

SELECCIÓN DE MATERIALES

Programa Analítico: Capítulo 13

Ing. Víctor Gómez
U. T. N
Facultad Regional Tucumán

OBJETIVOS

- ▲ Proporcionar una base equilibrada de conocimientos sobre la selección de materiales y su relación con el diseño mecánico.
- ▲ Desarrollar capacidades que nos permitan aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en entornos nuevos o dentro de contextos poco conocidos tanto de la ciencia de materiales como multidisciplinarios.
- ▲ Generar, mediante la educación en ciencia de materiales y en particular sobre la selección de materiales, la sensibilidad necesaria para formular juicios, a partir de una información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de los conocimientos.
- ▲ Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia de materiales, que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
- ▲ Utilizar el conocimiento de las propiedades intrínsecas a cada uno de los materiales y su influencia sobre el diseño.
- ▲ Generar en cada uno de nosotros el gusto por la ingeniería y la investigación científica.

Aplicación de los materiales en diferentes creaciones del hombre aun antes de la era Cristiana



Torres de destilación



ALGUNOS EJEMPLOS DE FALLAS O MAL ELECCION DEL MATERIAL

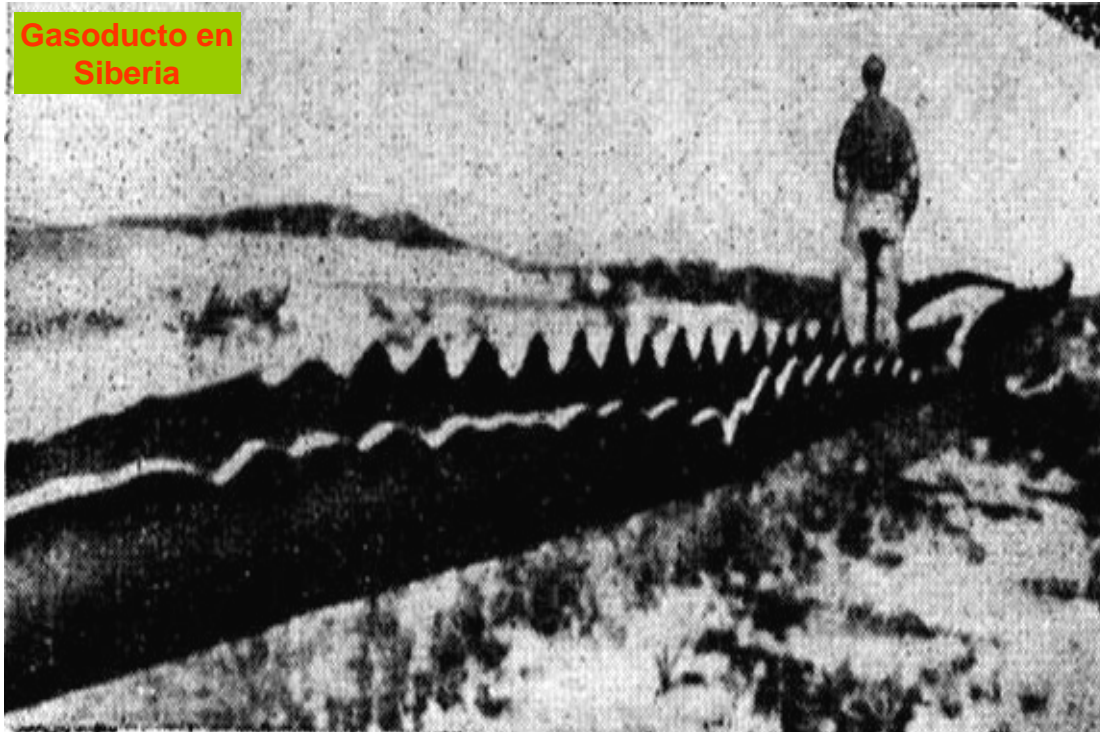
Transportador
de petróleo



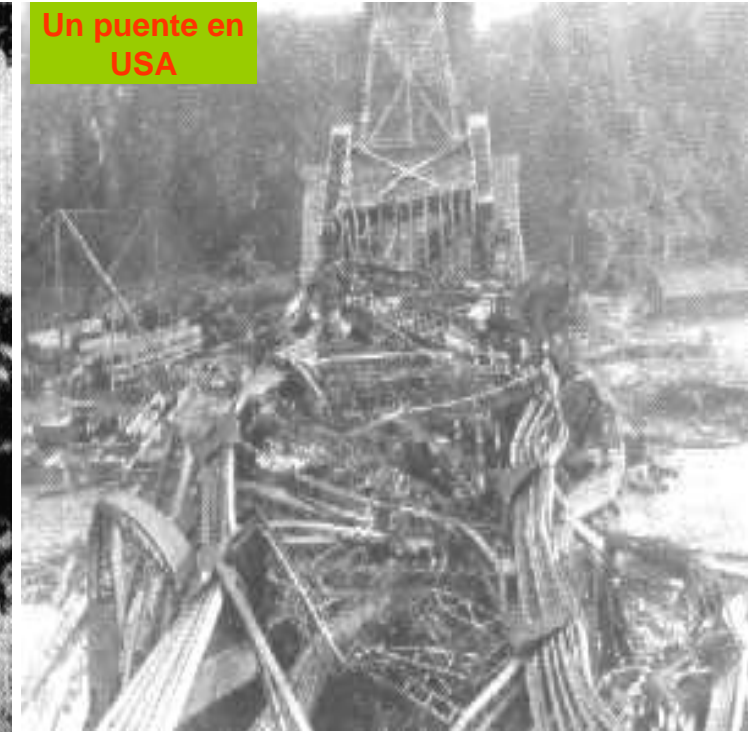
Explosión de una planta de craqueo con vapor para producir etileno en Holanda (1975)



