

## “Normas y criterios para la selección de materiales”

Rodríguez Martínez Ubaldo Eduardo  
al20760031@ite.edu.mx

### *Rules and criteria for the selection of materials*

**RESUMEN:** *En el presente artículo se pretende adentrar en las principales características físicas, químicas y mecánicas que intervienen en el criterio de la selección de materiales dentro de la ingeniería, comprendiendo las condiciones de uso, los requisitos, así como las especificaciones que se plantean desde la fase de diseño y desarrollo de productos. Dentro de la normatividad aplicable, la mayoría de normas (ASTM, DIN, EN, ISO, ANSI, etc.) rigen criterios basados en ensayos y pruebas (físicas, químicas y mecánicas) para asegurar seleccionar el material más adecuado para aplicaciones específicas. La elección de la categoría y tipo de material también dependerá de 7 aspectos los cuales fueron preseleccionados de distintas consideraciones de diversos autores. La utilización de un tipo de material dependerá principalmente de la aplicación, la funcionalidad, rendimiento, el mantenimiento, método de fabricación / refinamiento, la calidad y no menos importante el aspecto o estética del material.*

**PALABRAS CLAVE:** Selección de materiales, normas, criterios, metales, cerámicos, polímeros, materiales compuestos, ensayos, sostenibilidad, aleaciones.

**ABSTRACT.** *This article aims to delve into the main physical, chemical and mechanical characteristics that intervene in the selection criteria of materials within engineering, understanding the conditions of use, the requirements, as well as the specifications that arise from the phase. Design and development of products. Within the applicable regulations, most standards (ASTM, DIN, EN, ISO, ANSI, etc.) govern criteria based on tests and tests (physical, chemical and mechanical) to ensure selecting the most suitable material for specific applications. The choice of the category and type of material will also depend on 7 aspects which were preselected from different considerations by various authors. The use of a type of material will depend mainly on the application, functionality, performance, maintenance, manufacturing/refinement method, quality and not least the appearance or aesthetics of the material.*

**KEYWORDS:** Selection of materials, standards, criteria, metals, ceramics, polymers, composite materials, tests, sustainability, alloys.

## 1. INTRODUCCIÓN

La elección acerca de la utilización de un material de ingeniería empleado en la fabricación de productos influye en una extensa variedad de factores cuyos aspectos son fundamentales para la funcionalidad y rendimiento de las piezas o componentes diseñados y fabricados con un fin específico. La empleabilidad del material dependerá de la necesidad, del diseño, del método de manufactura y del sistema montaje.

Todo lo mencionado anteriormente recae en la pericia e interpretación de los ingenieros en la etapa de desarrollo de la idea conceptual, puesto que implementar o desarrollar un nuevo material o aleación posterior a la fase de diseño no solo es absurdo, sino que recae en un sinnúmero de inconvenientes durante el desarrollo del proceso productivo. Parte de la premisa de la implementación de un determinado material para una aplicación específica es la disponibilidad de ese material, o materiales en el caso de aleaciones, así como el medio de refinamiento del proceso de manufactura del mismo.

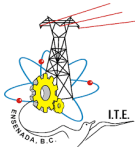
La utilidad técnica de un material reside en múltiples aspectos, buscando en estas especificaciones que la materia prima sea asequible para refinar y manufacturar, que el material posea buenas características físicas como pueden ser la densidad, el punto de fusión y punto de ebullición, la conductividad térmica y eléctrica, o la estabilidad dimensional. Dentro de la presencia de propiedades mecánicas hablamos de dureza, la tenacidad, la resistencia a la tracción y compresión, que sea dúctil, que disponga de resistencia al desgaste. Si hablamos de propiedades químicas podemos encontrar o buscar materiales resistencia a la corrosión, permeabilidad o biocompatibilidad. Entre algunas otras características que se pueden sumar a las particularidades que se buscan alcanzar.

Todo el conjunto de parámetros a los que se hizo alusión en párrafos anteriores se emplean para realizar una aproximación del material más idóneo para una aplicación específica. (Peña, 2016).

