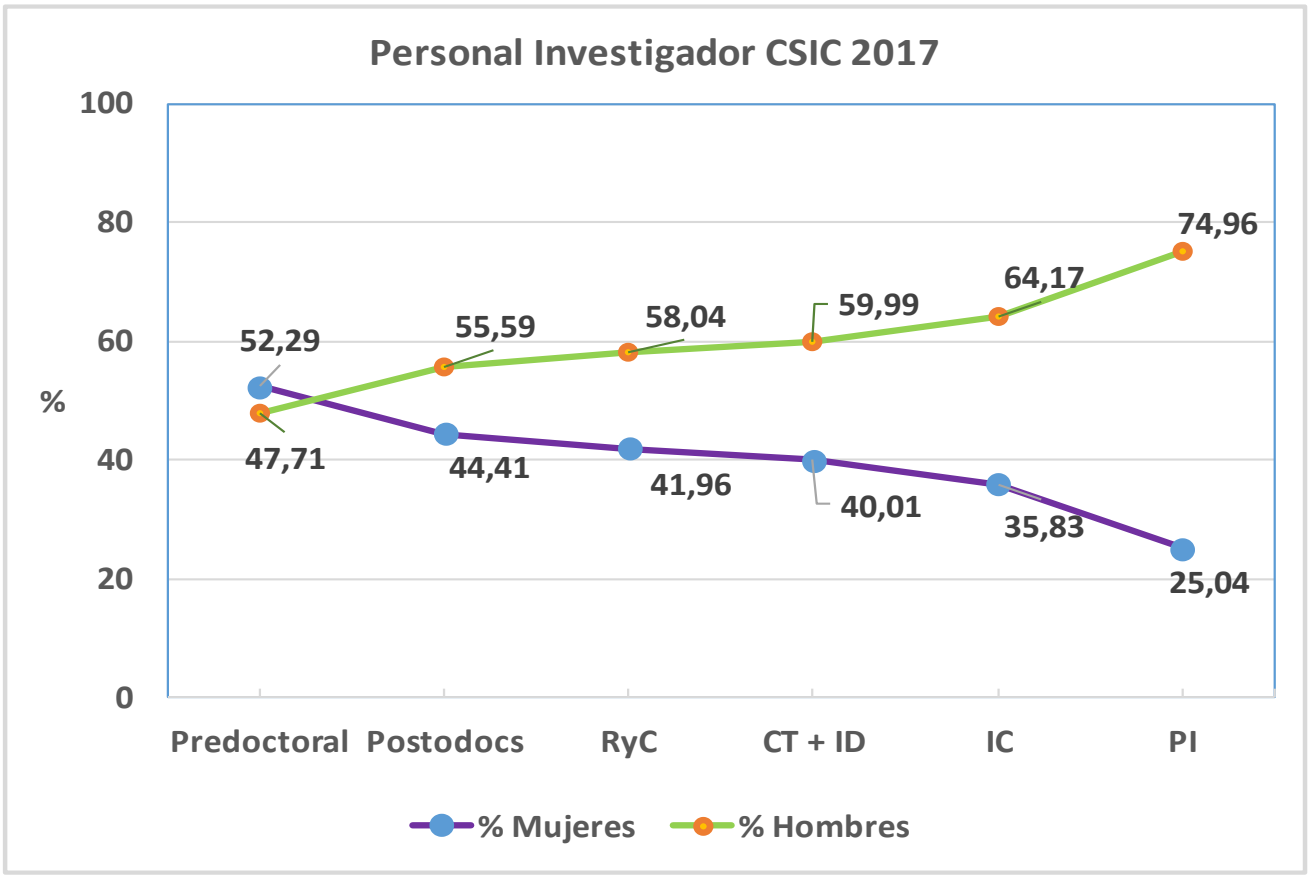
Material-ES 2018:2(4);52-73 ISSN: 2530-6405

Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES



sociemat sociedad española de materiales

Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES

VOLUMEN 2 Nº 4 JULIO-SEPTIEMBRE 2018 MADRID ISSN 2530-6405

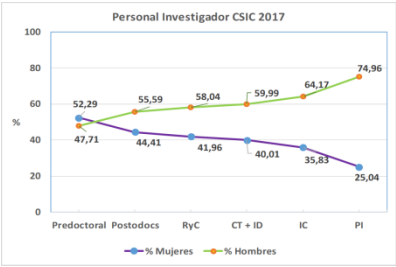


Imagen de Portada:

Gráfico de Tijera del CSIC (Informe Mujeres Investigadoras, 2018).
"Brecha de género en la investigación científica y tecnológica: situación y retos".
Francisca Puertas

Editor
Rodrigo Moreno. *Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Madrid. España*.

Secretaría
Anna Muesmann. *SOCIEMAT. Madrid. España.*

Junta Directiva de SOCIEMAT

Presidente:
Juan José de Damborenea González
Vicepresidente:
Rodrigo Moreno Botella
Secretaria:
Gloria Patricia Rodríguez Donoso
Tesorera:
Anna Mª Muesmann Torres
Presidente Saliente:
Paloma Fernández Sánchez
Vocales:
Mª Victoria Biezma Moraleda
Jose Ygnacio Pastor Caño
Mª Teresa Pérez Prado
José Luis Plaza Canga-Argüelles
Daniel Sola Martínez

URL: http://sociemat.es
Correo electrónico: info@sociemat.es / sociemat1996@gmail.com
Tel.: 618 170 493
Sociedad Española de Materiales SOCIEMAT
Entidad inscrita en el Rº Nacional de Asociaciones del
Ministerio del Interior, Grupo 1, Sección 1, Número Nacional 161428

sociemat sociedad española de materiales

Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES

VOLUMEN 2 Nº 4 JULIO-SEPTIEMBRE 2018 MADRID ISSN 2530-6405

ÍNDICE

ARTÍCULOS

ARTÍCULO INVITADO

Brecha de género en la investigación científica y tecnológica: situación y retos
F. Puertas 52

Flipped learning applied to materials science
A. Páez-Pavón, J. A. Argüello 59

Pero… ¿qué es un material?. Una aproximación a este concepto
M. Moreno Amado 63

I+D+i EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Actividades investigadoras y tecnológicas en IK4-Azterlan
A. Bakedano, J. Nieves, J. Sertucha, G. Zarrabeitia..... 67

Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES

VOLUMEN 2 Nº 4 JULIO-SEPTIEMBRE 2018 MADRID ISSN 2530-6405

EDITORIAL

Sale a la luz un nuevo número de la revista Material-ES, con la esperanza de poder mantener su edición si se siguen recibiendo artículos, para lo cual instamos a los socios y amigos de SOCIEMAT que sigan enviando sus manuscritos con el fin primordial de dar a conocer las actividades en I+D+i en el área de Materiales en nuestra comunidad.

En este número contamos con un artículo invitado de la Profesora Francisca Puertas, de la charla invitada que impartió en el ciclo de SEMINARIOS INTERNACIONALES DE FRONTERAS DE LA CIENCIA DE MATERIALES que viene organizando el Profesor José Ygnacio Pastor en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la UPM desde hace años. El tema abordado no puede ser de más candente actualidad, el de la situación actual y los retos que se plantean para solucionar la brecha de género existente en la ciencia y tecnología de materiales.

Asimismo, el día 7 de noviembre celebraremos el Día de los Materiales, para lo cual se ha preparado una jornada en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la UPM de Madrid. Junto a interesantes presentaciones, en dicha jornada se entregará el Premio SOCIEMAT Caja de Ingenieros al Mejor Trabajo Fin de Grado y se presentarán las ponencias de los candidatos al Premio SOCIEMAT Mejor Trabajo Fin de Máster. En dicha jornada se hará entrega también de la primera edición del Premio SOCIEMAT a la Difusión y Educación Científica en Materiales, que ha sido otorgado al Prof. José Ygnacio Pastor Caño, de la UPM por su brillante trayectoria en la difusión y divulgación de la Ciencia de Materiales. Nuestra más cordial enhorabuena a nuestro compañero, miembro de la Junta Directiva de SOCIEMAT y colaborador activo en nuestras actividades. Además, es un honor poder contar en esta jornada con la presencia del Profesor José Manuel Torralba, que además de poseer una destacadísima trayectoria científica en el campo de la pulvimetalurgia es actualmente Director General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid.

En este número aparece un nuevo "I+D+i EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES", en el que se presentan las actividades científico-tecnológicas de IK4-AZTERLAN. Os animamos a enviarnos aportaciones para este nuevo apartado que nos permitan dar a conocer la actividad que se desarrolla en vuestros grupos de trabajo.

Finalmente, y mientras intentamos conseguir un envío constante de manuscritos para publicar en la revista, hemos cambiado la periodicidad de la misma, que pasa a ser trimestral desde este mismo número. Esperamos que esta medida sea útil para adaptar los plazos y de envío con los de edición.

Y, como siempre, animaros a seguir mandando trabajos que den a conocer vuestro trabajo, bien como artículos, o como notas de I+D+i en las que resumáis las actividades que se desarrollan en vuestros centros.

ARTÍCULO INVITADO

BRECHA DE GÉNERO EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA: SITUACIÓN Y RETOS

Francisca Puertas

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC)
Vocal electa de la Comisión de Mujeres y Ciencia (CMyC) del CSIC por el área de Ciencia y Tecnología de Materiales
Exsecretaria General de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT)
puertasf@ietcc.csic.es

Resumen: En este artículo se plantean tres preguntas: ¿Hay Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica en el Mundo, Europa y España?, ¿Es posible saber el origen de esta Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica?,¿Es posible eliminar o reducir esa Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica? Se pretende dar contestación a cada una de ellas, demostrando que existe esa brecha, planteando las causas de la misma y algunas de las posibles soluciones a dar.
Este artículo es un resumen de la conferencia impartida, en la ETSI Caminos, Canales y Puertos UPM, en el Acto de Clausura del ciclo de Conferencias que organizan los profesores Elena Mª Tejado y Jose Ygnacio Pastor, y que durante 2018 ha estado dedicado a la presencia de las Mujeres en la Ciencia y Tecnología de Materiales.

Abstract: In the present work, three questions are asked: Is there gender gap in the scientific and technological research in the World, Europe, and Spain?. Is it possible to know the origin of this gender gap in the scientific and technological research?. Is it possible to remove or reduce that this gender gap in the scientific and technological research?. It is intended to give an answer to each of these questions, demonstrating that there exists that gap and to raise the reasons of that and some possible solutions to give.
This article is a summary of the conference given at the ETSI Caminos, Canales y Puertos UPM, in the Closing Event of the cycle of Conferences organized by professors Elena M ª Tejado and Jose Ygnacio Pastor that during 2018 has been devoted to the presence of Women in Science and Technology of Materials.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo es un resumen de la conferencia impartida el 16 de mayo de 2018, en la ETSI Caminos, Canales y Puertos UPM, en el Acto de Clausura del ciclo de Conferencias, dentro de las Jornadas Internacionales de Fronteras del Conocimiento que organizan los profesores Elena Mª Tejado y Jose Ygnacio Pastor, y que durante 2018 ha estado dedicado a **la presencia de las Mujeres en la Ciencia y Tecnología de Materiales.** Todas las conferencias han sido impartidas por profesoras e investigadoras del máximo prestigio y además en colaboración con AMIT. Previo a dichas conferencias, nuestras asociadas de AMIT han dado charlas sobre su experiencia vital como investigadoras (vivécdotas, se han llamado) a estudiantes (chicos y chicas) de colegios de la Comunidad de Madrid.

Desde estas líneas quiero agradecer a los organizadores esta iniciativa que me parece muy necesaria e inspiradora para poder atraer a los jóvenes estudiantes (ellos y ellas) hacia la carrera científica y tecnológica de la que, según datos muy recientes, se están alejando, y contar con AMIT para ello.

En mi charla me hacía tres preguntas, que en mi opinión son vitales para explicar y entender que está pasando en el mundo académico y científico sobre ese alejamiento e invisibilidad que tienen las mujeres que trabajan en Ciencia y Tecnología. Este problema lo tenemos desde la antigüedad y, aunque es cierto que se ha mejorado en las últimas décadas, falta aún mucho para conseguir la igualdad y la paridad. Estás preguntas eran:

1. **¿Hay Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica en el Mundo, Europa y España?**
2. **¿Es posible saber el origen de esta Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica?**
3. **¿Es posible eliminar o reducir esa Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica?**

A continuación, paso a desarrollar brevemente cada de una de estas cuestiones.

¿Hay Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica en el Mundo, Europa y España?

Según datos recientes de la Unesco (http://uis.unesco.org/apps/visualisations/women-in-science/#!lang=es) **el porcentaje de mujeres que trabajan en ciencia en el mundo es del 29%.** La distribución geográfica es variable, con mayor presencia en Asia central y menor en Asía occidental, donde EEUU y Europa se encuentran en situación intermedia entre ambas regiones.

Concretamente La Dirección General de Investigación e Innovación de la Unión Europea publica cada tres años, desde 2003, un informe en el que se presentan los indicadores de la situación en Europa de la mujer en la ciencia y la investigación (en este estudio se hace también la comparación con otros países de otros continentes). El último informe, denominado **SHE FIGURES 2015** (SHE FIGURES 2015, 2016), analiza dichos indicadores entre 2012 y 2014. Este Informe releva que solo **el 33% de las personas que trabajan en Ciencia en Europa son mujeres**. **España está por encima de esa media con un valor cercano al 39%.**

Nuevamente la situación geográfica indica diferencias de representación, mientras que en los países del norte y Europa oriental (ej. escandinavos, Lituania, Rumania), esa representación supera el 40-50%, en países de la Europa Occidental como Alemania, Holanda, Suiza o Francia no llega al 26%. En los países del sur de Europa (España, Portugal, Italia, Grecia) esa presencia se sitúa entre el 45 y el 35%.

