se vuelve fundamental para reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.

Dada la incertidumbre en el sector inmobiliario y la necesidad de optimizar costos en la construcción de viviendas, usted es el encargado de supervisar la compra de cemento para la empresa constructora. La demanda mensual de cemento es constante y asciende a x toneladas. Adicionalmente, los costos asociados son el costo de compra, el cual es de $\$y$ CLP por tonelada, un costo fijo por pedido de $\$n$ CLP (incluye logística y transporte), y por último, costo de almacenamiento, el cual se calcula en función del costo de compra y una tasa de interés mensual del i %.

Preguntas

1. ¿Cuál es la tasa de costo de almacenamiento?
2. ¿Cuál es el costo mensual óptimo asociado con este producto?
3. ¿Con qué frecuencia deberías realizar un pedido?
4. Dado que para la construcción de casa se necesitan más materiales a parte del cemento, a usted también lo dejan a cargo de la compra de paneles de madera. Estos tienen una demanda mensual de z unidades. El costo fijo por pedido de los paneles de madera es de $\$n$ CLP, y cada uno tiene un costo de $\$w$ CLP, con los costos de almacenamiento calculados de la misma manera que antes, pero ahora con un interés de j %. Después de algunas negociaciones, el proveedor acuerda cobrarte un único costo fijo de pedido de $\$k$ CLP si realizas un pedido conjunto de cemento y paneles de madera.
Determine la política de pedido óptima para el cemento por sí solo, los paneles de madera por sí solos y, posteriormente, para ambos productos en conjunto. Para el caso del pedido en conjunto, ¿cuál es la cantidad de pedido para el cemento? ¿Cuál es la cantidad de pedido para los paneles de madera? (Hint: considere el significado de cada uno de los términos de la fórmula de costo total)
5. ¿Cuál es el costo mensual por ambos productos?
6. Re-evaluando el cemento, el cual gestiona con una política de revisión continua (q, r) con una restricción para limitar la probabilidad de desabastecimiento durante un ciclo al h %, se da cuenta que tiene una demanda incierta semanal

que sigue una distribución Normal e i.i.d. de semana a semana, con una expectativa de p toneladas; el tiempo de entrega de tu proveedor es de l semanas. Con base en esta información y los costos involucrados, has decidido establecer tu cantidad de pedido en q toneladas y tu stock de seguridad en s toneladas.
¿Cuál es la desviación estándar de la demanda semanal?

7. ¿Cuál es el punto de reorden?
8. Supón que tu tasa de costo de almacenamiento semanal es de $\$c$ por tonelada. Se te ofrece una membresía en un consorcio industrial que incluye suministros acelerados, con tu tiempo de entrega reducido a una semana. La membresía tiene una tarifa que se paga en cuotas mensuales.
¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por esta membresía? Suponga que un mes tiene exactamente cuatro semanas.
9. Como fue mencionado antes, la crisis inmobiliaria ha tenido varias consecuencias, generando que la necesidad de construcción de casas disminuya. El cemento, lamentablemente, se degrada con la humedad y pierde sus propiedades adhesivas con el tiempo, siendo su vida útil de aproximadamente 3 meses en condiciones óptimas de almacenamiento. Usted, preocupado de tratar de minimizar sus pérdidas, habla con su proveedor y llegan a un acuerdo. Si a usted le llega a sobrar material a los 3 meses, le puede devolver el producto al proveedor, pero esto le saldrá $\$t$ por tonelada. En el caso contrario, es decir que le falta materia, deberá incurrir en un gasto de $\$u$ por tonelada. Considerando que la demanda mensual es x toneladas, y la desviación estándar mensual es de r toneladas.
¿Cuántas toneladas de cemento debería comprar? Comente como la variación de la desviación estándar afecta este valor.

Parte C - 40 Puntos

La crisis habitacional en Chile ha sido un desafío creciente en los últimos años, con un aumento en la demanda de viviendas de emergencia debido a desastres naturales, crisis económicas y migración. En respuesta a esta problemática, el gobierno chileno, en conjunto con la ONG Manos Solidarias, está implementando estrategias basadas en pronósticos de demanda que permitan asignar recursos de manera eficiente y planificar soluciones habitacionales con anticipación.

