



Colección de Pruebas de Evaluación

Asignatura: Informática Aplicada

Grado en Ingeniería de Materiales

Universidad Rey Juan Carlos

Docente: Hernán Santos Expósito
(Fecha: 18 de enero de 2023)

©2023 Autor Hernán Santos Expósito Algunos derechos reservados Este documento se distribuye bajo la licencia “Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional” de Creative Commons, disponible en <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

Publicado en: <https://burjcdigital.urjc.es>

Examen
Convocatoria Ordinaria
Curso 20/21

Ejercicio 1.- (3 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Se pretende seleccionar un material metálico de entre los aceros inoxidable (stainless steels), las aleaciones de aluminio (aluminum), las de Berilio (Beryllium), las de Níquel (Nickel) y las de Titanio (Titanium), para la estructura/cubierta de un sumergible (submarino pequeño). Según el diseño los límites o solicitaciones que tiene que cumplir el material son:

- Excelente resistencia a agua de mar y a agua dulce.
- Una resistencia de compresión mayor de 500 MPa.
- Ser fabricado mediante la técnica de moldeo en concha (Cast, Sand/mold, shell casting).

Para elegir el material de entre los que han pasado los límites se van a aplicar tres índices de optimización. Los dos primeros que se deberán aplicar en un mismo gráfico de Ashby corresponden a:

1. Optimizar la masa manteniendo alta la resistencia (1er índice). El radio (radius) es libre, el grosor de las paredes (wall-thickness) fijas, y la **flotabilidad limitada (buoyancy limited)**. Para este índice el sumergible se puede modelizar con función de esfera sometida a presión externa.
2. Se pretende que no se produzca rotura si se golpea con otros objetos, **función de tolerancia al daño (damage-tolerant design)**. Entonces, se optimizará la masa y como restricción limitante la carga (load).

En un primer momento se ha pensado en la siguiente aleación de Níquel y Berilio: **Nickel-Beryllium alloy M 220C, cast annealed (aged)**, pero no cumple con los requerimientos necesarios. Seleccionar los materiales que sean más óptimos que este material aplicando los dos índices anteriores.

De entre los materiales seleccionados se pretende aplicar el siguiente índice de optimización relacionado con las presiones que sufrirá el sumergible:

3. Se pretende que las paredes externas no sufran un gran abombamiento a presiones muy extremas por lo que se elegirá el **índice de diafragma con diferencia de presiones (diaphragm with pressure difference)** en diseños de alta resistencia que optimizan su desempeño (strength-limited design to optimize performance).

Elegir el material final utilizando este último límite a partir de la recta de optimización (método 1 explicado en clase) y **contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:**

1. ¿Cuántos materiales pasaron los límites o restricciones?
2. ¿Cuál es la pendiente de la recta de selección obtenida para el tercer índice?
3. ¿Qué material final has seleccionado para realizar el sumergible?
4. Incluir la primera gráfica con los dos primeros índices de optimización.
5. Incluir la misma gráfica pero aplicando la selección.
6. Incluir la segunda gráfica aplicando el tercer índice de optimización con la recta de selección.

Ejercicio 2.- (5 puntos)

Parte 1.- (2 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Los motores de vehículos eléctricos requieren materiales diferentes a los de los vehículos actuales (de combustibles fósiles). Los motores eléctricos tienen ciertas partes como son los imanes permanentes que condicionan tanto el peso como la potencia de los mismos. En este ejercicio se quiere seleccionar el material más apropiado para el estator de un motor eléctrico. En un caso particular, este tiene que ser un material magnético con magnetización permanente, tener un módulo elástico mayor que 40 GPa (para evitar propagación de grietas) y que el valor mínimo de la “temperatura en servicio máxima” sea de 200 °C. Se requiere seleccionar para cada grupo de materiales metálicos magnéticos (grupo SmCo, grupo Alnico y grupo Neodymium) un material que maximice la producción de energía magnética (BH_{max}) y optimice la masa según el siguiente índice de optimización:

$$C = \frac{BH_{max}}{\rho}$$

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Material para el grupo SmCo:
2. Material para el grupo Alnico:
3. Material para el grupo Neodymium:
4. ¿Cuáles son los dos materiales de los tres anteriores con mayor BH_{max}?
5. Adjuntar captura de pantalla de la/s gráfica/s utilizadas para seleccionar los materiales.

Parte 2.- (2 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Seleccionar los dos materiales de los tres anteriores con la energía BH_{max} más elevada (los de la pregunta 4). Realizar una auditoría ecológica de estos dos materiales utilizando las características que vienen en la siguiente tabla:

Material	Material SmCo	Material Alnico	Material Neodimio
Unidades	1	1	1
Contenido reciclado	10%	30%	30%
Peso (kg) (se obtiene fijada una potencia necesaria)	8	15	6
Proc. primario	forja	Fundición	Pulvimetalurgia
Proc. secundario	Mecanizado fino	Mecanizado fino	Mecanizado fino
% eliminado	20	30	10
Fin de vida	Reciclar (40%)	Reciclar (50%)	Ninguno (0%)
Tipo transporte	Ferroviario de mercancías	Buque de carga	Vehículo ligero de mercancías
Distancia (km)	1000	3000	100

Además respecto a la etapa de uso y común para los dos materiales se deben de introducir los siguientes parámetros: tendrá una vida útil del producto de 20 años en la zona de Europa. Irá embarcado en un vehículo eléctrico-coche familiar con un uso aproximado de 200 días por año y una distancia media de 60 Km al día.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Incluir la gráfica de energía consumida del ciclo de vida de los dos materiales comparados.
2. Incluir la gráfica de la huella de carbono generada en el ciclo de vida de los dos materiales comparados.
3. ¿Cuál de los dos materiales presenta una energía consumida menor a lo largo de su vida?
4. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
5. ¿Cuál de los dos materiales presenta una huella de carbono menor a lo largo de su vida?
6. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
7. ¿Cuál elegirás de acuerdo al comportamiento ecológico del producto?

Parte 3.- (1 punto) (Nivel 3 Aerospace)

Con el material seleccionado se desea realizar un análisis de costes dependiendo solo de dos procesos de producción primaria aptos para fabricar el estator. Estos son:

- Presión isostática caliente (HIP, Hot isostatic pressing, Powder methods, Hot, standard, large-scale).
- Pulvimetalurgia (Powder methods, Cold, Die pressing and sintering).

Representar el Coste por pieza (Part Cost) en función del tamaño de lote (Batch size). Escoger un rango de entre 1 y 1 millón de piezas por lote y representar 12 puntos. Todos los demás parámetros incluirlos de una forma razonada según cada uno de vosotros.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Incluir la gráfica Part Cost Vs. Batch size realizada.
2. ¿Con cual proceso os quedarías para producir en masa el estator del motor eléctrico de un vehículo?

Problema 3.- (2 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Se quiere diseñar un material en forma de panel tipo Sándwich que va a ir montado en las paredes y los suelos de un transbordador espacial. Se ha seleccionado previamente un material para las caras del panel y se quiere ver cual será el material más óptimo para el núcleo para ello se verán dos tipos de paneles con las siguientes características:

- 1) las caras estarán formadas por un material compuesto por una matriz de PEEK con refuerzo de fibra de carbono cuasi-isotrópica (QI lay-up). Para el núcleo se va a utilizar el siguiente material con estructura de panal de abeja metálico: Aluminio 5056 honeycomb (0.147) expandido en la dirección longitudinal (Expanded Longitudinal (L direction)). El espesor de las caras será fijo con 2 mm mientras que el espesor del núcleo variará desde 0,4 a 1 cm utilizando 10 registros. El panel estará sometido a carga distribuida uniformemente, estando anclado por los extremos y tendrá una longitud de 1 metro.
- 2) Se realizará una segunda simulación con las mismas características del primer modelo pero variando el material del núcleo. Este será también con forma de panal de abeja del tipo Aramid (Nomex): Aramid paper /phenolic honeycomb (0.144) expandido en la dirección longitudinal.

Se pide representar la rigidez y la resistencia a flexión en función de la densidad. Rigidez a flexión: módulo a flexión (flexural modulus); resistencia a flexión: Flexural strength (modulus of rupture).

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. ¿Cuál es el material con las mejores propiedades a flexión (rigidez y/o resistencia)?
2. ¿Qué estructura tipo Sándwich seleccionaríais para esta aplicación?
3. Adjuntar la gráfica Módulo a flexión vs densidad.
4. Adjuntar la gráfica Resistencia a flexión vs densidad.