En la Figura 1 se muestra la típica "Grafica de Tijera" de la situación académica de las mujeres y hombres en Europa elaborado en este informe de SHE FIGURES 2015. En dicha gráfica se muestra que, aunque más mujeres inician sus estudios en las universidades, solo un 21% alcanza la máxima posición académica (GRADO A), que sería la equivalente a catedrática en las universidades españolas.

La Unidad de Mujeres y Ciencia (UMyC) del antiguo MINECO, (ahora del Ciencia, Innovación y Universidades) elabora un Informe trianual de la situación de las mujeres en la ciencia y la tecnología en España, el último corresponde a **CIENCIFICAS EN CIFRAS, 2015** (CIENTIFICAS EN CIFRAS, 2015). La correspondiente "Gráfica de Tijera" muestra, en lo relativo a las universidades públicas españolas, datos muy similares a los descritos en Europa, (más estudiantes femeninas inician y finalizan sus estudios, muchas de ellas con los mejores expedientes, pero solo el 21% de las personas que ocupan cátedras en España son mujeres), aunque algo diferentes a las universidades privadas. Los métodos de acceso a estas últimas, así como su menor tiempo en activo, pueden explicar las diferencias observadas. En la Figura 2 se muestran dichas gráficas.

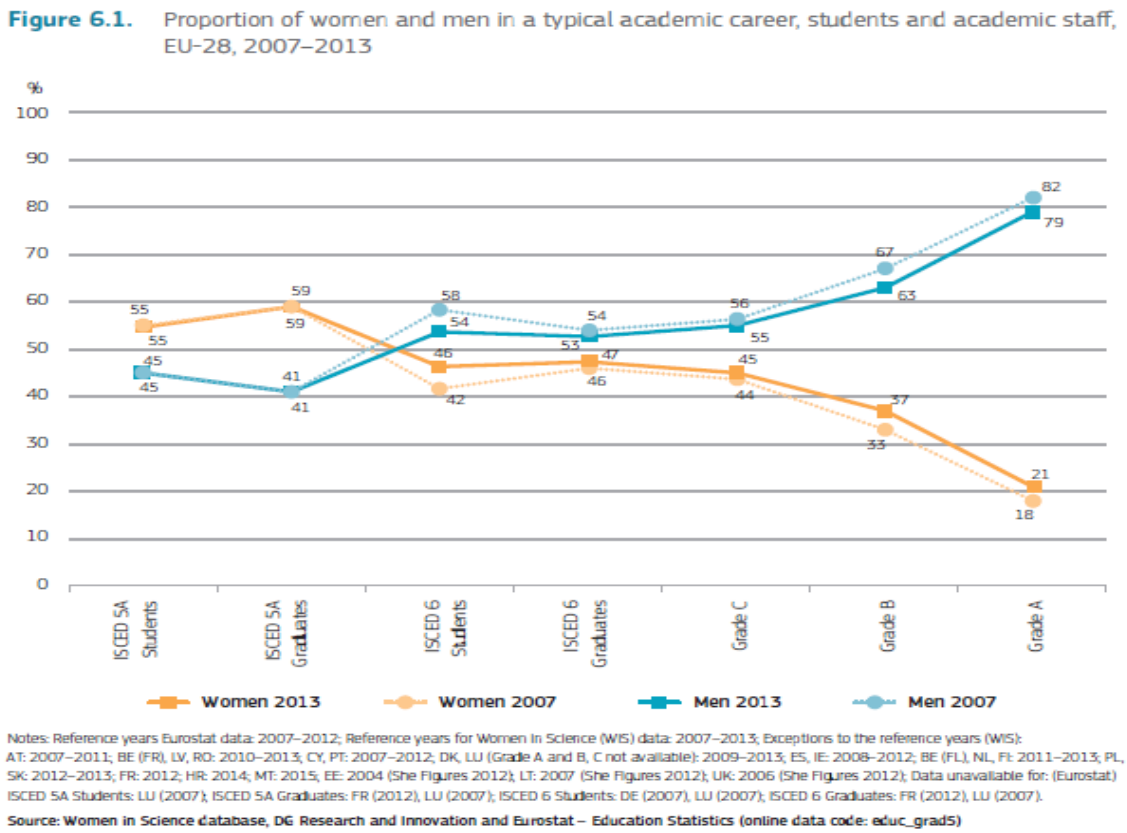
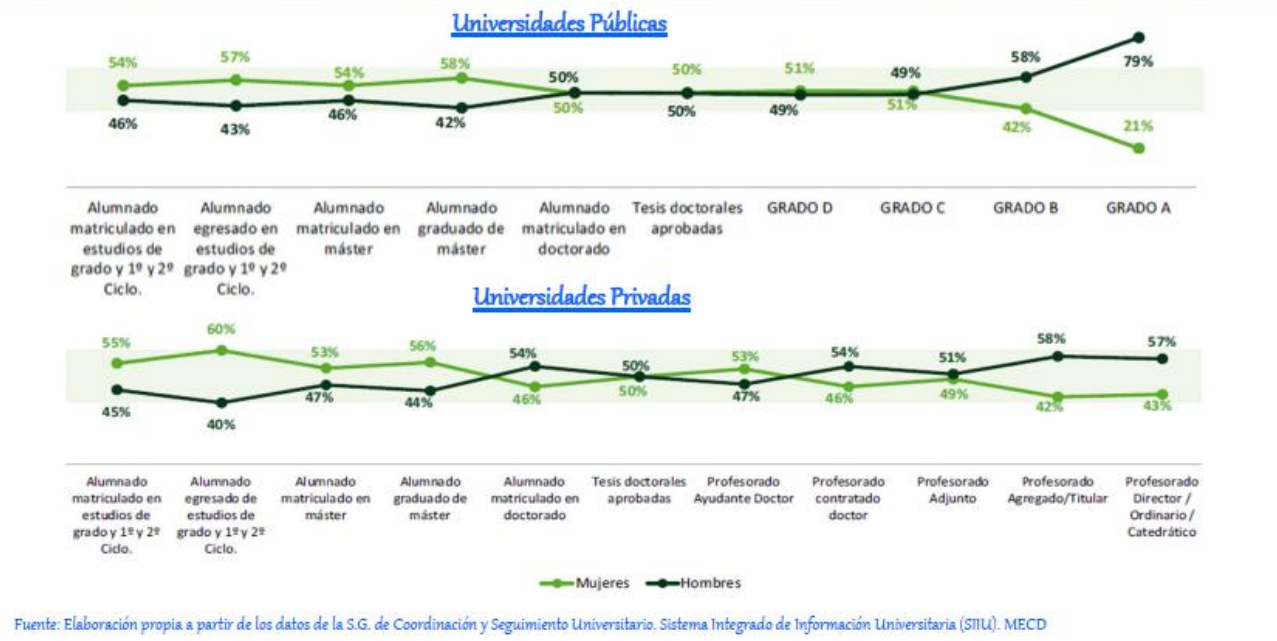


Figura 1. Grafica de Tijera de las Universidades europeas (SHE FIGURES, 2015).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la S.G. de Coordinación y Seguimiento Universitario. Sistema Integrado de Información Universitaria (SIIU). MECD

Figura 2. Gráfico de Tijera de las universidades públicas y privadas españolas (CIENTIFICAS EN CIFRAS, 2015).

En el CSIC la situación es algo mejor, según los últimos datos publicados en el informe de la Comisión de Mujeres y Ciencia (Informe Mujeres Investigadoras, 2018). En esta institución el 25% de las mujeres ocupan la máxima posición que es la de Profesora de Investigación (el equivalente a Catedrática de Universidad). El correspondiente gráfico de tijera se muestra en la Figura 3.

Otros datos de interés que muestran esa Brecha de Género son los derivados de un estudio que elaboró la UMyC y denominado **LIBRO BLANCO 2011**, En el que ponía en evidencia, entre otras conclusiones que un profesor titular varón tenía una probabilidad de 2,5 veces mayor de ser promocionado a catedrático que una mujer, en similares características personales, familiares y profesionales; y que un hombre con hijos tiene una probabilidad de un 1,7 % mayor de promocionar que una mujer con hijos en las mismas condiciones antes indicadas. También concluía que solo el 31% de las catedráticas tenía hijos frente al 54% de catedráticos.

Esta Brecha de Género también es visible y estudiada recientemente en el ámbito de las publicaciones científicas (con una gran diferencia entre las diferentes disciplinas) (Holman L, Stuart-Fox D, Hauser CE, 2018**). El percentage de autoras en temas relacionados con STEM** (*Science, Technnology, Engineering and Mathematics)* **está por debajo del 10%.** Si se miran datos relacionado con la autoría de patentes la situación de brecha también queda en evidencia en otro estuido muy reciente (K. Jensen, B. Kovacs and O. Sorenson, 2018), en el que se demuestra que tras analizar más de 2,7 millones de patentes norteamericanas, **solo un 10% estaban firmadas por mujeres.** Además, concluían en su estudio que los evaluadores de dichas patentes cambiaban criterios si no identifican a los autores con nombres de mujeres. Algo que es común en otros estudios como el famoso de John y Jennifer (Moss-Racusin, Corinne A., Dovidio, John F., Brescoll, Victoria L., Graham, Mark J. y Handelsman, Jo, 2012), del que hablaremos más adelante.

Especialmente preocupante es que en los últimos años las estudiantes se alejan de las carreras de STEM, baste decir que en el curso académico 2008-2009 (datos del Ministerio de Educación Cultura y Deporte) estaban matriculadas en las universidades públicas en España un 12,3 de estudiantes en carreras de arquitectura e ingeniera frente a un 39,25 de estudiantes varones, pero que en el curso 2015-2016, ese porcentaje bajó al 8,9% de estudiantes femeninas y a un 31,4% en el de masculinos. Según los datos del mismo Ministerio, en España solo el 25% de las mujeres estudian carreras técnicas.

En disciplinas relacionadas con las TIC, solo el 30% de alrededor de 7 millones de personas trabajando en Europa en este campo son mujeres (según Women in ICT, http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180301STO98927/more-women-in-ict-empowering-women-in-the-digital-world). La presencia de las mujeres en este campo es fundamental porque es el presente y la clara apuesta de futuro. Si las mujeres no están donde se espera que haya muchos e importantes puestos de trabajo en pocos años, estas se quedarán expuestas a peores empleos y fuera de los campos de decisión del futuro más inmediato. En este sentido y por la preocupación que hay en este tema crucial hay una actuación a nivel europeo denominada

Action 60: Incease paticipation of women in the ICT workforce (An EUROPE 2020 Initiatiave).

En un estudio reciente (Ana M. González Ramos et al, 2017) se demuestra que **la ocupación femenina en categorías tecnológicas en España es inferior al 24%,** y que las mujeres que lo ocupan suelen estar sobrecualificadas y en general con curricula muy superiores a sus compañeros varones en puestos similares. Destacan los autores como unas de las causas del alejamiento de las mujeres de estos puestos de trabajo, las jornadas laborales muy intensas y largas y unos ambientes muy masculinizados.

Finalmente, otros datos que muestran que hay Brecha de Género son los reconocimientos y premios. Un estudio elaborado por AMIT, y solicitado por la Secretaria de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del antiguo MINECO, demostró que **el porcentaje medio de premios a mujeres investigadoras y científicas en España era inferior al 10%**, y que ese porcentaje disminuía a medida que aumentaba la cuantía del mismo. Otro ejemplo fragante es la concesión de premios Nobel, donde las mujeres representan solo el 5% de los premios conseguidos en todas las disciplinas en sus 116 años de existencia.

Queda pues, demostrado que existe una Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica a nivel internacional y nacional.

