

Primeros Pasos en CES EduPack

Estos ejercicios proporcionan una manera fácil e intuitiva para adentrarse en el uso del software CES EduPack. El completo archivo de Ayuda (CES HELP) instalado dentro del software brinda una guía más detallada.

Índice de CES EduPack

El software CES EduPack consta de una base de datos de tres niveles.

	Alcance	Contenido
<i>Nivel 1</i>	Alrededor de 70 de los materiales más utilizados divididos por clases: metales, polímeros, compuestos, espumas y materiales naturales. Alrededor de 70 de los procesos más utilizados.	Una descripción, una imagen del material en un producto familiar, usos típicos, y datos limitados para las propiedades mecánicas, térmicas, y eléctricas, usando graduaciones en su caso.
<i>Nivel 2</i>	Alrededor de 100 de los materiales más utilizados. Alrededor de 110 de los procesos más comunes.	Todo el contenido del nivel 1, complementado con datos numéricos más extensos, pautas de diseño, propiedades ecológicas, y notas técnicas.
<i>Nivel 3</i>	El corazón de la base de datos contiene más de 3,750 materiales, incluyendo los del Nivel 1 y 2. Ediciones especializadas que cubren aeronáutica, polímeros, arquitectura e ingeniería civil, bio-materiales, y Eco-diseño, están también disponible.	Extensa base de datos numéricos para todos los materiales, permitiendo el uso completo del sistema de selección CES.

El nivel se elige al iniciar el software. Para empezar, escoja el nivel 1.

En cada nivel, hay un gran número de tablas de datos.

Los más importantes son: Materiales y Procesos.

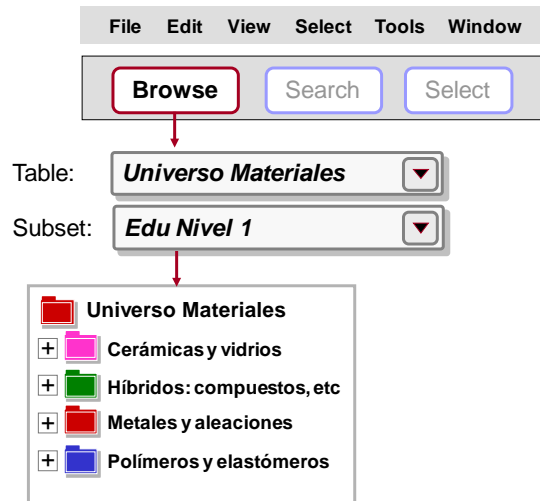
Cada nivel puede ser analizado por

- **Ojear (BROWSE)** Explorar la base de datos y localizar archivos a través de un índice jerárquico.
- **Buscar (SEARCH)** Encontrar información a través de una búsqueda de texto en los archivos.
- **Selección (SELECT)** Utiliza un potente buscador para encontrar archivos que cumplan con un conjunto de requisitos de diseño.

¡El software CES EduPack hace mucho más que esto! Pero esto es más que suficiente para empezar.

OJEAR Y BUSCAR

Al iniciar CES EduPack, seleccione la base de datos de Nivel 1. La base de datos de “Universo de Materiales” se abrirá por defecto.



Ejercicio 1 Ojear materiales

- Encuentre el archivo para ACERO INOXIDABLE
- Encuentre el archivo para CONCRETO
- Encuentre el archivo para POLIPROPILENO
- Explorar el archivo de POLIPROPILENE al NIVEL 2
- Encuentre procesos que puedan formar POLIPROPILENO usando el enlace que se encuentra al final del archivo

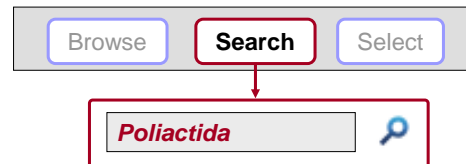
Ejercicio 2 Ojear procesos

Cambie a la base de datos del Nivel 2

(En la ventana de Browse (Navegación), haga clic en “Change” (Cambiar) y luego en la ventana emergente haga clic en ‘Nivel 2’)

Seleccione la base de datos de “Universo de procesos” (en el botón Table) y a continuación seleccione ‘Nivel 2 Todos los Procesos’ (en el siguiente subconjunto)

- Encuentre el archivo para MOLDEAR POR INYECCIÓN
- Encuentre el archivo para ENDURECIMIENTO POR LÁSER
- Encuentre el archivo para SOLDADURA POR FRICCIÓN (METALES)
- Encuentre MATERIALES que puedan ser formados por fundición a presión usando el enlace que se encuentra al final del archivo para fundición a alta presión



Ejercicio 3 La función de búsqueda

- Encuentre el material Poliactida
- Encuentre el material para Herramienta de corte
- Encuentre el proceso RTM (Moldeado por transferencia de resina)
- Encuentre el material para Automoción NOT (polímero OR cerámica)
- Encuentre el material para Poliprop*

(En la siguiente página se muestran parte de un archivo de un material y de un archivo de un proceso)

Parte de un archivo para un material: POLIPROPILENO

Polímero PP (Polipropileno) (CH₂-CH(CH₃))_n

El polipropileno, PP, se produjo comercialmente por primera vez en 1958. Es el hermano menor de polietileno (una molécula similar, con precios similares, análogos métodos de elaboración y aplicación). Al igual que el PE se produce en cantidades muy grandes (mas de 30 millones de toneladas por año en 2000), creciendo a razón del 10% anual. Al igual que la molécula de PE, su longitud de cadena y las ramas laterales, se pueden adaptar mediante catálisis inteligente, lo que proporciona un control preciso de la resistencia al impacto, y de las propiedades relacionadas con el moldeado y la estabilidad. El polipropileno en su forma pura es inflamable y se degrada con la luz solar. Los retardadores al fuego hacen que sea lento de quemar, y los estabilizadores le dan estabilidad extrema, tanto a la radiación UV como a las soluciones de agua dulce, salada y otras con base acuosa.