Ejercicio Excel (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

El Ejercicio se realizará en la hoja Excel que se suministra. Todas las funcionalidades que se piden en el ejercicio se realizarán mediante el uso de fórmulas. No se podrán crear tablas nuevas a menos que el ejercicio lo diga explícitamente.

- a. **(0.5 pt)** Formato condicional:
- En la columna de Precio/kg mostrar el 40% de materiales que tienen el mayor precio por Kg con fondo azul oscuro y las letras en blanco.
 - Resaltar aquellas celdas que no tienen dato en letras verde oscuro y fondo naranja.
 - Resaltar en azul claro las celdas de la columna “Límite elástico (MPa)” que tengan valores por encima de 400 MPa.
- b. **(0.5 pt)** En las filas que aparecen en naranja se debe indicar para cada columna el valor de la suma total, contar las casillas que contienen valores y realizar la media.
- c. **(0.5 pt)** En la columna en azul (Apto) aparecerá la palabra
- **Si**; en aquellos materiales que tienen un límite elástico mayor o igual que 400 MPa y un módulo elástico mayor o igual que 200 GPa
 - **Amedias**; aquellos materiales que tienen un límite elástico mayor o igual que 400 MPa pero tienen un módulo elástico menor que 200 GPa.
 - **No**; aquellos materiales que no cumplen lo anterior.

Además, en la casilla de **nº Aptos**, resaltada en azul oscuro, deberá aparecer el número de materiales que contienen un **Si** o un **Amedias** en la condición.

- d. **(0.5 pt)** En la columna Amarilla con encabezado Código deberá de aparecer la letra M seguido de un guión (-), seguido del número del material (columna 2), seguido de otro guión (-) y seguido de lo que ponga en la columna anterior (Apto). Ejemplo: **M-1-Amedias**
- e. **(0.5 pt)** En la “Tabla1” hay que conseguir mostrar el código del material que se escriba en la celda azul indicada como “Material” (utilizar BUSCARV y Listas).
- f. **(0.5 pt)** En la “Tabla 2” hay que conseguir mostrar en la casilla gris el valor de la propiedad que se escriba en la casilla verde (todas aquellas del encabezado) del material que se escriba en la casilla azul. Utilizad la combinación de las funciones BUSCARH y BUSCARV en el orden indicado y las listas para seleccionar el material y la propiedad. No se pueden crear nuevas tablas.

Ejercicio Origin (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

Realizar el siguiente ejercicio de Origin: Tenemos los datos de los ensayos de tracción sobre dos materiales. Se suministran dos archivos .txt donde la primera columna viene la deformación en porcentaje (%) y en la segunda columna la tensión en MPa.

- (0.5 pt)** Abrir el fichero suministrado Ensayo1.txt del material 1 y Ensayo2.txt del material 2.
- (0.5 pt)** Añadir dos nuevas columnas (error); una con el error de la tensión que tiene que ser del 5% del valor de la tensión para el material 1, y otra del 4% del valor de la tensión para el material 2.
- (0.5 pt)** Representar en una curva de puntos la tensión (eje y) en función de la deformación (eje x) para el material 1: en círculos azules, de tamaño 5. Incluir las barras de error de la posición error usando la nueva columna que contiene estos datos.
- (0.5 pt)** Representar en la gráfica anterior también por puntos (scatter) los datos del material 2 pero asociados a un nuevo eje Y situado a la derecha del recuadro del gráfico. Utilizar triángulos rojos de tamaño 6 para su representación. Incluir las barras de error de la altura error. Ajustar la escala en cada eje Y para que se vean de forma correcta ambas curvas e incluir el color correspondiente igual que los puntos representados.
- (0.5 pt)** Representar en una nueva gráfica el ensayo del material 1 y realizar un primer ajuste solo a la parte lineal mediante la ecuación de una recta:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon + b$$

donde tenemos las variables y/o parámetros de la tensión σ , el módulo elástico E, la deformación ε y una constante b útil para realizar el ajuste lineal. El color de la línea del ajuste tiene que ser azul con grosor 4.

- (0.5 pt)** Realizar un segundo ajuste sobre la misma gráfica anterior pero solo de la parte plástica de la curva a la siguiente ecuación:

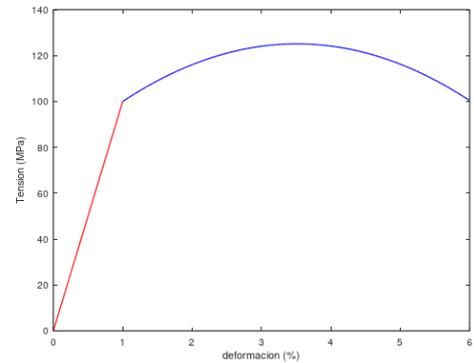
$$y = a + [b \cdot x \cdot (1 - c \cdot x)]$$

Exponer los datos del ajuste y las variables en un cuadro de texto para ambos ajustes.

NOTA: Todas las gráficas deberán presentar las etiquetas de los ejes con la magnitud que se está representando y las unidades correctamente indicadas. Salvo en el caso de una indicación explícita en el enunciado, el alumno usará su criterio para que la representación sea lo más clara posible tal y como se ha explicado en clase y en las prácticas realizadas.

Ejercicio OCTAVE (4 puntos, mínimo 1 punto para media)

Crear un programa que se llame "Programa1.m". Este programa va a simular un ensayo de tracción sobre un material metálico con la obtención de la gráfica de la derecha donde se va a poder distinguir la parte elástica representada por una línea roja, y la parte plástica por una curva azul. Realización del ejercicio



Parte Elástica (2 puntos):

- (0.5 puntos)** Pedir al usuario que introduzca 2 parámetros cumpliendo las condiciones que se indican en cada uno de ellos. Si el usuario introduce un valor no válido, el programa debe volver a pedirselo.
 - El módulo elástico en GPa. Este tiene que ser mayor que cero.
 - La deformación de límite elástico (ϵ_y) en porcentaje. Esta tiene que estar comprendida entre 0% y 1%.
- (0.5 puntos)** Llamar desde el programa principal a una función llamada "calculos1.m" que realice las siguientes acciones:
 - Calcule el límite elástico (σ_y) del material a partir de la Ley de Hooke.
 - Saque por pantalla la información de límite elástico en MPa.
- (1 punto)** Representar los datos:
 - Crea un vector "x1" con 60 valores entre 0 y ϵ_y .
 - Crea un vector "y1" con 60 valores que serán los de la correspondiente tensión a cada uno de los puntos del vector x1 (Aplicación de la ley de Hooke).
 - Representar los datos en una gráfica x-y con una línea de color rojo. Introducir las etiquetas de los ejes.

Parte Plástica (1.5 punto)

- (0.5 puntos)** Pedir al usuario que introduzca 2 parámetros cumpliendo las condiciones que se indican en cada uno de ellos. Si el programa introduce un valor no válido, el programa debe volver a pedirselo.
 - La deformación a la fractura (ϵ_F) en porcentaje. Esta tiene que estar comprendida entre los valores del 2% y del 10%.
 - La resistencia máxima (σ_m) en MPa. Esta tiene que estar comprendida entre el Límite elástico y 1.5 veces el límite elástico $\sigma_m \in [\sigma_y, 1.5 \cdot \sigma_y]$.
- (1 puntos)** Representar los datos:
 - Crea un vector "x2" con 60 valores entre 0 y ϵ_F .
 - Crea un vector "y2" con 60 valores que serán los de la correspondiente tensión que cumplan la siguiente fórmula:

$$y2 = \sigma_y + [\sigma_a \cdot x2 \cdot (\epsilon_F - \sin^2 \theta \cdot x2)]$$

donde

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_m - \sigma_y)}{\epsilon_F} ; \quad \theta = \tan^{-1}(\sigma_a)$$

- Representar los datos en una gráfica x-y con los datos eje x: ($x2 + \epsilon_F$) y los datos del eje-y: y2 representados en una línea azul.

Parte Escritura de datos (0.5 puntos)

- Llamar desde el programa principal a una función "escribir.m" que realice lo siguiente:
 - Guarde todos los datos: Abre un fichero llamado "datos2.dat", escribe el vector x1 en la primera columna, el vector y1 en la segunda, y el vector y2 en la tercera columna. Cierra el fichero.