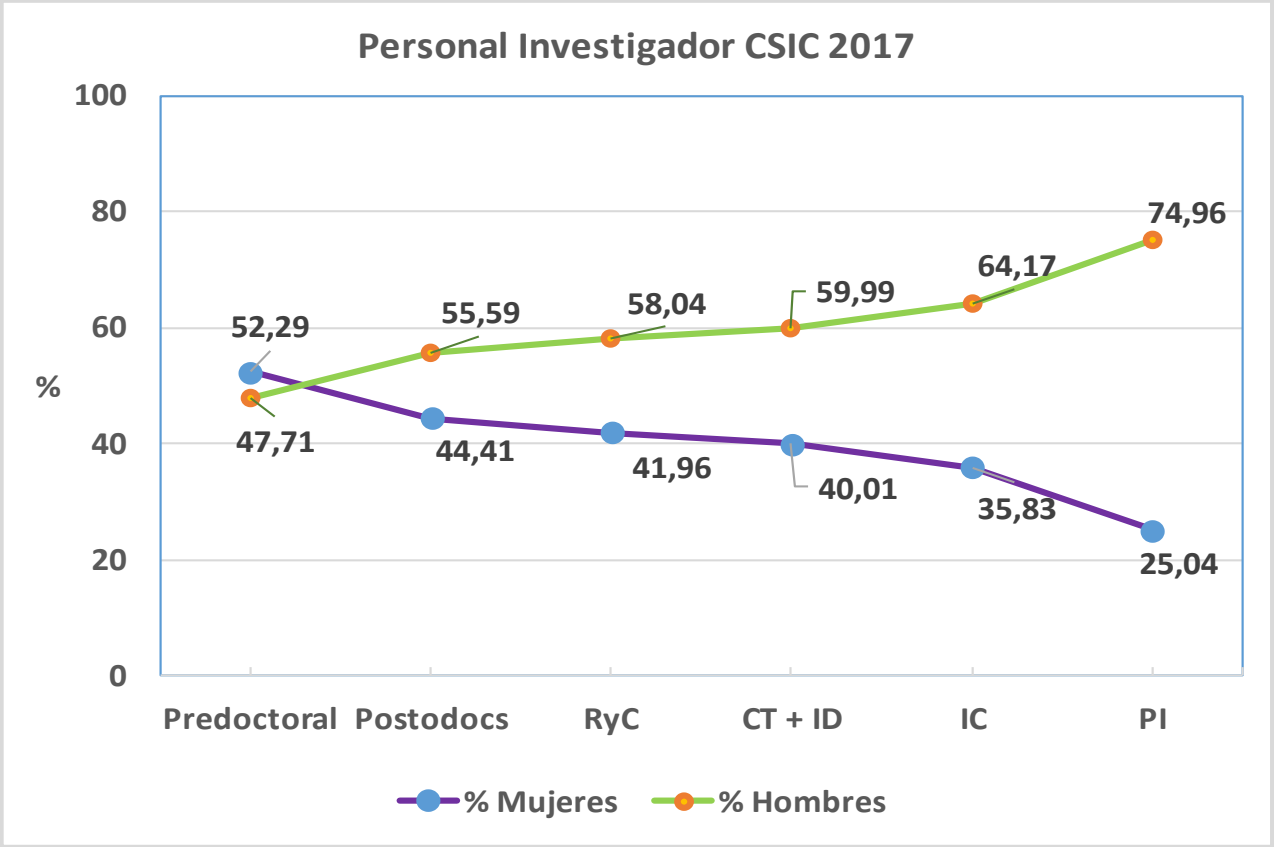


Figura 3. Gráfico de Tijera del CSIC (Informe Mujeres Investigadoras, 2018).

¿Es posible saber el origen de esta Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica?

Las causas son múltiples, pero entre las más evidentes destacaría:

a) Falta de visibilidad de las mujeres investigadoras, científicas y tecnólogas en los ámbitos escolares, académicos, sociales y mediáticos

b) Autopercepción de las propias niñas, jóvenes y mujeres de sus capacidades para la actividad investigadora

c) Sesgo inconsciente de la sociedad, en general, a considerar a las mujeres menos capaces para llevar una carrera científica igual o comparable a la de un varón en igual de condiciones personales, familiares y profesionales

En relación con la visibilidad de las mujeres en los libros de texto hay un trabajo muy interesante de Ana López Navaja (Ana López Navaja, 2104) en el que analizó libros de ESO (los cuatro cursos) de 3 editoriales (Santillana, Sm y OSFORD) de 19 asignaturas (lo que le supuso trabajar con 115 libros), y **concluyó que la presencia de las mujeres en esos libros de texto era solo del 12,8%**, y que ese porcentaje de aparición disminuía a medida que se pasa de 1º a 4º de la ESO, y el nivel de los contenidos aumentaba. Concretamente en las asignaturas de ciencias (biología, física y química, ciencias de la

naturaleza y matemáticas), la presencia de las mujeres estaba entre el 2 y el 10%, siendo en matemáticas la presencia más baja. En las asignaturas de tecnología (informática y tecnología) esa presencia no superaba el 4%, siendo en tecnología inferior al 1%.

Estos resultados muestran que desde el colegio no hay referentes femeninos en ningún ámbito, no solo en el investigador, sino también en otros igual o más preocupantes como son en el de la historia y en la evolución humana (siendo las mujeres el 50% de la humanidad), y no siendo verdad que las mujeres a lo largo de la historia no han contribuido de manera decisiva en la evolución y desarrollo de la sociedad. Es evidente que, si las mujeres no aparecen en los libros de texto, es como si su contribución no hubiera existido y permanecen en una evidente invisibilidad.

Por otra parte, también las propias niñas y jóvenes tienen de sí mismas una percepción negativa respecto a sus capacidades para las carreras o estudios más técnicos. En un trabajo publicado en Science (Lin Bian, Sarah-Jane Leslie, Andrei Cimpian, 2017) se indicaba que las niñas a partir de edades tan tempranas como son los 6 años, se perciben menos brillantes que sus compañeros varones. Se consideran más constantes y trabajadoras, pero menos capaces y preparadas para trabajos o estudios científicos. Algo parecido es el resultado del estudio realizado por PISA (OCDE) en 2015 sobre estudiantes de 15 años (Datos suministrados por Carmen Mayoral, de la CMyC del CSIC), en el que se demuestra que los chicos se perciben más capaces que las chicas, con menos miedo a fallar y mayor confianza en prueba y error. Las chicas temen las evaluaciones negativas, son más modestas y quieren cumplir las expectativas. Esto hace que, en muchos casos, las chicas elijan itinerarios o carreras que les generen menos ansiedad y se alejen de lo que ellas creen que les puede resultar más complicado como, en su opinión, pueden ser las carreras STEM. De ahí la importancia de que haya referentes femeninos en los libros de texto, desde la infancia hasta que se sale del colegio y/ instituto que muestre que las mujeres son capaces de hacer progresos y trabajos en campos de ámbitos científicos y tecnológicos.

No solo esa percepción negativa de las mujeres hacía las carreras STEM las tienen las niñas y adolescentes, sino también la propia sociedad. Quizás podemos pensar que el problema tiene ahí su origen o su consecuencia. Ya se ha mencionado el estudio realizado sobre John y Jennifer (Moss-Racusin, Corinne A., Dovidio, John F., Brescoll, Victoria L., Graham, Mark J. y Handelsman, Jo, 2012). Era un estudio ciego a 127 profesores/ras norteamericanas que tenían que evaluar y proponer un salario para una posición posdoctoral. Analizaban un mismo CV, con la única diferencia que 63 de esos CV llevaban el nombre de John y 64 el de Jennifer. El resultado del estudio ciego mostró que tanto los profesores como las profesoras valoraron con mejor calificación y le daban mejor salario al CV que llevaba el nombre de John, demostrando ese sesgo inconsciente que todos y todas llevamos dentro de las menores capacidades de las mujeres para los trabajos científicos. Esto es algo que tenemos que erradicar e inculcar desde muy pequeños. Es un trabajo de todos: editores, profesores, familias, investigadores, medios de comunicación, etc.

Este sesgo lo vivió en primera persona un científico/a norteamericano. Nació mujer y se llamaba Barbara Barres. Ella estudió en el MIT y se doctoró en Neurobiología en Harvard, perdió becas que sacaban sus compañeros varones con menos méritos. Al cabo de unos años, se cambió de sexo y pasó a llamarse Ben A. Barres, y en una publicación que él escribió y se publicó en Nature (datos suministrados por Teresa Suárez de la CMYC del CSIC) pudo constatar, que siendo hombre, le trataban con mucho más respeto y le dejaban acabar las frases, y que incluso le llegaron a decir que era mucho mejor que su hermana.

Está claro que a lo largo de la historia muchas mujeres han hecho méritos científicos y tecnológicos suficientes para ser reconocidos con premios Nobel u otros. No solo no se los han dado a ella, sino que se los han concedido a sus compañeros de trabajo, olvidando sus contribuciones que fueron esenciales, nombres como el Rosalind Franklin, Lisa Meitner, Jocelyn Bell, están en la mente de todos.

¿Es posible eliminar o reducir esa Brecha de Género en la investigación científica y tecnológica?

Las sociedades occidentales son cada vez es más consciente de la necesidad de reducir las "Brechas de Género", porque hay brechas laborales, salariales…..y por supuesto, como hemos indicando en este artículo hay "Brecha de Género" en la investigación. Una vía de intentar paliar este problema es a través de leyes, y en los últimos años se han propuesto algunas orientadas a mitigar o intentar reducir esas brechas.

Está la ley Orgánica 3/2007 del 22 de marzo para "La Igualdad Efectiva entre Hombres y Mujeres", que supuso un avance innegable. También en 2007 se modificó la Ley de Universidades en su disposición adicional duodécima se indicaba que "las Universidades contarán entre sus estructuras de organización con Unidades de Igualdad para el desarrollo de las funciones relacionadas con el principio de igualdad entre hombres y mujeres".

También la ley de la Ciencia y la Tecnología del 2011 tenía la disposición adicional decimotercera en la que se introducían cambios estructurales en el ámbito académico para favorecer a las científicas, tales como:

- Premiar departamentos igualitarios y penalizar a los discriminadores
- Ofertas de financiación específica post-maternidad
- Condiciones de docencia disminuida/investigación protegida post-maternidad

- Oferta de trabajo doble en "programas de carrera en pareja"
- Fin del mito de "carreras lineales continuas"

A nivel europeo también se están haciendo iniciativas, como es que en la creación del Espacio Europeo de Investigación (European Research Area, ERA 2012) se establezcan 5 prioridades de actuación y la cuarta sea **Igualdad entre los sexos e integración de la perspectiva de género en la investigación.**

Para llevar a cabo la funcionalidad de este ERA se ha establecido unas "Hojas de Ruta" de los diferentes países de la UE, y concretamente en la España hay acciones específicas para impulsar el papel de las mujeres en puestos de responsabilidad, para promover en las niñas y las jóvenes vocaciones científico-técnicas, mejorar el seguimiento de la efectividad de la promoción de la igualdad de género en la administración y en los centros de investigación y universidades, fortalecer la adopción de medidas para la integración del Análisis de Género en la Investigación (algo fundamental en casi todas las áreas del conocimiento, y hasta ahora olvidado), y facilitar el seguimiento y la evaluación de políticas de género en la investigación. Se introduce por primera vez el concepto de **CONCILIACIÓN.**

El actual programa de I+D+I de la UE, HORIZON 2020, también contempla entre sus objetivos aspectos relacionados con el Género, como son: igualdad de género en los equipos de investigación, igualdad de género en la toma de decisiones, integración del género/sexo en el contenido de la investigación, igualdad de género en la monitorización y en la evaluación.

De todo esto se deduce que leyes que pretenden mitigar y reducir la Brecha de Género existen, ahora lo que es fundamental es que se cumplan en toda su integridad.

Otra vía de reducir la Brecha es dar más visibilidad de las contribuciones relevantes que han tenido las mujeres a lo largo de la historia, en el ámbito científico y tecnológico, pero en otros muchos también, como en la historia, la literatura, etc. También, y muy importante, hacer visible a las investigadoras actuales, que son muchas y muy buenas, resaltando sus contribuciones y aportaciones en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Este es un trabajo de todos y todas, de las organizaciones científicas, de las universidades y centros de investigación, de los gobiernos, de los medios de comunicación, etc.

En el sector más tecnológico, y en el que las estudiantes, como ya se ha dicho se están alejando mucho y eso es realmente preocupante, hay que hacer acciones muy concretas. Entre ellas estarían:

- Tener el apoyo familiar. Muchos padres y madres ven a sus hijos como ingenieros, pero no a sus hijas. Ese apoyo es muy necesario
- Demostrar el interés de las ingenierías en ámbitos de aplicación social. Se ha comprobado que las jóvenes se ven atraídas más por aquellos trabajos o actuaciones que tienen una evidente repercusión social, y en ocasiones es necesario demostrarlo para atraerlas.
- Necesidad de incorporar mensajes positivos y de reconocimiento de las mujeres en la tecnología. Esto pasa por tener nuevamente referentes ingenieras o arquitectas en las que las jóvenes pueden tomar como modelo.

Un nuevo informe de Morgan Stanley sobre 108 compañías tecnológicas, descubrió que, durante 2011-2016, aquellas empresas tecnológicas con una mayor igualdad de género tenían un promedio de productividad de un 5,4% superior anualmente que las empresas con menor diversidad de género.

Hay actuaciones muy interesantes para potenciar la presencia de las mujeres en ámbitos tecnológicos, y atraer a niñas y jóvenes, entre ellas destaco el *Girl´s Day*, donde ingenieras profesionales enseñan a las niñas lo que hacen en sus propios laboratorios. Esta actividad se hace a nivel internacional y también lleva haciéndose, desde hace varios años en diferentes universidades españolas, destaco la Universidad de Zaragoza, en la que además las ingenieras que hacen esta actividad han escrito un libro que se titula "**El mundo necesita Ingenieras: ¿Quieres ser una?**

También desde la Real Academia de Ingeniería hay un proyecto denominado **Mujer e Ingenieria,** con la misma finalidad de motivar e interesar a niñas y adolescentes por vocaciones STEM. Además, realizan otras actividades de tutoría sobre las jóvenes universitarias, en donde ingenieras profesionales mantienen contactos con las estudiantes para orientarlas y ayudarlas a definir sus prioridades.

Todo lo expuesto muestra que hay actuaciones en marcha, pero queda mucho por hacer, y sobre todo que la sociedad sea consciente que el 50% de la humanidad tiene mucho que aportar para mejorar la vida de todos. No se puede desperdiciar.