## 2. MATERIALES

### 2.1 Materiales metálicos

Los materiales metálicos están compuestos principalmente por átomos de carbono de estructura cristalina y en algunos de los casos poseen una estructura amorfa, la estructura cristalina puede tener diferentes configuraciones, pero tiende a tener un patrón regular y repetitivo. Dentro de sus principales características se encuentran propiedades de ductilidad, maleabilidad,



lustricidad, tenacidad y alta conductividad eléctrica y térmica. (Groover, 2007).

Las aleaciones metálicas se pueden clasificar principalmente las aleaciones ferrosas basadas principalmente en el hierro (acero dulce, acero al carbono, acero inoxidable, hierro fundido, el hierro forjado, entre otras). Las aleaciones no ferrosas (cobre, níquel, plomo, zinc, súper aleaciones, estaño, etc.). Dentro de estas mismas categorías podemos encontrar otros metales y aleaciones como metales refractarios, super aleaciones y aleaciones ligeras (aluminio, titanio, berilio y magnesio). (Dennis, 2005).

## 2.2 Materiales cerámicos

Los Materiales cerámicos son compuestos inorgánicos que consiste en un metal y un no metal. Estos materiales se caracterizan principalmente por su resistencia al calor, alta dureza, resistencia al desgaste, aislamiento eléctrico y térmico, estabilidad química y además poseen temperaturas de fusión elevadas.

Hablando químicamente los materiales cerámicos constan de elementos metálicos y no metálicos enlazados entre sí, por enlaces covalentes, aunque esta unión puede variar de acuerdo al tipo de mezcla que se esté utilizando. Los materiales cerámicos se clasifican en: cerámicos tradicionales (vasijas, ladrillos, abrasivos comunes y cemento), nuevos cerámicos (óxidos y carburos de altas propiedades mecánicas y físicas) y vidrios (estructura no cristalina). (Groover, 2007).

## 2.3 Materiales poliméricos

Los Materiales poliméricos (plásticos) están formados por grandes cadenas repetitivas de monómeros, basándose principal y generalmente en el carbono. Dependiendo de su estructura y configuración estos poseen regularmente propiedades como: elasticidad, resistencia, dureza, transparencia, ligereza, aislamiento eléctrico, resistencia química, estabilidad dimensional, etc. Dentro de su clasificación general están: plásticos (polímeros termoplásticos y polímeros termoestables), y cauchos o hules (elastómeros). (Groover, 2007).

## 2.4 Materiales compuestos

Los materiales compuestos están formados por dos o más materiales los cuales aportan mejoras o valores agregados a sus características como resistencia, rigidez, resistencia al impacto, conductividad, entre algunas otras.

La principal clasificación de estos materiales se basa en la matriz en la que se incorpora un agente reforzador al material, dentro de estas matrices se pueden encontrar 3 clases, matriz metálica, matriz cerámica y matriz de polimérica. (Groover, 2007).

## 3. NORMAS PARA LA SELECCIÓN

### 3.1 ASTM International (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)

Las normas ASTM son reconocidas y utilizadas para la selección de materiales en diversas industrias debido a sus criterios de selección de materiales. Esta entidad se encarga de realizar la normalización y estandarización de los métodos o ensayos aplicados a los materiales para su selección. Estas normas son aplicables a diversas industrias que refinan o manufacturan productos como materiales y aleaciones metálicas, polímeros e incluso especificaciones para el concreto.

Algunos de los ensayos y pruebas aplicados son: Pruebas Mecánicas (tracción, compresión, impacto, dureza, etc.), Pruebas Físicas (Densidad, permeabilidad, etc.), Pruebas Químicas (corrosión y composición química), Pruebas Eléctricas (conductividad y coeficiente dieléctrico), Pruebas Térmicas (conductividad y expansión térmica). Algunas de las normas ASTM empleadas para la selección de materiales son: ASTM A240/A240M, ASTM D638, ASTM E8/E8M, entre otro conjunto más de normas. (ASTM International, 2024).

### 3.2 ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares)

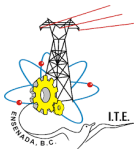
Las normas ANSI tienen un apartado específico de normas utilizadas para la selección de materiales, principalmente en campos de la ingeniería y la industria. Esta selección va desde especificaciones estructurales, componentes eléctricos, calderas y recipientes a presión, construcción de bombas (bombas hidráulicas: bombeo de fluidos), entre otra serie de materiales destinados a usos industriales.