Examen
Convocatoria Extraordinaria
Curso 20/21

Ejercicio 1.- (3 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

En una central solar de concentración, el equipo dirigido por el ingeniero de materiales pretende realizar la selección de un material metálico para los tubos cilíndricos del intercambiador de calor. El fluido que transitará por dentro de los tubos es una sal fundida alcalina a alta presión y alcanzará una temperatura máxima en servicio de 500°C. El material debe tener un excelente comportamiento frente a la corrosión a 500°C, frente al agua dulce, agua salada y frente a sales alcalinas fuertes. Además, requisito indispensable es que tiene que ser conformado mediante hidroformado de tubos (tube hydroforming).

Para proceso de selección del material entre los que han pasado los límites, primero se va a emplear un índice de selección principal basado en optimizar la transmisión del flujo de calor a través del tubo siendo el radio del tubo y el grosor de las paredes libre. Se utilizará el método 1 visto en clase y se incluirán en la selección solo aquellos materiales que cumplan que el registro completo este dentro de la selección. En un primer momento se ha pensado en un acero inoxidable austenítico (ASTM F1586 annealed, Nitrogen Strengthened), pero no cumple con los requerimientos necesarios según el equipo. Seleccionar aquellos materiales que tengan mejores propiedades que este material aplicando el índice.

A partir de los materiales seleccionados se pretenden aplicar los siguientes dos índices de selección:

- Cilindro con presión interna, donde la restricción limitante es la rigidez y se pretende optimizar el coste.
- Columna en tensión, con restricción limitante la vibración a flexión y se pretende optimizar la frecuencia de resonancia.

Elegir el material final utilizando estos dos límites por el método 2 visto en clase y contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. ¿Cuántos materiales pasaron las etapas límite?
2. ¿Cuál es la pendiente de la recta de selección obtenida para el primer índice?
3. ¿Qué material final has seleccionado para realizar los tubos?
4. Adjuntar la primera gráfica sin incluir la recta de selección.
5. Incluir la misma gráfica, pero aplicando la selección.
6. Incluir la segunda gráfica aplicando los dos últimos índices de selección

Ejercicio 2.- (5 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Parte 1.- (2 puntos)

Queremos seleccionar el material magnético alojado en los railes de los futuros trenes de levitación magnética con tecnología de superconductores que se construirán en España. En este caso particular, este material tiene que ser un material magnético con magnetización permanente, tener un módulo elástico mayor que 30 GPa y un límite elástico superior a 50 MPa (para evitar propagación de grietas). Se requiere seleccionar para cada grupo de materiales magnéticos (grupo Alnico y grupo Neodymium) un material que maximice la producción de energía magnética (BH_{max}) y la inducción remanente (Br) frente a la densidad, (ρ), según el siguiente índice de optimización C:

$$C = \frac{BH_{max} \cdot Br}{\rho}$$

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Material para el grupo Alnico:
2. Material para el grupo Neodymium:
3. Adjuntar captura de pantalla de la/s gráfica/s utilizadas para seleccionar los materiales.

Parte 2.- (2 puntos)

Realizar con los dos materiales anteriores una auditoría ecológica utilizando las características que vienen en la siguiente tabla:

Material	Material Alnico	Material Neodimio
Unidades	1	1
Contenido reciclado	60%	10%
Peso (kg) (se obtiene fijada una potencia necesaria)	8	6
Proc. primario	Forja	Pulvimetalurgia
Proc. secundario	Rectificado por abrasión	Mecanizado fino
% eliminado	20	20
Fin de vida	Reciclar (50%)	Ninguno (0%)
Tipo transporte	Transporte ferroviario de mercancías	Vehículo ligero de mercancías
Distancia (km)	500	200

Además, respecto a la etapa de uso los datos comunes para los dos materiales son los siguientes: tendrá una vida útil del producto de 20 años en la zona de Mundo. Irá embarcado en un tren eléctrico con un uso aproximado de 200 días por año y una distancia media de 200 km al día.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Incluir la gráfica de energía consumida del ciclo de vida de los dos materiales comparados.
2. Incluir la gráfica de la huella de carbono generada en el ciclo de vida de los dos materiales comparados.
3. ¿Cuál de los dos materiales presenta una energía consumida menor a lo largo de su vida?
4. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
5. ¿Cuál de los dos materiales presenta una huella de carbono menor a lo largo de su vida?
6. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
7. ¿Cuál elegirás de acuerdo al comportamiento ecológico del producto?

Parte 3.- (1 punto) (Nivel 3 Aerospace)

Con el material seleccionado se desea realizar un análisis de costes dependiendo solo de dos procesos de producción primaria aptos para fabricar los raíles. Estos son:

- Forja en caliente (Hot closed die forging).
- Pulvimetalurgia (CIP, Cold isostatic pressing).

Representar el Coste por pieza (Part Cost) en función del tamaño de lote (Batch size). Escoger un rango de entre 1 y cien mil unidades y representar 10 puntos. La disponibilidad y la complejidad de la pieza es estándar. La longitud de la pieza es de 1 metro y la masa de la pieza de 8 kg. El valor de desecho es del 30%, la cantidad de desechos es del 10% del material y se recicla.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Incluir la gráfica Part Cost Vs. Batch size realizada.
2. ¿Qué proceso se seleccionará para producir en masa los raíles de los trenes?

Problema 3.- (2 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Se quiere seleccionar un material que irá alojado en la carcasa de un satélite artificial. Estos son los conocidos MLIs, multilayers insulators). Las propiedades generales que deben tener estos materiales son que sea aislante térmico y a la vez lo más resistente posible. Se ha pensado en que sea un material multicapa de 3 capas con los siguientes 3 materiales:

- cerámica Alumina (99.9% pureza, translúcida).
- metal Aluminio 8090 T851.
- polímero SAN (Styrene Acrylonitrile) relleno con el 20% de fibra de vidrio.

Sintetizar el material multicapa con los siguientes datos: las capas externas deben tener 2 mm de espesor mientras que la capa interior se debe de variar 0,2 mm entre los 2 y los 3 mm (intervalo de 0,2 mm). Elegir la configuración más apropiada.

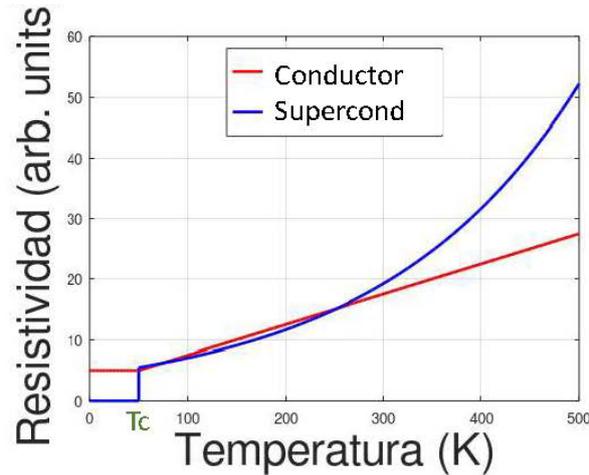
El objetivo es seleccionar aquel material que optimice el consumo energético para un aislamiento térmico sometido a ciclos de calor (thermal insulator, cyclic heating) siendo variable el grosor del material (optimización 1) y por otro lado que optimice la masa siendo lo más resistente posible (optimización 2, considerar el material multicapa como un panel a flexión con carga por el centro). Realizar una gráfica con los dos índices de optimización y seleccionar el material óptimo.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. ¿Cuál es el material que se seleccionará?
2. Adjuntar la gráfica de selección.

Ejercicio OCTAVE (4 puntos, mínimo 1 punto para media)

Crear un programa que se llame "Programa3.m". Este programa va a simular el comportamiento eléctrico de materiales conductores (MC) y superconductores (MSC) representado su resistividad en función de la temperatura (figura de la derecha). Se observa que por debajo de una temperatura crítica (T_c) el material superconductor tiene una resistividad nula, posibilitando la creación de corrientes eléctricas sin pérdidas de energía en el material. De forma parecida en algunos MC se puede observar una Temperatura por debajo de la cual la resistividad se mantiene constante, a esta temperatura también la llamaremos (T_c). Por encima de T_c el comportamiento de la resistividad es exponencial en el caso de MSC y lineal en el caso de MC.