Bibliografía

SHE FIGURES 2015 (2016). European Commission. Directorate-General for Research and Innovation. https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_gender_equality/she_figures_2015-final.pdf

CIENTIFICAS EN CIBRAS 2015. Estadísticas e indicadores de la (des)igualdad de género en la Formación y profesión científica (2016). Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/Informe_Cientificas_en_Cifras_2015_con_Anexo.pdf

Informe Mujeres Investigadoras 2018. Comisión de Mujeres y Ciencia. CSIC. http://www.csic.es/mujeres-y-ciencia

Holman L, Stuart-Fox D, Hauser CE (2018) *The gender gap in science: How long until women are equally represented?*. PLOS Biology 16(4): e2004956. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004956 http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2004956

K. Jensen, B. Kovacs and O. Sorenson. *Gender differences in obtaining and maintaining patent rights*. Nature Biotechology, vol 36 (4), 307-309 (2018)

Moss-Racusin, Corinne A., Dovidio, John F., Brescoll, Victoria L., Graham, Mark J. y Handelsman, Jo (2012). *Science faculty's subtle gender biases favor male students.* PNAS, 1-6. doi/10.1073/ pnas.1211286109.

Ana M. González Ramos et al. *Las mujeres en el mercado de trabajo de las Tecnologías.* REIS, nº 159, julio-Septiembre, 73-90 (2017)

Ana López-Navajas. *Análisis de la Ausencia de Mujeres en los manuales de la ESO: Una genealogía de conocimiento oculta.* REVISTA DE EDUCACION, 363, pp. 282-308, 2014

Lin Bian, Sarah-Jane Leslie, Andrei Cimpian. *Gender sterotypes about intelectual ability emerge early and influence children`s interests. Science* 27 Jan 2017: Vol. 355, Issue 6323, pp. 389-391 DOI: 10.1126/science.aah6524

FLIPPED LEARNING APPLIED TO MATERIALS SCIENCE

A. Páez-Pavón, J. A. Argüello

Universidad Europea de Madrid, Tajo s/n, Villaviciosa de Odón, 28670 Madrid
alicia.paez@universidadeuropea.es

Abstract

Educational innovation is becoming very trendy nowadays due to digital technology arise. This innovation brings dozens of new tools and educational systems. Among others, flipped-classroom is a promising educational innovation that can improve the motivation, the degree of retention and the grades of students. Here we present an example of flipped-classroom applied to materials science and the survey of students after the experience. We noticed that with flipping the class students improved the retention degree and were highly motivated. In general, it was a positive experience and students would like to have more classes in the flipped way.

Keywords: Flipped-classroom, material science, educational innovation.

1. INTRODUCTION

Educational innovation could be the solution of a various problems founded in educational system in Spain, such as the lack of effort and motivation of the students, absenteeism, insufficient level of knowledge in basic subjects, etc. At the same time, educational innovation could cover the recent demand of the 21th century student's skills as flexible thinking, communicating and collaborating.

With the irruption of new technologies, educational innovation has a vast range of tools to develop and transform educational systems. On this way, digital technology could facilitate [1]:

- Innovative pedagogic models.
- Real-time assessment.
- Remote or virtual online laboratories.
- Flexible access to experiential learning.
- International collaborations.
- Real-time formative assessment and skills-based assessments.
- Enable the active participation of more students in classroom discussions.
- Massive open online courses.

Also, digital technologies could provide a low-cost learning, enhance student's creativity and imagination and problem-solving skills, as well as a real-time students monitor for teachers so teachers could change their syllabus and adjust to the different classes.

New technologies applied to the classroom is thus becoming essential for nowadays students. This is not only because new technology is evolving their lives, also because many companies are allowing employees to work from their homes.

According to UNICEF, the educational innovation is not just the use of new technologies it is also the quality and equity of learning opportunities and the ability of solving real problems.

Blended learning implies online courses and face-to-face courses and is taking hold as never before due to: free university courses, MOOCs (Massive Open Online Courses), students that are working while studying, international students, etc. Consequently, flipped-classroom is a technique that could fit on blended learning. Flipped-classroom means that events that have traditionally taken place inside the classroom now take place outside the classroom and vice versa [2]. The aim of a flipped-classroom is shifting from teaching to learning, to do so it is being used mostly a recorded video which is uploaded online in order to be available for the students, then the contents of the video are discussing in the face-to-face classroom so then students are able to utilize the time in class to work through problems, advanced concepts, and engage in collaborative learning [3]–

[5]. Also, instead of the video could be used different resources for the students such as a power point, eBook, textbook, recorded audio, web site, etc. Therefore, the students have to prepare the content before the class. To ensure that is happening, teacher could make a short assessment during the class.

There is no a single model for flipped-classroom but core features include: content in advance, educator awareness of students understanding and higher order-learning during class time [6].

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

In this study, a flipped classroom was performed in order to evaluate the response of the students to this new learning methodology. The flipped classroom was performed to students enrolled in Industrial Engineering grade and Materials Science subject. The topic explained to the students was the different types of fracture and fatigue in metallic materials. To perform the activity, the students viewed a video with an explicative recorded audio of 4:34 minutes of duration. The video was recorded using Microsoft PowerPoint tools, and it was uploaded on YouTube. It was available the days before the face-to-face class. The day of the face-to-face class, the students carried out an activity consisted of drawing a fatigue curve (curve S-N) from data provided in the statement. In addition, the students were asked questions related to the concepts explained in the video, in order to assess whether they had understood the main concepts of the proposed topic.

Once the practical activity was completed, a satisfaction survey was conducted, in order to know the student's opinion regarding this activity.

Below are the questions asked to the students:

1. Did you find any problem accessing the resource online?
    a. Yes (Could you tell us what?)
    b. No
2. Did you feel motivated with the experience?
    a. Yes
    b. No
    c. Indifferent
3. Would you like to have more flipped classrooms during the course?
    a. Yes
    b. No
    c. Indifferent
4. When did you watch the video?
    a. The day before the face-to-face class.
    b. The day of the face-to-face class.
    c. I did not watch it.
5. Have you asked yourself more questions with this type of teaching than with the traditional format?
    a. Yes
    b. No
    c. Equal
6. Did you find the duration of the video correct?
    a. Yes
    b. No
    c. Indifferent
7. Do you prefer this format to the traditional format?
    a. Yes
    b. No
    c. Indifferent
8. From 0 to 10, how would you rate this experience?
9. From 0 to 10, how would you assess the degree of retention of the topic?

3. RESULTS AND DISCUSSION

Most of the students answered they watched the video the day before or the same day of the face-to face class, and all considered the duration of the video correct.

Figure 1 shows the results of the scores obtained by the students on the practical activity performed. As it can be seen, 89% of the students had a score from 8 to 10. This indicates that the students acquired a good knowledge and a good retention of the topic studied.

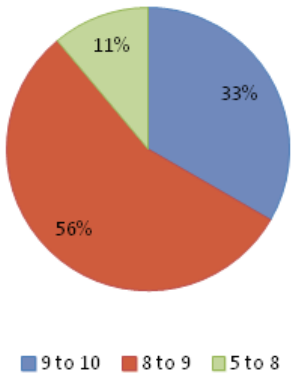


Figure 1. Student´s scores on the final knowledge assessment activity (up to 10).

As can be seen in Figure 2, the students felt more motivated when learning using flipped classroom format. Also, the 66.7% of the students would like to have more flipped clasrooms, as shows Figure 2.

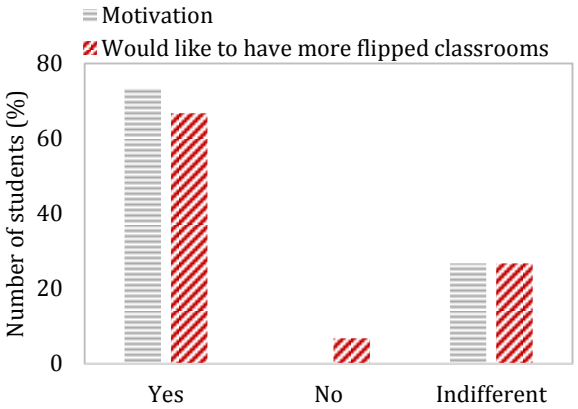


Figure 2. Student´s motivation with the flipped classroom and the results of the survey of the question if they would like to have more flipped classrooms.

The results about the interest in the topic using the flipped classroom can be seen in Figure 3. Most of the students had not a greater interest on the topic when learning using the flipped classroom format. However, a 26.7% of the students found the new format itself more interesting than the conventional one, and a 20% did not like the flipped classroom more than the conventional class format.

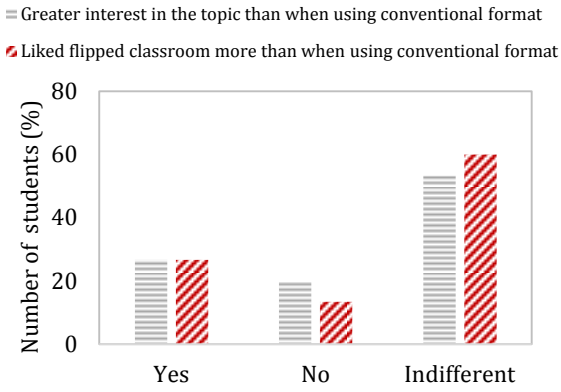


Figure 3. Student's answers about whether they are more interested in the subject when the flipped classroom was used and if they liked this format more than the traditional one.

The degree of retention of the topic felt by the students were greater than by the conventional method, as can be seen in Figure 4. A 73% of the students scored the degree of retention to a 7 or more to 10 points.

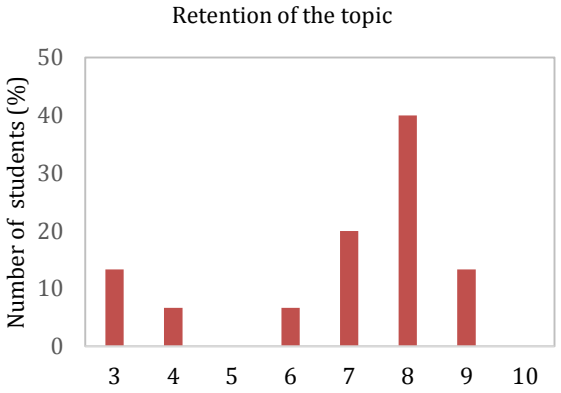


Figure 4. Student´s answers of the degree of retention about the topic studied with the flipped classroom method.

Figure 5A shows that a 67% of the students scored the degree of satisfaction with the activity in 8 points or more, and a 33% on the students scored the degree of satisfaction with the activity in 7 points or more, scores below to 7 points were not obtained.

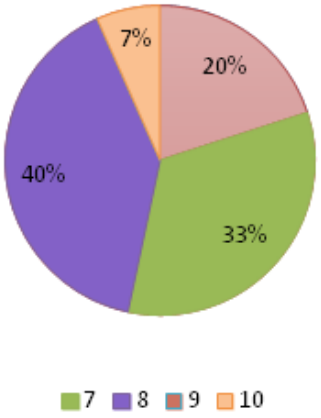


Figure 5. Student´s scores on the degree of satisfaction with the activity.

4. CONCLUSIONS

The main conclusions obtained in this study are the following:

- Student´s scores on the final assessment activity using flipped classroom method were positive.
- Students felt motivated and they would like to have more flipped classrooms during the course.
- Students had a greater degree of retention on the studied topic than using the

conventional education system, which was confirmed with the positive

- scores obtained in the final assessment activity.
- The satisfaction degree of the students with the new learning method was high.

It can be concluded that the new learning methodology is promising and beneficial for the students learning, because the students feel more motivated and the degree of the retention of the topic studied is high.

5. REFERENCES

[1] OECD iLibrary., Innovating education and educating for innovation, 2016.

[2] M. Forsey, M. Low, and D. Glance, "Flipping the sociology classroom: Towards a practice of online pedagogy," *J. Sociol.*, vol. 49, no. 4, pp. 471–485, 2013.

[3] M. J. Lage, G. J. Platt, and M. Treglia, "Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment," *J. Econ. Educ.*, vol. 31, no. 1, pp. 30–43, 2000.

[4] M. J. Lage, G. J. Platt, and M. Treglia, "Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment," *J. Econ. Educ.*, vol. 31, no. 1, pp. 30–43, 2000.

[5] Z. Sun, K. Xie, and L. H. Anderman, "The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses," *Internet High. Educ.*, vol. 36, no. September, pp. 41–53, 2018.

[6] J. O'Flaherty and C. Phillips, "The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review," *Internet High. Educ.*, vol. 25, no. February 2015, pp. 85–95, 2015.

Pero… ¿qué es un material?. Una aproximación a este concepto.

M. Moreno Amado[1]

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7ª # 40B-53
Bogotá, Colombia
[1]moamy2002@yahoo.com.mx

Resumen: En el siguiente documento se presenta una propuesta para acercarnos al concepto material, el objeto de estudio de ciencia de materiales. Aunque, aparentemente sea evidente, en los libros de texto orientados a la disciplina de ciencia e ingeniería de materiales, no se elabora el concepto como su objeto de estudio. Generalmente, en estas publicaciones utilizadas en los primeros cursos de programas académicos dedicados a la investigación en materiales, presentan varias aproximaciones a este concepto. Sin embargo, se traslapan con el objeto de estudio de la química y la física. En este trabajo se hizo una revisión sistemática en libros de texto y páginas web acerca del concepto material. Y con base en la información clasificada se elaboró una propuesta para definir material desde el estudio de ciencias e ingeniería de materiales.

Palabras clave: material, caracterización, función de materiales.