Propiedades generales

Densidad	890 - 910	kg/m ³
Precio	* 1.374 - 1.505	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	0.896 - 1.55	GPa
Modulo a cortante	0.316 - 0.548	GPa
Módulo en volumen	2.5 - 2.6	GPa
Coefficiente de Poisson	0.405 - 0.427	
Límite elástico	20.7 - 37.2	MPa
Resistencia a tracción	27.6 - 41.4	MPa
Resistencia a compresión	25.1 - 55.2	MPa
Elongación	100 - 600	%
Dureza-Vickers	6.2 - 11.2	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	11 - 16.6	MPa
Tenacidad a fractura (tan delta)	3 - 4.5	MPa.m ^{1/2}
Coefficiente de pérdida mecánica	0.0258 - 0.0446	

Propiedades térmicas

Punto de fusión	150 - 175	°C
Temperatura de vitrificación	-25.2 - -15.2	°C
Máxima temperatura en servicio	100 - 115	°C
Mínima temperatura en servicio	-123 - -73.2	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.113 - 0.167	W/m.K
Calor específico	1.87e3 - 1.96e3	J/kg.K
Coefficiente de expansión térmica	122 - 180	µstrain/°C



Líneas de diseño

La calidad estándar de PP es barata, ligera y dúctil, pero tiene poca resistencia. Es mas rígido que el PE y puede ser utilizado a temperaturas mas altas. Las propiedades del PP son similares a las de polietileno de alta densidad, pero con mas rigidez y se funde a una temperatura mas alta (entre 165 y 170°C). Su rigidez y resistencia pueden ser mejoradas con refuerzos de vidrio, yeso o talco. Cuando se trefila, el PP tiene una excelente resistencia y resiliencia, lo cual, unido a su resistencia al agua, lo convierten en telas y cuerdas muy atractivas. Se moldea con más facilidad que el PE, tiene buena transparencia, y puede fabricarse en una gama de colores más amplia e intensa. El PP se fabrica normalmente en láminas, fibras moldeadas y puede obtenerse en forma de espuma. Los avances en catálisis prometen nuevos copolímeros del PP con una combinación muy atractiva de propiedades como tenacidad, estabilidad y facilidad de procesamiento. Sus fibras monofilamento tienen alta resistencia a la abrasión y son casi 2 veces más resistentes que las equivalentes en PE. Los haces multifilamentosos o cuerdas, no absorben agua, flotan y se tiñen con facilidad.

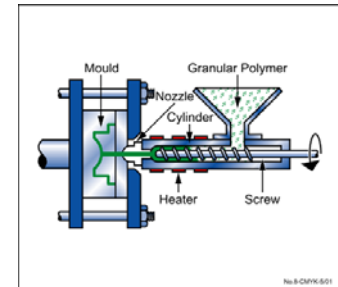
Aspectos técnicos

Los diferentes grados de polipropileno se agrupan en distintos tipos básicos: homopolímeros (polipropileno, con un intervalo de peso molecular y por lo tanto de propiedades), co-polímeros (compuesto por la co-polimerización de propileno con otras olefinas como el etileno, butileno o estireno) y compuestos (polipropileno reforzado con mica, talco, polvo de vidrio o fibras), que son más rígidas y más capaces de resistir el calor que el polipropileno simple.

Parte de un archivo para un proceso: MOLDEO POR INYECCIÓN

Moldeado por inyección termoplásticos

Ningún proceso ha alterado el diseño de productos tanto como el MOLDEO POR INYECCIÓN. Los productos moldeados por inyección se sitúan en todos los sectores del diseño: productos de consumo, negocios, industrial, computadores, comunicaciones, productos médicos y de investigación, juguetes, empaquetado de cosméticos y equipamiento deportivo. El equipo más común para moldeo de termoplásticos es la extrusora de movimiento alternativo, cuyo esquema se muestra en la figura. Los gránulos de polímeros (granza) se introducen en una espiral de prensado donde se mezclan y suavizan hasta conseguir una masa de consistencia homogénea que pueda forzarse a entrar a través de uno o más canales ("bebederos") al molde. El polímero se solidifica bajo presión y la pieza es expulsada.



Atributos físicos

Rango de masas	0.001 - 25	kg
Rango de espesores	0.4 - 6.3	mm
Tolerancia	0.07 - 1	mm
Rugosidad	0.2 - 1.6	µm
Rugosidad superficial (A=muy suave)	A	

Características de proceso

Procesos de conformado primario	True
Discreto	True

Atributos económicos

Coste relativo del utillaje	Muy alto
Coste relativo del equipamiento	Alto
Consumo de mano de obra	Bajo
Lote económico (unidades)	1e4 - 1e6

Líneas de diseño

El moldeo por inyección es el proceso mas adecuado para producir masivamente pequeños componentes de polímero con formas complejas. El acabado superficial es bueno: la textura y el estampado pueden cambiarse fácilmente en la propia herramienta, y los detalles mas finos se reproducen bien. Se pueden moldear etiquetas directamente sobre la pieza (ver "decoración en molde"). La única operación de acabado es la eliminación del bebedero.

Aspectos técnicos

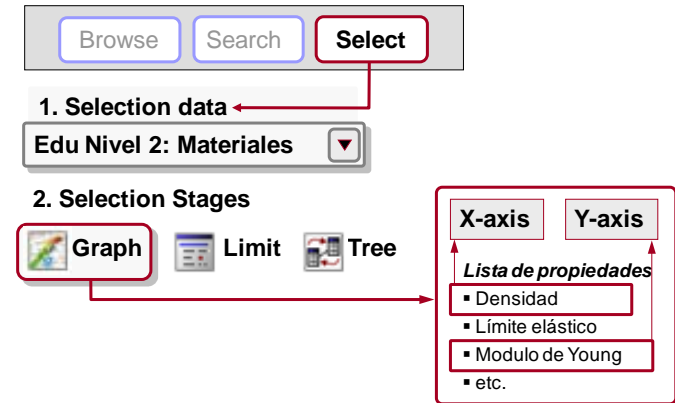
La mayoría de los termoplásticos pueden moldearse por inyección, aunque aquellos con temperaturas de fusión altas (como el PTFE) son difíciles de procesar. Los compuestos basados en termoplásticos (reellenos con fibra corta y partículas) pueden ser procesados de esta forma siempre y cuando la carga de refuerzo no sea excesiva. No es recomendable para piezas con cambios bruscos de sección. Se permiten pequeños ángulos entrantes y algunas formas complejas, aunque el uso de accesorios (entrantes, roscas y otros añadidos) puede aumentar exageradamente los costes de utillaje. El proceso también podría utilizarse con resinas termoestables y elastómeros. Los equipos más comunes para el moldeo de termoplásticos están basados en tornillos de movimiento alternativo, que se muestra esquemáticamente en la figura. Los gránulos de polímeros se introducen en una prensa espiral donde se mezclan y ablandan hasta que la masa adquiere una consistencia pastosa que puede ser forzada a pasar a través de uno o más canales (bebederos) al molde. El polímero solidifica bajo presión y la pieza es posteriormente expulsada.