Ejercicio:

- (0.75 puntos)** Pedir al usuario que introduzca la siguiente información:
 - un valor de T_c entre 1 y 200 Kelvin (K).
 - un valor de resistividad (r_0) entre 2 y 8 en unidades arbitrarias.
 - Si el material es MSC o MC.
- (0.75 puntos)** Llamar desde el programa principal a una función llamada "info1.m" que realice las siguientes acciones:
 - Para MSC, sacar por pantalla que el material es un superconductor de baja temperatura cuando su temperatura esté por debajo de 50K o de alta temperatura cuando sea igual o superior a 50K.
 - Para MC, sacar por pantalla que el material es buen conductor cuando su T_c es superior a 50K o malo conductor cuando su T_c es menor o igual a 50K.
- (1 punto)** Representar los datos para el MC:
 - Crea un vector "x1" con 30 valores entre 0 y T_c .
 - Crea un vector "y1" con 30 valores que cumpla la siguiente fórmula.

$$y_1 = r_0$$

- Crea un vector "x2" con 50 valores entre T_c y 500K.
- Crea un vector "y2" con 50 valores que cumpla la siguiente fórmula:
$$y_2 = r_0 + m \cdot (x_2 - T_c)$$
, donde m es una constante con valor $m=0.05$.
- Crear el vector "x3" con la concatenación de los vectores "x1" y "x2". Crear el vector "y3" con la concatenación de los vectores "y1" y "y2".
- Representar los datos de x_3 y y_3 en una gráfica x-y con una línea de color rojo. Introducir las etiquetas de los ejes.

- (0.75 puntos)** Representar los datos para el MSC:

- Crear un vector "z1" con 30 valores que cumpla la siguiente fórmula:

$$z_1 = 0$$

- Crear el vector "z2" con 50 valores que cumpla la siguiente fórmula:

$$z_2 = (r_0 + 0.5) \cdot \exp(a \cdot (x_2 - T_c))$$

· donde a es una constante con valor $a=0.005$.

- Crear el vector "z3" con la concatenación de los vectores "z1" y "z2".

- Representar en la gráfica anterior, en el eje x los datos x_3 y en el eje y los datos z_3 con una línea azul.

- (0.75 puntos)** Escritura de los datos en un fichero: Llamar desde el programa principal a una función "datos.m" que realice lo siguiente:

- Abre un fichero llamado "datos.dat", escribe el vector x_3 en la primera columna, el vector y_3 en la segunda, y el vector z_3 en la tercera columna. Cierra el fichero.

Ejercicio Excel (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

El Ejercicio se realizará en la hoja Excel que se suministra. Todas las funcionalidades que se piden en el ejercicio se realizarán mediante el uso de fórmulas. No se podrán crear tablas nuevas a menos que el ejercicio lo diga explícitamente.

- a. **(0.5 pt)** Formato condicional:
- En la columna de Precio/kg mostrar el 50% de materiales que tienen el mayor precio por Kg con fondo azul claro y las letras en rojo.
 - Resaltar aquellas celdas que no tienen dato en letras azul oscuro y fondo verde claro.
 - Resaltar en amarillo las celdas de la columna “Límite elástico (MPa)” que tengan valores por encima de 500 MPa.
- b. **(0.5 pt)** En la fila nº de valores tiene que aparecer la siguiente información para las siguientes casillas
- Densidad: Contar el número de materiales con densidad igual o inferior a 5 g/cm³.
 - Límite elástico: Contar el número de materiales a partir de 800 MPa.
 - Módulo elástico: Contar el número de materiales
 - Temperatura min. en servicio contar aquellos materiales que no tengan datos.
 - Temperatura máx. contar el número de materiales con T superior a 400 °C.
 - Precio contar aquellos materiales que estén por debajo de 2 €/kg.
- c. **(0.5 pt)** En la columna en azul (Apto) aparecerá la palabra
- **Ok**; en aquellos materiales que tienen un límite elástico mayor o igual que 300 MPa y un precio inferior a 2€/kg.
 - **OkCaros**; aquellos materiales que tienen un límite elástico mayor o igual que 300 MPa pero tienen un módulo elástico menor que 200 GPa.
 - **No**; aquellos materiales que no cumplen lo anterior.

Además, en la casilla de nº **Aptos**, resaltada en azul oscuro, deberá aparecer el número de materiales que contienen un **ok** en la condición.

- d. **(0.5 pt)** En la columna Amarilla con encabezado Código deberá de aparecer la letra M seguido de un guión (-), seguido del número del material (columna 2), seguido de otro guión (-) y seguido de lo que ponga en la columna anterior (Apto). Ejemplo: **M-1-OkCaros**
- e. **(0.5 pt)** En la “Tabla1” hay que conseguir mostrar en la casilla gris el valor de la propiedad que se escriba en la casilla verde (todas aquellas del encabezado) del material en forma de Lista de número que se escriba en la casilla azul (utilizar solo un BUSCARH y Listas).
- f. **(0.5 pt)** En la “Tabla 2” hay que conseguir mediante las fórmulas que se muestre en la casilla “salida” si un material que pongamos en la casilla de “Material” tiene un módulo elástico mayor que el valor que pongamos en la casilla “valor referencia (€/kg)”. Esto se mostrará incluyendo la frase “Si cumple”, si el material cumple la condición o “No cumple” en caso contrario. En la casilla de valores de referencia introducir que se puedan elegir solo los siguientes valores: 1, 4, 100. El formato que tiene que cumplir la casilla es si aparece “Si cumple” tiene que ser en fondo azul letras en rojo y si aparece “No cumple” tiene que estar en fondo gris letras amarillo.

Ejercicio Origin (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

Realizar el siguiente ejercicio de Origin: Tenemos los datos de la resistividad (ρ) en función de la temperatura (T) para dos materiales, uno conductor (MC) y el otro superconductor (MSC). Se suministran dos archivos de datos con extensión .dat (datos_MSC.dat y datos_MC.dat) donde la primera columna viene ρ en unidades de $\Omega \cdot m$ y en la segunda columna la Temperaturas en Kelvin (K). Se pide:

- (0.5 pt)** Abrir el fichero suministrado datos_MSC.dat y datos_MC.dat.
- (0.75 pt)** Añadir a cada uno de los materiales tres nuevas columnas:
 - En la primera columna debe aparecer la conductividad (σ) que viene dada por $\sigma = 1/\rho$
 - En la segunda columna debe aparecer la resistencia teórica (R_t) de un cable de sección $A=0.5 \text{ mm}^2$ y longitud $l=1 \text{ m}$. La relación entre la ρ y la R viene dada por la fórmula:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

- y en la tercera columna el error de R tiene que ser del 5% para ambos materiales.
- (1 pt)** Realizar dos gráficas con doble eje Y:
 - Primera gráfica para Material MSC: En uno de los ejes Y se representa la ρ en función de la Temperatura con una curva de puntos+línea: la línea en azul grosor 1 y los puntos con círculos azules, de tamaño 4, y en el otro eje Y se representa la conductividad con una línea de color rojo. Ajustar la escala en cada eje Y para que se vean de forma correcta ambas curvas e incluir el color correspondiente igual que los puntos representados.
 - Segunda gráfica para ambos materiales: Representar la Resistencia en función de la Temperatura para los dos materiales en una gráfica de puntos, cada material en un eje Y. Incluir las barras de error. Diferenciar los datos representados y los ejes Y con un color a vuestra elección. Ajustar la escala para que se vean de forma correcta.
 - (0.75 pt)** Representar la resistividad para el MSC en función de la Temperatura y realizar un ajuste solo de la parte curva a la siguiente ecuación:

$$\rho = \rho_0 * \exp (a \cdot (T - T_c))$$

Exponer los datos del ajuste y las variables en un cuadro de texto para el ajuste.

NOTA: Todas las gráficas deberán presentar las etiquetas de los ejes con la magnitud que se está representando y las unidades correctamente indicadas. Salvo en el caso de una indicación explícita en el enunciado, el alumno usará su criterio para que la representación sea lo más clara posible tal y como se ha explicado en clase y en las prácticas realizadas.

Examen
Convocatoria Ordinaria
Curso 21/22

Ejercicio 1.- Nivel 3 Aerospace

Se requiere la selección de un material para la cubierta externa de un submarino. Partir de todos los materiales. Las solicitudes y requisitos que debe cumplir el material son.

- Una rigidez alta: módulo elástico 210 GPa.
- Tener una resistencia excelente al agua dulce y salada.
- Una tenacidad a la fractura alta de 100 MPam0.5.
- Que se pueda realizar con el método de conformado de deformación siguiente: hidroconformado tubular (Tube Hydroforming) y hidroconformado laminar (Sheet Hydroforming).