1. INTRODUCCIÓN.

El siglo XXI se está caracterizando por los grandes avances tecnológicos. Esto ha generado que se distingan nuevas disciplinas académicas, como la ciencia e ingeniería de materiales. Por otro lado, durante los procesos educativos se encuentran los grandes esfuerzos por lograr nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje [1] [2]. Una de estas estrategias es la transposición didáctica y la revisión de libros de texto, ya que estos son la herramienta de apoyo más utilizada para los procesos académicos [3].

La temática de materiales, aunque de origen muy antiguo, se orienta como disciplina del saber desde recientes décadas. La revisión de algunos libros de texto que se utilizan en los cursos iniciales de ciencia e ingeniería de materiales, indica que en ellos se incluye información muy condensada sobre las demás ciencias básicas, como son física, fisicoquímica, química, geometría y matemáticas [4], [5], [6] que son difíciles de abordar por estudiantes que se enfrentan por primera vez estas temáticas.

Con el fin de identificar el manejo de conceptos básicos desde los libros especializados, se realizó una revisión bibliográfica buscando el concepto de material. se encontró que no hay una definición del concepto material que la diferencie del objeto de estudio de las otras ciencias, como es la física y la química que también estudian la materia, sus interacciones y sus cambios. [7]

2. METODOLOGÍA.

Este documento se desarrolló para responder a una interrogación que surgió durante el trabajo de investigación que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería relacionado con una propuesta para el proceso educativo de Ingeniería en el Siglo XXI. La pregunta genérica fue ¿los libros de texto presentan conceptos actualizados para abordar las temáticas de cada disciplina?. Como caso de estudio se escogió la definición de material, término difícil de explicar en el momento de iniciar un curso de materiales.

Por lo tanto, la metodología sugerida inicia con identificar el concepto que se va a analizar, luego se seleccionan los libros de texto que se van a consultar, también es necesario revisar la información en páginas web. Respecto a las páginas web se utilizó el motor de búsqueda google, del cual se seleccionaron los primeros 5 enlaces que corresponderán a las de mayor *PageRank* [8] que a información utilizada en mayor proporción por estudiantes o docentes. Para la búsqueda se seleccionaron dos palabras clave: "material" y "materiales". Para cada una se analizaron los resultados de los primeros 5 enlaces. Además, en cada documento, impreso, seleccionado se realizó la búsqueda de la definición de material, generalmente en la introducción del libro o en algún capítulo dedicado a este contenido.

Para el análisis de la información se usó el siguiente instrumento de codificación (tabla 1)

Tabla 1. Instrumento de codificación, del concepto material identificado en publicaciones especializadas.

Tipo de documento[1]	Término buscado	Resultado	Diferencia con otras disciplinas

[1.] Se registra si es libro de texto o página web

La información codificada fue analizada y por último, con base en el desarrollo temático y con apoyo de otras investigaciones, se realizó la aproximación al concepto material que se propone para la nueva disciplina cuyo objeto de estudio son los materiales.

Los libros de texto seleccionados y analizados para este trabajo se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Libros de texto seleccionados para identificar la definición de material

Autor	Título	Ed./Año
Askeland, Donald; Fulay, Pradeep P.; Wright, Wendelin J.v [5]	Ciencia e Ingeniería de Materiales	6° / 2013
Callister, William D.; Rethwisch, David G. [4]	Fundamentals of Materials Science and Engineering	4° / 2012
Smith William F. [6]	Ciencia e Ingeniería de materiales	4° / 2006

Después de digitar los términos seleccionados se identificaron las siguientes páginas web (tabla 3), las cuales fueron analizadas según la metodología propuesta.

Tabla 3. Páginas web encontradas al digitar la palabra material o materiales

Palabra: material

Página	Dirección URL
Diccionario Google	N.A.
Wikipedia	https://es.wikipedia.org/wiki/Material [9]
Definición de	https://definicion.de material [10]
DeConceptos	https://deconceptos.com [11]
Material	https://schema.org/material [12]

Palabra: materiales

Página	Dirección URL
DefiniciónABC	https://www.definicionabc.com/general/materiales.php [13]
Tipos de materiales	https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/1_tipos_de_materiales.html [14]
Los materiales y sus propiedades	https://www.spanish.cl/ciencias-naturales/materiales-propiedades.htm [15]
Inta Chicos-Materia y materiales	http://intachicos.inta.gob.ar/contenidos/ficha/Materia-y-Materiales [16]
¿de qué están hechos los materiales?	https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/estan-hechos-los-materiales-ceramicos/ [17]
Nuevos materiales para el futuro de los smartphones	https://www.xatakamovil.com/futuro/nuevos-materiales-para-el-futuro-de-los-smartphones [18]

3. RESULTADOS y ANÁLISIS

Información en introducción de libros de textos

Askeland, Fulay y Wright [5] presentan en la introducción del libro de texto una definición de la disciplina ciencia en Ingeniería de materiales, luego presentan la clasificación de los materiales. Para describir la disciplina incluyen la invención de nuevos materiales, que son utilizados en dispositivos o estructuras. Los autores también identificaron la importancia de aprender la estructura de la materia, esta temática la desarrollan desde los modelos atómicos, tipos de enlaces químicos y cristalinidad.

Por otro lado, Callister [4] muestra la importancia de identificar los materiales, clasificarlos e identificar sus aplicaciones. También se encontró que en la introducción los autores motivan al lector a entender la importancia para estudiar el comportamiento de los materiales.

Smith [6] Con un recuento histórico introduce la importancia de los materiales para la humanidad, así como su evolución a través de los siglos. Para los autores su objetivo de aprendizaje es describir el objeto de la ciencia de materiales como disciplina. Por último, definen material como las sustancias con las que están hechas las cosas.

Se observó que algunas de las primeras temáticas de los libros de ciencias de materiales son similares a las presentadas en los libros de química general [7]

Respecto a las páginas web se buscaron los términos material y materiales y la información encontrada en primera instancia fue en el diccionario, donde definen material como aquello relativo a la materia.

En Wikipedia, la palabra material es definida de acuerdo con distintas disciplinas. La definición dada para ciencia, ingeniería y química es similar y se refiere a sustancias con que están hechas las cosas con alguna propiedad útil [9].

Una página similar a diccionario define la palabra material como lo referido a la materia, lo cual es opuesto a lo abstracto. Aunque también identifica distintos materiales según sea su uso [10].

Lo relativo a la materia se define como lo que posee forma y volumen, como relativo a la materia es definido un material en la página DeConceptos [11]. O un material que se hace desde otro material [12].

Por otro lado, el plural de material es definido como un concepto abstracto referido a un conjunto de elementos tangibles o no, necesarios para realizar actividades específicas [13].

Una definición de material como materia prima transformada para fabricar productos [14]. Materiales como elementos para fabricar objetos [15]. O definir materiales como los elementos de la naturaleza que son necesarios para la vida [16]. Aunque, en otros documentos se presenta el término, asumiendo que es bien conocido por su uso cotidiano [18], [17], [19].

Desarrollo de la temática

Una de las diferencias identificadas en los objetos de estudio de la química y la ciencia de materiales es la obtención de la materia prima. En ciencia de materiales se utiliza materia prima procesada con alto nivel de pureza, como se observa en las publicaciones para analizar recubrimientos metálicos o cerámicos [20], [21]. Esta materia prima es procesada y purificada utilizando principios químicos y operaciones unitarias físicas o químicas [22], [23].

En los tres libros de texto estudiados se encontró que las temáticas fundamentales para abordar un curso de ciencia de materiales son cristalografía, propiedades mecánicas, propiedades térmicas, y demás propiedades físicas y químicas. Esta temática fue la base para elaborar la siguiente propuesta que lleva a una aproximación al concepto material.

4. PROPUESTA DEFINICIÓN DE MATERIAL

Inicialmente, un material es un elemento o compuesto químico. Pero, no cualquier elemento químico es un material por sí mismo. Es decir, el hidrógeno o el agua no son materiales, aunque son precursores para la elaboración de los materiales. Por lo tanto, el material es el elemento o compuesto químico, clasificado como metal, cerámico o polímero, que debe elaborarse sistemáticamente mediante procesos controlados. Las variables que se controlan dependen de la función o características del material y del proceso para obtenerlo. Estas características son fundamentales para cumplir cualquier función que ha sido identificada por el ser humano y para beneficio de la sociedad o del ambiente.

Entre las funciones más comunes de los materiales está la aeronáutica, industria de alimentos, industria farmacéutica, metalmecánica, biomedicina, catálisis, dispositivos electrónicos, construcción, transporte y otros. Por lo tanto, para garantizar el comportamiento del material, las características que se controlan son de carácter físico, químico, óptico, acústico, fisicoquímico, mecánico, bioquímico, microbiológico y/o biológico.

Con base en lo anterior se definirá material como un elemento o compuesto químico elaborado sistemáticamente y diseñado con características específicas, para cumplir cualquier función identificada por el ser humano. Las características que se controlan a un material son de carácter físico, químico, óptico, acústico, fisicoquímico, mecánico, bioquímico, microbiológico y/o *biológico*

5. CONCLUSIONES

Se encontró que en los libros de texto es difícil encontrar la definición de material que ayude a abordar un curso inicial de ciencia de materiales.

El análisis de la información científica es fundamental para lograr definiciones de conceptos de objetos de estudio como es el material

6.- REFERENCIAS

[1] E. Banet Hernández, «Formación del profesorado de ciencias naturales de educación secundaria,» Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, vol. 17, nº 1, pp. 17-21, 2003.
[2] J. M. Esteve, «La formación de profesores: bases teóricas para el desarrollo de programas de formación inicial,» Revista de Educación, pp. 15-29, sept-dic 2009.
[3] M. Moreno Amado, «Escala de confiabilidad de libros de texto y páginas web desde la transposición didáctica de modelos moleculares de Kossel, Lewis y Pauling,» Ciênc. Educ., Bauru, vol. 22, nº 1, pp. 81-98, 2016.
[4] W. D. Callister y D. G. Rethwisch, Fundamentals of materials science and engineering an integrated approach, Jhon Wiley & Sons,, 2012.
[5] D. R. Askeland , P. P. Fulay y W. J. Wright, Ciencia e ingeniería de los materiales, México: Cengage, 2013.
[6] W. F. Smith y J. Hashemi, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, México: Mc Graw Hill, 2006.
[7] R. Chang y W. College, Química, México: Mc. Graw Hill, 2002.
[8] R. Markarian y N. Möller, «Cómo ordena el buscador Google sus resultados,» [En línea]. Available: https://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/febrero/2anteaula105.htm.
[9] Wikipedia, «https://es.wikipedia.org/wiki/Material,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Material.
[10] «Definicion de -Qué es, significado y concepto,» [En línea]. Available: https://definicion.de material.
[11] DeConceptos, [En línea]. Available: https://deconceptos.com.
[12] schema.org, [En línea]. Available: https://schema.org/material.
[13] Definición ABC, [En línea]. Available: https://www.definicionabc.com/general/materiales.php.
[14] Xunta.edu, «Tipos de materiales,» [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/1_tipos_de_materiales.html.

[15] Spanish.cl, «Woodward spanish,» [En línea]. Available: https://www.spanish.cl/ciencias-naturales/materiales-propiedades.htm.
[16] INTA Chicos, «INTA Chicos-Materia y materiales,» [En línea]. Available: http://intachicos.inta.gob.ar/contenidos/ficha/Materia-y-Materiales.
[17] ClickMica, «¿De qué están hechos los materiales cerámicos?,» [En línea]. Available: https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/estan-hechos-los-materiales-ceramicos/.
[18] El confidencial, «Materiales creados por el hombre que cambiaron la historia,» [En línea]. Available: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-11-22/materiales-creados-por-el-hombre-que-cambiaron-la-historia_1101884/.
[19] Xakata Móvil, «Nuevos materiales para el futuro de los smartphones,» [En línea]. Available: https://www.xatakamovil.com/futuro/nuevos-materiales-para-el-futuro-de-los-smartphones.
[20] Z. Yongli , W. Yan , Zexin Yu, M.-P. Planche, P. François , L. Hanlin , L. Audrey, A. Alain y M. Ghislain,«Microstructural, mechanical and tribological properties of suspension plasma sprayed YSZ/h-BN composite coating,» Journal of the European Ceramic Society , vol. 38, pp. 4512-4522, 2018.
[21] P. Rui , R. Ruiming , Z. Xiujuan y C. Chunhuan , «Influence of microstructure evolution during the sliding wear of CL65 steel,» Wear, vol. 400, nº 401, pp. 169-176, 2018.
[22] C. J. Geankoplis, Procesos de Transporte y operaciones unitarias, México: Cia. Edit. Continental, 1998.
[23] S. M. Walas, Chemical Process Equipment Selection and design, USA: Butterworth-Heinemann, 1990.
[24] Tipo de Materiales, [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.es.