Gasoducto en
Siberia



Un puente en
USA



Fases de procedimientos para la selección de materiales

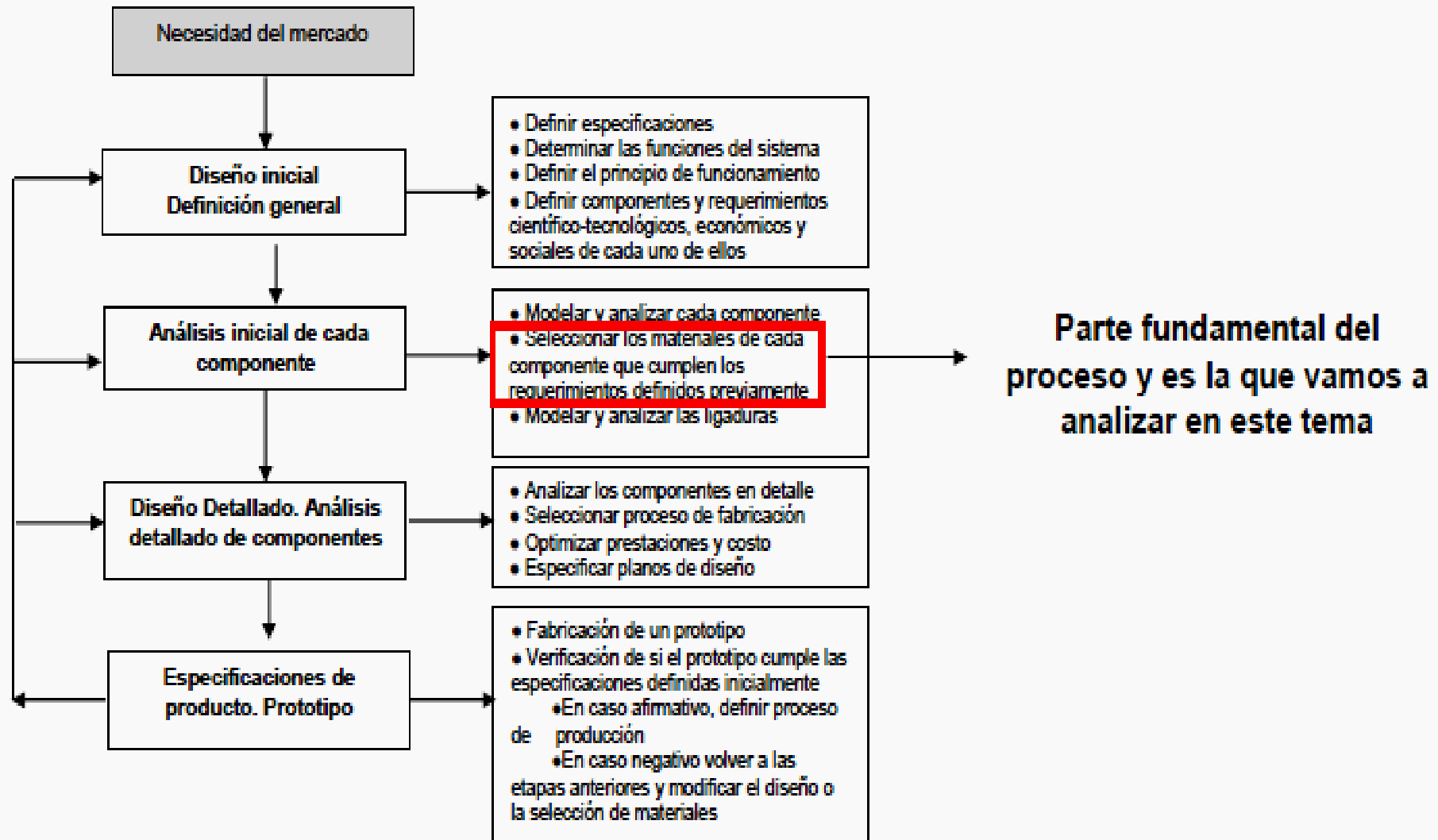


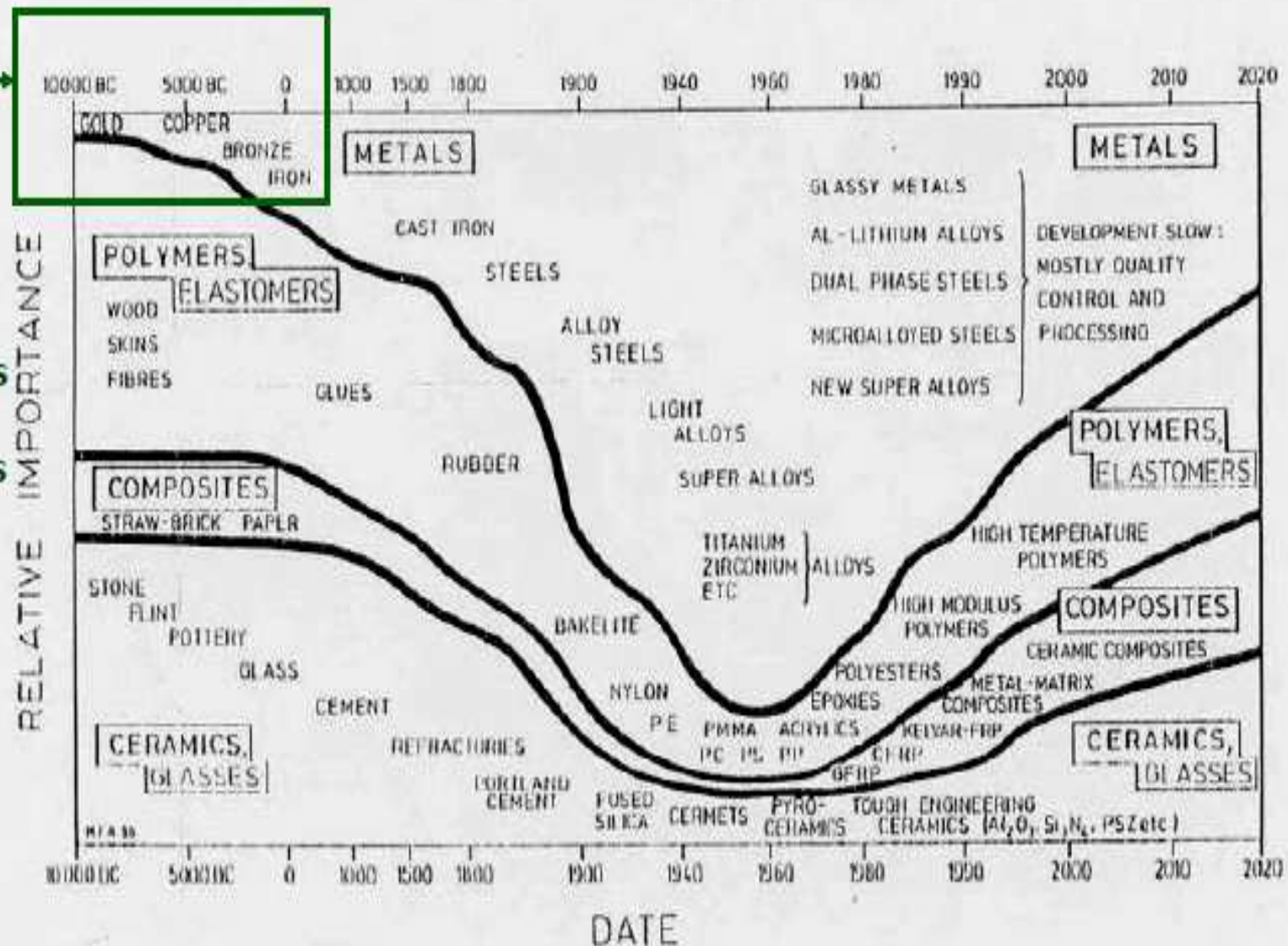
Diagrama de bloques del proceso de diseño