Además, del conjunto de materiales que pasan los requisitos y solicitudes anteriores se debe de seleccionar los materiales optimizando la masa con criterio de resistencia de una esfera con presión externa cuyo radio está fijado, tiene espesor libre y resistencia al pandeo fijada (buckling strength fixed). Utilizar el método 1 visto en clase para aplicar el índice de selección. Los materiales que pasan la selección deben de mejorar al acero inoxidable "stainless Steel, martensitic, Custom 410 H1050".

Del conjunto de materiales que pasan el índice elegir el material final que mayor límite elástico (máximo) tenga.

Indicar en la solución:

- captura de pantalla de los materiales que pasan los requisitos y solicitudes.
- captura de pantalla de la gráfica del índice de selección.
- número de materiales después de la aplicación del índice.
- Resultado final.

Ejercicio 2.- Nivel 3 Aerospace

Se pretende realizar la selección de un material multicapa para una aplicación aeroespacial. En concreto el material se utilizará como revestimiento de una estación sobre la superficie de Marte y cuya función principal será la de proteger de la radiación y partículas exteriores. Para ello se realizará el ejercicio en tres partes:

Parte 1.- El material multicapa estará formado por tres capas con los siguientes materiales:

- 1.- Una capa de polímero. Seleccionar el material polimérico termoestable que sea magnético y cuyo coeficiente de dilatación térmica sea el menor.
- 2.- Una capa de cerámica técnica semiconductor. Seleccionar el material con la mínima conductividad térmica.
- 3.- Una capa de aleación metálica. Seleccionar el material que tenga una mayor conductividad eléctrica de entre las aleaciones de Berilio.

Parte 2.- Sintetizar 6 registros de material multicapa cuya posición de las capas queda determinada por los requisitos mecánicos vistos en clase además la capa externa (superior) será la semiconductor. Los 6 registros coinciden con una variación del grosor de la capa interna que estará comprendido entre 1 y 2 mm con incrementos de 0,2 mm. La capa superior tendrá un grosor de 2 mm y la capa inferior de 1,5 mm.

Parte 3.- A partir de los registros creados se realizará la selección del material. Para ello se utilizarán dos índices de optimización implementados por el método 2 visto en clase. En el primero se optimizará la masa de un panel sometido a carga superior por el centro cuya restricción limitante sea la rigidez. El segundo índice optimizará la masa del material sometido a ciclos de temperatura con función de aislante térmico (Thermal Insulator, cyclic heating) que no cuenta con variables libres (none). Representar en la misma gráfica los tres materiales que componen el material multicapa. ¿qué material multicapa se seleccionará?

Ejercicio 3.- Nivel 3 Bioengineering

En este ejercicio se realizará una selección de materiales para una aplicación prótesis.

Para la aplicación en particular, se requiere un material cuyo modulo elástico no supere los 200 GPa y cuya resistencia a la compresión sea inferior a 190 MPa, para minimizar el efecto denominado “stress shielding” derivado de la diferencia de propiedades mecánicas entre el hueso y la prótesis. Elegir, para cada uno de los grupos de materiales que se citan a continuación, el material que, cumpliendo los requisitos anteriores, maximice la resistencia a la fatiga a 10^7 ciclos:

- Stainless steel:
- Magnesium:

Realizar una auditoría ecológica para seleccionar el material más apropiado para la prótesis ósea que requiere ser sostenible ecológicamente. Las características para cada uno de los grupos citados anteriormente son las siguientes:

Parámetro	Material 1 Stainless steel	Material 2 Magnesium
Unidades	1	1
%reciclado	30	35
Peso (kg)	21	5
Proc. primario	Forja	Fundición
Proc. secundario	Mecanizado fino	Mecanizado fino
% eliminado	20	15
Fin de vida	Reciclar	Reciclar
% Recuperado	40	50
Tipo transporte (Distancia)	Transporte aéreo- Largo recorrido (3500 km)	Vehículo ligero de mercancías (200 km)
Vida útil (País de uso)	20 años (Mundo)	20 años (Mundo)

Incorporar las dos auditorías para un material de Titanio y uno de termoplástico PLA. Los archivos de los dos materiales están en la carpeta “ficheros extras”. Del conjunto de los cuatro materiales diferentes contestar a las siguientes preguntas:

Se pide:

- a) (0,5 puntos) Selección de los 4 materiales de partida.
- b) (0,2 puntos) Incluir las dos gráficas de energía consumida y huella de carbono del ciclo de vida de los cuatro materiales comparados.
- c) (0,5 puntos) ¿Las prótesis fabricadas con qué material generan mayor gasto energético a lo largo del ciclo completo de su vida?, ¿y menor?. ¿Qué fase individual es la que genera mayor gasto energético? Justifica brevemente las respuestas.
- d) (0,5 puntos) ¿Las prótesis fabricadas con qué material generarán una mayor huella de carbono a lo largo del ciclo de vida?, ¿y menor?. ¿Qué fase individual es la que mayor huella de carbono genera?. Justifica brevemente las respuestas.
- e) (0,3 puntos) ¿Qué material se seleccionará finalmente para fabricar las prótesis óseas en función de la auditoría ecológica? Razonar y justificar la respuesta.

Ejercicio Excel (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

El Ejercicio se realizará en la hoja Excel que se suministra. Todas las funcionalidades que se piden en el ejercicio se realizarán mediante el uso de fórmulas. No se podrán crear tablas nuevas a menos que el ejercicio lo diga explícitamente.

- a. **(0.5 pt)** Formato condicional:
- En la columna de *Precio (€/kg)* mostrar el 60% de materiales que tienen el valor mayor con fondo azul claro y las letras en rojo.
 - En toda la Tabla de valores, resaltar aquellas celdas que no tienen dato numérico en letras azul oscuro y fondo verde claro.
 - En la columna *Límite elástico (MPa)*, resaltar en gris las celdas que tengan valores por encima de 600 MPa.
- b. **(0.5 pt)** En la fila *nº de valores* en naranja tiene que aparecer la siguiente información para cada celda correspondiente a:
- *Densidad*: contar el número de materiales con densidad igual o inferior a 4.
 - *Límite elástico*: contar el número de materiales que tengan más de 600 MPa.
 - *Módulo elástico*: contar el número de materiales
 - *Temperatura mín. en servicio*: contar aquellos materiales que no tengan datos.
 - *Temperatura máx. en servicio*: contar el número de materiales con T superior a 300 °C.
 - *Precio*: contar aquellos materiales que estén por debajo de 3 €/kg.
- c. **(0.5 pt)** En la columna *Condición* (de color azul) aparecerá la palabra:
- **Pasan**; en aquellos materiales que tienen un *Módulo elástico* mayor o igual que 75 GPa y un *Precio* inferior a 10€/kg.
 - **Caros**; aquellos materiales que tienen un *Límite elástico* mayor o igual que 300 MPa, pero tienen un *Módulo elástico* menor que 200 GPa.
 - **Elásticos**; aquellos materiales que no cumplen lo anterior.

Además, en la casilla de **nº Aptos**, resaltada en azul oscuro, deberá aparecer el número de materiales que contienen un **Pasan** en la columna *Condición*.

- d. **(0.5 pt)** En la columna Amarilla con encabezado *Código* deberá aparecer la letra M seguido de un guión (-), seguido del número del material (columna B), seguido de otro guión (-) y seguido de lo que ponga en la columna anterior (Condición). Ejemplo: **M-1-OkCaros**
- e. **(0.5 pt)** En la "Tabla1" hay que conseguir mostrar en la casilla gris el valor de la propiedad que se seleccione en la casilla verde (todas aquellas del encabezado) del material que se seleccione en la casilla azul. Utilizar las funciones BUSCARV y BUSCARH y crea listas para las casillas seleccionables. No crear una tabla adicional.
- f. **(0.5 pt)** En la "Tabla 2" hay que conseguir mediante las fórmulas que se muestre en la casilla "salida" si un material que pongamos en la casilla de *Material* tiene un módulo elástico mayor que el valor que pongamos en la casilla *Valor Referencia (MPa)*. Esto se mostrará incluyendo la palabra "Mayor" si el material cumple la condición, o "Menor" en caso contrario. En la casilla de *Valor de referencia* introducir que se puedan elegir solo los siguientes valores: 100, 200, 400. El formato que tiene que cumplir la casilla es si aparece "Mayor" tiene que ser en fondo azul letras en rojo y si aparece "Menor" tiene que estar en fondo gris y letras naranjas.