I+D+i EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

ACTIVIDADES INVESTIGADORAS Y TECNOLÓGICAS EN IK4-AZTERLAN

A. Bakedano, J. Nieves, J. Sertucha, G. Zarrabeitia

Investigación y Desarrollo de Procesos Metalúrgicos, IK4-AZTERLAN, Aliendalde Auzunea 6, E-48200, Durango (Bizkaia), , jsertucha@azterlan.es

Resumen: IK4-Azterlan es un Centro Tecnológico con una amplia experiencia en tecnologías de fundición y solidificación del hierro fundido, acero y aleaciones de aluminio. Además de disponer de un completo equipamiento para caracterizar las propiedades físicas y estructurales, composición química, etc., en este Centro se investiga sobre nuevos materiales, sus propiedades mecánicas, constituyentes y se optimizan las distintas metodologías de fundición. De este modo, es posible llevar a cabo una transferencia continuada de investigación fundamental y aplicada mediante colaboraciones estrechas con empresas de fundición situadas en Europa, América, Asia y África, junto con Universidades y otros Centros europeos y americanos. Como miembro de la alianza de investigación denominada IK4, el Centro participa en actividades a largo plazo, estudiando y desarrollando modelos mejorados del proceso de solidificación en procesos de fundición, procedimientos de tratamiento del metal líquido y desarrollo de nuevas aleaciones con rendimientos optimizados, todo ello orientado hacia la fabricación de piezas metálicas de altas prestaciones y sin defectos. Otros campos de trabajo innovador para IK4-Azterlan son: el desarrollo de herramientas para la predicción "in situ" de la calidad del metal y la aplicación de Redes Artificiales Inteligentes en los procesos de fabricación de piezas metálicas, con el fin de identificar, predecir y solventar los problemas originados en estos procesos de fundición.

Palabras clave: materiales de fundición, investigación, proceso de fabricación, tecnología, herramientas de control.

1. INTRODUCCIÓN

IK4-Azterlan es un centro tecnológico privado con más de 30 años de especialización en el campo de la Metalurgia. Sus actividades investigadoras están orientadas principalmente hacia la transferencia de conocimiento fundamental y aplicado a empresas de fundición de todo el mundo. En 2012, este centro se convirtió en socio de la Alianza de Investigación IK4 con una plantilla de 1430 personas (20% Doctores) y, además, mantiene una estrecha cooperación con instituciones como la Universidad de Kempten de Ciencias Aplicadas (Alemania), la Universidad Estatal de Ohio (EEUU), CINVESTAV (México), el Instituto Politécnico Nacional de Toulouse CIRIMAT (Francia), la Universidad de Deusto (España), la Universidad de Mondragón (España), además de colaborar con otros Centros Tecnológicos.

La plantilla científica y técnica de IK4-Azterlan ha adaptado sus instalaciones para disponer de una planta de fundición laboratorio con un equipo humano altamente especializado para desarrollar nuevas tecnologías y materiales de fundición. Para ello, el Centro cuenta con instalaciones para la caracterización de materiales (análisis químicos de elevada fiabilidad, estudios metalográficos, caracterizaciones con ayuda de la microscopía electrónica de barrido SEM y FE-SEM), un amplio abanico de ensayos mecánicos estáticos y de fatiga, un potente laboratorio de ensayos no-destructivos, ultrasonidos, fluoroscopía de rayos-X, tomografía, laboratorio de preparación de muestras, etc. y un departamento de simulación avanzada con capacidad rápida de prototipaje. En este último caso, el equipo humano encargado de los trabajos de simulación también dirige actividades en plantas de fundición con relación a la optimización de utillajes y diseño de sistemas de llenado, mazarotaje, minimización de defectos de contracción, inclusiones, etc.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las principales líneas de investigación en IK4-Azterlan son los procesos de solidificación y enfriamiento, caracterización de las propiedades estructurales y mecánicas de los materiales y el desarrollo de las tecnologías de producción de hierro fundido, acero y aleaciones de aluminio. Otro campo importante de investigación es el desarrollo de herramientas de predicción avanzada para una rápida evaluación de la calidad de las aleaciones fundidas y evitar, de este modo, la formación de defectos metalúrgicos en las piezas fundidas. Estas innovadoras herramientas están siendo desarrolladas continuamente y se utilizan en plantas de fundición reales con el fin de ajustar al máximo la eficacia de sus desarrollos y obtener una respuesta rápida frente a la variabilidad habitual de los procesos de producción. Dos ejemplos de esta actividad son el Sistema Thermolan® y un nuevo software que combina satisfactoriamente la utilización de las redes inteligentes con los datos e indicadores utilizados en la fabricación comercial de piezas de fundición. Actualmente, estas herramientas están siendo usadas

para resolver problemas reales en plantas de fundición de Europa.

2.1. Aleaciones de fundición de hierro y acero

En la actualidad, las fundiciones de hierro tienen una extensa aplicación en un elevado número de sectores industriales. La importancia tecnológica de este material se debe a la excelente combinación de sus propiedades mecánicas, su relativa facilidad de fabricación, una destacada colabilidad y su precio competitivo. Las principales aplicaciones de las piezas de hierro fundido abarcan sobradamente sectores como la automoción, la industria eólica, el transporte de energía y la construcción de una amplia variedad de maquinaria. Durante la producción de las piezas de fundición de hierro, hay un gran número de variables de proceso que afectan directamente a las características estructurales, la formación de defectos y, consecuentemente, tienen influencia en las propiedades mecánicas del material fabricado.

Las fundiciones de hierro se clasifican en función de la morfología de las partículas de grafito presentes en la matriz metálica (laminar, esferoidal, vermicular, etc.). Los defectos generados por la degeneración morfológica de estas partículas afectan a las propiedades del material y se originan como resultado de alteraciones en la composición química, la calidad del metal fabricado y la cinética de enfriamiento a la que está sometido en cada zona de la pieza. Las zonas masivas en grandes piezas fabricadas con fundición esferoidal (hasta 50 Tm) son, por ejemplo, propensas a la formación del llamado grafito "Chunky" [1-7], el cual origina importantes disminuciones en la ductilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga del material.

En IK4-Azterlan, se han realizado varios estudios para determinar cuáles son los principales parámetros que afectan la formación del grafito Chunky durante la solidificación de las piezas de fundición esferoidal usando técnicas de análisis térmico [1-3]. Para ello, se fabricaron distintas series de piezas-test cúbicas con aproximadamente 200 kg. Como resultado de estas investigaciones, se ha establecido que el grafito Chunky está promovido por:

- Altos contenidos de Silicio en el metal de colada y una sobre post-inoculación [1].
- Elevados contenidos de Cerio, normalmente procedente de las ferroaleaciones tipo FeSiMg utilizadas para aportar Magnesio y/o de los inoculantes [4]
- Largos tiempos de solidificación [1], asociados a las dimensiones de la pieza.

En el campo de la investigación de nuevas fundiciones de hierro, IK4-Azterlan está trabajando en diferentes tipos de materiales. Tres ejemplos de ello son:

- El desarrollo de métodos optimizados de producción de piezas con una matriz completamente ausferrítica en bruto de colada (fundiciones esferoidales).
- Mejora de las propiedades mecánicas de las fundiciones laminares mediante la adición de elementos de aleación.
- El estudio de las propiedades estructurales y mecánicas de las fundiciones esferoidales con altos contenidos de Silicio. Aunque estos materiales son de reciente normalización, su aplicación en la industria de Fundición es aún incipiente debido al desconocimiento de sus implicaciones tecnológicas.

En el ámbito de las fundiciones esferoidales con matriz ausferrítica, se han desarrollado métodos de producción de estos materiales sin necesidad de aplicar tratamientos térmicos que encarecen el producto final. En este caso, se han fabricado materiales con propiedades mecánicas comparables a las encontradas en las fundiciones ADI (Austempered Ductile Irons) pero sin aplicar tratamiento térmico alguno [8-9]. De este modo, los nuevos materiales desarrollados son más económicos, se fabrican siguiendo una metodología simplificada y constituyen una alternativa mejorada a los materiales empleados actualmente. La combinación adecuada de elementos de aleación y el control efectivo del enfriamiento del material son las claves para tener éxito en este grupo de materiales ausferríticos (figura 1).

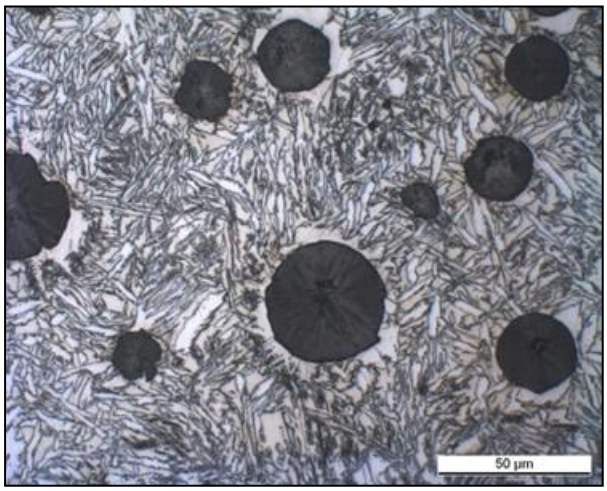


Figura 1. Morfologías grafíticas y matriz metálica en una fundición esferoidal ausferrítica.

Aunque se trata de materiales utilizados desde hace siglos, las fundiciones laminares siguen utilizándose en la actualidad debido, entre otros aspectos, a su conductividad térmica, la capacidad para amortiguar vibraciones y su bajo coste. Por tanto, la mejora de las propiedades mecánicas de este material tiene interés tecnológico y un gran potencial de aplicación en el mercado. IK4-Azterlan está desarrollando estos materiales mediante la adición de elementos químicos como el Titanio, Cromo y/o Molibdeno. En el caso del Titanio, este elemento de aleación modifica el tamaño y la distribución de las láminas grafíticas junto con el crecimiento de los cristales de austenita (Fe-γ). Estos cambios estructurales originan materiales más homogéneos y se obtienen mejoras en las propiedades de tracción sin afectar de forma importante a la maquinabilidad del material [10-12].

La inclusión de las fundiciones esferoidales con altos contenidos de Silicio en la última versión de la norma EN-1563 (2012) ha reafirmado el creciente interés en estos materiales por parte de los clientes de piezas de fundición. A pesar de ello, se trata de un grupo de aleaciones con importantes incertidumbres tecnológicas todavía, a pesar de sus interesantes propiedades mecánicas, aptitud en el mecanizado y resistencia a la corrosión. En IK4-Azterlan se investigan actualmente estos aspectos para ampliar el conocimiento existente sobre estos materiales [13-16]. El Silicio puede disolverse en cantidades considerables en la matriz ferrítica (Fe-α), estabilizando termodinámicamente esta fase y aumentando su dureza.

Como consecuencia del endurecimiento provocado por el Silicio en las matrices ferríticas, se obtienen aumentos en las propiedades de tracción hasta alcanzar la fragilidad del material [15] (figura 2). Otra consecuencia significativa de utilizar altos contenidos de Silicio es la formación de degeneraciones grafíticas [14], cuyo efecto en las propiedades mecánicas ha mostrado ser negativo [15]. El comportamiento de estas fundiciones en relación con la formación de rechupes en las piezas y su capacidad de alimentación durante la solidificación son aspectos que están siendo investigados actualmente.

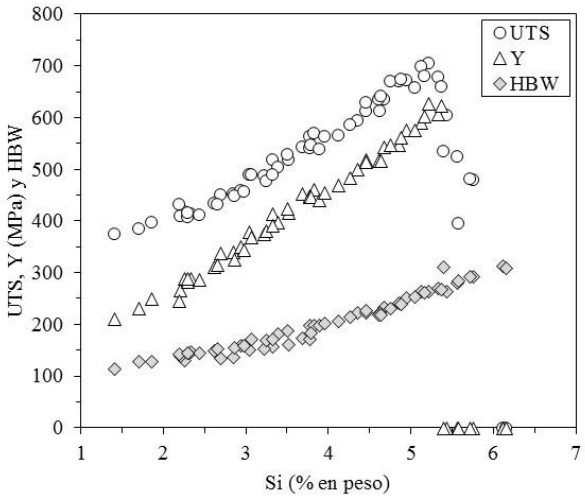


Figura 2. Evolución de las propiedades de tracción en función del contenido de Silicio en el material [13]. Los términos UTS, Y y HBW son la carga de rotura y el límite elástico a tracción, y la dureza Brinell, respectivamente.

En las fundiciones de acero (aceros moldeados) existe una gran demanda para reducir la cantidad de inclusiones (escorias y arena) y porosidades (rechupes y gas precipitado [17]) en las piezas fabricadas. En IK4-Azterlan se llevan a cabo estudios orientados a la medida y reducción de elementos críticos como el Fósforo, Azufre, Hidrógeno, Nitrógeno y Oxígeno, debido a su influencia en los defectos indicados y, por tanto, en las propiedades del acero moldeado (deformabilidad, resistencias al agrietamiento, a la tracción y fatiga, soldabilidad, comportamiento frente a la corrosión, desgaste, etc.). Como consecuencia de estos estudios, se han desarrollado nuevas metodologías en la etapa de preparación del acero fundido en hornos de inducción de media frecuencia (procesos de desulfuración, desoxidación, desfosforización, etc.). Los resultados indican que un control adecuado de los elementos químicos indicados junto con la aplicación de métodos de fabricación mejorados optimiza el coste de producción de acuerdo con los requisitos de las piezas.

2.2. Aleaciones de fundición de aluminio

IK4-Azterlan investiga sobre aleaciones de Aluminio y realiza transferencias tecnológicas de manera transversal a todos los sistemas productivos, a través de dos líneas principales:

2.2.1. Metalurgia de las aleaciones de aluminio

IK4-Azterlan ha desarrollado varias aleaciones secundarias de aluminio, además de optimizar las propiedades mecánicas de aleaciones de aluminio convencionales.

Las aleaciones AlSi7Mg y AlSi10FeMnMg secundarias se han desarrollado con las tecnologías GDC (gravity die casting) y VHPDC (vacuum high pressure die casting) respectivamente, cumpliendo en ambos casos con las exigencias mecánicas recogidas en la norma UNE 1706:2011 para sus aleaciones homólogas primarias de primera fusión. El ajuste de las micro-adiciones de Cromo, Manganeso y Berilio en el caso de la aleación AlSi7Mg ha permitido transformar y disminuir el impacto negativo de las fases que contienen Hierro en su composición. En estas investigaciones, IK4-Azterlan colaboró otros centros tecnológicos y universidades así como empresas del sector de la fundición inyectada.