Esta serie de normas se centra en el estudio de propiedades mecánicas, químicas, térmicas, eléctricas, entre otras cualidades y características específicas de cada material. Buscando de esta manera seleccionar los materiales adecuados para cada aplicación específica. (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, 2024).

### 3.3 ISO (Organización Internacional de Normalización)

Las Normas ISO son un conjunto de estándares que fueron creados con el objetivo de garantizar que las empresas sigan unos criterios homogéneos en la gestión de su actividad. Centrándose en la calidad, medioambiente, seguridad, salud laboral, etc. (ISO, 2024).

La norma ISO 14001 es un ejemplo la cual se centra principalmente en impacto ambiental de los materiales empleados para la fabricación de productos. Esta norma tiene por criterios buscar materiales los cuales generen un bajo impacto ambiental (eco materiales, eco-diseño), como podría ser el caso del uso de biopolímeros.



Equiparando de esta manera a que las empresas seleccionen materiales eco amigables para el desarrollo de productos.

Por otra parte, la norma ISO 14040 tiene como propósito analizar y estudiar el ciclo de vida de los materiales, en base en esta característica estudia aspectos ambientales e impactos potenciales como es el caso de la huella de carbono, la huella hídrica, la huella ambiental y la declaración ambiental de producto. (ISO, 2006).

### 3.4 DIN (Instituto Alemán de Normalización)

Las normas expedidas por DIN tienen el objetivo de estudiar el comportamiento de los materiales, entre los que se encuentran materiales metálicos (DIN 17006), cerámicos (DIN 51051), poliméricos (DIN 16777) y compuestos.

El conjunto de normas desarrolladas por DIN busca seleccionar los materiales de acuerdo a su composición, sus propiedades y ensayos realizados para verificar que los materiales cumplan de manera eficiente y verificando que los materiales cumplan con los requisitos técnicos y de calidad. (Instituto Alemán de Normalización, 2024).

### 3.5 EN (Normas Europeas)

Estas normas buscan asegurar la calidad y eficiencia de los materiales con el propósito de utilizar los materiales más adecuados dependiendo de la aplicación que se les requiera dar a cada material en específico. Dentro de los materiales que estudia y analiza este material son el acero, el aluminio, el titanio, así como materiales compuestos. Los ensayos que practica esta entidad para validar los materiales son: ensayos de tracción, ensayos de impacto, ensayos de dureza, entre algunos más. Algunos ejemplos de estas normas que son críticas para la selección de materiales son: EN 573-3:2019, EN 10204:2004, EN 10025-2:2004. (Aenor, 2024).

## 4. ASPECTOS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

### 4.1 Aplicación

La selección de materiales de ingeniería de acuerdo a su aplicación, implica seleccionar el material más apropiado para satisfacer parámetros específicos de rendimiento, funcionalidad, durabilidad, así como el costo de fabricación del mismo. Asegurándose de que dicho material cumpla con las características clave necesarias para su aplicación en concreto.

De acuerdo a los parámetros de aplicación, es crucial identificar el entorno de aplicación del material, con esto nos referimos a características físicas, químicas, mecánicas, e incluso térmicas. Debe de ser importante equiparar las características de la pieza o componente

con el entorno de operación, visualizando de este modo aspectos a cubrir como la temperatura, la humedad y medios corrosivos, entre otros aspectos. (Rodríguez, 2017).

Así mismo, se debe de buscar el material más óptimo entre la gama de materiales que se pueden encontrar (metales, polímeros, cerámicas y materiales compuestos). Por lo que deben de realizarse pruebas y validaciones antes de elegir el material. Estas pruebas pueden efectuarse por medio de pruebas físicas (laboratorios) buscando que el material sea el adecuado para la operación, o por medio de software a través del uso de simulaciones (un claro ejemplo de este método sería el uso de los softwares CAD, por mencionar algunos: SolidWorks o CATIA).