La evolución de la historia de la humanidad ha estado unida a la habilidad para seleccionar los materiales que ofrece la naturaleza y a utilizarlos para resolver las diferentes necesidades que han ido surgiendo con el paso de los siglos.

Dependiendo de la aplicación actualmente el ingeniero dispone de un gran variedad de materiales de 50.000 a 100.000.

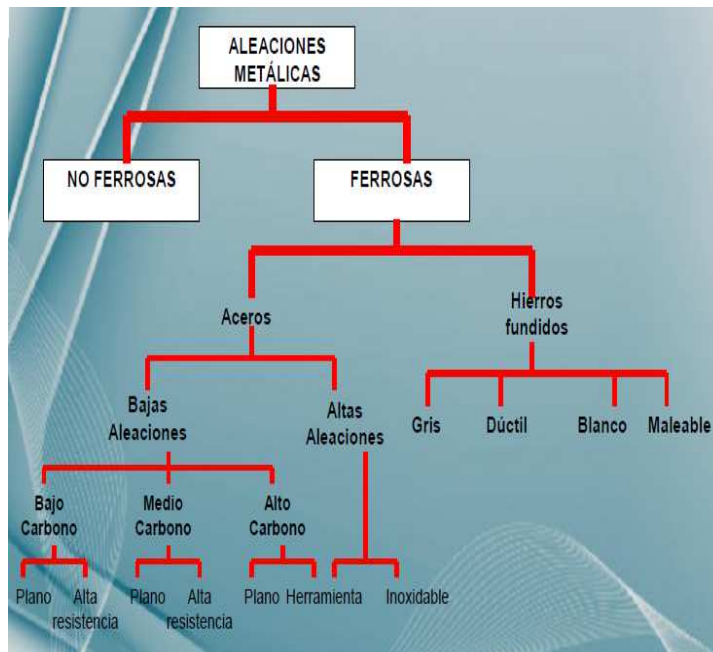
Criterios de Selección de Materiales:

- Abundancia
- Dureza
- Conocimientos para transformar las materias primas en herramientas útiles



Factores básicos a considerar en la selección de materiales

- ▶ **Físicos:** Tamaño, forma, peso del material que se necesita, así como el espacio disponible para el componente lo que guardan relación con el tratamiento del material.
- ▶ **Mecánicos:** Tienen que ver con la capacidad del material para soportar los tipos de esfuerzos que se le imponen.
- ▶ **Procesamiento y posibilidad de fabricación:** Se relacionan con la capacidad de dar forma al material.
- ▶ **Duración de los componentes:** Se relacionan con el tiempo durante el cual los materiales desempeñan las funciones a las que han sido destinados, en el ambiente al que están expuestos.
- ▶ **Costos y disponibilidad:** En una economía impulsada por el mercado estos dos factores son inseparables.
- ▶ **Códigos, factores estatutarios**
 - ▶ Códigos: son conjuntos de requisitos que se imponen al material y a otros componentes (ASME, ASTM, SAE)
 - ▶ Factores estatutarios: relacionados con los reglamentos locales, estatales y gubernamentales o federales (según el país) referentes a los materiales y a los procedimientos que se utilizan o a la forma de deshacerse de los materiales.



