

# Proyecto de Semestre (Estudio de Caso)

Andrés Giraldo Obando, Caleth Carillo Grijalba, Tomas Atencia Tatis, Santiago Garcia Restrepo,  
Reyner Yavinape Calero. *Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia*

**Resumen—** El siguiente informe presenta y detalla los resultados y análisis derivados del caso de estudio propuestos para el semestre 2024-1 del presente año en la materia de materiales aeroespaciales, centrado en la identificación de un material desconocido que sufrió falla mientras desempeñaba su papel de aplicación. Los objetivos principales del estudio fueron determinar algunas de las propiedades y la composición química del mencionado material mediante una serie de pruebas y análisis. Inicialmente, se llevaron a cabo pruebas de magnetismo, densidad, dureza y observación de la chispa generada mediante pulido, lo que proporcionó información primaria sobre sus propiedades características. Posteriormente, se realizó el análisis en el espectrómetro de emisión óptica para determinar su composición química.

## I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería y la metalurgia, el análisis de fallas desempeña un papel fundamental en la comprensión de los mecanismos que conducen al deterioro y la eventual fractura de componentes estructurales. El estudio de piezas que han experimentado fallos mecánicos proporciona valiosa información sobre los materiales empleados, los procesos de fabricación y los factores ambientales que influyen en su integridad. Por eso las propiedades químicas y mecánicas de un material se encuentran intrínsecamente vinculadas a diversos factores, entre los que destaca su composición química. Esta última, determinante en la conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión, reactividad química y otras características específicas, influye significativamente en el comportamiento de un material ante distintas condiciones ambientales y estímulos externos.

El presente informe se adentra en el análisis de una pieza que ha experimentado una falla mecánica, un proceso que demanda una comprensión minuciosa de los materiales involucrados. La elección cuidadosa de estos materiales no solo atañe a consideraciones técnicas y funcionales, sino que también abarca una evaluación exhaustiva de factores económicos, medioambientales y de sostenibilidad. En este sentido, el objetivo principal de este estudio es identificar el material de la pieza en cuestión, así como evaluar su calidad y características intrínsecas. A través de un análisis integral de los resultados obtenidos de las diversas pruebas realizadas, se espera obtener una comprensión profunda de los factores que contribuyeron a la falla mecánica experimentada por la pieza.

## II. PROCEDIMIENTO

### A. Descripción del elemento.

Se nos entregó una pieza metálica de material desconocido, a la cual le debíamos determinar diferentes propiedades mecánicas y otras características, como composición química, para su estudio. Dicha pieza utilizada en el estudio recibe el nombre de adaptador rápido, el cual es un mecanismo utilizado para conectar de manera rápida y segura dos componentes o dos sistemas. Generalmente tiene un uso más industrial y mecánico en sistemas de fluidos, como mangueras de aire comprimido o tuberías de agua.



*Fotos a diferentes vistas de la falla, tomadas en el estereoscopio a diferente zoom (x0.67 y x1.0 respectivamente).*

#### B. Prueba de magnetismo

La primera prueba realizada en la muestra consistió en someterla al paso de un imán con el fin de analizar su comportamiento frente a fuentes magnéticas. Durante este procedimiento, se observó que el adaptador rápido de material desconocido si manifestó una reacción frente al imán. Esta respuesta magnética permitió concluir que dicho material poseía propiedades magnéticas y que en su composición se encontraban presentes elementos magnéticos significativos, situación similar se puede observar en el hierro, níquel y cobalto. En contraste, con materiales como el aluminio y el Latón. Estas probetas de materiales conocidos fueron probadas en el laboratorio de materiales, dándonos las bases para continuar con las pruebas.

#### C. Medición de espesor de película seca

Se nos indicó que en la muestra indicada debía de haber un recubrimiento químico para aumentar la resistencia a la corrosión por lo que acudimos a un Equipo de medición de espesor de película seca (ecolmeter) para medir el espesor de ese recubrimiento químico, este procedimiento no se pudo realizar ya que la superficie del material es porosa, por lo que la película no es homogénea y no es posible medir el espesor con este equipo.