GRAFICAS DE PROPIEDADES

Ejercicio 4 Creando gráficas de propiedades

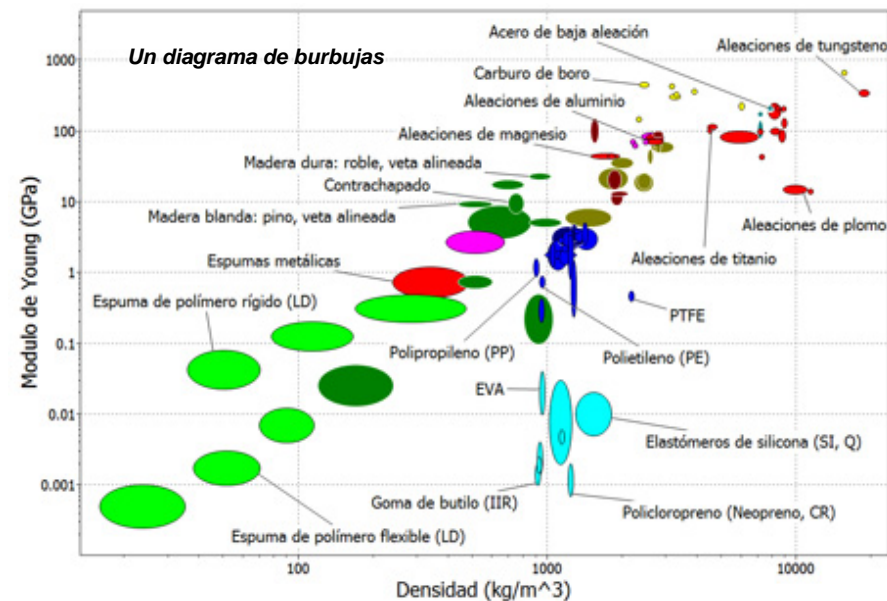
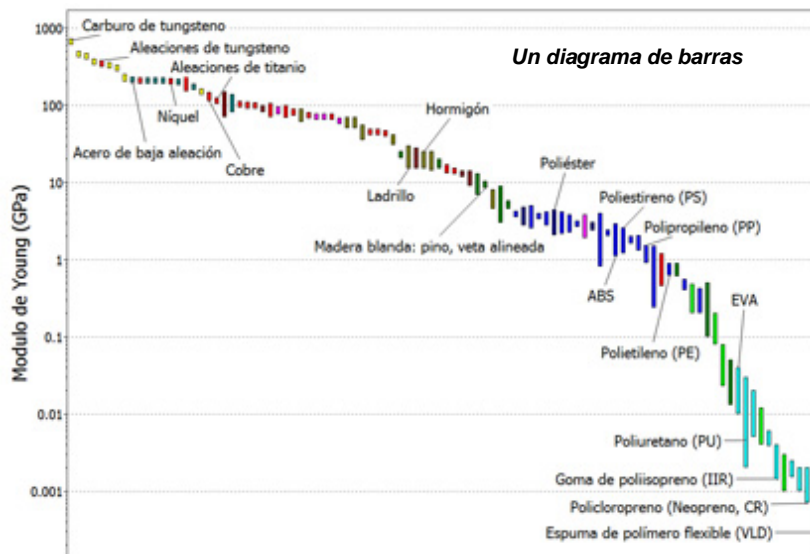
- Seleccionar Universo de Materiales: NIVEL 2, MATERIALES
 - Crear un diagrama de barras del MÓDULO DE YOUNG (E)
- (Seleccione el módulo de Young para el eje y, deje el eje x en blanco <nada> (<None>))
 (Haga clic sobre algunos materiales para que aparezca su nombre; haga doble-clic sobre un material para ver el archivo (record) completo de ese material)
- Cree un diagrama de burbujas del MÓDULO DE YOUNG (E) en función de la DENSIDAD (ρ)

(Seleccione los valores para el eje x (densidad) y para el eje y (módulo de Young); por defecto, las escalas en ambos ejes son logarítmicas)
 (Los nombres de los materiales se pueden poner de la misma manera que antes – seleccione la etiqueta con el nombre de un material y sin soltar el botón, arrástrelo para ponerlo en otro lugar; use la tecla borrar (DEL) para borrar la etiqueta)



ELIMINE LA ETAPA (STAGE)

(Haga clic con el botón derecho sobre el etapa (STAGE) y seleccione borrar (DELETE))



SELECCIONANDO USANDO ETAPA DE LÍMITES

Ejercicio 5 Selección usando etapa de límites (LIMIT Stage)

- Encuentre el material con:

MÁXIMA TEMPERATURA EN SERVICIO > 200 °C

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA > 25 W/m.°C

¿CONDUCTOR ELÉCTRICO O AISLANTE? = BUEN AISLANTE

(Introduzca los límites - mínimo o máximo según sea el caso – y presione aplicar (Apply))

(Los resultados en los Niveles 1 & 2 son: Acero con alto carbono, acero con baja aleación, acero inoxidable)

ELIMINE LA ETAPA (STAGE)

1. Selection data

Edu Nivel 2: Materiales

2. Selection Stages

Graph Limit Tree

Results	Ranking	
X out of 95 pass	Prop 1	Prop 2
Material 1	2230	113
Material 2	2100	300
Material 3	1950	5.6
Material 4	1876	47
etc...		

Etapa de límites

Propiedades mecánicas

Propiedades térmicas Min. Max.

Máx. temp. en servicio 200 °C

Conductividad térmica 25 W/m.°C

Calor específico J/kg.°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?