NORMAS INTERNACIONALES

SAE: SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS

DIN: DEUTSCHER INDUSTRIE NORMEN (Normas de la industria Alemana)

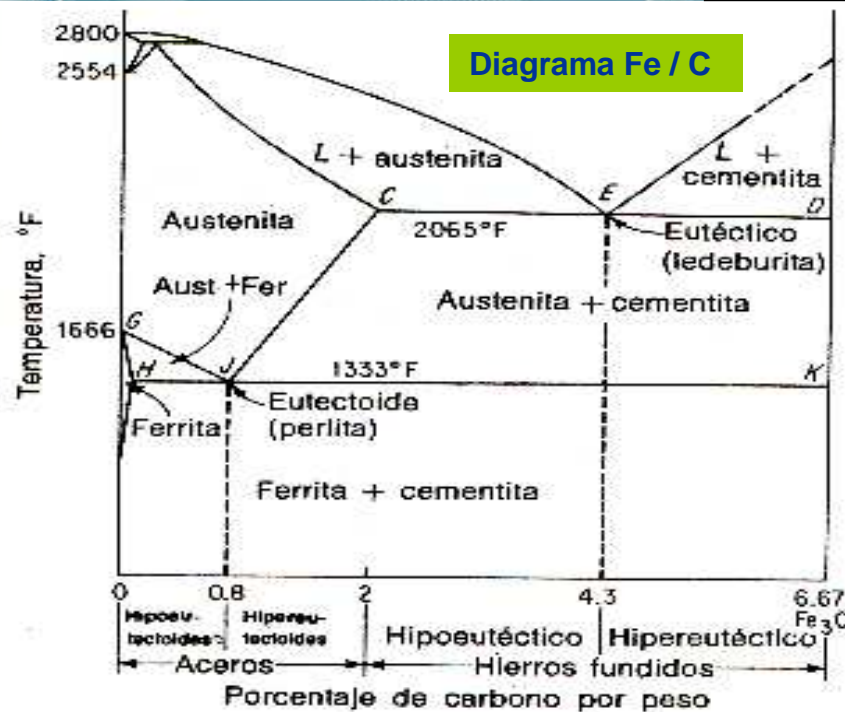
AISI: AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE

ASTM: AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS

IRAM: INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES

ISO: ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACION

UNE: UNIFICACION DE NORMATIVAS ESPAÑOLAS



Número

Tipo de acero.

Clasificación de los aceros

1

Aceros ordinarios

10XX

Al carbono.

11XX

Resulfurados y refosforados.

12XX

Para herramientas de corte. De más de 1 % de C.

13XX

Al manganeso.

2

Aceros al níquel.

20XX

Hasta 1 % de níquel.

21XX

De 1 a 2 % de níquel.

22XX

De 2 a 3 % de níquel.

23XX

De 3 a 4 % de níquel.

24XX

De 4 a 5 % de níquel.

25XX

De más de 5 % de níquel

3

Aceros al níquel cromo.

31XX

Con 1,25 % de níquel y 0,75 % de cromo.

32XX

Con 1,75 % de níquel y 1 % de cromo.

33XX

Con 3,5 % de níquel y 1,5 % de cromo.

34XX

Con 3 % de níquel y 0,75 % de cromo.

35XX

Con 4 % de níquel y 1,5 % de cromo.

303XX

Inoxidables austeníticos. De alto contenido de níquel y de cromo

4

Aceros al molibdeno.

40XX

Al molibdeno.

41XX

Al cromo molibdeno.

43XX

Al cromo níquel molibdeno.

46XX

Al níquel molibdeno, con 1,75 % de níquel.

48XX

Al níquel molibdeno, con 3,5 % de níquel.

5

Aceros al cromo.

50XX

De bajo cromo. Hasta el 0,75 % de cromo.

51XX

De bajo cromo. Hasta el 1,25 % de cromo.

52XX

Para herramientas. Hasta el 3 % de cromo.

53XX

Para herramientas. Hasta el 4 % de cromo.

55XX

Para herramientas. Con más de 4 % de cromo.

5X100

Para rodamientos. Con 1 % de carbono.

414XX

Inoxidables martensíticos.

6

Aceros al cromo vanadio.

61XX

Al cromo vanadio.

62XX

Al cromo molibdeno vanadio.

7

Aceros al tungsteno y al cobalto.

71XX

Con 1 % de tungsteno o cobalto.

72XX

Con 2 % de tungsteno o cobalto.

75XX

Con 5 % de tungsteno o cobalto.

8

Aceros de bajo cromo níquel molibdeno.