Por otro lado, en determinadas empresas con procesos estándares de inyección o HPDC (high pressure die casting) se han mejorado las propiedades mecánicas de la aleación AlSi9Cu3(Fe), añadiendo y controlando micro-adiciones de varios elementos químicos, ajustando los intervalos de composición química y realizando un control térmico efectivo del componente desde su solidificación [18-19] hasta el tratamiento térmico. Las principales mejoras se han obtenido en el límite elástico (aumentando los valores convencionales de 170 a 294 MPa) y en la dureza (pasando de valores de 100 a 135 HBW). Los resultados obtenidos en la aleación AlSi9Cu3(Fe) se extendieron al caso de la AlSi10Mg(Fe), obteniendo incrementos del límite elástico de 144 a 270 MPa e incrementando los valores de durezas de 85 a 106 HBW.

En esta línea de trabajo, IK4-Azterlan está desarrollando equipos de control de la calidad metalúrgica de las aleaciones de aluminio-silicio hipoeutécticas, basados en el análisis térmico, los cuales evalúan el tamaño de grano, el grado de modificado del silicio eutéctico y estiman el contenido de Mg en el metal líquido.

2.2.2. Innovaciones tecnológicas en los utillajes

Se está trabajado sobre utillajes de GDC, LPDC (low pressure die casting) y HPDC (high pressure die casting) desde la fase de diseño del componente hasta la validación de su proceso productivo. Ejemplos de ello son componentes críticos del automóvil eléctrico, del sistema de frenado, componentes estructurales y powertrain (monoblocks porta-manguetas, brazos de suspensión, front covers, etc.) los cuales se han fabricado históricamente con otros materiales y tecnologías (estampación de chapa, por ejemplo) o bien requieren un cambio de aleación y proceso, debido a que se han incrementado significativamente sus requerimientos mecánicos.

También se están realizando diferentes investigaciones y desarrollos en el campo de la gestión térmica de los moldes, tanto en GDC como en HPDC, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del componente fabricado y minimizar o eliminar los defectos de contracción. Se han implantado sistemas automáticos e inteligentes del control del gradiente térmico del utillaje, mejorando las propiedades del componente de forma significativa. Se han empleado materiales innovadores con diferentes conductividades térmicas, mejorando el rendimiento de la colada en un 30% y disminuyendo el rechazo productivo en un 2%. Por otra parte, se han diseñado e implantado componentes del molde con circuitos de refrigeración totalmente innovadores, reduciendo el tiempo de ciclo productivo en un 14% en HPDC y en un 11% en GDC.

2.3. Nuevas herramientas predictivas para controlar la calidad de las aleaciones metálicas

En el entorno económico de globalización actual, los clientes de piezas de fundición requieren cada vez más controles continuos y eficaces de todos los parámetros de fabricación con el fin de obtener componentes de altas prestaciones y sin defectos. La estrecha relación entre IK4-Aterlan y la industria de fundición se ha hecho eco de este aspecto y, como consecuencia, se están desarrollando y aplicando herramientas adaptadas a estos requerimientos que implican técnicas avanzadas de análisis térmico (figura 3) tanto para las fundiciones férreas como para las no férreas. Estas herramientas de nueva generación se integran en el sistema Thermolan® [20] y se utilizan actualmente en diversas plantas de fundición para evaluar la calidad del metal utilizado en cada momento y predecir su incidencia en las piezas que se están fabricando antes de proceder a la colada de los moldes. Estos desarrollos realizados directamente a pie de planta permiten también la necesaria adaptación de estas herramientas a las condiciones específicas de cada empresa.

Las técnicas de Análisis Térmico se han utilizado tradicionalmente en el sector de la fundición de hierro para determinar los contenidos de Carbono y Silicio. Sin embargo, IK4-Azterlan ha desarrollado sistemas para modernizar esta técnica y obtener así información valiosa sobre las transformaciones de fase que ocurren en la solidificación, evaluar la eficacia de los inoculantes, predecir la dureza del material y algunas de sus propiedades físicas, dar información sobre la forma de las partículas de grafito formadas, predecir la capacidad de contracción del material fabricado, etc. En el caso de las fundiciones de aluminio, las curvas de enfriamiento obtenidas con las técnicas de análisis térmico se han empleado para desarrollar técnicas de análisis que permiten evaluar el grado de modificado, el afinado de grano y el espaciado de los brazos dendríticos (DAS). Es necesario indicar aquí que los resultados obtenidos con estas herramientas no pueden ser intercambiables entre las distintas plantas de fundición y, por tanto, es necesario un estudio específico para cada caso.

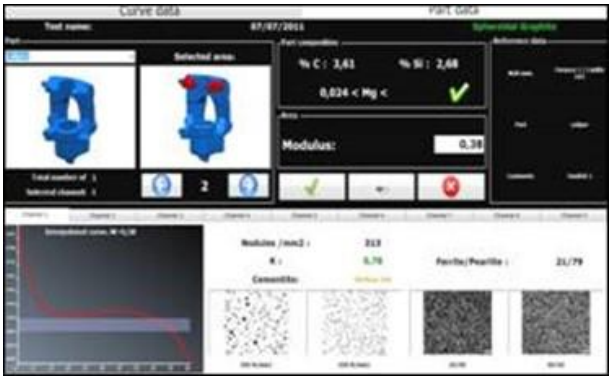


Figura 3. Ejemplo de utilización de las curvas de Análisis Térmico para estimar la microestructura y las propiedades mecánicas de las fundiciones de hierro.

Las nuevas herramientas creadas y desarrolladas en IK4-Azterlan son capaces de registrar curvas de enfriamiento (solidificación y transición sólida) en tiempo real para evaluar la calidad metalúrgica de las fundiciones de hierro y predecir parámetros como su tendencia a la formación de defectos de contracción (rechupes) [20], los contenidos de ferrita y perlita en la matriz metálica [21], el riesgo de formación de grafito Chunky en las secciones de mayor tamaño [6], los diferentes tipos de solidificación [22-23]. En el caso de las fundiciones de aluminio, estas herramientas pueden controlar la evolución de la fracción sólida y evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados en las aleaciones aún en estado líquido para asegurar las propiedades mecánicas [18-19,24-25].

El Centro IK4-Azterlan cuenta con la segunda generación de su innovador software de simulación (Eidocalc) que permite predecir rápidamente la formación de rechupes en piezas de fundición de hierro con grafito esferoidal. Concretamente, este nuevo software considera las variaciones reales de calidad del metal de colada y tiene en cuenta las distintas variables del proceso de fabricación, además de las características geométricas de las piezas. La nueva generación del simulador que IK4-Azterlan ha desarrollado basa la gestión de toda esta gran cantidad de información mediante la utilización combinada de avanzados sistemas de aprendizaje automático junto con la aplicación automatizada del conocimiento experto con el que cuenta el personal del Centro. El objetivo principal de esta nueva herramienta de simulación es

determinar de forma rápida y sencilla para el usuario el riesgo existente de formación de rechupes en las piezas fabricadas cada momento de la producción, ofreciendo la posibilidad de hacer correcciones rápidas en los parámetros del proceso [26-27].

2.4. Utilización de la Inteligencia Artificial y la Analítica de Datos en fundición para la optimización del proceso productivo

La industria de fundición moderna demanda índices de producción elevados, consumos mínimos y la producción de piezas "sin defectos". De este modo, la observación de cualquier empresa moderna del sector confirma que los clientes y la competitividad del mercado incrementa la exigencia de los requerimientos que afectan a la fundición. Este hecho obliga al sector a modernizar las herramientas avanzadas para controlar y optimizar los procesos de fabricación. No obstante, la fabricación de piezas de fundición está influida por un gran número de variables de proceso, las cuales condicionan la presencia de defectos en dichas piezas.

Como respuesta a las demandas ya expuestas, IK4-Azterlan apuesta fuertemente por el desarrollo de las políticas de la Industria 4.0, en particular, se ha trabajado en la creación de una suite de diferentes herramientas que ayuden a fomentar la digitalización de las fundiciones, permitiendo que puedan comenzar a integrar las técnicas más avanzadas de análisis de datos. El Centro IK4-Azterlan se focaliza en mejorar el proceso de transformación de "datos" en "conocimiento" mediante la mejora de los siguientes aspectos de la información: (i) almacenamiento, (ii) comunicación, (iii) correlación, y (iv) visualización.

Una vez abordado el problema de la digitalización, IK4-Azterlan provee una plataforma integral para la gestión y control del proceso productivo llamada Sentinel. Esta plataforma trata de convertirse en el vigilante del proceso de fundición mediante la aplicación de innovadoras herramientas de análisis multi-variable que determinan las posibles desviaciones del proceso. Sentinel hace uso de más de 20 tipos de modelos probabilísticos, así como de sistemas expertos avanzados y complejas fórmulas matemáticas que son capaces de anticipar la situación en la que podría encontrarse la fundición en un instante de tiempo futuro. Cuando el proceso sufre alguna posible problemática, la utilización de sistemas de programación evolutiva, así como de operaciones de control basadas en sistemas de Inteligencia Artificial clásicos, tratan de solucionarlas; consiguiendo que finalmente el proceso de producción vuelva a mantenerse equilibrado y ajustado.

Para ser capaz de realizar este tipo de gestión, es condición *sine qua non* el desarrollo de un exhaustivo estudio sobre los parámetros que tienen potencial influencia en el proceso de fabricación, el cual debe determinar que los datos existentes conformen un conjunto de información con un número apropiado de evidencias fiables, siendo loable la generación de un modelo matemático que representa la realidad de una forma certera [28-29]. Así, IK4-Azterlan, introduce el proceso de análisis de datos con su herramienta Salomon, la cual permite acercar este tipo de tareas a personas no tan familiarizadas con el mundo del *Data Analytics*.

Durante los años en los que IK4-Azterlan ha trabajado en este campo ha descubierto que el empleo de estos sistemas innovadores en las plantas de fundición los convierte en valiosas herramientas a la hora de cumplir los exigentes requerimientos del mercado actual. La intensa actividad que IK4-Azterlan realiza en este sentido ha permitido estabilizar los procesos de fabricación y mejorar el conocimiento sobre las relaciones causa-efecto en las plantas de producción.

3. COMENTARIOS FINALES

En el presente trabajo se resumen las actividades de investigación más importantes llevadas a cabo en el Centro IK4-Azterlan en el campo de las fundiciones de hierro, acero y aluminio. En cada caso, se ha realizado una descripción general de las actividades de investigación realizadas y los resultados obtenidos hasta el momento actual. El control de los parámetros de proceso que condicionan las propiedades físicas y estructurales de las aleaciones metálicas es el principal objetivo de IK4-Azterlan puesto que dichas variables afectan a la producción de las piezas de fundición y determinan su validez en los clientes.

La principal característica de la actividad llevada a cabo en IK4-Azterlan es la combinación directa de trabajos realizados en tres ámbitos diferentes: las plantas de fundición (estudio de procesos, obtención de datos y aplicación de los desarrollos y mejoras alcanzados), los laboratorios de investigación propios del Centro (experimentación básica) y el análisis y tratamiento de los datos para obtener resultados con aplicación directa o indirecta en los procesos de fabricación de piezas.

4. REFERENCIAS

[1] Asenjo, I., Larrañaga, P., Sertucha, J., Suarez, R., Gómez, J. M., Ferrer, I., Lacaze, J., "Effect of Mould Inoculation on Formation of Chunky Graphite in Heavy Section Spheroidal Graphite Cast Iron Parts", International Journal of Cast Metals Research, Vol. 20(9), pp. 319-324, 2007.

[2] Asenjo, I., Lacaze, J., Larrañaga, P., Méndez, S., Sertucha, J., Suárez, R., "Microstructure Investigation of Small-Section Nodular Iron Castings with Chunky Graphite", Key Engineering Materials, Vol. 457, pp. 52-57, 2011.

[3] Lacaze, J., Armendariz, S., Larrañaga, P., Asenjo, I., Sertucha, J., Suárez, R., "Effect of Carbon Equivalent on Graphite Formation in Heavy-Section, Ductile Iron Parts", Materials Science Forum, Vol. 636-637, pp. 523-530, 2010.

[4] Larrañaga, P., Asenjo, I., Sertucha, J., Suarez, R., Ferrer I., and Lacaze, J., "Effect of Antimony and Cerium on the Formation of Chunky Graphite during

Solidification of Heavy-Section Castings of Near-Eutectic Spheroidal Graphite Irons", Metallurgical and Materials Transactions, Vol. 40A, pp. 654-661, 2009.

[5] Méndez, S., López, D., Asenjo I., Larrañaga, P., Lacaze, J., "Improved Analytical Method for Chemical Analysis of Cast Irons Application to Casting with Chunky Graphite", ISIJ International, Vol. 51(2), pp. 242-249, 2011.

[6] Sertucha, J., Suárez, R., Asenjo, I., Larrañaga, P., Lacaze, J., Ferrer, I., Armendariz, S., "Thermal Analysis of the Formation of Chunky Graphite during Solidification of Heavy-section Spheroidal Graphite Irons Parts", ISIJ International, Vol. 49, pp. 220-228, 2009.