Ejercicio Origin (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

Realizar el siguiente ejercicio de Origin: tenemos los datos de la resistividad (ρ) en función de la temperatura (T) para dos materiales, uno conductor (MC) y el otro superconductor (MSC). Se suministran dos archivos de datos con extensión .dat donde en la primera columna viene la ρ en unidades de $\Omega \cdot m$ y en la segunda columna la Temperatura en Kelvin (K). **Se pide:**

- a. **(0.5 pt)** Abrir el fichero suministrado datos_MSC.dat y datos_MC.dat.
- b. **(0.75 pt)** Añadir a cada uno de los materiales tres nuevas columnas:
- En la primera columna debe aparecer la conductividad (σ) que viene dada por $\sigma = 1/\rho$
 - En la segunda columna debe aparecer la resistencia teórica (Rt) de un cable de sección $A=0.6 \text{ mm}^2$ y longitud $l=0.5 \text{ m}$. La relación entre la ρ y la Rt viene dada por la fórmula:

$$\rho = \frac{Rt \cdot A}{l}$$

- En la tercera columna el error de Rt tiene que ser del 6% de Rt.
- c. **(1 pt)** En un panel vertical realizar dos gráficas con doble eje Y:
- Gráfica de arriba corresponde al material MSC: en uno de los ejes Y representar ρ en función de la Temperatura con una curva de puntos+línea: la línea en azul grosor 1 y los puntos con círculos azules, de tamaño 4. En el otro *eje Y* representar σ en función de la Temperatura con una línea de color rojo. Ajustar la escala en cada eje Y para que se vean de forma correcta ambas curvas e incluir el color correspondiente igual al de los puntos representados.
 - Gráfica de abajo para ambos materiales: representar Rt en función de la Temperatura para los dos materiales en una gráfica de puntos, cada material en un eje Y. Incluir las barras de error. Elegir el color a vuestra elección para cada eje Y y sus datos asociados. Ajustar la escala para que se vean de forma correcta.
- d. **(0.75 pt)** Para el MSC realizar una nueva gráfica que represente la resistividad (ρ) en función de la Temperatura y realizar un ajuste solo de la parte curva a la siguiente ecuación:

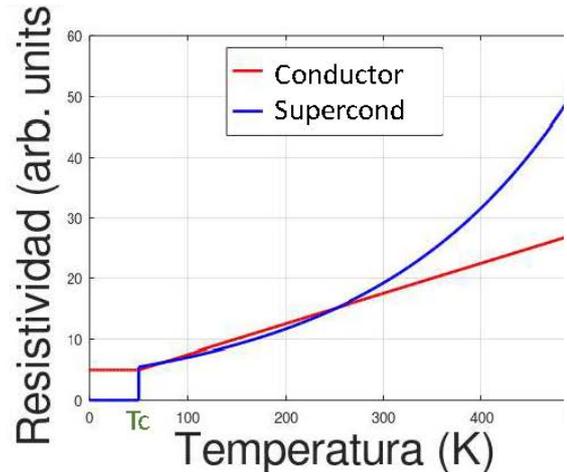
$$\rho = \rho_0 + a \cdot \exp(b \cdot (T - Tc))$$

Exponer los datos del ajuste y las variables (ρ_0 , a , b , Tc) en un recuadro de texto (indicar como variables iniciales en el ajuste los valores de $\rho_0 = 50$, $a=1$, $b=0.01$, $Tc=150$). Resaltar la línea de ajuste con grosor 3 de color amarilla.

NOTA: Todas las gráficas deberán presentar las etiquetas de los ejes con la magnitud que se está representando y las unidades correctamente indicadas. Salvo en el caso de una indicación explícita en el enunciado, el alumno usará su criterio para que la representación sea lo más clara posible tal y como se ha explicado en clase y en las prácticas realizadas.

Ejercicio OCTAVE (4 puntos, mínimo 1 punto para media)

Crear un programa que se llame "Programa3.m". Este programa va a simular el comportamiento eléctrico de materiales conductores (MC) y superconductores (MSC) representando su resistividad en función de la temperatura (figura de la derecha). Se observa que por debajo de una temperatura crítica (T_c) el material MSC tiene una resistividad nula, posibilitando la creación de corrientes eléctricas sin pérdidas de energía en el material. De forma parecida en algunos MC se puede observar una Temperatura por debajo de la cual la resistividad se mantiene constante, a esta temperatura también la llamaremos (T_c). Por encima de T_c el comportamiento de la resistividad es exponencial en el caso de MSC y lineal en el caso de MC.



Ejercicio:

- (0.75 puntos)** Pedir al usuario que introduzca la siguiente información:
 - un valor de T_c entre 1 y 250 Kelvin (K).
 - un valor de resistividad (r_0) entre 4 y 10 en unidades arbitrarias.
 - Si el material es MSC o MC.
- (0.75 puntos)** Llamar desde el programa principal a una función llamada "info1.m" que realice las siguientes acciones:
 - Si el material es MSC, sacar por pantalla que el material es un superconductor de baja temperatura cuando su temperatura sea igual o inferior a 60K o de alta temperatura cuando sea superior a 60K.
 - Si el material es MC, sacar por pantalla que el material es buen conductor cuando su T_c es superior a 60K o malo conductor cuando su T_c es menor o igual a 60K.
- (1 punto)** Representar los datos para el MC:
 - Crea un vector $\mathbf{x1}$ con 40 valores entre 0 y T_c .
 - Crea un vector $\mathbf{y1}$ con 40 valores que cumpla la siguiente fórmula.

$$\mathbf{y1} = r_0$$

- Crea un vector $\mathbf{x2}$ con 60 valores entre T_c y 600K.
 - Crea un vector $\mathbf{y2}$ con 60 valores que cumpla la siguiente fórmula:
$$\mathbf{y2} = r_0 + m \cdot (\mathbf{x2} - T_c)$$
, donde m es una constante con valor $m=0.05$.
 - Crear el vector $\mathbf{x3}$ con la concatenación de los vectores $\mathbf{x1}$ y $\mathbf{x2}$. Crear el vector $\mathbf{y3}$ con la concatenación de los vectores $\mathbf{y1}$ y $\mathbf{y2}$.
 - Representar los datos ($\mathbf{x3}, \mathbf{y3}$) en una gráfica x-y con una línea de color rojo. Introducir las etiquetas de los ejes.
- (0.75 puntos)** Representar los datos para el MSC:
 - Crea un vector $\mathbf{z1}$ con 40 valores que cumpla la siguiente fórmula:
$$\mathbf{z1} = 0$$
 - Crea el vector $\mathbf{z2}$ con 60 valores que cumpla la siguiente fórmula:
$$\mathbf{z2} = (r_0 + 0.5) \cdot \exp(a \cdot (\mathbf{x2} - T_c))$$
 donde a es una constante con valor $a=0.004$.
 - Crear el vector $\mathbf{z3}$ con la concatenación de los vectores $\mathbf{z1}$ y $\mathbf{z2}$.
 - Representar en una gráfica x-y, en el eje x los datos $\mathbf{x3}$ y en el eje y los datos $\mathbf{z3}$ con una línea azul.
 - (0.75 puntos)** Escritura de los datos en un fichero: llamar desde el programa principal a una función "datos1.m" que realice lo siguiente:

- a. Abre un fichero llamado "datos1.dat", escribe el número de fila en la primera columna, el vector $\mathbf{x3}$ en la segunda columna, el vector $\mathbf{y3}$ en la tercera, y el vector $\mathbf{z3}$ en la cuarta columna. Cierra el fichero.

Examen
Convocatoria Extraordinaria
Curso 21/22

Ejercicio 1.- (3 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

En una central solar de concentración, el equipo dirigido por el ingeniero de materiales pretende realizar la selección de un material metálico para los tubos cilíndricos del intercambiador de calor. El fluido que transitará por dentro de los tubos es una sal fundida alcalina a alta presión y alcanzará una temperatura máxima en servicio como mínimo de 500°C. El material debe tener un excelente comportamiento frente a la corrosión a 500°C, frente al agua dulce, agua salada y frente a sales alcalinas fuertes y tener una tenacidad a fractura mínima de 150 MPa·m^{0.5}. Además, requisito indispensable es que tiene que ser conformado mediante hidroformado de tubos (tube hydroforming).