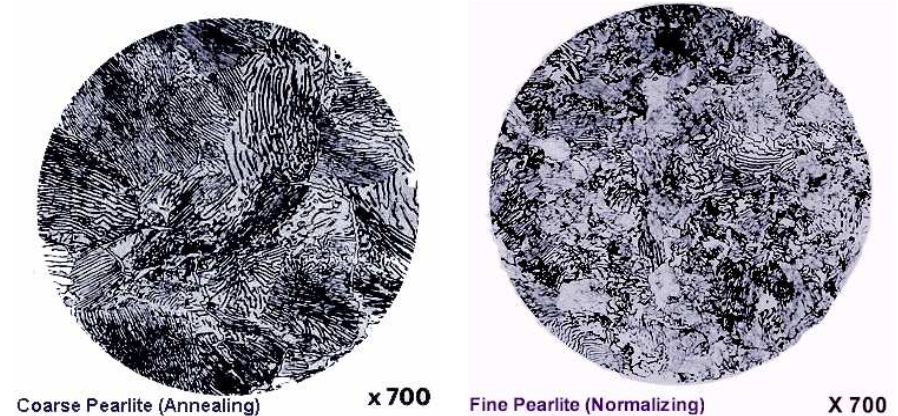
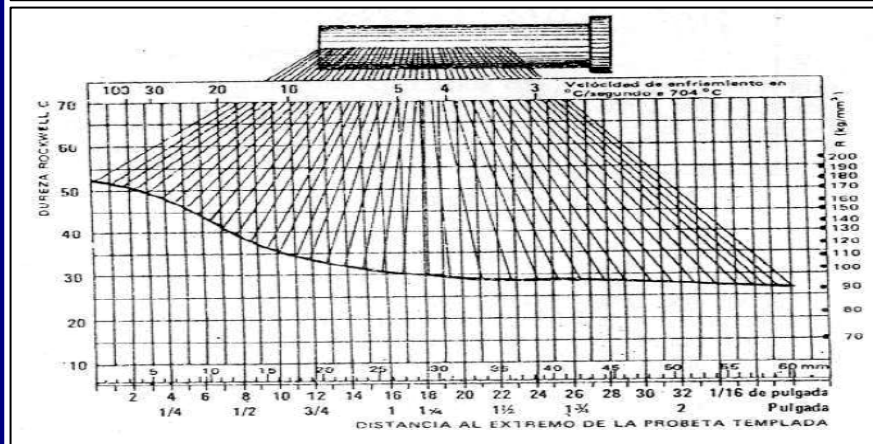
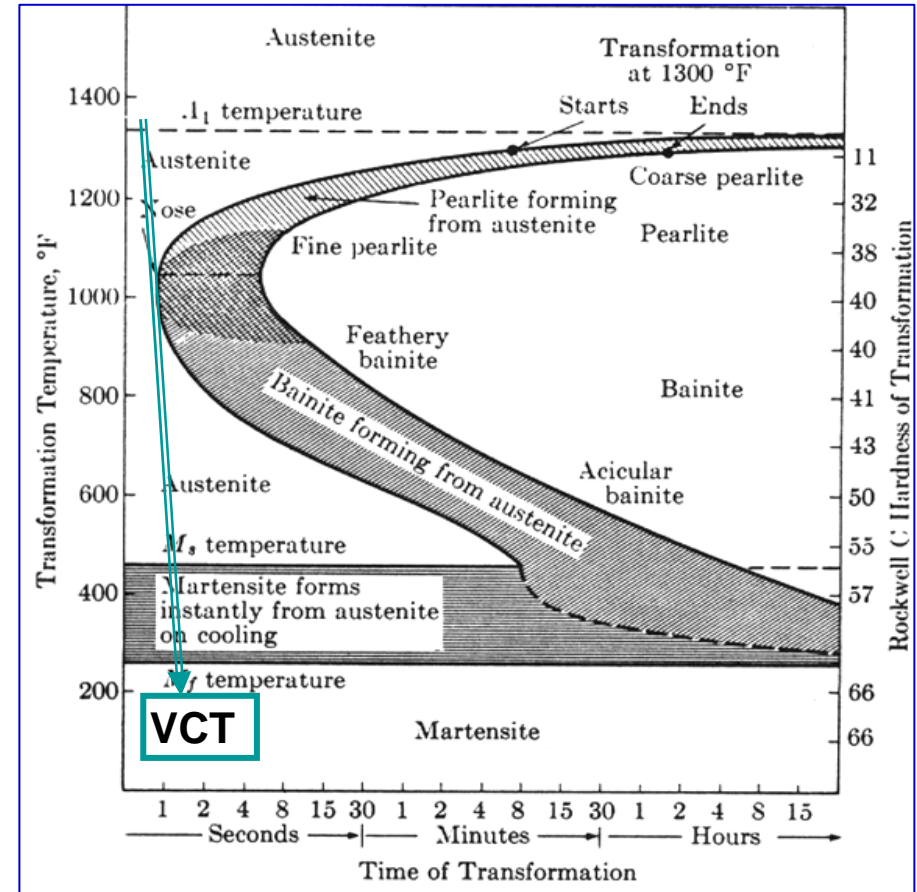
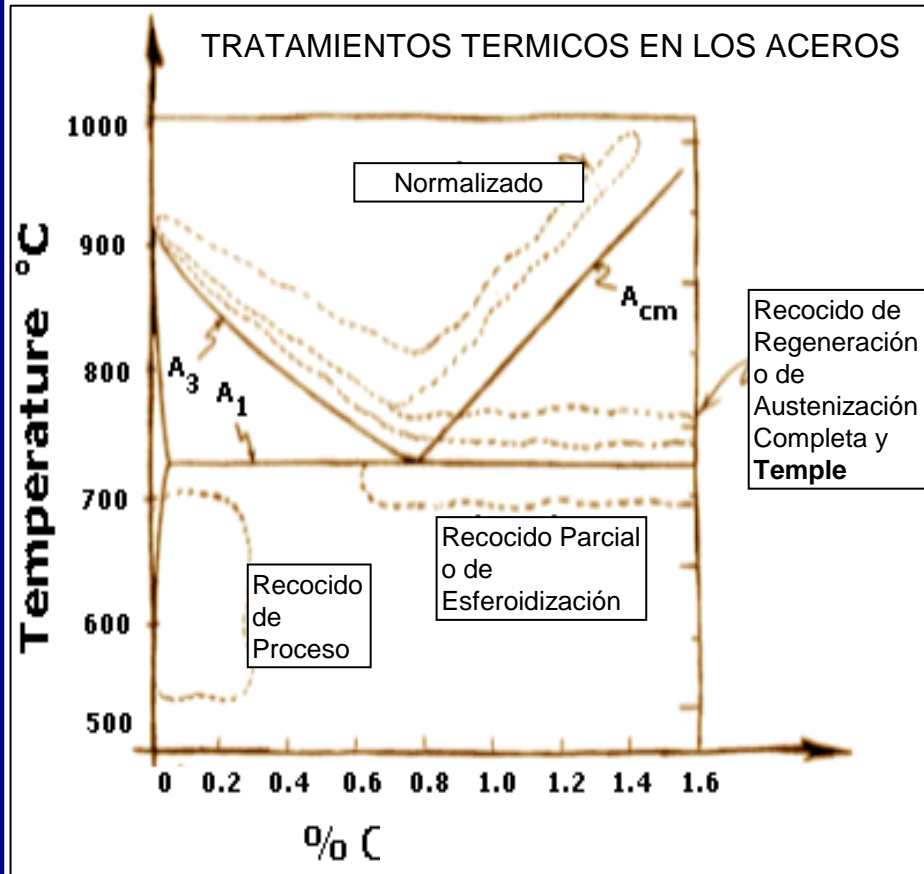
86XX

Con 0,20 % de molibdeno.

87XX

Con 0,25 % de molibdeno.