[7] Valle. N., Theuwissen, K., Sertucha, J., Lacaze, J., "Effect of Various Dopant Species on Primary Graphite Growth", IOP Conference. Series, Mater. Sci. Eng., Vol. 27, work number 012026, 2012.

[8] Méndez, S., de la Torre, U., Suárez, R. Larrañaga, P., Stefanescu, D. M., "Processing Thickness Window for As-cast Ausferritic Castings", AFS Transactions, Vol. 123, paper 15-010, 2015.

[9] Méndez, S., de la Torre, U., González-Martínez, R., Suárez, R., "Advanced Properties of Ausferritic Ductile Iron obtained in As-cast Conditions", International Journal of Metalcasting, Vol. 11(1), pp. 116-122, 2016.

[10] Alonso, G., Larrañaga, P., Sertucha J., Suárez, R., Stefanescu, D. M., "Gray Cast Iron with High Austenite-to-Eutectic Ratio Part I- Calculation and Experimental Evaluation of the Fraction of Primary Austenite in Cast iron", AFS Transactions, Vol. 120, paper 12-033, 2012.

[11] Larrañaga, P., Sertucha J., Loizaga, A. Suárez, R., Stefanescu, D. M., "Gray Cast Iron with High Austenite-to-Eutectic Ratio Part II, Increasing the Austenite-to-Eutectic Ratio through Austenite Nucleation", AFS Transactions, Vol. 120, paper 12-034, 2012.

[12] Larrañaga, P., Sertucha J., Loizaga, A. Suárez, R., Stefanescu, D. M., "Gray Cast Iron with High Austenite-to-Eutectic Ratio Part III High Stregth, Low Hardness, High Carbon Equivalent Gray Iron with Superfine Graphite", AFS Transactions, Vol. 120, paper 12-035, 2012.

[13] de la Torre, U., Loizaga, A., Lacaze, J., Sertucha, J., "As cast High Silicon Ductile Irons with Optimised Mechanical Properties and Remarkable Fatigue Properties", Materials Science and Technology, Vol. 30, pp. 1425-1431, 2014.

[14] González-Martínez, R., de la Torre, U., Lacaze, J., Sertucha, J., "Effects of High Silicon Contents on Graphite Morphology and Room Temperature Mechanical Properties of As-cast Ferritic Ductile Cast Irons. Part I – Microstructure", Materials Science & Engineering A, Vol. 712, pp. 794-802, 2018.

[15] González-Martínez, R., de la Torre, U., Ebel, A., Lacaze, J., Sertucha, J., "Effects of High Silicon Contents on Graphite Morphology and Room Temperature Mechanical Properties of As-cast Ferritic Ductile Cast Irons. Part II – Mechanical properties", Materials Science & Engineering A, Vol. 712, pp. 803-811, 2018.

[16] Arenas, M. A., Niklas, A., Conde, A., Méndez, S., Sertucha, J., Damborenea, J. J., "Comportamiento frente a la Corrosión de Fundiciones con Grafito Laminar y Esferoidal Parcialmente Modificadas con Silicio en NaCl 0,03 M", Revista de Metalurgia, Vol. 50(4), artículo e032, 2014.

[17] Loizaga, A., Sertucha, J., Suárez, R., "Defectos Metalúrgicos Generados por la Presencia de Gases en el Metal Fundido", Anales de Química, Vol. 104(2), pp. 111-119, 2008.

[18] Loizaga, A., Niklas, A., Fernández-Calvo, A. I., Lacaze, J., "Thermal Analysis Applied to Estimation of Solidification Kinetics of Al–Si aluminium Alloys", International Journal of Cast Metals Research, Vol. 22(5), pp. 345-352, 2009.

[19] Fernández-Calvo, A. I., Niklas, A., Lacaze, J., "Comparison of Thermal Analysis and Differential Thermal Analysis for Evaluating Solid Fraction Evolution during Solidification of Al-Si Alloys", Materials Science Forum, Vol. 649, pp. 493-498, 2010.

[20] Larrañaga, P., Gutiérrez, J. M., Loizaga, A., Sertucha, J., Suárez, R., "A computer-Aided System for Melt Quality and Shrinkage Propensity Evaluation Based on the Solidification Process of Ductile Iron", AFS Transactions, Vol. 116, pp. 547-561, 2008.

[21] Sertucha, J., Suárez, R. Izaga, J., Hurtado, L. A., Legazpi, J., "Prediction of Solid State Structure based on the Eutectic and Eutectoid Transformation Parameters in Spheroidal Graphite Irons", International Journal of Cast Metals Research, Vol. 19(6), pp. 315-322, 2006.

[22] Larrañaga, P., Sertucha, J., Suárez, R., "Análisis del Proceso de Solidificación en Fundiciones Grafíticas Esferoidales", Revista de Metalurgia, Vol. 42(4), pp. 244-255, 2006.

[23] Larrañaga, P., Sertucha, J., "Estudio Térmico y Estructural del Proceso de Solidificación de Fundiciones de Hierro con Grafito Laminar", Revista de Metalurgia, Vol. 46(4), pp. 370-380, 2010.

[24] Bilbao, Y., Espinosa, M., Artola, G., Fernández-Calvo, A. I., Rodríguez, P. P., "Diseño de Molde para el Establecimiento de la Relación entre Resultados de Análisis Térmico y Microestructura del Aluminio A2357 en Moldeo por Microfusión", Revista de Metalurgia, Vol. 46, pp. 71-77, 2010.

[25] Niklas, A., Abaunza, U., Fernández-Calvo, A. I., Lacaze, J., Suárez, R., "Thermal Analysis as a Microstructure Prediction Tool for A356 Aluminium Parts Solidified under Various Cooling Conditions", 69th World Foundry Congress, Hangzhou, China, pp. 16-20, 2010.

[26] Suárez, R., Gutiérrez, J. M., Bakedano, A., Larrañaga, P., Natxiondo, A., Zarrabeitia, G., Sertucha, J., "Un Innovador Sistema de Predicción de Defectos Metalúrgicos en Piezas de Fundición, en Tiempo Real de Fabricación", Fundipress, Vol. noviembre, pp. 32-37, 2015.

[27] Suárez, R., Gutiérrez, J. M., Alonso, G., Sertucha, J., "A new rapid simulation system to control the formation of microshrinkages in ductile iron castings considering the melt quality and processing variables", 70th World Foundry Congress, Monterrey, México, proceedings, 2012.

[28] Santos, I., Nieves, J., Bringas, P., Zabala, A., Sertucha, J., "Supervised Learning Classification for Dross Prediction in Ductile Iron Casting Production", 8th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications ICIEA, Melbourne, Australia, pp. 1749-1754, 2013.

[29] Gutiérrez, J. M., Natxiondo, A., Nieves, J., Zabala, A., Sertucha, J., "Statistical Study to Evaluate the Effect of Processing Variables on Shrinkage Incidence During Solidification of Nodular Cast Irons", Metallurgical & Materials Transactions A, Vol. 48A(4), pp. 1827-1840, 2017.

NORMAS DE PRESENTACION DE LA REVISTA "MATERIAL-ES"

***A. Pérez*[1], *M. Martínez*[1], *J. López*[2]**

[1]Centro y dirección 1, antper@unizere.es
[2]Centro y dirección 2

Resumen: En el siguiente texto se presentan las normas para la presentación de los trabajos completos. *(El formato en el que se presenta el presente texto, sirve de orientación a la estructura del trabajo).* El no cumplimiento de estas directrices puede implicar la exclusión del trabajo en la revista.

Palabras clave: palabras clave que caractericen el contenido del artículo separadas por comas.

1. EXTENSIÓN.

Se admitirán trabajos completos de hasta 4 páginas (máximo) incluyendo todas las secciones, ajustándose al formato que se indica a continuación. Para su correcto procesamiento, el fichero resultante deberá tener un tamaño menor a 10 MB.

2. FORMATO GENERAL.

Los márgenes serán de 2 cm en todos los casos (superior, inferior, derecha e izquierda). El texto debe ajustarse a 2 columnas (Excepto el Título, Autores y Resumen), con espaciado entre columnas de 1cm. Se utilizará espaciado simple entre líneas de texto dejando una línea en blanco entre párrafos (sin sangrado), así como entre el encabezado de cada apartado y el texto.

Tipo de letra para el texto principal: Times New Roman 10.

3. TITULO.

Centrado la parte superior de la primera hoja sin dejar espacio. Letra: Times New Roman 12, mayúsculas y **negrita**.

4.- AUTORES.

El nombre de los autores constará centrado debajo del título, dejando una línea en blanco. Tipo de letra: Times New Roman 11 ***negrita cursiva*** y en minúsculas. Deberá subrayarse el nombre del autor que presenta el trabajo y la pertenencia a distintos centros se indicará con un superíndice detrás del nombre.
Tras una línea en blanco, se indicará la filiación de los autores. Debe hacerse constar la dirección de correo electrónico del ponente. La dirección de cada centro, en su caso, se incluirá en una línea diferente. Times New Roman 11.

5.- RESUMEN.

No excederá las 150 palabras en la versión castellano. Se colocará debajo de los autores tras 4 líneas en blanco. El texto principal a doble columna comenzará tras dos líneas en blanco de las palabras clave.

6.- ENCABEZADOS.

Los encabezamientos de los distintos apartados se mecanografiaran en mayúsculas y en negrita y serán numerados correlativamente. Los subencabezados, en su caso, deberán ir en minúsculas y subrayados.

7.- ECUACIONES Y FÓRMULAS.

Se recomienda mecanografiar las fórmulas dejando una línea en blanco antes y después de las mismas y consignando su número de referencia entre paréntesis en el margen derecho.

8.- FIGURAS Y TABLAS.

Las figuras aparecerán insertadas en el lugar del texto que les corresponda.

Como norma general, las tablas y figuras deberán ocupar el ancho de columna, aunque en caso necesario pueden prepararse para abarcar el ancho de hoja. Las figuras, a las que se hará referencia en el texto, aparecerán numeradas correlativamente y con un pie de figura que tendrá la estructura que se muestra en el siguiente ejemplo:

Figura 1. Sección longitudinal del pliegue 2 A. Pliegue en la parte interna del codo. 2,4x.

Las tablas tendrán el mismo tipo de letra que el texto, anteponiendo a cada tabla el número y título correspondiente en la forma que se indica:

Tabla 1. Composición química de los aceros.

9.- REFERENCIAS

Se citaran en el texto con el número correspondiente entre corchetes: [1]. Aparecerán agrupadas en la última sección. Las referencias se numerarán correlativamente en el orden que aparecen en el texto, con la forma siguiente:

[1] Kamdar, M. H., "Embrittlement by Liquid and Solid Metals", Ed. The Metallurgical Society, 1984.

SCIENTIFIC JOURNAL "MATERIAL-ES" GUIDELINES FOR PRESENTATION

***A. Pérez*[1], *M. Martínez*[1], *J. López*[2]**

1 Group and address 1, antper@unizere.es
2 Group and address 2

Summary: In the following text are described the guidelines for presenting complete works. (*The format in which this text is presented, serves as an orientation of the work structure*). Failure to comply these guidelines may involve the exclusion of the work from the magazine.

Keywords: keywords that characterize the article content separated by commas.

1. EXTENSION.

Full papers of up to 4 pages (maximum) including all sections will be accepted, according format to these rules. For a correct processing, the resulting file size must be less than 10 MB.

2. GENERAL FORMAT.

The margins will be 2 cm in all cases (upper, lower, right and left). The text must be adjusted to 2 columns (except the Title, Authors and Summary), with 1 cm. spacing between columns. Simple spacing will be used between lines of text leaving a blank line between paragraphs (without bleed), as well as between the heading of each section and the text.

Main text formatted in Times New Roman font size 10.

3. TITLE.

At the top of the first sheet, centered without leaving space. Times New Roman font size 12, caps and **bold**.

4. AUTHORS.

The name of the authors will be centered below the title, leaving a blank line. Times New Roman font size 11 ***bold, italics and lowercase***. The name of the author presenting the work should be underlined, and membership in different groups will be indicated by a superscript after the name.
After a blank line, the authors affiliation will be indicated. The rapporteur's e-mail address must be included. Each center's address, if so, will be included in a different line, Times New Roman font size 11.

5. SUMMARY.

It will not exceed 150 words in the English version. It will be placed below the authors after 4 blank lines. The main text in double column will begin after the keywords and two blank lines.

6. HEADINGS.

Different sections headings will be typed in **CAPITAL LETTERS, BOLD** and will be numbered correlatively. Subheadings, if applicable, should be lowercase and underlined.

7. EQUATIONS AND FORMULAS.

It is recommended to type the formulas leaving a blank line before and after them and entering their reference number in parentheses in the right margin.

8.FIGURES AND TABLES.

The figures will appear inserted in the corresponding place of the text.

As a general rule, tables and figures should occupy the column width, although if necessary they can be prepared to cover all the sheet width. The figures, to which reference will be made in the text, will appear numbered correlatively and with a figure foot that will have the structure shown in the following example:

Figure 1. Longitudinal section of the fold 2 A. Fold in the inner elbow side. 2,4x.

The tables will have the same format as the text, placing the corresponding number and title before each table as shown:

Table 1. Chemical composition of steels.

9.REFERENCES.

They will be cited in the text with the corresponding number in brackets: [1]. They will be presented grouped in the last section. The references will be numbered correlatively in the order they appear in the text, with the following form:

[1] Kamdar, M. H., "Embrittlement by Liquid and Solid Metals", Ed. The Metallurgical Society, 1984.