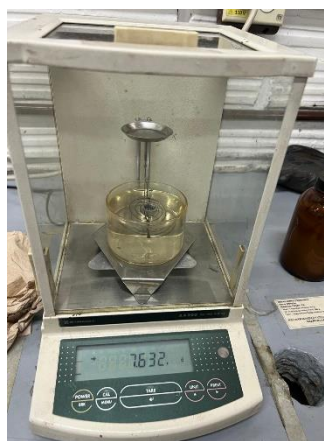
#### D. Densidad

Posteriormente al material incógnito del adaptador rápido se le realizó una prueba haciendo uso de un densímetro para determinar la densidad de este metal, obteniendo como resultado:

Material adaptador rápido	Densidad [ $g / cm^3$ ]
Metal desconocido	7.589

Para realizar esta medición de densidad, se colocó la parte que se desea analizar del adaptador rápido en una balanza de densidad, también conocida como densímetro de cuerpos sólidos o balanza de Arquímedes, este es un instrumento utilizado para medir la densidad de un objeto sólido, el cual funciona utilizando el principio de flotación de Arquímedes. La balanza de densidad consta de una plataforma de medición suspendida de un brazo móvil, esta plataforma está diseñada para sostener el objeto cuya densidad se va a medir. Para realizar la medición, se comienza pesando el objeto en el aire, sin sumergirlo en ningún líquido. Este valor corresponde a la masa del objeto en el aire. Luego, se sumerge completamente el objeto en un líquido de referencia, en este caso se sumergió en agua, contenido en un recipiente adecuado. Al sumergir el objeto en el líquido, se genera una fuerza de flotación que actúa sobre él, lo que disminuye el peso aparente del objeto. La

balanza de densidad mide esta disminución en el peso y la utiliza para calcular el volumen del objeto sumergido en el líquido. Dividiendo la masa del objeto en el aire por su volumen sumergido en el líquido, se obtiene la densidad del objeto.



#### E. Prueba de chispa

La siguiente prueba consistía en pulir una pequeña parte del material para analizar el tipo, longitud y coloración de la chispa, si éste la generaba. Al relacionar la chispa de este material desconocido podemos tener otro acercamiento a lo que podría ser su composición, pues cada metal produce un patrón característico de chispas debido a factores como su punto de fusión, contenido de carbono y otros elementos de aleación.