GRAFICOS



Un diseñador de componentes siempre busca encontrar el material ideal para su componente. Se pueden mencionar, entre otras características, que un material ideal cumple con la siguiente lista de requisitos:

- ▲ Inagotable y siempre disponible para su reemplazo.**
- ▲ Barato para refinar y producir.**
- ▲ Fuerte, rígido, y dimensionalmente estable a diferentes temperaturas.**
- ▲ Liviano.**
- ▲ Resistente a la corrosión y al desgaste.**
- ▲ Respetuoso con el medio ambiente y las personas.**
- ▲ Biodegradable.**

☞ Estos requisitos hacen que el ingeniero o diseñador tenga dificultad en seleccionar el material ideal.

☞ Debido al alto número de factores que afectan a la selección de materiales, el ingeniero o diseñador debe determinar cuáles son las propiedades más relevantes para la aplicación que se requiere y en base a ellas, hacer la selección.

PROPIEDADES A TENER EN CUENTA

Tipos de propiedades.	
Económicas	Precio y disponibilidad Reciclabilidad
Físicas	Densidad
Mecánicas	Módulos Límite elástico y resistencia a la tracción Dureza Tenacidad a la fractura Resistencia a la fatiga Resistencia a la fluencia Amortiguamiento de las vibraciones
Térmicas	Conductividad térmica Calor específico Coeficiente de expansión térmica
Eléctricas y magnéticas	Resistividad Constante dieléctrica Permeabilidad magnética
Interacción con el entorno	Oxidación Corrosión Desgaste
Producción	Facilidad de fabricación Unión Acabado
Estéticas	Color Textura Aspecto

Ningún ingeniero pretenderá **APRENDER y RECORDAR TABLAS, GRAFICOS Y LISTAS** de valores de propiedades de los materiales, pero si tendrá en cuenta los diferentes tipos de propiedades relacionadas al diseño que se quiere encarar. Indudablemente que en cualquier diseño real se necesita un valor exacto, que se obtiene a partir de las especificaciones de iniciales del proyecto, pero el conocimiento de las propiedades y luego de las magnitudes en juego nos evitara cometer equivocaciones absurdas y costosas.



A continuación se hace una descripción de tres métodos utilizados en la selección de materiales.

MÉTODOS DE SELECCIÓN

METODO TRADICIONAL

Con este método, el ingeniero o diseñador escoge el material que cree más adecuado, con base en la experiencia de partes que tienen un funcionamiento similar y que han mostrado buenos resultados. Este método es también conocido como *Materiales de ingeniería de partes similares*. El método mantiene buena aceptación debido a lo siguiente:

- ▶ El ingeniero se siente seguro con un material usado en el mismo campo y ensayado.
- ▶ Las características del material empleado, por ejemplo acero, ya han sido estudiadas previamente y por lo tanto no es necesario realizar estudios previos a la selección.
- ▶ El suministro de acero esta asegurado.
- ▶ Generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos.
- ▶ Ahorro considerable de tiempo.
- ▶ Contribuye a la estandarización del stock de materiales.
- ▶ Sin embargo, el uso de este método, en ocasiones conduce a serios problemas, ya que no se hace un estudio real del AMBIENTE DE TRABAJO DEL COMPONENTE O EQUIPO, el cual puede ser decisivo a la hora de escoger el material.

METODO GRAFICO

Este método se apoya en graficas conocidas como MAPAS DE MATERIALES, en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. El método fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una determinada familia de materiales), con base en la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el componente.

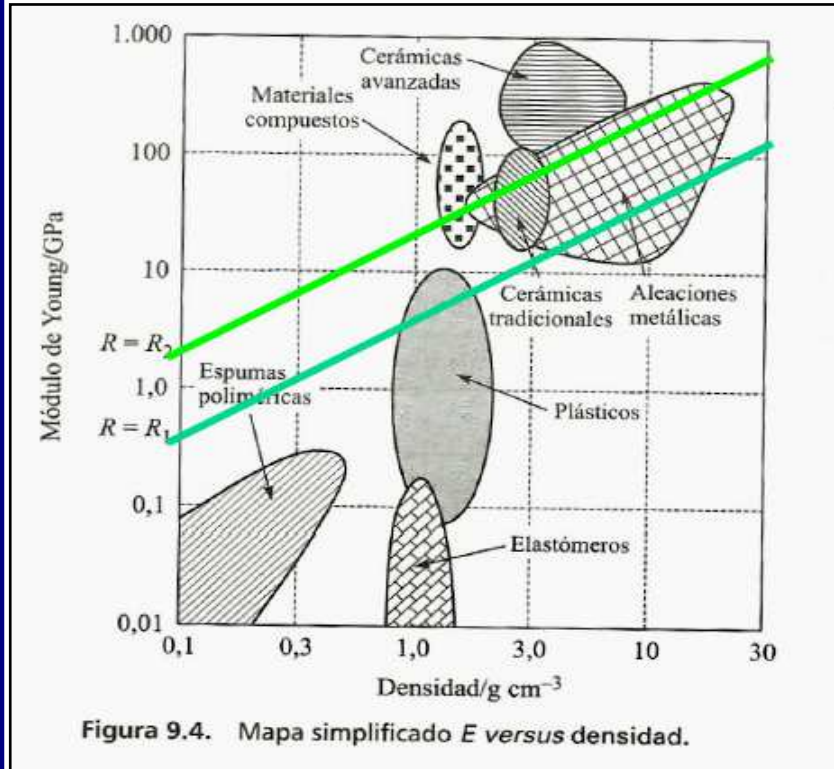
Como es de esperar, rara vez el comportamiento de un componente depende sólo de una propiedad. De igual manera, los mapas de materiales, también denominados diagramas de Ashby, muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos (dependiendo del estado de estos), formando grupos que se ubican en áreas cerradas, zonas o campos en tales diagramas. Eso significa, que una misma familia de materiales puede tener una apreciable variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas.

En estos mapas se relacionan entre otras, propiedades, la resistencia mecánica, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, costes, etc.