Buen conductor

Mal conductor

Semiconductor

Mal aislante

Buen aislante

Barras de guías por los límites

Cerámicas y vidrios

Compuestos




Metales y aleaciones

Polímeros y elastómeros

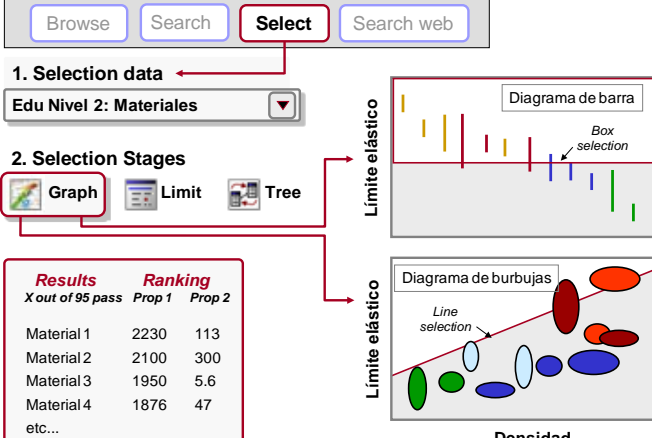
0.1 100

SELECCIÓN DEL GRÁFICO

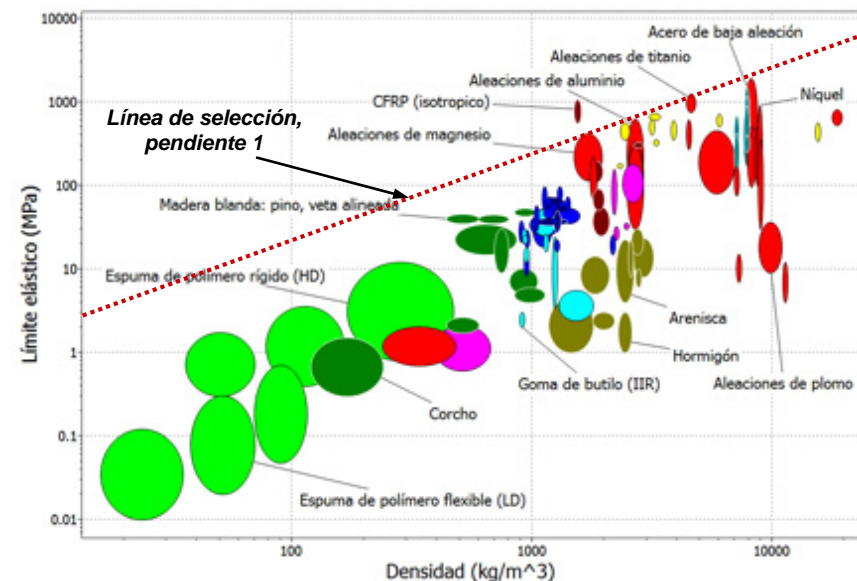
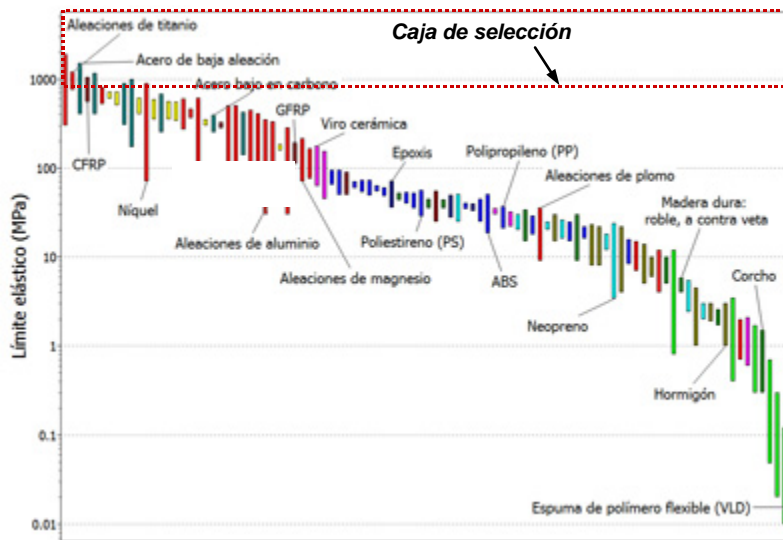
Ejercicio 6 Selección usando etapa de grafica (GRAPH Stage)

- Cree un diagrama de barras del límite elástico (σ_y) en el eje de las ordenadas
- Utilice una caja de selección  (BOX SELECTION) para encontrar materiales con un alto valor de límite elástico (o resistencia)
(Haga clic en el icono caja de selección, luego haga clic y arrastre el ratón para definirle tamaño de la caja de selección)
- Agregue la densidad (ρ) en el eje de las abscisas
(Seleccione "Stage 1" en criterio de selección, luego haga clic y escoga Editar (Edit); o de manera alternativa, haga doble-clic directamente en el eje de las abscisas de la grafica para editarlo)
- Utilice una caja de selección para encontrar materiales que tengan una alta resistencia y baja densidad
- Reemplace la caja de selección por línea de selección  (LINE SELECTION) para encontrar materiales con un alto valor de "resistencia específica" (specific strength, σ_y / ρ)
(Haga un clic en el icono Línea de selección e introduzca la pendiente requerida – "1" en este caso. Haga un clic en la grafica + para colocar la línea.
Haga clic de nuevo arriba o debajo de la línea  para seleccionar los materiales una área:
por arriba de la línea por ejemplo para encontrar los materiales con un alto valor σ_y / ρ .
Haga clic en la línea y arrástrela hacia arriba, hasta refinar la selección a menos materiales).

(Resultados en Nivel 1 o 2: CFRP (isotrópico), Aleaciones de Titanios, Aleaciones de Magnesio, ...) ELIMINA LA ETAPA (STAGE)



Results	Ranking	Ranking	Ranking
X out of 95 pass	Prop 1	Prop 2	Prop 2
Material 1	2230	113	
Material 2	2100	300	
Material 3	1950	5.6	
Material 4	1876	47	
etc...			