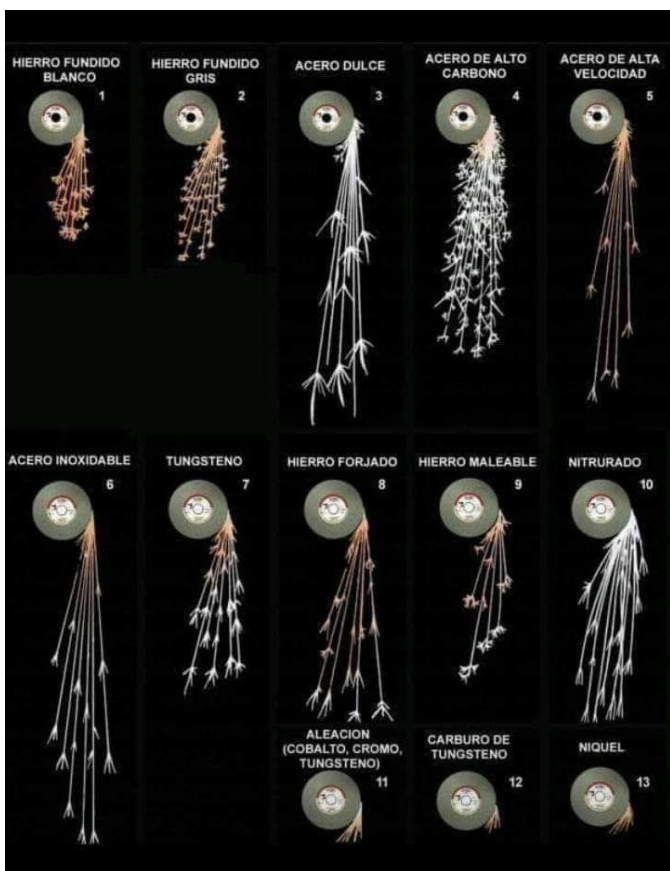


rápido y altamente preciso. Al realizar esta prueba con el material desconocido, se obtiene el siguiente resultado:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	Cu %	Al %
1.	0.050	<0.0020	1.115	0.037	0.295	0.095	0.039	0.128	0.152	<0.0050
2.	0.049	<0.0020	1.126	0.037	0.287	0.095	0.037	0.129	0.156	<0.0050
3.	0.048	<0.0020	1.130	0.037	0.296	0.096	0.038	0.129	0.157	<0.0050
4.	0.049	<0.0020	1.107	0.035	0.268	0.094	0.036	0.122	0.150	<0.0050
Ø	<b>0.049</b>	<b>&lt;0.0020</b>	<b>1.119</b>	<b>0.036</b>	<b>0.286</b>	<b>0.095</b>	<b>0.037</b>	<b>0.127</b>	<b>0.154</b>	<b>&lt;0.0050</b>
σ	0.00082		0.010	0.0012	0.013	0.00082	0.0014	0.0034	0.0033	
υ	1.673		0.894	3.333	4.545	0.863	3.784	2.677	2.143	

	As %	B %	Bi %	Ce %	Co %	Mg %	Nb %	Pb %	Sb %	Sn %
1.	0.0058	0.0010	0.040	0.0089	0.014	<0.0050	<0.00001	>0.300	<0.0050	0.0068
2.	0.0057	0.0010	0.043	0.0081	0.015	<0.0050	<0.00001	>0.300	<0.0050	0.0069
3.	0.0057	0.00097	0.048	0.010	0.014	<0.0050	<0.00001	>0.300	<0.0050	0.0067
4.	0.0048	0.00082	0.041	0.0081	0.014	<0.0050	<0.00001	>0.300	<0.0050	0.0063
Ø	<b>0.0055</b>	<b>0.00095</b>	<b>0.043</b>	<b>0.0088</b>	<b>0.014</b>	<b>&lt;0.0050</b>	<b>&lt;0.00001</b>	<b>-0.300</b>	<b>&lt;0.0050</b>	<b>0.0067</b>
σ	0.00047	0.00009	0.0036	0.00090	0.00058					0.00026
υ	8.545	9.474	8.372	10.23	4.143					3.881

	Ta %	La %	Ti %	V %	W %	Zn %	Zr %	Se %	Fe %
1.	<0.030	0.0025	<0.0010	<0.0050	0.017	0.044	0.0033	<0.0050	97.59
2.	<0.030	0.0022	<0.0010	<0.0050	0.022	0.036	0.0033	<0.0050	97.58
3.	<0.030	0.0028	<0.0010	<0.0050	0.024	0.039	0.0039	<0.0050	97.56
4.	<0.030	<0.0020	<0.0010	<0.0050	0.017	0.039	0.0029	<0.0050	97.64
Ø	<b>&lt;0.030</b>	<b>0.0024</b>	<b>&lt;0.0010</b>	<b>&lt;0.0050</b>	<b>0.020</b>	<b>0.040</b>	<b>0.0033</b>	<b>&lt;0.0050</b>	<b>97.59</b>
σ		0.00035			0.0036	0.0034	0.00042		0.034
υ		14.58			18.00	8.500	12.73		0.035





#### F. Espectrometría

Para revelar finalmente la composición química del metal desconocido, se lleva a cabo una prueba de laboratorio utilizando un espectrómetro de emisión óptica. Este dispositivo opera generando una descarga eléctrica de alto voltaje mediante un electrodo. Esta descarga eleva la temperatura de la superficie del material a un punto donde las moléculas se vaporizan, siendo excitadas por el plasma de argón generado por una chispa. Como consecuencia, se emite luz en el rango ultravioleta y visible, la cual es captada por el sistema óptico del espectrómetro y dispersada en una zona de vacío. Allí, la luz se convierte en señales eléctricas que son interpretadas para determinar la concentración de los elementos presentes en la muestra. Este método ofrece una ventaja significativa al ser