### 4.2 Funcionalidad

Dependiendo el contexto la aplicación y la funcionalidad serán, en términos generales parecidos o distintos de acuerdo al concepto de cada autor. Es importante denotar que la **aplicación** nos habla acerca del uso específico que se le dará a la pieza o componente fabricada con un determinado material. Por otra parte, la **función** o **funcionalidad** hace referencia a las capacidades específicas que los materiales deben de cumplir respecto a los requisitos de funcionalidad para la aplicación para la que fueron diseñadas las piezas y/o componentes de acuerdo a la operación prevista. (Metalinspec, 2019).

La funcionalidad de una pieza o componente puede ser muy diversa de acuerdo a su entorno de aplicación y el desempeño de las mismas. De acuerdo al papel que desempeñara este material, debe de cumplir con características como resistencia a la tracción o compresión, transmisión de fuerza, resistencia al impacto, conductividad y/o aislamiento eléctrico o térmico, entre algunos otros múltiples aspectos que busque cumplir el material de ingeniería. (Rodríguez, 2017).

Seleccionar un material que cumpla con las permitirá que el producto final (pieza o componentes) cumplan con los requisitos de calidad y de funcionalidad.

### 4.3 Rendimiento / desempeño

Cuando hablamos de rendimiento / desempeño podemos comprender que se busca que los materiales maximicen su capacidad de rendimiento (performance) buscando que las piezas, componentes o ensambles funcionen de manera óptima, y adecuándose correctamente al desempeño que deben de tener estos elementos durante su operación. Dando la pauta para que el funcionamiento de dichos materiales sea adecuado y que cumpla satisfactoriamente las necesidades y expectativas del usuario final. (LinkedIn, 2024).

El rendimiento de los materiales no solo abarca el factor de desempeño, sino que estos deben de ser capaces de cumplir con los parámetros de sostenibilidad, tiempo de vida útil, calidad, entre otros aspectos.

Seleccionar el material adecuado para el diseño y desarrollo de nuevos productos genera características como ligereza, resistencia mecánica, durabilidad, facilidad de mecanizado y de refinamiento, entre otras variables de rendimiento. (Riba Romeva, 2010).

#### 4.4 Mantenimiento

Dentro de la selección de materiales, no solo es importante basarse en la calidad, la funcionalidad o el rendimiento. Es a su vez de suma importancia conocer la viabilidad respecto al mantenimiento del material, conocer la vida útil y los tiempos de preservación de la materia prima. Muchas de las veces contar con un material con buenas prestaciones no es sinónimo de un mantenimiento asequible. (Gonzalez & Mesa, 2004).

Un mantenimiento costoso durante su vida útil no costeará su precio respecto al precio de replazo de componentes. Muchas de las veces a pesar de contar con programas de mantenimiento rigurosos, si el material no cumple con la calidad adecuada, este se deteriorará gradualmente, lo que no será asequible o conveniente para el usuario final.

#### 4.5 Método de fabricación / refinamiento

Durante la elección de materiales de ingeniería se debe considerar el medio de refinamiento de la materia prima (extracción y procesamiento) ya que desde este punto será crucial contemplar aspectos como propiedades variables (mecanizado, conformado, etc.), compatibilidad con procesos secundarios (tratamientos térmicos, químicos, etc.) que servirán para dotar de propiedades a los materiales. Contribuyendo de esta manera a la mejora de calidad, rendimiento y empleabilidad del material para su aplicación final. (Rodríguez Prieto, Camacho, & Sebastián, 2017).

#### 4.6 Calidad

La calidad es un aspecto importante que permite garantizar que los productos finales cumplan con los estándares de calidad y rendimiento que se esperan al finalizar el proceso. Un punto clave para la selección de estos materiales se inicia desde la distinción de un material específico para iniciar el proceso.

De este material dependerá el primordialmente la calidad del producto, ya que este material de acuerdo al medio en que se trabaje o manufacture (maquinado, formado, fundición, moldeo, calandrado, entre otros). Buscando siempre desde el inicio adquirir materiales con buenas características y prestaciones, ya sea desde aleaciones de metales tradicionales a polímeros de alto rendimiento. (Toranzo, Fadruga, & Barrueta, 2020).

#### 4.7 Aspecto / estética

Cuando se selecciona un material entre una diversidad amplia de ellas se debe de pensar en cómo es

que ese material interactúa tanto físicamente como visualmente. El aspecto visual o estético para la selección de materiales abarca rasgos como la apariencia superficial, la capacidad de acabado, el mantenimiento, y la resistencia a la degradación.