ÁRBOL DE SELECCIÓN

Ejercicio 7 Selección usando el árbol de selección (TREE Stage)

- Encuentre MATERIALES que pueden ser MOLDEADOS

(En la ventana "Tree Stage", seleccione Universo Procesos, amplíe Conformado en el árbol, seleccione Moldeo, y pulse Insertar (Insert), luego Aceptar (OK))

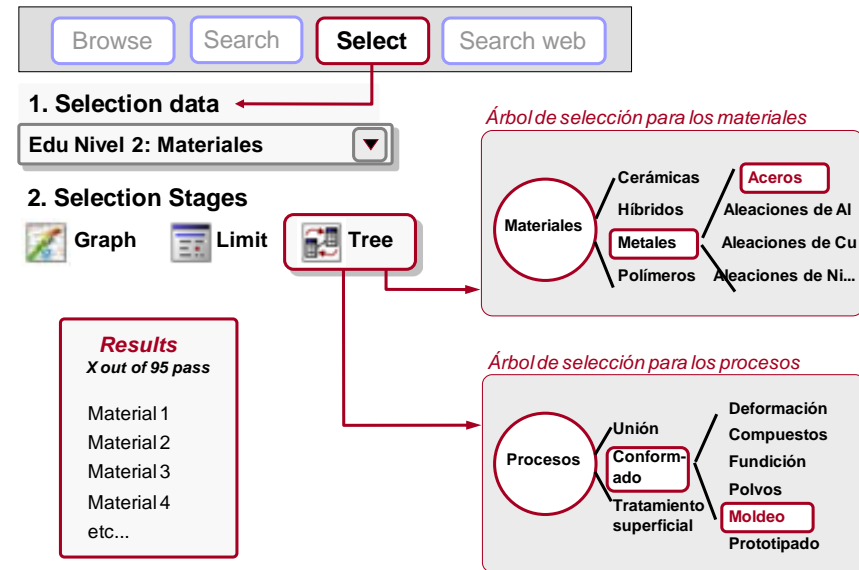
ELIMINE LA ETAPA

- Encuentre PROCESOS para unir ACEROS

(En primer lugar, cambie Selección de Datos para seleccionar Procesos: NIVEL 2, PROCESOS DE UNIÓN)

(Luego, en la ventana del árbol de selección, seleccione Universo Materiales, amplíe Metales y aleaciones en el árbol, seleccione Ferricas, y pulse Insertar (Insert), luego Aceptar (OK))

ELIMINE LA ETAPA



PONIENDO TODO JUNTO...

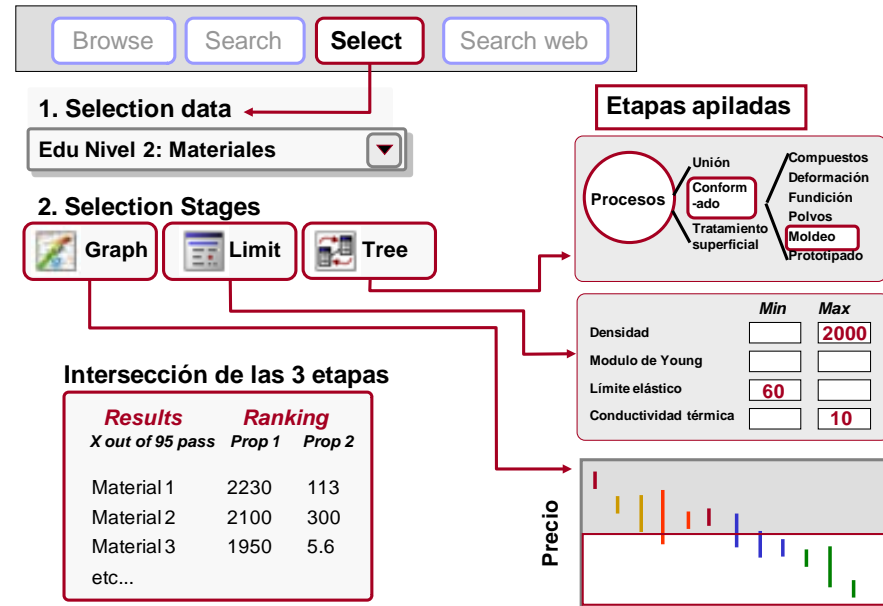
Ejercicio 8 Usando las tres etapas de selección

Cambie Selección de Datos a seleccionar Materiales:
 Seleccione NIVEL 2, MATERIALES

Encuentre MATERIALES con las propiedades siguientes

- DENSIDAD < 2000 kg/m³
- LÍMITE ELÁSTICO > 60 MPa
- CONDUCTIVIDAD TÉRMICA < 10 W/m.°C
 (3 requisitos en etapa de límites)
- Que puede ser MOLDEO
 (árbol de selección: Universo Procesos – Conformado – Moldeo)
- Ordenar los resultados por PRECIO
 (Utilice una etapa del gráfico: diagrama de barras del precio)
 (Al final de la etapa de grafica, los materiales que no pasen una o más etapas se volverán grises; inserte un nombre a los materiales restantes que pasaron todos los requisitos. La ventana resultados (RESULTS) muestra los materiales que pasaron todas las etapas).

(Resultado, el más barato primero: PET, PLA, PMMA, ...)



Ejercicio 9 Encontrar información adicional sobre los materiales

(Requiere conectarse a INTERNET)

- Abrir el archivo PET, haga clic en SEARCH WEB
 (CES EduPack “traduce” la nomenclatura del material utilizada en CES con palabras compatibles en otras fuentes de información de materiales y procesos, y devuelve los resultados encontrados. Algunas de las fuentes están abiertas a todo público, otras requieren suscribirse y/o una contraseña para acceder a ellas. Se recomienda particularmente la fuente de información de ASM Internacional.)