### III. ANÁLISIS

Para este primer acercamiento a la identificación del elemento se realizó el análisis de las diferentes pruebas en el siguiente orden: Magnetismo, Prueba de chispa en esmeril, densidad y espectrómetros óptica. Esto con el fin de llegar a una deducción más certera y organizada basándonos en nuestro criterio de qué tanta información pueda brindar cada prueba. En el análisis magnético se observó que el metal es ferromagnético, lo cual indica que el elemento puede contener alto contenido en hierro. La fase cristalina a la cual se puede encontrar el hierro al ser ferromagnético es ferrita, ya que al contener un bajo contenido de carbono tiende a contener mayores propiedades magnéticas, sin embargo, este factor depende de los diferentes aleantes que contenga el material, así que no se puede asegurar con certeza esta hipótesis. En la prueba de chispa con esmeril se observó que el elemento presenta una chispa bastante larga de color amarillo, lo cual puede indicar un bajo contenido de carbono. La chispa no presenta gran intensidad ni densidad, esto se presenta en aleaciones de hierro al carbono blandos, pero puede variar dependiendo de los aleantes que contenga. Estas observaciones en la prueba de chispa pueden indicar que el acero está aleado con alguna parte de manganeso. En la prueba de densidad se obtuvo un resultado de 7.589 g/cc, se decidió usar la base de datos MatWeb para comparar con diferentes metales y tener un filtro. Usando los criterios de selección mostrados en la figura# se obtuvieron alrededor de 5.400 materiales con los criterios seleccionados por lo cual no se pudo deducir nada.

## Selected Criteria

Type	Criteria	Results
Material Category	Ferrous Metal	7245 
Property	Density From 7 To 8 g/cc	5314 
<div> <div>DISPLAY SEARCH RESULTS</div> <div>RESET</div> </div>		

La composición química del adaptador rápido muestra una matriz de hierro con un porcentaje promedio de peso de 97.79%. Se muestra dos elementos con mayor porcentaje de peso los cuales son; Manganese con un porcentaje de peso promedio de 1.119%, este elemento se suele usar para aumentar su resistencia y templabilidad; Plomo con un porcentaje de peso de 0.3%. El porcentaje de carbono en este acero es 0.049%, ratificando la hipótesis de un acero de bajo carbono.

Para agilizar el proceso de filtrado de aceros con características similares o iguales, se ha recurrido a una confiable base de datos de materiales llamada MatWeb que ofrece la posibilidad de comparar metales con composiciones químicas similares. Se usaron los siguientes criterios de comparación y se obtuvieron 5 materiales de los cuales elegimos los dos más cercanos a las propiedades ya vistas. Analizando la comparación de las composiciones químicas de los metales se llegó a la conclusión de que el material del adaptador rápido es AISI 1000 Series Steel.

Iron, Fe

Min: 97 Max: 98 Unit: %

Lead, Pb

Min: 0.25 Max: 0,35 Unit: %

Manganese, Mn

Min: 1.100 Max: 1.200 Unit: %

Cobalt, Co (%)	--	7.50 - 12.0
Copper, Cu (%)	0.250 - 0.300	0.0200 - 1.50
Iron, Fe (%)	96.8 - 100	63.0 - 100
Lead, Pb (%)	0.150 - 0.360	0.150 - 0.360
Manganese, Mn (%)	0.250 - 2.05	0.100 - 2.20
Molybdenum, Mo (%)	0.0600 - 0.250	0.0500 - 4.80
Nickel, Ni (%)	0.100 - 0.400	0.0300 - 18.5
Niobium, Nb (Columbium, Cb) (%)	--	0.00500 - 0.150
Nitrogen, N (%)	--	0.00100 - 0.0700
Phosphorus, P (%)	0.0200 - 0.400	0.00100 - 0.400
Silicon, Si (%)	0.100 - 0.400	0.0100 - 1.00
Sulfur, S (%)	0.0150 - 0.500	0.00100 - 0.500
Titanium, Ti (%)	0.005	0.0100 - 1.40
Vanadium, V (%)	0.0300 - 0.100	0.00500 - 0.950
Zirconium, Zr (%)	--	0.0100 - 0.150