En base a las características mencionadas anteriormente, se debe buscar la opción más adecuada para el producto que se requiere manufacturar y en función al tipo de aplicación que ese le dará al producto y de acuerdo a los requerimientos que busca el cliente final. (Rodríguez, 2017).

### 5. APLICACIONES

Las normativas y criterios mencionados con anterioridad los podemos trasladar y describir a continuación, a manera de ejemplificación. Un caso con el que se puede abarcar podría ser el caso de la industria aeronáutica. Industria dedicada al diseño, fabricación, mantenimiento, comercialización, suministro e innovación de aeronaves que transitan dentro de la órbita terrestre, específicamente (generalmente transitan por debajo de los 15,000 metros de altura).

Un material seleccionado para el análisis, es el *titanio* el cual se emplea en la fabricación de carcasas de las turbinas y componentes estructurales de las turbinas. Principalmente en estas estructuras primarias se busca que utilizar aleaciones titanio, ya que en esas áreas los componentes no sufren una exposición a altas temperaturas, sin embargo, se requiere que estos componentes posean alta resistencia y bajo peso. (Avila Marcillo, 2009).

El titanio posee características y cualidades como lo son su relación resistencia – peso, su resistencia mecánica, tenacidad, resistencia térmica (alrededor de 600 °C), resistencia a la corrosión (resistencia química y salina) así como un bajo coeficiente de expansión térmica. Sin embargo, dentro de sus principales desventajas que presenta el titanio es su baja maquinabilidad dependiendo de sus aleaciones, por causa las propiedades físicas, químicas y mecánicas que este material posee. (Metz, 2019).

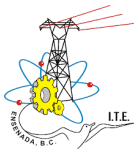


Figura 1. Turbina y soporte primario. (Avila Marcillo, 2009).

Algunas aleaciones utilizadas en la fabricación de estos elementos son: titanio *Ti-6Al-4V-Grado 5* (titanio con aluminio y vanadio) esta aleación posee gran resistencia mecánica y ductilidad.

La aleación de titanio *Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo* es una aleación de titanio de fase  $\alpha+\beta$ , posee mayor resistencia mecánica y térmica, bajo índice de fatiga, y ductilidad.





Ti-10V-2Fe-3Al, es una aleación de titanio la cual se encuentra compuesta principalmente por vanadio, hierro y aluminio, esta aleación posee características como una buena maquinabilidad y resistencia mecánica y ligereza.

Las aleaciones de titanio mencionadas anteriormente cumplen con las normas ASTM, EN, ISO, entre algunas otras que ya se mencionaron. Por lo que la selección de estas aleaciones respecto a la aplicación que se le va a dar al material, pasa por diversos y rigurosos procesos de selección, delimitando así, el material mas adecuado, en este caso el titanio, y una vez seleccionado el material se procede a buscar la aleación mas adecuada para la pieza o componente que se pretende fabricar.

## 6. Conclusión

La selección de materiales es un factor clave y de suma importancia cuando se requiere fabricar un producto o componente, la elección de un material optimo en todas sus especificaciones y cualidades representa eficiencia, durabilidad, así como resistencia del material. Si hablamos de sectores donde cumplir rigurosamente con la normatividad y determinadas características como la industria aeronáutica, aeroespacial, industria de maquinaria pesada y automotriz, es importante emplear los materiales mas óptimos para la actividad que se requiera realizar, ya que si no se cumple con estos estándares resultara en productos y componentes con tiempo de vida muy bajo, gastos excesivos en refacciones y mantenimiento. Además, vehículos y maquinaria de esta índole no puede estar sujeto a errores de selección de materiales ya que representan un riesgo para la integridad del usuario.