Para el proceso de selección del material entre los que han pasado los límites, primero se va a emplear un índice de selección principal basado en optimizar la masa cuando la transmisión del flujo de calor a través del tubo es máxima, siendo el radio del tubo fijo y el grosor de las paredes libre. Se utilizará el método 1 visto en clase y se incluirán en la selección solo aquellos materiales que cumplan que el registro completo este dentro de la selección. En un primer momento se ha pensado en un acero inoxidable austenítico (AISI 308 annealed), pero no cumple con los requerimientos necesarios según el equipo. Entonces, se seleccionarán aquellos materiales que tengan mejores propiedades que este material aplicando el índice (no incluir este material en la selección).

A partir de los materiales seleccionados se pretenden aplicar los siguientes dos índices de selección:

- Cilindro con presión interna, donde la restricción limitante es la rigidez y se pretende optimizar el coste.
- Columna en tensión, con restricción limitante la vibración a flexión y se pretende optimizar la frecuencia de resonancia.

Elegir el material final utilizando estos dos límites por el método 2 visto en clase y **contestar a las siguientes preguntas:**

1. ¿Cuántos materiales pasaron las etapas límite?
2. ¿Cuál es la pendiente de la recta de selección obtenida para el primer índice?
3. ¿Qué material final has seleccionado para realizar los tubos?
4. Adjuntar la primera gráfica sin incluir la recta de selección.
5. Incluir la misma gráfica, pero aplicando la selección.
6. Incluir la segunda gráfica aplicando los dos últimos índices de selección

Ejercicio 2.- (5 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Parte 1.- (2 puntos)

Queremos seleccionar el material magnético alojado en los raíles de los futuros trenes de levitación magnética con tecnología de superconductores que se construirán en España. En este caso particular, este material tiene que ser un material magnético con magnetización permanente, tener un módulo elástico mayor de 30 GPa y un límite elástico superior a 50 MPa (para evitar propagación de grietas). Se requiere seleccionar para cada grupo de materiales magnéticos (grupo Alnico y grupo Neodymium) un material que maximice la producción de energía magnética (B_{Hmax}) y la inducción remanente (Br) frente a la densidad, (ρ), según el siguiente índice de optimización M:

$$M = \frac{B_{Hmax}^2}{\rho}$$

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Material para el grupo Alnico:
2. Material para el grupo Neodymium:
3. Adjuntar captura de pantalla de la/s gráfica/s utilizadas para seleccionar los materiales.

Parte 2.- (2 puntos)

Realizar con los dos materiales anteriores una auditoría ecológica utilizando las características que vienen en la siguiente tabla:

Material	Material Alnico	Material Neodimio
Unidades	1	1
Contenido reciclado	60%	10%
Peso (kg) (se obtiene fijada una potencia necesaria)	8	6
Proc. primario	Fundición	Pulvimetalurgia
Proc. secundario	Rectificado por abrasión	Mecanizado fino
% eliminado	20	20
Fin de vida	Reciclar (50%)	Ninguno (0%)
Tipo transporte	Transporte ferroviario de mercancías	Vehículo ligero de mercancías
Distancia (km)	500	200

Además, respecto a la etapa de uso los datos comunes para los dos materiales son los siguientes: tendrá una vida útil del producto de 20 años en la zona de Mundo. Irá embarcado en un tren eléctrico con un uso aproximado de 200 días por año y una distancia media de 200 km al día.

Contestar a las siguientes preguntas:

1. Incluir la gráfica de energía consumida del ciclo de vida de los dos materiales comparados.
2. Incluir la gráfica de la huella de carbono generada en el ciclo de vida de los dos materiales comparados.
3. ¿Cuál de los dos materiales presenta una energía consumida menor a lo largo de su vida?
4. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
5. ¿Cuál de los dos materiales presenta una huella de carbono menor a lo largo de su vida?
6. ¿Cuál es el porcentaje con respecto al otro material?
7. ¿Cuál elegirás de acuerdo con el comportamiento ecológico del producto?

Parte 3.- (1 punto) (Nivel 3 Aerospace)

Con el material seleccionado se desea realizar un análisis de costes dependiendo solo de dos procesos de producción primaria aptos para fabricar los raíles. Estos son:

- Forja en caliente (Hot closed die forging). Disponibilidad: proceso personalizado
- Pulvimetalurgia (CIP, Cold isostatic pressing). Disponibilidad: estandar

Representar el Coste por pieza (Part Cost) en función del tamaño de lote (Batch size). Escoger para los dos procesos un rango de entre 1 y cien mil unidades y representar 10 puntos. La complejidad de la pieza es estándar. La longitud de la pieza es de 1 metro y la masa de la pieza de 10 kg. El valor de desecho es del 30%, la cantidad de desechos es del 10% del material para el proceso de Forja en caliente y de 0% para el proceso de pulvimetalurgia y se recicla en ambos casos. Elegir proceso Secundario CNC para los dos materiales. El factor de carga, los gastos generales y el tiempo de amortización mantener los que vienen por defecto.

Contestar a las siguientes preguntas en el aula virtual:

1. Incluir la gráfica Part Cost Vs. Batch size realizada.
2. ¿Qué proceso se seleccionará para producir en masa los raíles de los trenes cuándo el tamaño de lote es pequeño? ¿y cuando aumenta a 10.000 piezas por lote?

Problema 3.- (2 puntos) (Nivel 3 Aerospace)

Se quiere seleccionar un material que irá alojado en la carcasa de un satélite artificial. Estos son los conocidos MLIs, multilayers insulators. Las funciones principales de este tipo de materiales son la de protección frente a variaciones térmicas, radiaciones y dar soporte estructural. Se ha pensado en que sea un material multicapa de 4 capas con los siguientes 4 materiales:

- Material compuesto: Alumina/30%TiC composite (pressed and sintered).
- Aleación Ti-6Al-4V annealed
- Polímero termoestable Polyester UP cast, flexible.
- Polímero termoplástico Nylon PAMXD6 (Polyarylamide) unfilled.

Sintetizar el material multicapa con los siguientes datos: las capas externas deben tener 2 mm de espesor fijado mientras que las capas interiores deben variar a la vez 0,2 mm entre los 1 y los 2,6 mm (1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4). Se deberá elegir la posición de los materiales con un criterio mecánico visto en clase.

El objetivo es seleccionar aquel material que optimice el consumo energético para un aislamiento térmico sometido a ciclos de calor (thermal insulator, cyclic heating) siendo variable el grosor del material (optimización 1) y por otro lado que optimice la frecuencia de resonancia con restricción limitante la vibración a flexión de un panel sometido a carga por el centro (optimización 2). Realizar una gráfica con los dos índices de optimización en el que se incorporen los 4 materiales base y los sintetizados. Seleccionar el material óptimo.

Contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el material que se seleccionará?
2. Adjuntar la gráfica de selección.

Instrucciones:

El examen se compone de tres ejercicios. Hay que obtener al menos un 25% de la nota en cada ejercicio por separado para poder hacer media.

Ejercicio Excel (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

El Ejercicio se realizará en la hoja Excel que se suministra. Todas las funcionalidades que se piden en el ejercicio se realizarán mediante el uso de fórmulas. No se podrán crear tablas nuevas a menos que el ejercicio lo diga explícitamente.

- a. **(0.5 pt)** Formato condicional:
 - En la fila de *Precio (€/kg)* mostrar el 40% de materiales que tienen el valor mayor con fondo azul claro y las letras en rojo.
 - En toda la Tabla de valores, resaltar aquellas celdas que no tienen dato numérico en letras azul oscuro y fondo verde claro.
 - En la fila *Densidad(g/cm³)*, resaltar en letras color blanco y fondo azul oscuro las celdas que tengan valores por encima de 5 g/cm³.
- b. **(0.25 pt)** En la Columna *Media* en amarillo tiene que aparecer el Promedio de la propiedad.
- c. **(0.25 pt)** En la columna *Condición 1* (de color rojo) aparecerá la palabra:
 - **SI**; si se cumple que la Media menos el valor mínimo de la propiedad es menor que el máximo de la propiedad multiplicado por un factor de 0,43.
 - **NO**; en caso contrario.
- d. **(0.5 pt)** En la fila *CONDICION 2* (de color rojo) deberá aparecer para cada material lo siguiente:
 - **P1**; si el límite elástico del material es menor que la Media y el Módulo elástico es mayor que la media.
 - **P2**; si el límite elástico del material es menor que la Media y el Módulo elástico es menor que la media.
 - **NoP**; si el límite elástico del material es mayor que la media.
- e. **(0.5 pt)** En la fila *ETIQUETA* (de color naranja) deberá aparecer para cada material lo siguiente: la primera palabra del material + guión (-) + la *CONDICIÓN 2*. Ejemplo: Nitronic-NoP
- f. **(0.5 pt)** En la “Tabla1” hay que conseguir mostrar en la casilla gris el valor de la propiedad que se seleccione en la casilla verde (todas aquellas del encabezado) del material que se seleccione en la casilla azul. Utilizar las funciones *BUSCARV* y *BUSCARH* y crea listas para las casillas seleccionables. No crear una tabla adicional.
- g. **(0.5 pt)** En la “Tabla 2” hay que conseguir mediante las fórmulas que se muestre en la celda “salida” si un material que pongamos en la casilla de *Material* tiene un límite elástico mayor que el valor que pongamos en la casilla *Valor Ref. (MPa)*. Esto se mostrará incluyendo la palabra “Cumple” si el material cumple la condición, o “No cumple” en caso contrario. En la casilla de *Valor Ref.* introducir que se puedan elegir solo los siguientes valores: la *Media*, 150, 300, 500. El formato que tiene que cumplir la casilla es si aparece “Cumple” tiene que ser en fondo azul letras en rojo y si aparece “No cumple” tiene que estar en fondo gris y letras naranjas.