## IV. CONCLUSIONES

La caracterización precisa de los materiales permite seleccionar materiales más adecuados para cada aplicación específica dentro del campo ingenieril, por lo tanto, es de vital importancia los procesos de análisis de materiales para determinar sus propiedades, pues, de esto dependen sus aplicaciones en la industria.

La observación de respuestas magnéticas en los análisis nos puede ayudar en la selección de materiales en casos en los que sea necesario que cuente con esta característica o en el caso contrario que sea de vital importancia que no cuente con esta.

La densidad es una de las características más importantes de los materiales pues con esta propiedad se tendrá en cuenta el peso, y en el caso de la industria aeronáutica tener menos peso en las aeronaves es lo que siempre se busca, por lo que, el análisis de este comprende una parte importante en la ciencia de los materiales, pues con ello seleccionamos el material que cumpla con el requisito de densidad que se busca para mejorar la eficiencia de la aplicación en la que se trabaja.

El análisis de chispa también da mucha información acerca de las concentraciones de elementos en una aleación lo que es de

Component Elements (wt%)	Overview of materials for AISI 1000 Series Steel	Overview of materials for AISI 1000 Series Steel
Aluminum, Al (%)	0.0150 - 0.0200	0.0100 - 1.50
Boron, B (%)	--	0.000500 - 0.00600
Carbon, C (%)	0.0600 - 1.03	0.00300 - 0.800
Chromium, Cr (%)	0.150 - 1.10	0.200 - 10.0

mucha importancia para asegurarse que el material cumple con las especificaciones que se requieren para su aplicación. Este análisis es realmente útil cuando se trabaja con metales en donde la composición química es importante para determinar sus propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y demás.

La espectrometría permite identificar los elementos presentes en una muestra y determinar las concentraciones presentes en ellas, por lo tanto, este análisis proporciona información muy valiosa de la composición química lo que es fundamental para tener un control de calidad durante el proceso de fabricación de cualquier material, además de poder conocer las diversas propiedades que son fundamentales para comprender el comportamiento físico del material.

En conclusión, la caracterización precisa de materiales es de vital importancia en ingeniería para la adecuada selección de materiales que cumplan con parámetros requeridos para cada aplicación. Los análisis mencionados anteriormente nos dan una idea bastante acertada de cómo podrían actuar los materiales en la industria ingenieril y como sus propiedades se tendrán en cuenta cuando sean seleccionados.

#### REFERENCIAS

- [1] Materiales atraídos por los imanes | Aiman GZ. (2022, 13 mayo). AIMANGZ - Imanes y Artículos Magnéticos. <https://aimangz.es/blog-sobre-imaness/noticias/que-materiales-son-atraidos-por-los-imaness>
- [2] Diferencia entre los Metales Ferrosos y los no Ferrosos. (2023, 1 septiembre). <https://www.alberich.net/diferencia-entre-los-metales-ferrosos-y-los-no-ferrosos-la-guia-definitiva-para-entender-ambos>
- [3] Cómo identificar el tipo de material a trabajar por medio de la prueba de chispa. (2022, 13 junio). Equipos Industriales HAB. <https://equiposindustrialeshab.com/blogs/noticias/como-identificar-el-tipo-de-material-a-trabajar-por-medio-de-la-prueba-de-chispa>
- [4] Smith, F, 1993. Structure and Properties of Engineering Alloys, Mac Graw Hill
- [5] MatWeb: <https://www.matweb.com/>