## 7. Bibliografía

- Aenor. (2024). Obtenido de [www.aenor.com](http://www.aenor.com)
- ASTM International. (2024). *Normas y formación sobre el metal*. Obtenido de <https://la.astm.org/es/industry/metals/>
- Avila Marcillo, A. (2009). *Academia* ©2024. Obtenido de Elaboración de un manual para la selección y control de materiales: [https://www.academia.edu/85856649/Elaboración\\_de\\_un\\_manual\\_para\\_la\\_selección\\_y\\_control\\_de\\_materiales](https://www.academia.edu/85856649/Elaboración_de_un_manual_para_la_selección_y_control_de_materiales)
- Dennis, L. (2005). *Corrosión y Erosión*. Obtenido de Center for chemical process safety: <https://www.aiche.org/sites/default/files/2010-01-Beacon-Spanish.pdf>
- Gonzalez , H. A., & Mesa, D. H. (mayo de 2004). *La importancia del método en la selección de materiales*. Obtenido de Dialnet: <https://www.dialnet.org/urn/urn:dialnet.org:DIALNET-LAIMPORTANCIADELMETODOENLASELECCIONDEEMATERIALES-4844925.pdf>
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna - Tercera edición*. Mexico: Mc.Graw hill.
- Instituto Alemán de Normalización. (2024). Obtenido de <https://www.din.de/en>
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares. (2024). Obtenido de <https://www.ansi.org>
- ISO. (2006). *ISO 14040:2006*. Obtenido de Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- ISO. (2024). *Normas*. Obtenido de <https://www.iso.org/es/normas>
- LinkedIn. (2024). *¿Cómo evalúa el rendimiento y el costo del material?* Obtenido de <https://www.linkedin.com/advice/1/how-do-you-evaluate-material-performance-cost-skills-manufacturing?lang=es&originalSubdomain=es>
- Marcillo, S., & Rolando, A. (marzo de 2009). *Elaboración de un manual para la selección y control de materiales*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2163#:~:text=La%20selección%20de%20materiales%20se,de%20la%20masa%20y%20costo>.
- Metalinspec. (27 de junio de 2019). *¿Cómo seleccionar el material correcto para el mayor desempeño de los componentes plásticos en la industria automotriz?* Obtenido de <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/como-seleccionar-el-material-correcto-para-el-mayor-desempeno-de-los-componentes-plasticos-en-la-industria-automotriz>
- Metz, Y. (22 de enero de 2019). *Groove-Turn Products*. Obtenido de <https://aimhe.org/fabricacion-de-piezas-de-motores-a-reaccion-un-reto-de-la-industria-aeroespacial-y-aeronautica/>
- Peña, J. (enero de 2016). *Selección de materiales en el proceso de diseño*. Barcelona: Ediciones CPG. Obtenido de [https://www.edicionescpge.es/wp-content/uploads/2015/12/SMPD\\_2ed-JPeña.pdf](https://www.edicionescpge.es/wp-content/uploads/2015/12/SMPD_2ed-JPeña.pdf)
- Riba Romeva, C. (10 de mayo de 2010). *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9UdpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Normas+y+criterios+para+la+selección+de+materiales&ots=nhcXK3xSV9&sig=4nSLmHtOAC2cQNRkq1EpOgfH3l0#v=onepage&q&f=false>
- Rodríguez Prieto, A., Camacho, A. M., & Sebastián, M. A. (septiembre de 2017). *Criterios técnicos de selección de materiales en la fabricación de recipientes especiales destinados a aplicaciones de alta exigencia*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Rodriguez-Prieto-2/publication/319651376\\_Criterios\\_tecnicos\\_de\\_seleccion\\_de\\_materiales\\_en\\_la\\_fabricacion\\_de\\_recipientes\\_especiales\\_destinados\\_a\\_aplicaciones\\_de\\_alta\\_exigencia/links/59c94557aca272bb0503ce66/Crite](https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Rodriguez-Prieto-2/publication/319651376_Criterios_tecnicos_de_seleccion_de_materiales_en_la_fabricacion_de_recipientes_especiales_destinados_a_aplicaciones_de_alta_exigencia/links/59c94557aca272bb0503ce66/Crite)
- Rodríguez, B. (25 de mayo de 2017). *4 Consideraciones para la selección de materiales en tus procesos de fabricación*. Obtenido de Intelligy: <https://intelligy.com/blog/2017/05/25/4-consideraciones-para-la-seleccion-de-materiales-en-tus-procesos-de-fabricacion/>
- Toranzo, L., Fadruga, D., & Barrueta, N. (2020). *Selección de materiales en el proceso de diseño*. Obtenido de Universidad de La Habana, Cuba: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/784/7843892009/html/>