CIERRE LA PÁGINA

SELECCIÓN DE PROCESO

Ejercicio 10 Seleccionando procesos

Cambie los datos de Selección a Procesos:
 Seleccione NIVEL 2, CONFORMADO

Encuentre los PROCESOS DE CONFORMADO PRIMARIO para hacer un componente con las siguientes características :

- FORMA = Chapa corrugada
- MASA = 10 – 12 kg
- SECTION DE ESPESOR = 4 mm
- TAMAÑO DE LOTE ECONÓMICO > 1000
 (5 entradas en etapa de límites)
- Hecho de un TERMOPLÁSTICO
 (árbol de selección: Universo Materiales – Polímeros y elastómeros – Polímeros – Termoplásticos)

(Resultados: moldeo por compresión, moldeo rotacional, termoformado)

1. Selection data

Edu Nivel 2: Conformado

2. Selection Stages

Graph Limit Tree

Forma
 Chapa corrugada

Atributos físicos
 Rango de masas
 Rango de espesores

Características de proceso
 Procesos de conformado primario

Atributos económicos
 Lote económico

Materiales
 Cerámicas
 Híbridos
 Metales
 Polímeros
 Termoplásticos
 Termoestables

GUARDAR, COPIAR Y PRODUCIR UN INFORME

Ejercicio 11 Guardar las etapas de selección como proyecto

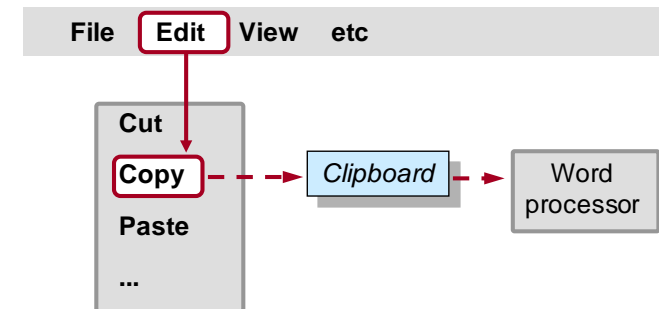
- Guardar (SAVE) el proyecto – exactamente igual que guardar un archivo en WORD (asigne un nombre al archivo y una carpeta en donde guardarlo; los proyectos en CES EduPack tienen la extensión “.ces”)



Ejercicio 12 Copiar los resultados de CES a un informe

Diagramas, Archivos y listas de Resultados, pueden ser copiados (CTRL-C) y pegados (CTRL-V) en Word

- Visualice una gráfica o diagrama, haga clic encima de ella, a continuación copie y pegue (COPY - PASTE) en un documento de Word
- Haga doble-clic en un material en la ventana de resultados para abrir su archivo, haga clic encima del archivo, luego copie y pegue (COPY - PASTE) en un documento de Word
- Haga clic en la ventana de Resultados, posteriormente copie y pegue
- Intente editar el documento



(Los archivos que se muestran en la página 3 y las gráficas de selección que se muestran en las páginas 4 y 6 se hicieron de esta manera)

(Advertencia: Existe un problema con Word 2000: las imágenes en el archivo (record) no se transfieren junto con el texto al momento de copiarlo a Word. Se le puede dar la vuelta al problema copiando la imagen y pegándola en un documento diferente de Word como DEVICE INDEPENDENT BITMAP).

ECO AUDIT

La herramienta Eco audit calcula la energía usada y el CO2 producido durante cinco fases dominantes de la vida de un producto (material, fabricación, transporte, uso y final de vida) e identifica cuál es su la fase dominante. Éste es el primer paso para el diseño de productos ecológicos, ya que identifica cuáles son los parámetros que necesitan ser alterados para reducir la eco-huella del producto.

Un archivo de demostración de la herramienta Eco Audit se encuentra instalado en la carpeta “Samples” del CES EduPack.

Ejercicio 13 Proyecto de Eco Auditoria

Una marca de agua mineral se vende en botellas de PET de 1 litro con los tapones de polipropileno. Una botella pesa 40 gramos; el tapón 1 gramo. Las botellas y los tapones son moldeados, llenados, y transportados por 550 kilómetros de las montañas francesas a Inglaterra por camión de 14 toneladas, refrigerado por 2 días y después vendido. La vida total de la botella es un año.



Con la base de datos del Nivel 2 abierta, haga click en el icono Eco Audit de la barra de herramientas



Definición del producto



(Para ver el desarrollo de los cálculos realizados en cada paso, haga click en el icono de ayuda en el panel superior)

1. Material, fabricación, y fin de vida

Listas de los materiales, de las técnicas de proceso primarias y de fin de vida

Quantity	Component name	Material	Recycle content	Primary process	Mass (kg)	End of life
100	Botella	PET	0%	Moldeo	0.04	Recycle
100	Tapón	PP	0%	Moldeo	0.001	Combust
100	Agua				1	

Material selection tree for PET:

- Universo Materiales
 - Cerámicas y vidrios
 - Híbridos: compuestos, etc
 - Metales y aleaciones
 - Polímeros y elastómeros
 - Elastómeros
 - Polímeros
 - Termoplásticos
 - PET

End of life options for PET:

- Landfill
- Combust
- Downcycle
- Recycle
- Re-manufacture
- Reuse

2. Transporte

Transporte del sitio de la fabricación al punto de venta

Stage name	Transport type	Distance (km)
Planta de embotellamiento al punto de venta	14 tonne truck	550

Transport type options for 14 tonne truck:

- Sea freight
- Rail freight
- 14 tonne truck
- Air freight – long haul
- ...

3. Uso

Vida del producto y ubicación del uso

Product life: years

Country electricity mix: **United Kingdom** ▼

France

Germany

United Kingdom

...

Modo estático

Energía usada para refrigerar el producto en el punto de venta (energía media requerida para refrigerar 100 botellas a 4°C = 0.12 kW)

Product uses the following energy:

Energy input and output: **Electric to mechanical (electric motors)** ▼

Power rating: ▼

Usage: days per year

Usage: hours per day

Fossil fuel to thermal, enclosed system

Fossil fuel to electric

Electric to thermal

Electric to mechanical (electric motors)

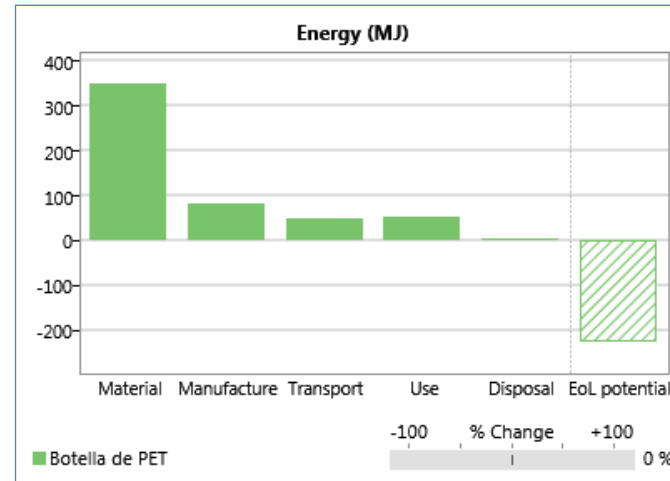
...