El proceso consta de tres etapas:

- 1. Definición de requerimientos para la aplicación considerada.**
- 2. Cálculo del índice o índices de material para la aplicación**
- 3. Selección del material usando el índice de material y los mapas de selección de materiales**

MAPAS DE MATERIALES



Si se escogen los ejes y las escalas de la figura de manera adecuada, se puede utilizar el diagrama para obtener información adicional.

Ejemplo:

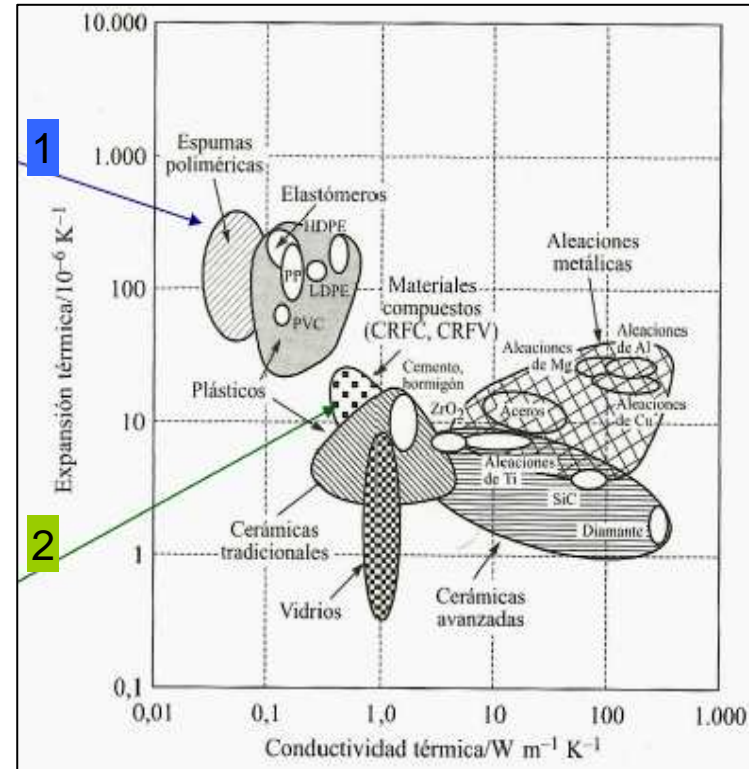
La rigidez específica (R) de un material se define como el cociente entre el módulo de Young (E) y su densidad (ρ):

$$R = \frac{E}{\rho} \quad \Rightarrow \quad E = \rho R$$

Tomando logaritmos:

$$\log E = \log \rho + \log R$$

fijado un valor para la rigidez específica $R = R_1$ ó $R = R_2$, esta ecuación representa en el mapa una línea recta de pendiente 1 y ordenada al origen $\log R_1$ o $\log R_2$.



Expansión Térmica vs. Conductividad Térmica

1 Los polímeros presentan Expansiones térmicas casi 10 veces mas que los metales.

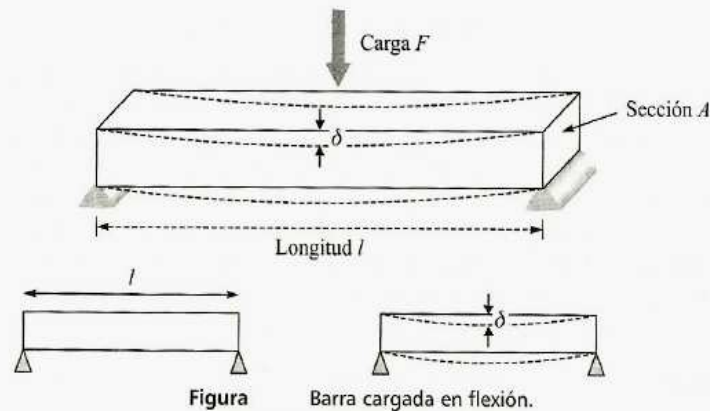
2 Los materiales compuestos fabricados a partir de polímeros tienen bajo valor de expansión térmica debido al pequeño valor que aportan los refuerzos.

► Un aumento en la conductividad térmica esta acompañado con una reducción en el coeficiente de expansión.

► Los materiales de mayor conductividad térmica son los metales.

► Los mejores aislantes térmicos son los materiales porosos.

EJEMPLO



Requerimientos científico-tecnológicos de diseño para una barra ligera.

Barra sometida a esfuerzos en flexión.
Debe soportar una carga F en flexión deformándose menos de un cierto valor δ .
Se debe minimizar la masa.
La longitud (l) de la barra está especificada.

La **rigidez** es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar **esfuerzos** sin adquirir grandes **deformaciones** o desplazamientos.

La rigidez (RI) de una barra de sección cuadrada cargada en flexión es:

$$RI = \frac{C_1 EA^2}{12l^3}$$

(RI) y l son fijadas
 A = parámetro libre

E = módulo de Young

C_1 = constante, depende de la distribución de la carga a lo largo de la barra

Una de las ligaduras impone que F/δ sea mayor que la rigidez de la barra, entonces:

$$\frac{F}{\delta} \geq \frac{C_1 EA^2}{12l^3}$$

También, $m = \rho Al$, donde ρ es la densidad.