Ejercicio Origin (3 puntos, puntuación mínima para poder realizar media: 0.75 puntos)

Realizar el siguiente ejercicio de Origin: tenemos los datos obtenidos en un experimento del límite elástico (σ_y) de dos materiales metálicos en función del tamaño de grano (d), que determinará la relación de Hall-Petch (variación de las propiedades mecánicas en función del tamaño de grano).

Se suministran dos archivos de datos para dos materiales (material_1.dat y material_2.txt) en los que la primera columna contiene d en unidades de nm y en la segunda columna σ_y en MPa. Se pide:

- a. **(0.5 pt)** Abrir los ficheros Material_1.dat y Material_2.txt.
- b. **(0.75 pt)** Añadir a cada uno de los materiales dos columnas extras:
 - En la primera columna extra debe aparecer la Fuerza máxima elástica (F_y) obtenida a partir de la relación $\sigma_y = F_y/A$, donde A es el área, $A = 10 \text{ mm}^2$.
 - y en la segunda columna el error de σ_y tiene que ser del 5.5% de σ_y para el material 1 y 6.5% para el material 2.
- c. **(1 pt)** En un *panel vertical* de dos gráficas realizar las siguientes gráficas:
 - **Gráfica de arriba doble Y:** en uno de los ejes Y representar σ_y en función del tamaño de grano con una curva de puntos+línea para el material 2: la línea en verde, grosor 1 y los puntos con círculos verde, de tamaño 3. En el otro *eje Y* representar F_y en función del tamaño de grano con una línea de color azul. Ajustar la escala en cada eje Y para que se vean de forma correcta ambas curvas e incluir el color correspondiente igual al de los puntos representados. Incluir etiquetas en los ejes.
 - **Gráfica de abajo:** representar σ_y en función del tamaño de grano para el material 1 en una gráfica de puntos. Incluir las barras de error en el eje Y. Elegir el color, tamaño y tipo de punto a vuestra elección y sus datos asociados.
- d. **(0.75 pt)** En un panel horizontal de dos gráficas, representar σ_y en función de d para el Material 1 (gráfica izquierda) y el Material 2 (gráfica derecha) por puntos con forma de triángulos (material 1) y círculos (material 2), y de tamaño 8 para ambos materiales. Realizar un ajuste solo de la parte curva descendente a la siguiente ecuación (ecuación de Hall-Petch) para los dos Materiales:

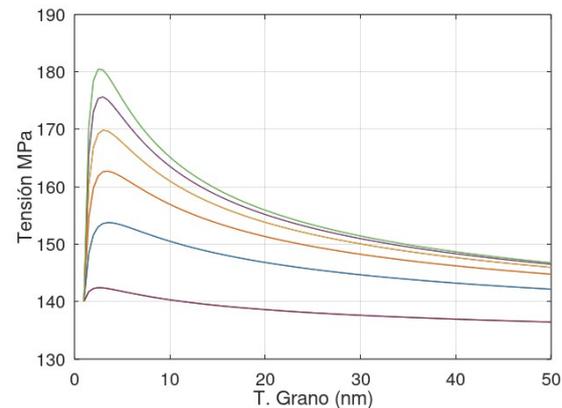
$$\sigma_y = \sigma_0 + k/\sqrt{d}$$

donde σ_0 es la resistencia umbral y k un parámetro del modelo. Ambos parámetros constantes para un material dado. La curva del ajuste en una línea de color verde y grosor 4 para el material 1 y de color rojo y grosor 3 para el material 2. Exponer en un recuadro el valor del ajuste para ambos parámetros.

NOTA: Todas las gráficas deberán presentar las etiquetas de los ejes con la magnitud que se está representando y las unidades correctamente indicadas. Salvo en el caso de una indicación explícita en el enunciado, el alumno usará su criterio para que la representación sea lo más clara posible tal y como se ha explicado en clase y en las prácticas realizadas.

Ejercicio OCTAVE (4 puntos, mínimo 1 punto para media)

Crear un programa que se llame “Hall_Petch.m”. Este programa va a simular el comportamiento del límite elástico, σ_y , en función del tamaño de grano, d , de algunos materiales. El tamaño de grano es una propiedad de los materiales que puede variar al emplear diferentes métodos de conformado. En la gráfica de la derecha se puede observar cómo al disminuir d , partiendo de tamaños grandes, σ_y aumenta hasta alcanzar el máximo. Este es el comportamiento habitual que se puede explicar mediante la ecuación de *Hall-Petch*. Sin embargo, si sigue disminuyendo d , el límite elástico empieza a disminuir constituyendo el efecto denominado *Hall-Petch inverso*, constituyendo un tema de interés en investigación de materiales. Las ecuaciones que simulan los resultados experimentales son:



$$\sigma_y = \sigma_0 + \frac{k_y}{\sqrt{d}} \quad ; \quad \sigma_y^{inv} = \sigma_0 - \frac{k_{inv}}{d^a}$$

donde σ_0 , es una constante que indica el esfuerzo inicial necesario para el movimiento de las dislocaciones, k_y un coeficiente de refuerzo, k_{inv} el coeficiente de refuerzo inverso y a el exponente de d para el caso inverso. Todos los parámetros son dependientes del material. **Se pide:**

- (0.75 puntos)** Pedir al usuario que introduzca la siguiente información: *
 - un valor de σ_0 , entre 10 y 300 MPa.
 - un valor de k_y entre 30 y 150 en unidades arbitrarias.
 - un valor de k_{inv} entre 40 y 300 en unidades arbitrarias.*Usar bucles diferentes: 2 con *while* y otro con *do*.
- (0.5 puntos)** Llamar desde el programa principal a una función llamada “info” que realice las siguientes acciones:
 - Si $\sigma_0 < 150$, sacar por pantalla: “el material es POCO RESISTENTE”.
 - Si $\sigma_0 > 150$, sacar por pantalla: “el material es MUY RESISTENTE”.
 - Devolver una variable llamada *correcl* desde la función al programa principal con valor 1. Si esta variable es igual a 1 sacar por pantalla “función info correcta”.
- (1.75 puntos)** Representación de los datos a partir de la siguiente fórmula:

$$y = \sigma_0 - \frac{k_{inv}}{x^a} + \frac{k_y}{\sqrt{x}}$$

Llamar a una función llamada “representacion1” que realice las siguientes acciones:

- Crea un vector x con 100 valores entre 1 y 50.
 - Crea un bucle que represente la ecuación anterior para varios valores de a como viene en la figura. Tomar estos desde $a=0.6$ hasta $a=2$ con variaciones de 0.2. Introducir etiquetas a los ejes.
 - Devolver una variable llamada *correc2* desde la función al programa principal con valor 1. Si esta variable es igual a 1 sacar por pantalla “función representacion1 correcta”.
- (1 punto)** Escritura de los datos en un fichero:
 - En otra función llamada “escritura” abre un fichero llamado “HP1.dat”, escribe el número de filas en la primera columna, el vector x en la segunda columna, el vector y (correspondiente a $a=2$) en la tercera y la palabra “ok $a=2$ ” en la cuarta columna. Cierra el fichero.
 - Devolver una variable llamada *correc3* desde la función al programa principal con valor 1. Si esta variable es igual a 1 sacar por pantalla “función escritura correcta”.
 - Fin del programa. Sacar por pantalla “El programa ha finalizado con éxito”.