4. Informe

Summary chart

Permite una rápida identificación de la fase de vida dominante, mostrándose la energía consumida y huella de CO₂ en cada etapa

Energy



(Resultado: La fase "Material" es la dominante en la vida del producto)

- Haga click en la barra de la fase de vida "Material" dentro de la gráfica para mostrar estrategias para reducir su impacto

Detailed report

Proporciona un desglose componente a componente para cada fase de vida. De ésta forma, pueden identificarse los que más contribuyen a la fase de vida dominante.

Ejercicio 14 COMPARANDO Eco Audits

- Comparación de eco audits

(En la página “Product definition”, haga click en “Compare with...” y seleccione “Copy of current product”)

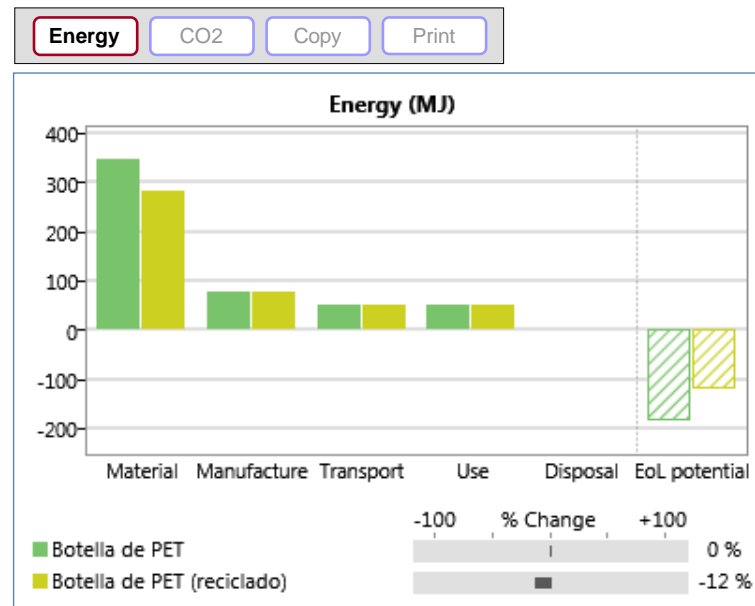
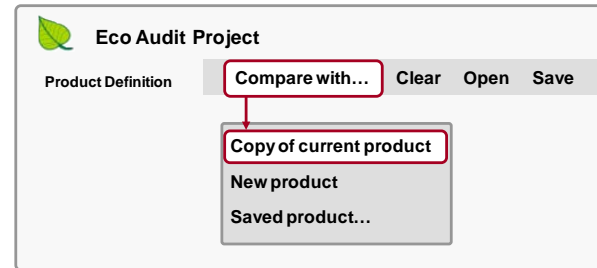
- En la nueva copia, cambie el nombre del producto a ‘Botella de PET (reciclado)’

Con el material PET

- Cambie el RECYCLED CONTENT a 35%

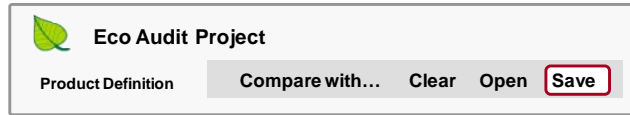
Nótese que la primera energía de vida (no incluida en el ‘EoL potential’) es reducida un 12%

- Haga click en COPY para copiar la gráfica y poder pegarla en un documento



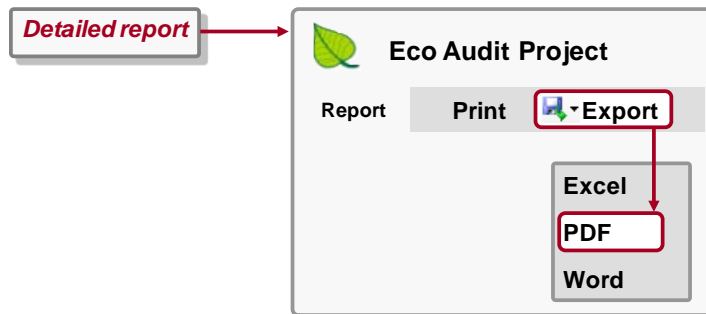
Ejercicio 15 Guardar un proyecto de Eco Auditoria

Los proyectos del Eco auditoria no son parte de un proyecto de selección y necesitan ser guardados por separado



- GUARDE el proyecto del producto (déle un nombre y una locación para guardarlo; los documentos del Eco Auditoria tienen la extensión “.prd”)

Ejercicio 16 Guargar/exportar el informe de Eco Auditoria



- PRODUCIR el informe de la Eco auditoria
- EXPORTAR el informe de la Eco auditoria como un PDF

(Nota: requerirán Microsoft Excel o a un lector del pdf tal como el lector Adobe para ver el informe de la eco auditoria exportada)