El desarrollo de pronósticos precisos es fundamental para garantizar que las familias en situación de vulnerabilidad tengan acceso a refugios temporales, subsidios habitacionales y otras soluciones adecuadas en el momento oportuno. Contar con modelos de pronóstico efectivos permitirá optimizar el presupuesto disponible, minimizar costos asociados a la falta de planificación y reducir el impacto social de la crisis.

Para contribuir a esta iniciativa, se solicita realizar un análisis de la demanda mensual de viviendas de emergencia, utilizando la demanda histórica para realizar pronósticos.

Este análisis permitirá proponer estrategias de asignación de recursos más eficientes, garantizando que la producción y distribución de viviendas de emergencia se realicen de manera óptima y oportuna.

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

Preguntas

1. Realice un pronóstico mensual de la demanda de viviendas de emergencia para **2024** utilizando los siguientes métodos:
 - a) Media móvil de 3 meses.
 - b) Media móvil ponderada de 3 meses (utilizando ponderadores $w_{t-3} = x$, $w_{t-2} = y$, $w_{t-1} = z$).
 - c) Suavizamiento exponencial con constante de suavizamiento $\alpha = a$ y pronóstico inicial igual a la media anual de 2023.

Calcule el MAD y la señal de rastreo (TS) para cada método. Luego, determine cuál de ellos es el mejor estimador y justifique su elección.

2. Pronostique la demanda mensual para el año **2024** utilizando suavizamiento exponencial con tendencia. Considere constante de suavizamiento $\alpha = a$, $\delta = d$, pronóstico inicial a calcular con $w_{t-3} = m$, $w_{t-2} = n$, $w_{t-1} = o$, y tendencia inicial (T_0) como el promedio de la variación de los datos de 2023.

Calcule MAD y TS. ¿Qué dicen los errores en comparación a los otros métodos?

3. Estime la demanda mensual desde **febrero hasta diciembre de 2024** incorporando estacionalidad. Para ello, utilice el modelo de suavizamiento de Holt's Winter, y considere los siguientes parámetros: $\alpha = a$, $\beta = b$, $\gamma = g$.

Calcule MAD y TS. Finalmente, analice los valores de S_t a lo largo de los meses e interprete su comportamiento estacional.

4. Grafique la demanda real de 2024, junto a los 5 pronósticos realizados anteriormente. Analice el gráfico y comente cuál es el mejor método.

5. Suponga que tiene un presupuesto de $\$p$, indique:

a) Cómo distribuiría el presupuesto para los próximos 3 años (2025, 2026 y 2027) usando suavizamiento exponencial con tendencia, con constante de suavizamiento v , y constante de tendencia u . Considere las demandas anuales desde 2018. Además, se sabe que el pronóstico realizado hace unos años para el año 2020 fue de k viviendas.

b) Indique cómo distribuiría el dinero pronosticado en el punto anterior para el año 2025 mensualmente, según las estimaciones obtenidas en la pregunta 3.

6. Considere los datos obtenidos en la pregunta 3 y suponga que la organización debe tomar decisiones basadas en pronósticos para el año 2025. Si la organización no cumple con satisfacer al menos la cota inferior del pronóstico con un nivel de confianza del $x\%$, se le aplicará una multa fija de $\$h$ por cada mes que no cumpla.

Hay un servicio externo que realiza pronósticos avanzados, el cual permite reducir un $t\%$ el MAD de la estimación de la demanda de viviendas, con un costo de $\$g$ anuales.

¿Debería la organización contratar este servicio? Realice un análisis cuantitativo considerando el impacto en la precisión del pronóstico, la cantidad de multas a pagar y la posible reducción del riesgo de multas. Justifique su respuesta.

7. Supongamos que la demanda de viviendas de emergencia está influenciada por la el índice de desempleo del país. Considere el conjunto de datos de índice promedio de desempleo para cada mes de 2024 brindado en la base de datos.

Para el año 2024 plantee una regresión lineal, determine los coeficientes (a y b) de la ecuación de la recta de regresión. Con la regresión lineal estime la demanda de viviendas necesarias para enero de 2025 si el índice de desempleo se pronostica en $i\%$.

Interprete el coeficiente b, ¿qué indica su signo sobre la relación entre el índice y demanda?, ¿cree que la demanda proyectada es correcta? Justifique.