Despejando el parámetro libre A y sustituyéndolo en la ecuación previa.

$$m \leq \left(\frac{12F}{\delta C_1 l} \right)^{1/2} l^3 \left(\frac{\rho}{E^{1/2}} \right)$$

Términos que dependen de los
requerimientos de la aplicación

Términos propios del material

Requerimientos	Índice
Barra, Mínimo peso, rigidez especificada	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$
Barra, peso mínimo, resistencia especificada	$\frac{\sigma_f^{2/3}}{\rho}$
Barra, costo mínimo, rigidez especificada	$\frac{E^{1/2}}{C_m \rho}$
Barra, costo mínimo, resistencia especificada	$\frac{\sigma_f^{2/3}}{C_m \rho}$
Columna, costo mínimo, resistencia al pandeo especificada.	$\frac{E^{1/2}}{C_m \rho}$
Aislamiento térmico, costo mínimo, flujo de calor especificado.	$\frac{1}{\lambda C_m \rho}$

ρ densidad, E módulo de Young, σ_f esfuerzo de fluencia, C_m costo por kilogramo, λ conductividad térmica

Los **mejores materiales** para una barra rígida y ligera son aquellos con un **valor máximo del cociente** ($E^{1/2}/\rho$), que será el **índice de material (M)** para esta aplicación:

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

De esta forma se **minimiza la masa del sistema, asegurando a su vez una rigidez mayor que la que especifica el diseño.**

METODO CON LA AYUDA DE LA BASE DE DATOS

En la Internet existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Las bases de datos se dividen básicamente en dos categorías, numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Dentro de las más importantes bases de datos están el banco de datos de la ASTM, la SAE, la ASM, la AISI, la NASA, etc. Una base de datos pública que ha adquirido gran importancia por la cantidad de datos y variedad de materiales que maneja, puede ser consultada en la página web. www.matweb.com. La selección de materiales con ayuda de estas bases de datos, parte del conocimiento de las principales propiedades se que deben tener en cuenta para un fin específico. El programa pide entonces el valor aproximado de las propiedades que debe tener el componente y lista uno o varios materiales que pueden servir. Son varias las fuentes donde se compilan bases de datos.

También se dispone de SOFTWARE ESPECÍFICO en el mercado para la selección de materiales, CES EduPack es uno de los más conocidos y empleados en el mundo del diseño e ingeniería.

La selección de materiales con ayuda de estas bases de datos, parte del conocimiento de las principales propiedades que el material debe tener para un fin específico.

Más de 800 las universidades de todo el mundo utilizan este programa, aunque no sólo las universidades utilizan este software. Gran cantidad de empresas e entidades mundialmente conocidas también se han hecho con sus servicios, algunas de ellas tan importantes como: Ferrari, Renault F1, Intel, NASA, etc.

Por lo tanto, no cabe duda de que esta es una herramienta con un gran potencial. En su base de datos podemos encontrar hasta más de 3000 materiales diferentes, más de 200 procesos, todo tipo de datos técnicos, “notas científicas” e información completa y ilustrativa de todos estos materiales y procesos.

SOFTWARE PARA SELECCIÓN DE MATERIALES



NIVELES CES EDU PACK

► **NIVEL 1 (Freshman):** En este nivel se pueden encontrar **67 materiales diferentes**, los más utilizados de entre las distintas familias: metales y aleaciones, cerámicas (técnicas y no técnicas), polímeros, elastómeros, espumas, compuestos, vidrios y materiales naturales. Dispone de **77 procesos diferentes**, los más utilizados de entre: conformado, tratamiento superficial y unión. En cuanto al contenido de este nivel, se puede encontrar una descripción detallada del material o proceso, una imagen, un producto familiar, usos típicos y datos técnicos básicos para propiedades generales, mecánicas, térmicas, eléctricas, etc.

► **NIVEL 2 (Sophomore):** En este nivel se pueden encontrar **98 materiales diferentes**, los más utilizados más algunos otros no tan comunes de entre las mismas familias que en el nivel anterior. Se dispone de **109 procesos diferentes** de entre conformado, tratamiento superficial y unión. El contenido en este nivel es más completo que en el nivel anterior: se puede encontrar la misma información que en el nivel 1 pero complementada con más datos numéricos, más propiedades, pautas de diseño y notas técnicas.

► **NIVEL 3 (Research):** Se trata del nivel más complejo de todos, en él se pueden encontrar **2954 materiales diferentes** y **230 procesos diferentes**, materiales y procesos de uso avanzado utilizados en campos como la aeronáutica, arquitectura e ingeniería civil, bio-materiales, etc. Este nivel dispone del contenido más amplio y detallado de entre los 3 niveles anteriores, se puede acceder a todo tipo de propiedades y datos técnicos.

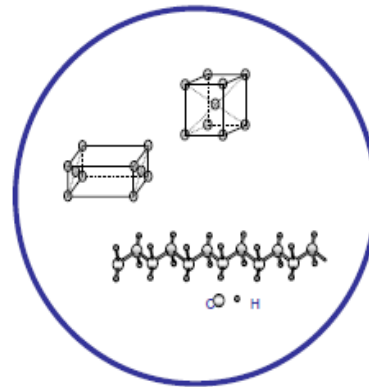
FINAL DEL PROCESO

¿Qué sucede si cuando aplicamos la metodología anterior no existe un material que cumpla con todas las especificaciones requeridas?

Se rediseña el sistema para que el material no tenga exigencias tan elevadas.

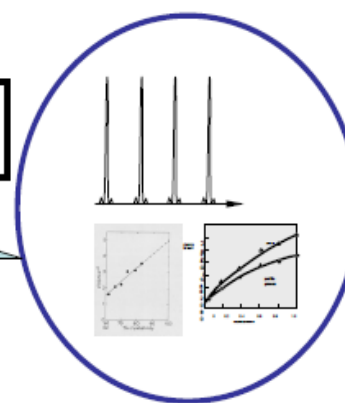
Se desarrolla un nuevo material que cumpla dichas especificaciones

Organización Microscópica



Puente Científico

Propiedades Macroscópicas



Aplicaciones

SIGLO XXI: Diseño de materiales a la carta: Los requerimientos finales definen la estructura del material



BIBLIOGRAFIA

- Manufactura, Ingeniería y Tecnología – Kalpakjian y Schmid - 2.002.
- Materials Selection in Mechanical Design – Ashby, Oxford – 1.992
- Ciencia e Ingeniería de los Materiales – Askeland y Phule – 2.004
- Metals Handbook – Volúmenes I y III – Properties and Selection – ASM International – Ohio – 1.991