Apéndices

Barras de herramientas en el CES EduPack

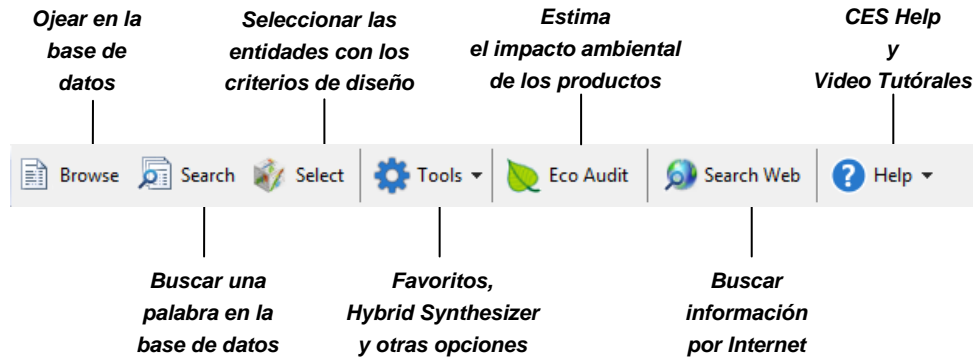


Figura A1. La barra de herramienta de CES EduPack

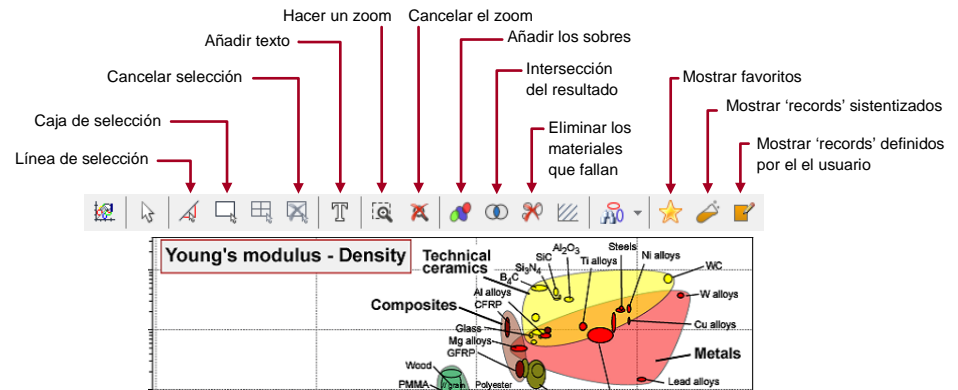


Figura A2. La barra de herramienta por los gráficos en el CES EduPack

Constantes físicas y conversión de unidades

Absolute zero temperature	-273.2°C
Acceleration due to gravity, g	9.807m/s ²
Avogadro's number, N _A	6.022 x 10 ²³
Base of natural logarithms, e	2.718
Boltzmann's constant, k	1.381 x 10 ⁻²³ J/K
Faraday's constant k	9.648 x 10 ⁴ C/mol
Gas constant, \bar{R}	8.314 J/mol/K
Planck's constant, h	6.626 x 10 ⁻³⁴ Js
Velocity of light in vacuum, c	2.998 x 10 ⁸ m/s
Volume of perfect gas at STP	22.41 x 10 ⁻³ m ³ /mol

Angle, θ	1 rad	57.30°
Density, ρ	1 lb/ft ³	16.03 kg/m ³
Diffusion Coefficient, D	1cm ² /s	1.0 x 10 ⁻⁴ m ² /s
Energy, U	See opposite	
Force, F	1 kgf	9.807 N
	1 lbf	4.448 N
	1 dyne	1.0 x 10 ⁻⁵ N
Length, ℓ	1 ft	304.8 mm
	1 inch	25.40 mm
	1 Å	0.1 nm
Mass, M	1 tonne	1000 kg
	1 short ton	908 kg
	1 long ton	1107 kg
	1 lb mass	0.454 kg
Power, P	See opposite	
Stress, σ	See opposite	
Specific Heat, Cp	1 cal/gal.°C	4.188 kJ/kg.°C
	Btu/lb.°F	4.187 kg/kg.°C
Stress Intensity, K _{Ic}	1 ksi $\sqrt{\text{in}}$	1.10 MN/m ^{3/2}
Surface Energy γ	1 erg/cm ²	1 mJ/m ²
Temperature, T	1°F	0.556°K
Thermal Conductivity λ	1 cal/s.cm.°C	418.8 W/m.°C
	1 Btu/h.ft.°F	1.731 W/m.°C
Volume, V	1 Imperial gall	4.546 x 10 ⁻³ m ³
	1 US gall	3.785 x 10 ⁻³ m ³
Viscosity, η	1 poise	0.1 N.s/m ²
	1 lb ft.s	0.1517 N.s/m ²

Conversión de unidades – tensión y presión*

	MPa	dyn/cm ²	lb.in ²	kgf/mm ²	bar	long ton/in ²
MPa	1	10 ⁷	1.45 x 10 ²	0.102	10	6.48 x 10 ⁻²
dyn/cm ²	10 ⁻⁷	1	1.45 x 10 ⁻⁵	1.02 x 10 ⁻⁸	10 ⁻⁶	6.48 x 10 ⁻⁹
lb/in ²	6.89 x 10 ⁻³	6.89 x 10 ⁴	1	703 x 10 ⁻⁴	6.89 x 10 ⁻²	4.46 x 10 ⁻⁴
kgf/mm ²	9.81	9.81 x 10 ⁷	1.42 x 10 ³	1	98.1	63.5 x 10 ⁻²
bar	0.10	10 ⁶	14.48	1.02 x 10 ⁻²	1	6.48 x 10 ⁻³
long ton/in ²	15.44	1.54 x 10 ⁸	2.24 x 10 ³	1.54	1.54 x 10 ²	1

Conversión de unidades – energía*

	J	erg	cal	eV	Btu	ft lbf
J	1	10 ⁷	0.239	6.24 x 10 ¹⁸	9.48 x 10 ⁻⁴	0.738
erg	10 ⁻⁷	1	2.39 x 10 ⁻⁸	6.24 x 10 ¹¹	9.48 x 10 ⁻¹¹	7.38 x 10 ⁻⁸
cal	4.19	4.19 x 10 ⁷	1	2.61 x 10 ¹⁹	3.97 x 10 ⁻³	3.09
eV	1.60 x 10 ⁻¹⁹	1.60 x 10 ⁻¹²	3.38 x 10 ⁻²⁰	1	1.52 x 10 ⁻²²	1.18 x 10 ⁻¹⁹
Btu	1.06 x 10 ³	1.06 x 10 ¹⁰	2.52 x 10 ²	6.59 x 10 ²¹	1	7.78 x 10 ²
ft lbf	1.36	1.36 x 10 ⁷	0.324	8.46 x 10 ¹⁸	1.29 x 10 ⁻³	1

Conversión de unidades – poder*

	kW (kJ/s)	erg/s	hp	ft lbf/s
kW (kJ/s)	1	10 ⁻¹⁰	1.34	7.38 x 10 ²
erg/s	10 ⁻¹⁰	1	1.34 x 10 ⁻¹⁰	7.38 x 10 ⁻⁸
hp	7.46 x 10 ⁻¹	7.46 x 10 ⁹	1	15.50 x 10 ²
Ft lbf/s	1.36 x 10 ⁻³	1.36 x 10 ⁷	1.82 x 10 ⁻³	1

* Para convertir la unidad de la fila a la unidad de la columna, multiplíquense por el número en la intersección de la fila y de la columna, así el 1MPa = 10 bar

